

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**AVALIAÇÃO MECÂNICA DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO ARMADAS NAS  
JUNTAS HORIZONTAIS SUBMETIDAS À FLEXÃO LATERAL**

Autor: Romário de Souza Lima  
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Chahud  
Co-Orientador: Prof. Dr. Roberto Márcio da Silva

Belo Horizonte  
Dezembro/2022

Romário de Souza Lima

**AVALIAÇÃO MECÂNICA DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO ARMADAS NAS  
JUNTAS HORIZONTAIS SUBMETIDAS À FLEXÃO LATERAL**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Tecnologia na Construção Civil. Linha de pesquisa: Materiais de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Chahud

Co-Orientador: Prof. Dr. Roberto Márcio da Silva

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2022

L732a	<p>Lima, Romário de Souza.  Avaliação mecânica de alvenarias de vedação armadas nas juntas horizontais submetidas à flexão lateral [recurso eletrônico] / Romário de Souza Lima. - 2022.  1 recurso online (179 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientador: Eduardo Chahud.  Coorientador: Roberto Márcio da Silva.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Anexos: f.174-179.  Apêndices: f. 171-173.  Bibliografia: f: 167-170.  Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Construção civil - Teses. 2. Alvenaria - Teses. 3. Normas técnicas (Engenharia) – Teses. I. Chahud, Eduardo. II. Silva, Roberto Márcio da. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.  IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 691 (043)</p>
-------	--



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**AVALIAÇÃO MECÂNICA DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO ARMADAS NAS JUNTAS HORIZONTAIS SUBMETIDAS À FLEXÃO LATERAL**

### **ROMÁRIO DE SOUZA LIMA**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CONSTRUÇÃO CIVIL, como requisito para obtenção do grau de Mestre em CONSTRUÇÃO CIVIL, área de concentração TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Aprovada em 20 de dezembro de 2022, pela banca constituída pelos membros:

Eduardo Chahud Assinado de forma digital por Eduardo Chahud  
Data: 2022.12.21 11:53:48 -0300

**Prof(a). Eduardo Chahud - Orientador**  
UFMG

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ROBERTO MARCIO DA SILVA  
Data: 23/12/2022 21:42:08-0300  
Verifique em <https://verificador.tl.br>

**Prof(a). Roberto Marcio da Silva**  
UFMG

Luiz Antonio Melgaço Nunes Assinado de forma digital por Luiz Antonio Melgaço Nunes  
Data: 2022.12.28 09:06:01 -0300

**Prof(a). Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco**  
FUMEC

Adriano de Paula e Silva Assinado de forma digital por Adriano de Paula e Silva  
Data: 2022.12.27 12:49:46 -0300

**Prof(a). Adriano de Paula e Silva**  
UFMG

Belo Horizonte, 20 de dezembro de 2022.



Dedico esta dissertação aos meus familiares, amigos e entes queridos, todos, e em especial aos meus pais, irmãos e à Larissa, sempre próximos a mim, no incentivo aos estudos e no amor verdadeiro.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), na pessoa dos estimados professores: Eduardo Chahud, Roberto Márcio da Silva e Maria Teresa Paulino Aguilar, que sempre se mostraram solícitos, sejam nas orientações ou em suas respectivas aulas que tanto me instigaram e motivaram a continuar na academia. Aos demais professores do Departamento de Materiais de Construção (DEMC) pelas aulas e orientações.

Às empresas Belgo Bekaert Arames e ArcelorMittal por apoiarem o meu desenvolvimento técnico, pessoal e humano. Agradecimento à Belgo Bekaert por ceder o direito de uso das ilustrações presentes nos manuais técnicos do Murfor®, amostras, artigos, bem como fotografias de seu acervo técnico de obras. Agradeço à Cerâmica Braúnas por ceder os blocos cerâmicos. Ao Engenheiro de Estruturas Roberto de Araújo Coelho pela amizade, apoio, demonstrações práticas em dimensionamentos e consultorias. Ao amigo Gelmo Chiari Costa pela amizade, incentivo diário, apoio técnico e humano. Aos amigos Daniel Lopes Garcia e Warley Ricardo dos Santos pela amizade, apoio e profissionalismo.

Agradeço aos funcionários do DEMC, na pessoa dos seguintes amigos: Prof. Dalmo, Camila, Ivonete, Ariela e Gilmar, pelos inestimáveis apoios administrativos. Agradeço ao Departamento de Engenharia de Estruturas (DEES) por abrir as portas para mim. Aos funcionários do Laboratório de análise experimental de estruturas (LAEES): Geraldo Evaristo e José Liberato. E aos demais professores deste programa, todos, sem exceção, contribuíram à minha formação, portanto aqui fica a minha consideração.

## RESUMO

A ABNT NBR 15575: 2021, intitulada como Edificações Habitacionais – Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE, é a referência a ser seguida para que as empresas do segmento de construção civil proporcionem adequadas edificações habitacionais aos usuários com atendimento aos requisitos mínimos desejáveis e, por extensão, não sejam punidas em caso de não atendimento. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar experimentalmente o desempenho de alvenarias de vedação com armaduras inseridas em suas juntas horizontais. No que se refere ao sistema de vedações (internos ou externos), sabe-se que o incremento de armaduras pode prover melhorias quanto ao desempenho estrutural. O presente estudo avaliou o desempenho mecânico de alvenarias de vedação com espessuras de 9 e 14 cm. Empiricamente, as condicionantes: altura  $\leq 3,00$  m e espessura  $\geq 14$  cm, passaram a ser utilizadas no mercado para qualquer alvenaria com materiais convencionais desempenhar a contento. Para alvenarias de vedação com bloco de 9 cm com reforço de junta não se conhece o desempenho obtido. Os reforços em treliças aramadas podem validá-las ou contribuir quanto aos critérios de desempenho em atendimento à ABNT NBR 15575: 2021. É aplicado o método de avaliação experimental em laboratório em paredes em escala real com dimensões de 3,00 metros de comprimento por 2,80 metros de altura e para cada alvenaria é realizado o ensaio de impacto de corpo mole. As alvenarias têm espessuras de 9 e 14 centímetros, sendo moldadas com blocos cerâmicos de vedação com furos horizontais. São avaliadas alvenarias não armadas, alvenarias com a treliça plana aramada galvanizada em fiadas alternadas e totalmente reforçadas, sendo moldadas ao menos duas alvenarias para cada tratamento e uma alvenaria de referência (sem reforço).

Palavras-chave: ABNT NBR 15575: 2021. Alvenarias. Armaduras. Desempenho.

## ABSTRACT

ABNT NBR 15575: 2021, entitled as Housing Buildings - Performance - Part 4: Requirements for internal and external vertical fencing systems, is the reference to be followed for companies in the civil construction segment to provide adequate housing buildings to users who meet the minimum desirable requirements and, by extension, are not punished in the event of non-compliance. This research aims to experimentally evaluate the performance of sealing masonry with reinforcements inserted in their horizontal joints. Regarding the sealing system (internal or external), it is known that the reinforcement of armor can provide improvements in terms of structural performance. The present study evaluated the mechanical performance of sealing masonry with thicknesses of 9 and 14 cm. Empirically, the constraints: height  $\leq 3.00$  m and thickness  $\geq 14$  cm, started to be used in the market for any masonry with conventional materials to perform satisfactorily. For sealing masonry with a block of 9 cm with joint reinforcement, the performance obtained is not known. Reinforcements in wire trusses can validate them or contribute to the performance criteria in compliance with ABNT NBR 15575: 2021. The experimental evaluation method is applied in the laboratory on full-scale walls with dimensions of 3.00 meters in length by 2.80 meters in height and for each masonry a soft body impact test is carried out. The masonry has a thicknesses of 9 and 14 centimeters, being molded with ceramic sealing blocks with horizontal holes. Non-reinforced masonry, masonry with a flat wire truss galvanized in alternate rows and fully reinforced are evaluated, with at least two masonry being molded for each treatment and a reference masonry (without reinforcement).

Keywords: ABNT NBR 15575: 2021. Masonry. Reinforcement. Performance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Blocos de pedra da grande Pirâmide de Guizé.....	20
Figura 2 – Zigurate de Ur e em detalhe: intertravamento entre os blocos.....	21
Figura 3 – Adobe e o uso de palha.....	22
Figura 4 – Edifício Monadnock, em Chicago.....	22
Figura 5 – Sistema estrutural moderno.....	23
Figura 6 – Recorte de um projeto de alvenaria racionalizado.....	24
Figura 7 – Vista da parede a ser moldada, conforme detalhe extraído do Apêndice A.....	25
Figura 8 – Ilustração da treliça plana aramada galvanizada.....	32
Figura 9 – Aplicação de treliça plana aramada galvanizada em obra.....	33
Figura 10 – Rolos compactos para reforço de alvenarias.....	34
Figura 11 – Aplicação do rolo compacto em obra.....	34
Figura 12 – Principais aplicações para o reforço de junta.....	36
Figura 13 – Mecânica de atuação de momentos fletores.....	41
Figura 14 – Vista superior da treliça plana aramada.....	44
Figura 15 – Viga parede.....	45
Figura 16 – Verga.....	47
Figura 17 – Família de blocos para alvenaria estrutural.....	50
Figura 18 – Em detalhe, a treliça plana aramada.....	51
Figura 19 – Feixes de treliças planas galvanizadas armazenadas.....	52
Figura 20 – Detalhe da treliça plana aramada tipo <i>Flat</i> , de fios longitudinais achatados.....	52
Figura 21 – Cobrimento lateral.....	53
Figura 22 – Detalhe do traspasse lateral de duas extremidades de treliça plana aramada.....	54
Figura 23 – Aplicação da treliça plana aramada com argamassa convencional.....	55
Figura 24 – Aplicação da treliça plana aramada com uso de cordões de argamassa convencional ao longo das paredes laterais de blocos cerâmicos vazados.....	56

Figura 25 – Uso incorreto da treliça plana aramada como elemento de substituição de vergas. Camada de argamassa irregular, falha e com retirada precoce do escoramento.....	57
Figura 26 – Treliça plana aramada encaixada no grampo com o uso de argamassa convencional.....	58
Figura 27 – Deformação em viga ocasionando fissuras em alvenarias.....	60
Figura 28 – Manifestação patológica ocasionada por concentração de tensões.....	62
Figura 29 – Sistemas preconizados pela ABNT NBR 15.575: 2021.....	65
Figura 30 – Fluxo da documentação de um sistema de gestão da manutenção.....	66
Figura 31 – Metodologia de avaliação de desempenho.....	67
Figura 32 – Partes da Norma de Desempenho.....	69
Figura 33 – Impacto de corpo mole transmitido por saco de couro com massa de 40kg.....	71
Figura 34 – Alvenaria sem reforço de junta.....	80
Figura 35 – Alvenaria com armadura de junta em fiadas alternadas.....	80
Figura 36 – Alvenaria 100% reforçada.....	81
Figura 37 – Visão geral da ALV-1.....	83
Figura 38 – Colocação da treliça plana aramada.....	83
Figura 39 – Colocação da treliça plana aramada no eixo médio da junta de assentamento horizontal.....	84
Figura 40 – Alvenaria tipo ALV - 4 sendo moldada com o auxílio de andaimes.....	85
Figura 41 – Amarração com auxílio de telas eletrossoldadas.....	86
Figura 42 – Apoios para as alvenarias em aço.....	87
Figura 43 – Apoios para as alvenarias em aço.....	87
Figura 44 – Visão geral do saco de couro.....	88
Figura 45 – Aparato para aferição dos deslocamentos imediatos e residuais... ..	88
Figura 46 – Auxílio da utilização da mira topográfica para aferição das alturas com as respectivas energias de impacto.....	89
Figura 47 – Auxílio de roldanas para elevação do saco de corpo mole na altura desejada.....	90
Figura 48 – Vista lateral da ALV – 1.....	93

Figura 49 – Vista frontal da ALV – 1 com o mapeamento das fissuras.....	94
Figura 50 – Vista da região côncava da ALV – 1 com o mapeamento das fissuras.....	95
Figura 51 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 1.....	96
Figura 52 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 1 desde o topo até o meio.....	96
Figura 53 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 1 do topo até à base.....	97
Figura 54 – Detalhe da fissura na ALV – 1 após o impacto de 480 J.....	98
Figura 55 – Vista lateral da ALV – 2.....	100
Figura 56 – Vista frontal da ALV – 2 com o mapeamento das fissuras.....	101
Figura 57 – Vista frontal da ALV – 2 ampliada com o mapeamento das fissuras.....	102
Figura 58 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 2.....	103
Figura 59 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 2 desde o topo até ao meio da parede.....	104
Figura 60 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 2 do meio em direção à lateral inferior direita.....	104
Figura 61 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 2 do meio em direção à lateral inferior esquerda.....	105
Figura 62 – Vista lateral da primeira alvenaria tipo ALV – 3.....	107
Figura 63 – Vista lateral da realização do ensaio de impacto de corpo mole...	108
Figura 64 – Ruptura localizada no bloco após impacto de 720 J.....	109
Figura 65 – Ruptura localizada no bloco após impacto de 720 J em destaque.....	109
Figura 66 – Ruptura localizada e fissura na base após impacto de 720 J.....	110
Figura 67 – Preparação para o ensaio de impacto de corpo mole na altura desejada.....	111
Figura 68 – Ruptura localizada no bloco após impacto de 960 J.....	111
Figura 69 – Resultado final após a realização de todos os impactos.....	112
Figura 70 – Resultado final após a realização de todos os impactos em vista ampliada.....	113
Figura 71 – Vista lateral da segunda alvenaria tipo ALV – 3.....	115
Figura 72 – Vista frontal da segunda alvenaria tipo ALV – 3.....	116

Figura 73 – Vista frontal para a esquerda da segunda alvenaria tipo ALV – 3.....	116
Figura 74 – Vista para a fissura apresentada na junta horizontal da 6ª fiada.....	117
Figura 75 – Vista posterior para a fissura apresentada na junta horizontal da 10ª fiada.....	117
Figura 76 – Vista posterior para a fissura apresentada na junta horizontal da 6ª e 10ª fiada.....	118
Figura 77 – Vista para a fissura propagada para o lado posterior.....	118
Figura 78 – Vista lateral da primeira alvenaria tipo ALV – 4.....	120
Figura 79 – Vista lateral ampliada da primeira alvenaria tipo ALV – 4.....	121
Figura 80 – Vista lateral da realização do ensaio de impacto de corpo mole...	122
Figura 81 – Vista frontal após a realização do 5º impacto de corpo mole.....	123
Figura 82 – Vista posterior após a realização do 5º impacto de corpo mole....	123
Figura 83 – Vista frontal após a realização do 6º impacto de corpo mole.....	124
Figura 84 – Vista traseira após a realização do 6º impacto de corpo mole.....	124
Figura 85 – Vista frontal antes da realização dos ensaios de impacto de corpo mole.....	126
Figura 86 – Ocorrência de fissura localizada no canto esquerdo frontal da alvenaria.....	127
Figura 87 – Vista posterior da alvenaria, com destaque para as fissuras após o impacto de 360 J.....	127
Figura 88 – Vista posterior com as fissuras após o impacto de 360 J.....	128
Figura 89 – Preparação para o ensaio de energia de 480 J.....	128
Figura 90 – Deslizamento da alvenaria na direção da sua própria junta horizontal com a vista interna.....	129
Figura 91 – Deslizamento da alvenaria na direção da sua própria junta horizontal com a vista lateral.....	130
Figura 92 – Vista lateral da ALV – 6 antes da realização do ensaio de impacto de corpo mole.....	132
Figura 93 – Vista da ALV- 6 após os impactos de 360 e 480 J.....	133
Figura 94 – Vista ampliada da ALV- 6 após os impactos de 360 e 480 J.....	133
Figura 95 – Preparação antes da realização do ensaio de impacto de corpo mole de 720 J.....	134



Figura 96 – Fissura lateral localizada à esquerda da alvenaria.....	135
Figura 97 – Fissura frontal localizada à esquerda da alvenaria.....	135
Figura 98 – Fissuras localizadas no lado posterior da alvenaria à esquerda com vista ampliada.....	136
Figura 99 – Fissuras localizadas no lado posterior da alvenaria e à esquerda.....	136
Figura 100 – Deslocamento lateral da alvenaria localizado no lado posterior da alvenaria.....	137
Figura 101 – Deslocamento lateral da alvenaria localizado no lado posterior da alvenaria em vista ampliada.....	137
Figura 102 – Fissura frontal em azul após o impacto para a energia de 240 J.....	139
Figura 103 – Fissura posterior em azul após o impacto para a energia de 240 J.....	139
Figura 104 – Vista lateral da segunda ALV – 6 antes da realização do ensaio de impacto de corpo mole para a energia de 480 J.....	140
Figura 105 – Fissuras localizadas no lado posterior da alvenaria e à esquerda.....	141
Figura 106 – Fissuras no lado frontal da alvenaria após o impacto de 480 J.....	141
Figura 107 – Fissuras no lado frontal da alvenaria e à direita após o impacto de 480 J.....	142
Figura 108 – Fissuras no lado posterior da alvenaria à direita após o impacto de 480 J.....	142
Figura 109 – Vista ampliada da segunda ALV- 6 após os impactos.....	143
Figura 110 – Ruína na base da segunda ALV- 6 após o impacto de 720 J.....	144
Figura 111 – Ruína no lado posterior da segunda ALV- 6 após o impacto de 720 J.....	144
Figura 112 – Ruína na parede lateral da segunda ALV- 6 após o impacto de 720 J.....	145
Figura 113 – Mapeamento de fissuras da ALV – 1 (Vista frontal).....	147
Figura 114 – Mapeamento de fissuras da ALV – 1 (Vista posterior).....	148
Figura 115 – Mapeamento de fissuras da ALV – 2 (Vista frontal).....	149
Figura 116 – Mapeamento de fissuras da ALV – 2 (Vista posterior).....	150

Figura 117 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 3 (Vista frontal).....	151
Figura 118 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 3 (Vista posterior).....	152
Figura 119 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 4 (Vista frontal).....	153
Figura 120 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 4 (Vista posterior).....	154
Figura 121 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 4 (Vista frontal).....	155
Figura 122 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 4 (Vista posterior).....	156
Figura 123 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 6 (Vista frontal).....	157
Figura 124 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 6 (Vista posterior).....	158
Figura 125 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 6 (Vista frontal).....	159
Figura 126 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 6 (Vista posterior).....	160

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ensaio por requisitos para o sistema de vedações.....	70
Quadro 2 – Resultados das alvenarias após impactos de corpo mole.....	146
Quadro 3 – Verificação das alvenarias ensaiadas.....	162

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de blocos .....	40
Tabela 2 – Valores de “d” conforme Tabela A1 (Anexo A, EN 772 – 1).....	40
Tabela 3 – Resistência à compressão da argamassa.....	42
Tabelas 4 e 5 – Relação H/L.....	43
Tabela 6 – Impactos de corpo mole para vedações verticais externas (fachadas) de edifícios com mais de um pavimento.....	72
Tabela 7 – Impactos de corpo mole para vedações verticais internas.....	73
Tabela 8 – Impactos de corpo mole para vedações verticais externas (fachadas) de casas térreas, sem função estrutural.....	74
Tabela 9 – Tabela orientativa de uso.....	79
Tabela 10 – Massa de corpo mole, altura e energia do impacto.....	89
Tabela 11 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 1 realizado em 21/10/2019....	92
Tabela 12 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 2 realizado em 17/10/2022....	99
Tabela 13 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 3 realizado em 28/02/2020.....	106
Tabela 14 – Ensaio de corpo mole para a segunda ALV – 3 realizado em 18/08/2022.....	114
Tabela 15 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 4 realizado em 18/10/2022.....	119
Tabela 16 – Ensaio de corpo mole para a segunda ALV – 4 realizado em 24/10/2022.....	125
Tabela 17 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 6 realizado em 31/10/2022.....	131
Tabela 18 – Ensaio de corpo mole para a segunda ALV – 6 realizado em 16/11/2022.....	138

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AFNOR - *Association Française De Normalisation*

AISI - *American Iron and Steel Institute*

CCA – Concreto Celular Autoclavado

DEES - Departamento de Engenharia de Estruturas

dh - Deslocamentos horizontais instantâneos

dhr - Deslocamentos horizontais residuais

EN - *European Norm*

ISO - *International Standard Organization*

J - *Joules*

LAEES - Laboratório de Análise Experimental de Estruturas

MPa - *Mega Pascal*

NBR – Norma Técnica Brasileira

RND-Z – *Round Zinco*

SVVIE - Sistemas de vedações verticais internas e externas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1 Histórico das construções em alvenaria.....	19
1.2 Problema de pesquisa.....	22
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>26</b>
2.1 Objetivo geral .....	26
2.2 Objetivos específicos.....	26
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>27</b>
3.1 Classificação das alvenarias.....	27
3.2 Armadura de junta.....	30
3.2.1 Uso de treliças planas aramadas galvanizadas.....	31
3.2.2 Principais aplicações.....	35
3.3 Critérios de dimensionamento para alvenarias armadas.....	37
3.3.1 Cálculo de alvenarias submetidas às cargas perpendiculares ao seu plano - Flexão transversal .....	41
3.3.2 Cálculo de alvenarias (viga-parede) submetidas às cargas no seu plano - Flexão vertical.....	45
3.3.3 Cálculo de vergas - Flexão vertical.....	47
3.4 Critérios executivos de alvenarias com armadura de junta.....	49
3.4.1 Recomendações Construtivas - Como aplicar e pontos de atenção.....	49
3.4.2 Patologias corriqueiras - Causas, efeitos e soluções.....	58
3.5 Gestão do desempenho das alvenarias.....	63
3.5.1 A importância do desempenho dos sistemas.....	63
3.5.2 NBR 15.575: 2021 - Parte 4.....	67
3.5.3 Ensaio mecânico pertinentes à proposta do estudo.....	70
3.5.3.1 Impacto de corpo-mole nos sistemas de vedações.....	71
3.5.4 Normas aplicáveis.....	75
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>78</b>
4.1 Dos materiais empregados.....	78
4.2 Do planejamento experimental.....	79

4.3 Do detalhamento construtivo das alvenarias experimentais.....	85
4.4 Do procedimento experimental.....	88
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>91</b>
5.1 ALV-1: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, sem reforço de junta.....	91
5.2 ALV-2: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, sem reforço de junta.....	98
5.3 ALV-3: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, com reforço de junta em fiadas alternadas.....	105
5.4 ALV-4: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, com reforço de junta em fiadas alternadas.....	119
5.5 ALV-5: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, com reforço de junta em todas as fiadas.....	130
5.6 ALV-6: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, com reforço de junta em todas as fiadas.....	131
<b>6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>146</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>164</b>
7.1 Conclusão.....	164
7.2 Propostas para trabalhos futuros.....	165
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>167</b>
<b>APÊNDICE A – Projeto das alvenarias sem armaduras de junta .....</b>	<b>171</b>
<b>APÊNDICE B - Projeto das alvenarias parcialmente reforçadas.....</b>	<b>172</b>
<b>APÊNDICE C - Projeto das alvenarias totalmente reforçadas.....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXO A – Ficha técnica da argamassa utilizada .....</b>	<b>174</b>
<b>ANEXO B – Ficha técnica dos blocos cerâmicos de vedação utilizados.....</b>	<b>176</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo busca apresentar o histórico das construções em alvenarias de forma breve, bem como apresentar o questionamento desta pesquisa.

### 1.1 Histórico das construções em alvenaria

Um tijolo isolado não tem muita significância, mas a partir do assentamento do segundo, já se tem uma intenção e um propósito de comunicar algo. Nesse sentido, Rocha (2007) descreve o surgimento filosófico da arquitetura e do muro, representando um desafio ao engenho do homem, uma vez que o processo de agregação de pedras soltas já demandava desempenhos relacionados à coesão e estabilidade dessas estruturas.

A utilização do adobe, tijolo de barro e argamassas de argila por povos antigos (início do terceiro milênio a.C.) desencadeou em significativos avanços do ponto de vista da engenharia e da segurança das construções. Posteriormente, o domínio da técnica do intertravamento dos blocos permitiu construir com arrojamento, mesmo que as estruturas de alvenaria fossem concebidas com baixas alturas, largas e pesadas, essencialmente baseadas nos conceitos de geometria e gravidade (CUNHA, 2009).

O tijolo é considerado como um dos mais antigos materiais de construção desde os primórdios da humanidade, cuja utilização é feita até a presente data, no entanto, outros materiais foram usados em alvenarias. As Pirâmides de Guizé (2600 anos antes de Cristo) foram construídas em blocos de pedra (Figura 1), obtendo-se consumo de cerca de dois milhões e trezentos mil blocos, com área aproximada de 50000 m<sup>2</sup> de forma distribuída, cujos blocos tinham peso aproximado de 25 kN (RABELO, 2004).



Figura 1 - Blocos de pedra da grande Pirâmide de Guizé



Fonte: Istock (2017).

As antigas estruturas, em especial os Zigurates, tinham a função de demonstrar a imponência dos reinados e governos ao seu povo, preservando a união dos mesmos. Os Zigurates tinham suas paredes levemente inclinadas ao centro e a técnica do intertratamento dos blocos prevalecia (Figura 2). No entanto, chamava a atenção, por vezes, o uso da técnica de amarração nos cantos, bem como o uso de betume ou barro, enquanto ligante, desempenhando a função atual das argamassas (CUNHA, 2009). Todas as técnicas citadas anteriormente contribuía, mesmo que empiricamente, a uma maior rigidez e resistência das estruturas, que por sua vez proviam a durabilidade necessária para percorrerem sem maiores manifestações patológicas ao longo dos séculos e suportarem os agentes intempéries.

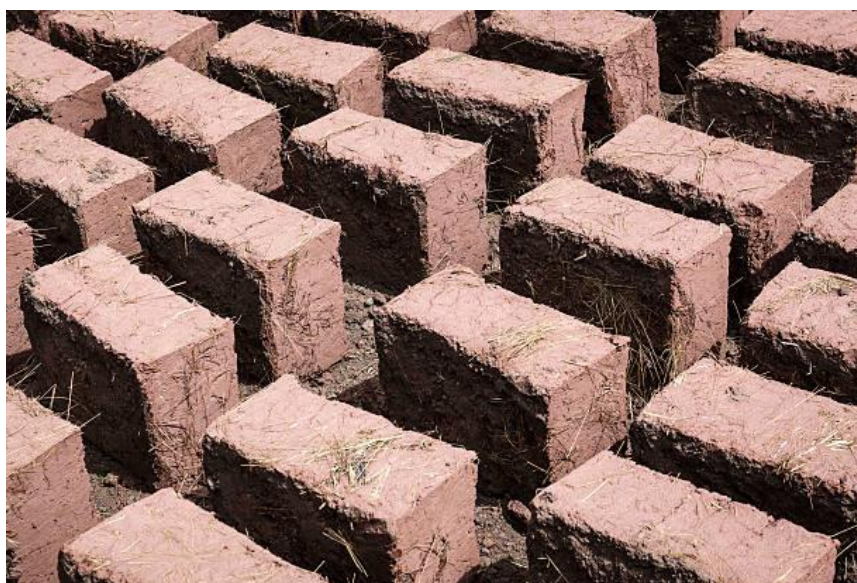
Figura 2 – Zigue de Ur e em detalhe: intertravamento entre os blocos



Fonte: Wikimedia Commons (2014).

No passado, o uso de palhas ou outros materiais orgânicos proviam a resistência à tração necessária aos adobes (Figura 3), uma vez que os mesmos fissuravam ou quebravam com muita facilidade durante o transporte ou colocação e, em situações de acomodações dos solos, os esforços também causavam manifestações patológicas nas alvenarias (CUNHA, 2009). Este mesmo conceito, porém com o rigor técnico necessário, busca-se com a inserção de armaduras de juntas, por exemplo, as treliças planas aramadas galvanizadas.

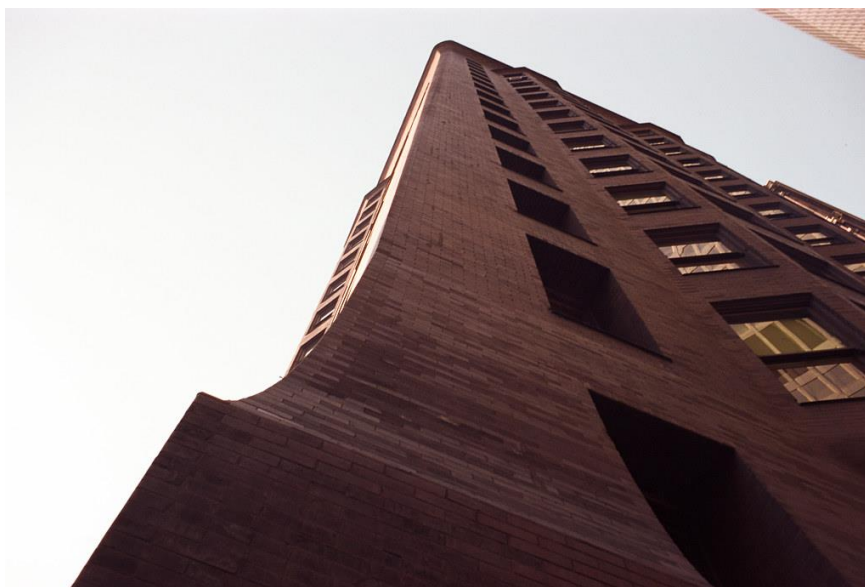
Figura 3 – Adobe e o uso de palha



Fonte: Istock (2022).

O edifício Monadnock, localizado em Chicago, nos Estados Unidos da América, foi construído com paredes em sua base possuindo 1,80 m de largura, uma vez que os cálculos estruturais no período tinham processos empíricos (RABELO, 2004). Este edifício tem 65 metros de altura e 16 pavimentos, vide Figura 4 abaixo:

Figura 4 – Edifício Monadnock, em Chicago



Fonte: Flickr (2015).

O Hotel Escalibur, localizado em Las Vegas, nos estados Unidos da América, têm altura de 28 pavimentos, com técnica em alvenaria estrutural armada e é tido como um dos mais altos da atualidade. No Brasil, os primeiros edifícios começaram a surgir na década de 60, com a técnica em alvenaria estrutural (RABELO, 2004).

## 1.2 Problema de pesquisa

Atualmente, existem elementos de vedação e sistemas estruturais cada vez mais leves e discretos, conforme a Figura 5 apresenta, tornando-se importante um equilíbrio entre o grau de resistência e ductilidade das peças constituintes, inclusive em situações de sismos (SILVA *et al.*, 2016). E com o advento de maiores controles de qualidade, o uso destas treliças podem contribuir com o desempenho estrutural de alvenarias.



Figura 5 – Sistema estrutural moderno



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2008).

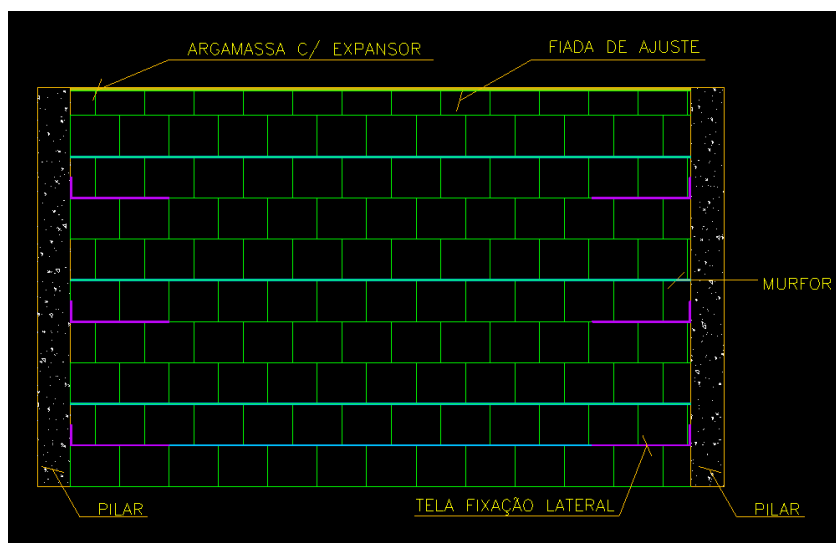
O presente trabalho visa compilar os principais aspectos acerca das potencialidades de uso dessas treliças, à luz da Associação Brasileira de Normas Técnicas e Norma Técnica Brasileira 15575 do ano de 2021 (ABNT NBR 15575: 2021), aplicadas em paredes de alvenaria não estruturais, verificando o desempenho das mesmas, sujeitas a esforços.

Após implementação da ABNT NBR 15575: 2021, as edificações cuja função é a de habitabilidade (residenciais), requisitos mínimos de desempenho passaram a ser exigidos a diversos sistemas, dentre eles às vedações. Para as alvenarias de espessuras inferiores, o incremento de reforços metálicos, sejam eles aplicados na junta de assentamento horizontal ou aos revestimentos argamassados, poderão prover melhorias quanto ao desempenho, provendo ganho de área útil das edificações devido a possíveis otimizações e resiliência para as alvenarias, especialmente nos pavimentos inferiores.

Tornou-se usual as seguintes condicionantes: altura  $\leq 3,00$  m e espessura  $\geq 14$  cm, para qualquer alvenaria de vedação com materiais convencionais desempenhar a contento. Este estudo visa avaliar o comportamento de alvenarias críticas para a condicionante espessura, em outras palavras, para alvenarias com blocos de 9 cm. Também é importante para a comunidade da construção brasileira, pois a solução

já faz parte de projetos de racionalização de alvenarias atuais, conforme pode ser visto na Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Recorte de um projeto de alvenaria racionalizado



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2012).

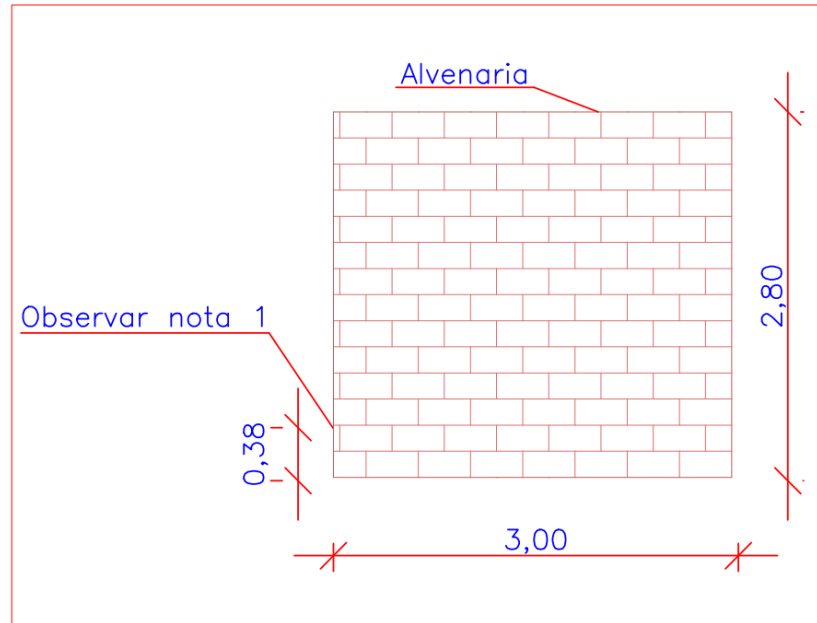
Estudos com foco no desempenho do sistema foram desenvolvidos para as construções europeias nos últimos anos, tendo o Eurocode enquanto normativa para o dimensionamento de alvenarias; no Brasil ainda não há normativas para este fim. Neste contexto, um grande grupo siderúrgico mundial, entendedor da necessidade de prover à comunidade subsídios acerca do desempenho de seus produtos e dados técnicos, apoia esta pesquisa. Adicionalmente, a adoção dessas treliças de reforço é relativamente recente no Brasil. Pode-se admitir que muitos estudos quanto aos processos construtivos, novos materiais e da normalização técnica, devidamente ajustada à realidade nacional, deverão ocorrer nos anos vindouros, este será um deles.

Para cada corpo de prova é realizado o ensaio de impacto de corpo mole, análise de deslocamentos admitidos, falhas e verificação do padrão de fissuração quando pertinentes. Para avaliação dos requisitos são moldadas paredes em escala real com dimensões de 3,00 metros de comprimento por 2,80 metros de altura (ver Figura 7 extraída do projeto no Apêndice – A abaixo). Os protótipos têm espessuras de 9 e 14 centímetros, sendo moldados com blocos cerâmicos de vedação com

furos horizontais. São avaliadas as alvenarias não armadas, com armadura de junta em fiadas alternadas e totalmente armadas.

Figura 7 – Vista da parede a ser moldada, conforme detalhe extraído do Apêndice

A



Fonte: O autor (2020).

## **2 OBJETIVO**

Neste capítulo serão apresentados os objetivos deste trabalho, geral e específicos.

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste estudo é avaliar experimentalmente o desempenho de alvenarias de vedação com armaduras inseridas em suas juntas horizontais para blocos cerâmicos.

### **2.2 Objetivos específicos**

Para fundamentar o objetivo geral exposto acima, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a parte 4 da ABNT NBR 15575: 2021 no que tange aos requisitos de desempenho com potencial influência das armaduras;
- Avaliar o efeito da armadura de junta treliçada no desempenho das alvenarias em paredes com dimensões reais sob esforços laterais;
- Analisar as possíveis fissuras, fendilhamentos e qualquer outro efeito resultante após execução dos ensaios conforme ABNT NBR 15575: 2021, parte 4.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, a fundamentação teórica considerada é apresentada.

#### 3.1 Classificação das alvenarias

Um conjunto composto por blocos ou tijolos moldados em obra e interligados entre si por uma argamassa, possuindo um comportamento monolítico do ponto de vista estrutural, é uma possível definição de alvenaria (RABELO, 2004). As alvenarias podem ser classificadas sob diversos parâmetros e terminologias, em parte, distintamente peculiarizadas por autores sob influência de aspectos regionais. Dentre estes parâmetros, sugere-se a seguinte compilação:

a. Finalidade ou função:

- Não resistentes: alvenarias de vedação, sem função estrutural;
- Resistentes: alvenarias autoportantes ou estruturais;
- Especiais: acústicas, térmicas, impactos, isolamentos de radiações, por exemplo, dentre outros.

Nascimento (2004) inclui ainda nesse parâmetro a classe das alvenarias divisórias de bordo livre se referindo aos muros e aquelas de platibandas.

b. Posicionamento:

- Exterior ou envolvente;
- De interior ou de compartimentação.

Nascimento (2004) apresenta outro viés classificatório envolvendo esse aspecto, apresentando o mesmo como uma classificação em função do tipo de exposição, acrescentando as classes: interna revestida, interna aparente, externa revestida, externa aparente e as especiais.



c. Presença de reforços:

- Não armada: alvenarias sem elementos de reforços, erguidas pela sobreposição ordenada e predefinida de suas unidades com junções de argamassa. Segundo Vasconcelos *et al.* (2007), o Brasil é um exemplo de utilização industrial da alvenaria não armada porque a ação de sismos não é levada em consideração nos dimensionamentos estruturais;
- Armada: alvenaria com armadura, especialmente nas juntas.

Os termos derivados dos verbos armar e reforçar geram confundimentos no campo das alvenarias. Embora ambos possam traduzir a introdução de elementos de reforço, normalmente de aço, esses termos são, pela força e costume do uso, aplicáveis como elementos de reforço nas juntas horizontais e ou nas células verticais dos blocos seguidos de concretagem ou grauteamento.

Os elementos de reforço vertical podem ser discretamente protendidos da base ao topo do pano de alvenaria. Modelos construtivos estes, típicos do conjunto de soluções que compõem as alvenarias estruturais. Já o termo alvenaria reforçada, subentende-se aquela munida, predominantemente, de armaduras ou reforços de juntas horizontais de assentamento.

d. Bordos:

- De bordos livres: muros e platibandas;
- Confinadas.

Os elementos de reforço que constituem os bordos de confinamento de módulos ou panos de alvenaria podem ser considerados uma estrutura à parte, embora possam, inclusive, ter seus pilaretes, vigas ou cintas moldadas por dentro da alvenaria. Ou seja, são alvenarias confinadas, podendo ter ou não reforços extras em suas juntas horizontais de assentamento.

e. Número e sistema de ligação alvenaria/estrutura:

- 04 ligações rígidas: sistema rígido;

- 03 ligações rígidas e 01 deformável: sistema semirrígido;
  - 01 ligação rígida e 03 deformáveis: sistema deformável.
- f. Número de planos verticais:
- Simples;
  - Dupla.
- g. Espessura:
- 0,10 m / 0,15 m / 0,20 m / 0,25 m, dentre outras medidas, conforme necessidade arquitetônica e estrutural.
- h. Exposição ou tipo de revestimento:
- Aparente: sem revestimento;
  - Revestida.
- i. Tipo de bloco:
- Bloco cerâmico vazado;
  - Bloco de concreto;
  - Bloco de concreto celular autoclavado;
  - Tijolo cerâmico maciço;
  - Blocos de pedra natural;
  - Blocos de pedra artificial, dentre outros.
- j. Características geométricas:
- Grupo 1: constituídas por unidades maciças ou com reduzida furação ( $\leq 25\%$  do volume ocupado pelos furos verticais em relação ao volume total). Ex.: blocos de concreto celular autoclavado, blocos de pedra natural etc.;
  - Grupo 2: constituídas por unidades de furos verticais ocupando de 20 a 55% do volume total. Ex.: tijolos cerâmicos furados;
  - Grupo 3: constituídas por unidades de furos verticais ocupando de 55 a 70% do volume total. Ex.: blocos de concreto vazados;

- Grupo 4: constituídas por unidades com furação horizontal. Ex.: blocos cerâmicos.

k. Controle de qualidade da produção:

- Categoria I: maior controle de qualidade normalmente associada com o uso de argamassas calculadas ou prescritas;
- Categoria II: menor controle de qualidade.

Assim, as descrições de alvenarias passam por combinações provenientes de sua classificação, por exemplo, alvenaria simples de vedação com 15 centímetros armada confinada semirrígida. Dentro dessa premissa, quanto mais completo for o detalhamento taxonômico, maior será o entendimento técnico acerca da alvenaria em questão.

Nascimento (2004) destaca ainda a importância dessa taxonomia no uso de recursos disponíveis para dimensionamentos e nas definições do modelo estrutural a ser adotado nos cálculos e projetos de alvenaria. Ou seja, as definições existentes sob as denominações classificatórias são entradas normalmente solicitadas por programas de cálculo.

Neste trabalho, à frente no item referente aos materiais e métodos, está descrito em detalhes o tipo de alvenaria avaliada nos ensaios, que é alvenaria de vedação considerada externa (fachada) ou interna (situação de menor exigência em termos de desempenho), aparente, armada ou não armada, simples, com blocos cerâmicos não estruturais com furações horizontais, com três ligações rígidas e uma deformável (modelo projetado), com 9 e 14 centímetros, e argamassa industrializada especificamente para a função de assentamento.

### **3.2 Armadura de junta**

Neste subcapítulo será abordado a motivação do uso das treliças planas armadas e suas principais aplicações.

### 3.2.1 Uso de treliças planas aramadas galvanizadas

Conforme Lourenço (2005), os problemas de concepção e execução nos projetos envolvendo as alvenarias respondem por aproximadamente 25% do total de anomalias nos edifícios. De acordo com Oliveira (2009) e Nascimento (2005), atualmente, a velocidade de execução das obras, presença de grandes vãos e a redução da rigidez das estruturas são fatores que favorecem as ocorrências de manifestações patológicas tais como fissurações, rupturas e infiltrações. O autor comenta ainda que a demanda por edifícios com maior número de vagas de garagem, por processos construtivos de elevada produtividade e pela busca de custos cada vez mais baixos tendem a gerar edifícios cada vez mais altos e com balanços mais proeminentes, isso dificulta significativamente o desempenho das alvenarias e suas ligações com as estruturas reticuladas, fazendo com que as alvenarias necessitem de melhorias na absorção de tensões de tração e cisalhamento.

As manifestações patológicas ocorridas sobre as alvenarias implicam em graus distintos de retrabalhos, desperdícios de recursos, aumento de custos, desgastes nas pessoas de seus usuários e terceiros envolvidos frente à administração de problemas decorrentes e prejuízo de imagem das construtoras.

Frente a esse cenário, Nascimento (2005) descreve os desafios do sistema alvenaria e as respectivas tendências na engenharia de projetos e linhas de pesquisas relacionadas com o desempenho em dimensões reais, modelamento matemático do comportamento, equalização das tensões e deformações, monitoramento e controle tecnológico durante a execução e investimentos em laboratórios. O setor siderúrgico nacional, por sua vez, vem desenvolvendo e introduzindo produtos que compõem soluções interessantes para as alvenarias, muitos desses, consagrados pelo uso na Europa. Exemplo disso vem sendo a oferta de uma treliça plana aramada galvanizada, fabricada por um grande grupo siderúrgico no Brasil, com ampla utilização na Europa há mais de 40 anos.

Na Figura 8, apresenta-se a ilustração de um modelo de treliça plana aramada denominado *Round Zinco (RND-Z) 4,00 mm*, que é regularmente ofertado no

mercado brasileiro. Na Europa, além da treliça com fios longitudinais com seção circular, são ofertadas treliças com fios longitudinais achatados ou laminados, referenciados como tipo *Flat* e que são especificamente aplicados às alvenarias construídas com blocos de concreto celular autoclavado (CCA) e junta de argamassa de assentamento colante (TIMPERMAN, 2002).

Figura 8 – Ilustração da treliça plana aramada galvanizada



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2008).

Segundo Timperman (2002) e Rezende (2012), essa treliça pré-fabricada funciona como um elemento de reforço embutido na argamassa de assentamento horizontal dos blocos, que envolvida pela argamassa, aumenta a resistência à tração da alvenaria (Figura 9). Esta treliça é constituída por dois fios longitudinais, com bitolas de 4 mm, endentados e unidos entre si por um fio senoidal contínuo ligeiramente mais fino (3,75 mm). Ambos os arames possuem resistência à tração e limite de escoamento de, pelo ao menos, 500 N/mm<sup>2</sup>, com resistência ao cisalhamento no ponto de solda de, pelo ao menos, 2500 N.

Figura 9 – Aplicação de treliça plana aramada galvanizada em obra

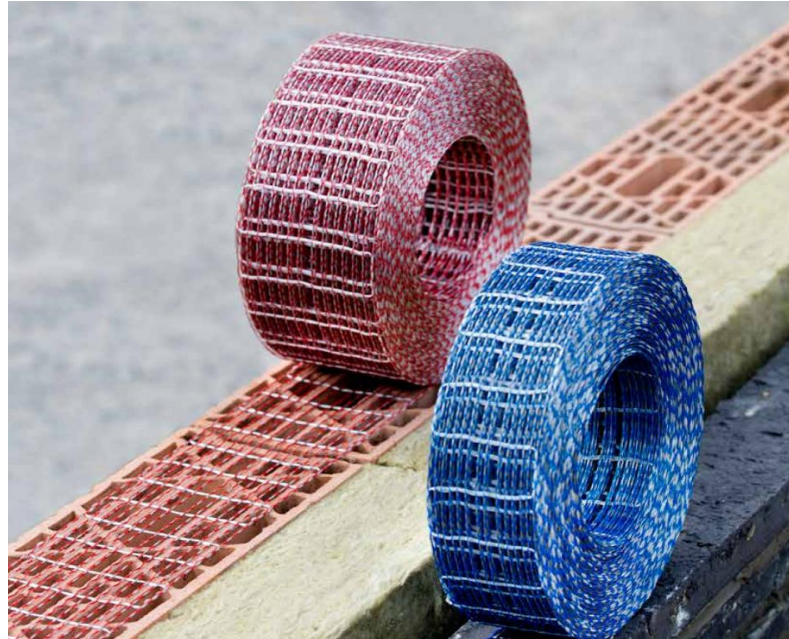


Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2011).

Afnor (2003) e Penna *et al.* (2015) descrevem quatro tipos de produtos aplicáveis ao reforço de juntas de argamassa para assentamento de unidades de alvenaria, sendo estes: malha de aço soldada na forma retangular, na forma treliçada com seções circulares ou prismáticas, malha de arames trançados e tiras de chapa de metal expandida. Existem também reforços compactos, fornecidos em rolos, mais resistentes e que foram introduzidos ao mercado mais recentemente, em 2016, conforme a Figura 10.



Figura 10 – Rolos compactos para reforço de alvenarias



Fonte: Acervo técnico Bekaert (2018).

Estes rolos compactos proporcionam um uso mais amigável, uma vez que são leves, contribuindo para a ergonomia e segurança no processo de aplicação, conforme Figura 11. Adicionalmente, estes rolos compactos podem ser aplicado em alvenarias com grandes panos de forma produtiva e com redução de perdas.

Figura 11 – Aplicação do rolo compacto em obra



Fonte: Acervo técnico Bekaert (2018).

Na norma Eurocode 6 – Design of masonry structures, há especificidades correlatas aos reforços de alvenarias nas seguintes partes: Part 1 –General rules for reinforced and unreinforced masonry structures e Part 2 – Design considerations, selection of materials and execution of masonry (AFNOR, 2006).

Segundo Bolognini, Calvi e Pena (2007), a introdução de reforços de juntas de assentamento horizontais é uma prática fácil que não altera significativamente a rotina construtiva. Esses autores descrevem que o uso de juntas reforçadas, por melhorarem a resistência à flexão, possibilita a construção facilitada de vergas e contravergas.

Como no Brasil a adoção dessas treliças de reforço é relativamente recente, pode-se admitir que muitos aprimoramentos quanto aos processos construtivos e da normalização técnica, devidamente ajustada à realidade nacional, deverão ocorrer nos anos vindouros. Mais recentemente, ocorreu a implementação da ABNT NBR 15575: 2021, que está sendo popularmente conhecida como a “Norma de Desempenho”, seguindo uma tendência mundial (ANDERY; BARBOSA, 2016).

### *3.2.2 Principais aplicações*

Vasconcelos *et al.* (2007), descrevem que, analogamente ao concreto armado, as armaduras transformam a alvenaria em uma estrutura mais capaz de resistir aos esforços de tração. Timperman (2002) descreve que tanto o concreto quanto a alvenaria são caracterizados por elevada resistência à compressão e limitada resistência à tração e ao cisalhamento, e que esse comportamento tende a sujeitar as alvenarias à ruptura.

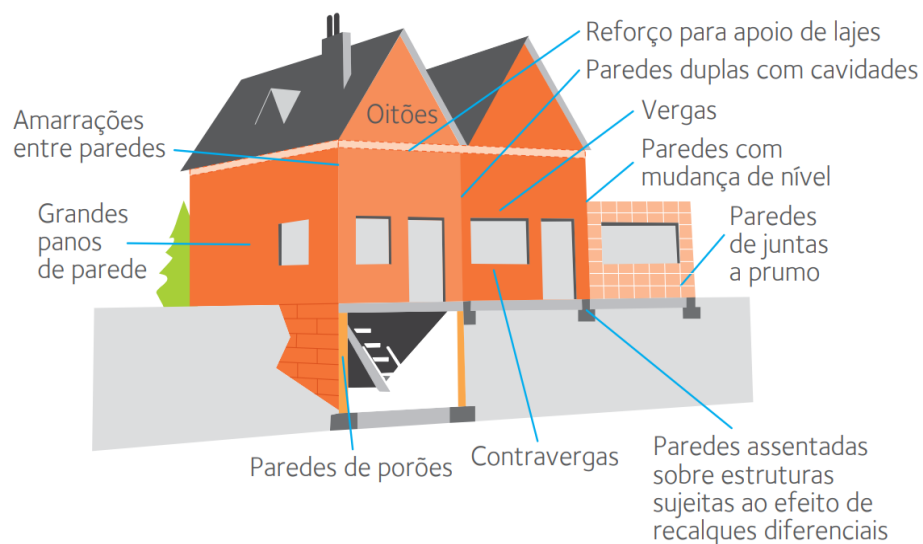
Para Lourenço (2005), a introdução de reforços de junta nas alvenarias dá origem a um compósito que cumpre três papéis: aumentar a ductilidade na direção horizontal da alvenaria, evitando a rigidez de sua execução, permitir a manutenção da concepção da alvenaria tradicional e permitir controle do fendilhamento.

Segundo Timperman (2002), os reforços de juntas horizontais de assentamento são empregados para melhorar o desempenho de alvenarias, absorvendo as tensões de tração e cisalhamento e prevenindo fissuras, principalmente em situações nas quais a ocorrência de trincas é mais frequente. Dentre essas aplicações pode se citar as seguintes situações (ver ilustração na Figura 12):



- Muros sujeitos a recalques de base (recalques diferenciais);
- Aumento do intervalo entre juntas de movimentação;
- Vedações de vãos de maiores dimensões;
- Alvenarias que recebem carregamentos concentrados (cargas pontuais);
- Paredes subterrâneas sujeitas ao carregamento lateral devido à pressão do solo;
- Paredes contidas entre lajes e vigas com deformações estruturais;
- Vergas e contravergas atuando sobre a concentração de tensões ao redor dos cantos de vãos livres de portas e janelas;
- Paredes com mudanças de níveis com concentração de tensões;
- Conexões entre paredes;
- Fechamentos de arestas, por exemplo, em empenas de telhados.

Figura 12 – Principais aplicações para o reforço de junta



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2015).

### 3.3 Critérios de dimensionamento para alvenarias armadas

Na última década, têm-se observado uma crescente adoção de projetos de alvenaria de vedação, tendo em vista a busca por um maior grau de racionalização dos processos construtivos, envolvendo ganhos de produtividade e redução de desperdícios de trabalho e materiais. Nascimento (2005) descreve pré-requisitos importantes para se fundamentar um bom projeto de alvenaria de vedação. Esses aspectos são: conhecimento das condições de contorno do projeto, avaliação de outros projetos (arquitetônico, instalações, estrutural, fundações), condições climáticas, características arquitetônicas e estruturais, avaliação estrutural, características dos materiais de vedação incluindo as esquadrias, cobertura e o detalhamento do procedimento executivo.

Informações climáticas sobre temperatura, umidade relativa, pluviometria e suas respectivas variações podem ser obtidos por relatórios denominados de normais climatológicas, que congregam séries históricas desses dados. Ventos predominantes e aspectos de insolação devem ser analisados à luz da planta de situação do imóvel em questão e sua circunvizinhança. Cumpre ressaltar ainda, que para obras situadas a beira mar, é fundamental analisar o fluxo de brisas marítimas (maresia), o que interferirá sobremaneira na escolha dos materiais e dimensionamento dos revestimentos, especialmente por que as treliças de reforço, embora constituídas por aço galvanizado, enquanto metálicas, estão sujeitas ao processo corrosivo.

Segundo Nascimento (2005), uma alvenaria de vedação deve ser dimensionada sob os seguintes aspectos funcionais: estabilidade, processos de fissuramentos, impactos, resistência ao fogo, estanqueidade, conforto higrotérmico, habitabilidade, conforto acústico, conforto visual, conforto tátil, higiene e durabilidade.

Durante a fase de dimensionamento do projeto de alvenaria, algumas variáveis críticas passam a governar os cálculos e análises. Dentre essas, pode-se destacar:

- Respeito ao critério ou índice de esbeltez ( $\lambda$ ), que é a razão entre a altura efetiva da parede e a espessura do bloco constituinte. Este é

um parâmetro fundamental para os dimensionamentos e análise estrutural de paredes;

- Dispor de valores de resistência à compressão dos blocos e argamassas;
- Ter em mãos a magnitude de todos os carregamentos envolvidos no sistema, partindo do pressuposto que as paredes não estruturais, no plano, encontram-se somente submetidas a ações devido ao peso próprio;
- Avaliação da parede quanto à flexão vertical;
- Avaliação da parede quanto aos carregamentos laterais;
- Dimensionamento de vergas e contravergas;
- A área mínima da seção de aço que, em conformidade com normas europeias, deve ser de 0,03% da área da seção da parede e o espaçamento vertical entre as juntas reforçadas não deve exceder aos 600 mm. Para efeito de cálculo, apenas os fios longitudinais da treliça plana aramada são considerados no somatório da seção de aço;
- Detalhamento da distribuição das fiadas reforçadas;
- Definição do tipo de revestimento da armadura em função da situação de uso.

AFNOR (2006), através da norma *European Norm* (EN 1996-1), que por sua vez aborda a norma EN 1996-2 detalha as recomendações acerca dos tipos de revestimentos ou materiais aplicáveis aos reforços metálicos de acordo com as micro condições de exposição das estruturas. Essas micro condições são classificadas em MX1 a MX4 de acordo com seu grau de agressividade ou potencial de corrosão.

Timperman (2002) apresenta três tipos de materiais para as treliças planas: arame galvanizado a fogo com camada tipo leve (gramatura mínima de 70 gr/m<sup>2</sup>), arame galvanizado leve seguindo de camada epóxi (espessura mínima de 80 microns) e aço inoxidável tipo *American Iron and Steel Institute* (AISI) 304, indicando-os conforme a atmosfera de exposição.

Analisando a disponibilidade de materiais proposta por Timperman (2002) e as recomendações referenciadas por *Association Française De Normalisation* (AFNOR), pode-se sugerir a seguinte compilação para as treliças planas aramadas:

- Treliças com galvanização leve podem ser empregadas em alvenarias aparentes quando a micro condição de exposição destas é um ambiente predominantemente seco;
- Para alvenarias expostas à umidade, reforçadas com treliças tipo galvanizadas leves, recomenda-se a aplicação de argamassa de revestimento nas faces expostas. Do contrário, recomenda-se uma treliça com galvanização tipo camada pesada;
- Em regiões costeiras, nas alvenarias expostas à micro condição de maresia, ar saturado com sal, recomenda-se o uso de treliças planas galvanizadas em camada leve revestidas com pintura epóxi numa espessura mínima de 80 micrômetros, com uso de reboco nas faces expostas;
- Em alvenarias em contato com meios quimicamente agressivos, recomenda-se o uso de treliças planas confeccionadas em aço inoxidável tipo AISI 304.

As determinações das propriedades das alvenarias consideram procedimentos que são comuns para todos os cálculos apresentados nos itens seguintes.

1º) Verificar se as dimensões da parede estão dentro dos limites permitidos:

- $L/w$  (comprimento/espessura)  $\leq 120$  e
- $H/w$  (altura/espessura)  $\leq 80$

Onde:

- $L$  = comprimento da parede;
- $H$  = altura da parede;
- $w$  = largura do bloco ou espessura da parede (sem revestimento).

Caso estas condições sejam atendidas, faz-se necessário verificar:

Parede apoiada em 4 lados:

- Se  $(L/w) \leq 30$  então  $(H/w) \leq 80$ ;
- Se  $30 < (L/w) \leq 40$  então  $(H/w) \leq 130 - 2(L/w)$ ;
- Se  $40 < (L/w) \leq 120$  então  $(H/w) \leq 60 - 0,25(L/w)$ .

Parede apoiada em 3 lados:

- Se  $(L/w) \leq 40$  então  $(H/w) \leq 80$ ;
- Se  $40 < (L/w) \leq 55$  então  $(H/w) \leq (2500/15) - (40/15) \cdot (L/w)$ ;
- Se  $55 < (L/w) \leq 120$  então  $(H/w) \leq (315/13) - (L/w)/13$ .

2º) Determinar a resistência à compressão normalizada do bloco ( $f_b$ ), em  $N/mm^2$ , conforme a EN 772-1, utilizando os parâmetros fornecidos nas Tabelas 1 e 2 abaixo e com base na resistência à compressão característica do bloco ( $f_{bk}$ ):

Tabela 1 – Tipos de blocos

Tipo de unidade	Tipo	Grupo	k	a
Bloco concreto vazado	B1	G2	0,45	1,2
Bloco cerâmico estrutural, furo vertical	B2	G3	0,35	
Bloco cerâmico estrutural, furo vertical, tipo colméia	B3	G2	0,45	
Bloco cerâmico vedação, furo horizontal	B4	G4	0,35	
Tijolo cerâmico maciço	B5	G1	0,55	
Bloco concreto celular autoclavado	B6	G1	0,55	0,8

Fonte: EN 772-1 (2000).

Tabela 2 – Valores de “d” conforme Tabela A1 (Anexo A, EN 772 – 1)

		Largura (w) - mm												
		50	75	90	100	115	120	125	140	150	175	190	200	≥250
Altura (h) - mm	40	0,80	0,75	0,72	0,70	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	50	0,85	0,80	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,71	0,70	nd	nd	nd	nd
	65	0,95	0,90	0,87	0,85	0,82	0,81	0,80	0,77	0,75	0,73	0,71	0,70	0,65
	90	1,09	1,03	0,98	0,96	0,93	0,92	0,91	0,88	0,86	0,81	0,79	0,77	0,72
	100	1,15	1,08	1,03	1,00	0,97	0,96	0,95	0,92	0,90	0,85	0,82	0,80	0,75
	120	1,21	1,15	1,11	1,08	1,05	1,04	1,03	1,00	0,98	0,93	0,90	0,88	0,83
	140	1,27	1,21	1,17	1,15	1,12	1,11	1,10	1,07	1,05	1,00	0,97	0,95	0,90
	150	1,30	1,25	1,22	1,20	1,17	1,16	1,15	1,12	1,10	1,05	1,02	1,00	0,95
	190	1,42	1,37	1,34	1,32	1,29	1,28	1,27	1,24	1,22	1,17	1,14	1,12	1,07
	200	1,45	1,40	1,37	1,35	1,32	1,31	1,30	1,27	1,25	1,20	1,17	1,15	1,10
	≥250	1,55	1,50	1,47	1,45	1,42	1,41	1,40	1,37	1,35	1,30	1,27	1,25	1,15

Fonte: EN 772-1 (2000).

Onde:

- h = altura do bloco;

- $w$  = largura ou espessura do bloco;
  - $f_b = a.d.f_{bk}$
- (1)

3º) Fornecer a resistência à compressão da argamassa de assentamento ( $f_m$ ), em  $N/mm^2$ , sendo que este valor deve ser inferior ao menor dos dois valores:  $20 N/mm^2$  ou  $2.f_b$ .

4º) Determinar a resistência característica da parede ( $f_k$ ), em  $N/mm^2$ , de acordo com a equação 2, extraída do Eurocode 6:

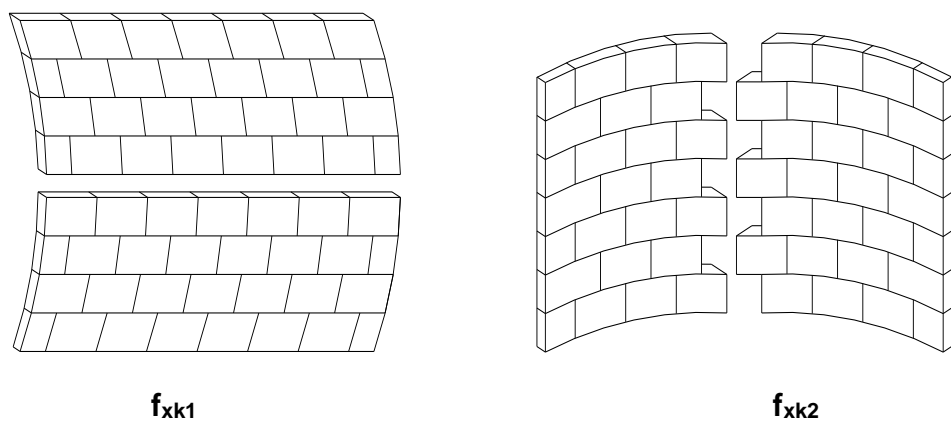
$$f_k = k \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} \quad (2)$$

### 3.3.1 Cálculo de alvenarias submetidas às cargas perpendiculares ao seu plano – Flexão transversal

Podem ser adotados 2 tipos de paredes isoladas : apoiada nos 4 lados ou com o bordo superior livre (apoiada em 3 lados).

1º) Calcular os momentos fletores atuantes na parede, vide Figura 13:

Figura 13 – Mecânica de atuação de momentos fletores



(paralelo às juntas de assentamento)      (perpendicular às juntas de assentamento)

Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2018).

- a) Calcular o coeficiente de ortogonalidade ( $\mu$ ) à partir da Tabela 3 abaixo, considerando a equação 3:

$$\mu = f_{xk1} / f_{xk2} \quad (3)$$

Tabela 3 – Resistência à compressão da argamassa

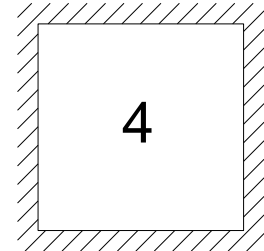
TIPO BLOCO	$f_{xk1} (//) \text{ N/mm}^2$		$f_{xk2} (\perp) \text{ N/mm}^2$	
	Resistência à compressão da argamassa		Resistência à compressão da Argamassa	
	$f_m < 5 \text{ N/mm}^2$	$f_m \geq 5 \text{ N/mm}^2$	$f_m < 5 \text{ N/mm}^2$	$f_m \geq 5 \text{ N/mm}^2$
B1	0,05	0,10	0,20	0,40
B2 a B5	0,10	0,10	0,20	0,40
B6	0,05	0,10	0,20	0,20

Fonte: EN 772-1 (2000).

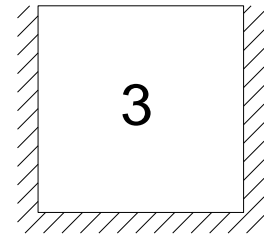
- b) Determinar “ $\alpha$ ” com base em  $\mu$  e H/L de acordo com as Tabelas 4 e 5 abaixo e tipo de apoio das paredes:

Tabelas 4 e 5 – Relação H/L

		H/L							
$\mu$	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	
1,00	0,008	0,018	0,030	0,042	0,051	0,059	0,066	0,071	
0,90	0,009	0,019	0,032	0,044	0,054	0,062	0,068	0,074	
0,80	0,010	0,021	0,035	0,046	0,056	0,064	0,071	0,076	
0,70	0,011	0,023	0,037	0,049	0,059	0,067	0,073	0,078	
0,60	0,012	0,025	0,040	0,053	0,062	0,070	0,076	0,081	
0,50	0,014	0,028	0,044	0,057	0,066	0,074	0,080	0,085	
0,40	0,017	0,032	0,049	0,062	0,071	0,078	0,084	0,088	
0,35	0,018	0,035	0,052	0,064	0,074	0,081	0,086	0,090	
0,30	0,020	0,038	0,055	0,068	0,077	0,083	0,089	0,093	
0,25	0,023	0,042	0,059	0,071	0,080	0,087	0,091	0,096	
0,20	0,026	0,046	0,064	0,076	0,084	0,090	0,095	0,099	
0,15	0,032	0,053	0,070	0,081	0,089	0,094	0,098	0,103	
0,10	0,039	0,062	0,078	0,088	0,095	0,100	0,103	0,106	
0,05	0,054	0,076	0,090	0,098	0,103	0,107	0,109	0,110	



		H/L							
$\mu$	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	
1,00	0,031	0,045	0,059	0,071	0,079	0,085	0,090	0,094	
0,90	0,032	0,047	0,061	0,073	0,081	0,087	0,092	0,095	
0,80	0,034	0,049	0,064	0,075	0,083	0,089	0,093	0,097	
0,70	0,035	0,051	0,066	0,077	0,085	0,091	0,095	0,098	
0,60	0,038	0,053	0,069	0,080	0,088	0,093	0,097	0,100	
0,50	0,400	0,056	0,073	0,083	0,900	0,095	0,099	0,102	
0,40	0,043	0,061	0,077	0,087	0,093	0,098	0,101	0,104	
0,35	0,045	0,064	0,080	0,089	0,095	0,100	0,103	0,105	
0,30	0,048	0,067	0,082	0,091	0,097	0,101	0,104	0,107	
0,25	0,050	0,071	0,085	0,094	0,099	0,103	0,106	0,109	
0,20	0,054	0,075	0,089	0,097	0,102	0,105	0,108	0,111	
0,15	0,060	0,080	0,093	0,100	0,104	0,108	0,110	0,113	
0,10	0,069	0,087	0,098	0,104	0,108	0,111	0,113	0,115	
0,05	0,082	0,097	0,105	0,110	0,113	0,115	0,116	0,117	



Fonte: EN 772-1 (2000).

- c) Calcular o momento fletor atuante perpendicular às juntas, conforme equação 4:

$$MR_{\perp} = \alpha \cdot W_k \cdot 1,4 \cdot L_2 \quad (4)$$

- d) Onde  $W_k$  = carga perpendicular ao plano da parede;

- e) Calcular o momento fletor atuante paralelo às juntas:  $MR_{//} = \mu \cdot MR_{\perp}$

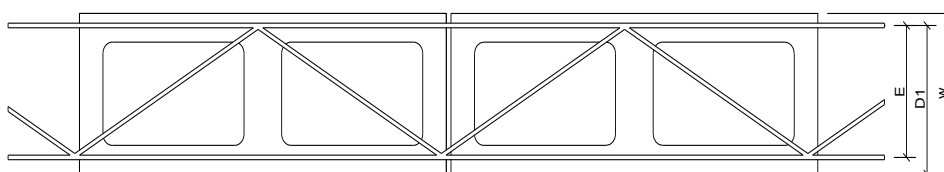


2º) Determinar a distância entre o centro da armadura tracionada e a extremidade comprimida da parede (D1), vide equação 5:

$$D1 = (w + E) / 2 \quad (5)$$

Onde: E = largura da treliça plana aramada (175, 115, 65 ou 50 mm), conforme Figura 14.

Figura 14 – Vista superior da treliça plana aramada



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2018).

3º) Verificar se o momento atuante é inferior à capacidade resistente da parede, conforme equação 6:

$$M_{R\perp} \leq [0,4 \cdot (f_k) \cdot (D1)^2] / 2,7 \quad (6)$$

4º) Calcular a área de armadura necessária, vide equação 7:

$$A_s = 1,4 \cdot M_{R\perp} / (f_{yd} \cdot Z) \quad (7)$$

Onde:

- $f_{yd} = 200 \text{ N/mm}^2$  (para limitar a fissuração da parede);
- $Z = (D1/2) \cdot \{ 1 + [ 1 - (2 \cdot M_{R\perp} \cdot 2,7) / ((D1)^2 \cdot f_k) ]^{1/2} \}$ ;
- $Z \leq 0,95 \cdot D1$ ;
- 2,7 = coeficiente de segurança.

5º) Calcular o número de treliças necessárias, sendo apenas uma por fiada de bloco, de acordo com a equação 8:

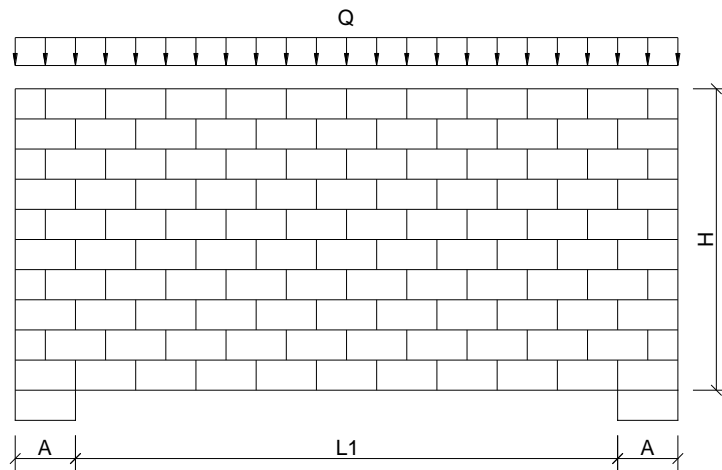
$$N\# = A_s / 12,5 \text{ mm}^2 \quad (8)$$

Nota:  $N\# \leq$  número de fiadas por metro de altura de parede para que possam ser distribuídas nas fiadas de assentamento dos blocos

### 3.3.2 Cálculo de alvenarias (viga-parede) submetidas às cargas no seu plano – Flexão Vertical

Para proceder o cálculo, é necessário que a alvenaria tenha dimensões (L1 e H) que a classifique como viga-parede, sendo L o vão de cálculo (Figura 15).

Figura 15 – Viga parede



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2018).

1º) Verificar se as dimensões da parede estão dentro dos limites permitidos para cálculo como viga-parede:

Sendo que L é o menor dos dois valores:

$$L1 + A \quad (9)$$

$$1,15 \cdot L1 \quad (10)$$

$$L \leq 2.H \quad (11)$$

Onde:

- L1 = comprimento da parede entre apoios;

- H = altura;
- A = largura dos apoios laterais;
- w = largura do bloco ou espessura da parede (sem revestimento).

2º) Determinar Z (distância entre os centros das armaduras e da região comprimida):

- Se  $(L/H) < 1$  então  $Z = 0,6 \cdot L$  (12)

- Se  $1 \leq (L/H) \leq 2$  então  $Z = 0,2 \cdot (L + 2 \cdot H)$  (13)

3º) Calcular o momento fletor atuante considerando a carga total Q (sobrecarga + peso próprio) atuante sobre o vão L, conforme equação 14:

$$M = (Q \cdot L^2) / 8 \quad (14)$$

4º) Calcular a área de aço necessária ( $A_s$ ) e número de treliças planas armadas, de acordo com a equação 15:

$$A_s = 1,4 \cdot M / (200 \cdot Z) \quad (15)$$

$$\text{Número de treliças planas armadas} = A_s / 25 \text{ mm}^2$$

5º) Calcular a altura ( $HA_s$ ) com a equação 16, onde será distribuída a armação positiva:

$$HA_s = (0,25 \cdot H - 0,05 \cdot L) \quad (16)$$

Distribuir as treliças ao longo da altura  $HA_s$ , a partir da base da primeira fiada. Caso o número de treliças seja superior ao de fiadas disponíveis em  $HA_s$ , a parede não atende ao carregamento imposto.

6º) Verificação do cisalhamento de paredes sem armação vertical com as equações 17 e 18:

$$f_{vd} = 1,4 \cdot R / (w \cdot Z) \quad (17)$$

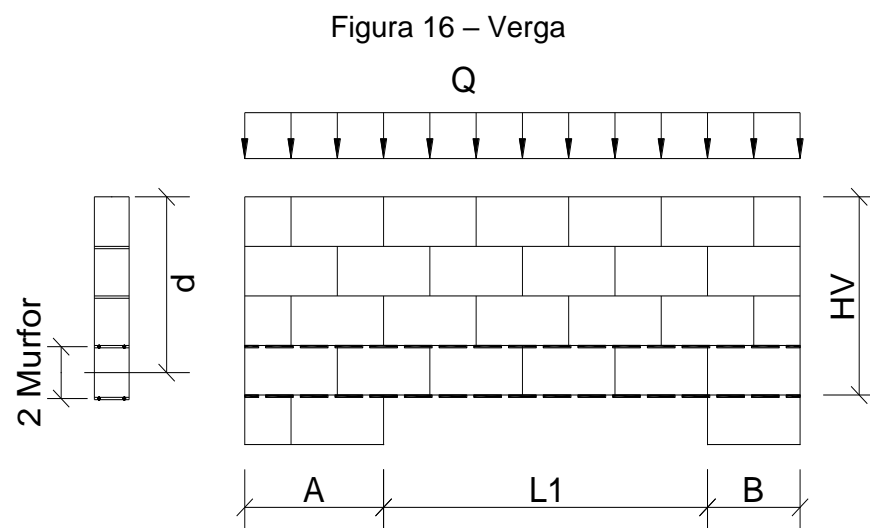
$$f_{vd} \leq f_{vk1} \quad (18)$$

Onde:

- $f_{vk1} = 0,35 \text{ N/mm}^2$  para parede sem armadura vertical;
- $R$  = reação de apoio.

### 3.3.3 Cálculo de vergas – Flexão Vertical

O procedimento é similar ao da viga-parede, sendo que são consideradas como padrão, apenas duas treliças planas armadas, uma na base da primeira fiada, envolvida pela argamassa de assentamento, e outra no topo desta fiada (Figura 16). O escoramento deve ser mantido até que a argamassa atinja resistência adequada para garantir o trabalho conjunto treliça-bloco. Neste caso, considera-se a verga sem armadura vertical de cisalhamento.



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert, 2018.

1º) Determinar o vão de cálculo ( $L$ ) da verga:

Sendo  $L$  o menor dos dois valores:

$$L1 + (A+B)/2 \quad (19)$$

$$L1 + HV/2 \quad (20)$$

Onde:

- $L1$  = comprimento da parede entre apoios;
- $HV$  = altura da verga;
- $A$  e  $B$  = largura dos apoios laterais;
- $w$  = largura do bloco ou espessura da parede (sem revestimento).

2º) Determinar o momento resistente  $MR$  da verga com a equação 21, abaixo:

$$MR = A_s \cdot Z \cdot 200 \text{ N/mm}^2 \quad (21)$$

- $Z = 0,8 \cdot d$ ; (22)

- $d = h \cdot (n - 0,5)$ ; (23)

- $A_s = 50\text{mm}^2$  (2 treliças planas aramadas galvanizadas).

Onde:

- $d$  = distância entre o centro de gravidade das treliças e o topo da verga;
- $h$  = altura do bloco;
- $n$  = número inteiro de fiadas.

3º) Calcular o momento fletor atuante considerando a carga total  $Q$  (sobrecarga + peso próprio) atuante sobre o vão  $L$  ou conforme prescrito nas normas técnicas com a equação 24:

$$M = (Q \cdot L^2) / 8 \quad (24)$$

$$M \cdot 1,4 \leq MR \quad (25)$$

4º) Realizar a verificação do cisalhamento, vide equação 26:

$$f_{vd} = 1,4 \cdot R / (w \cdot d) \quad (26)$$

$$f_{vd} \leq f_{vk1} \quad (27)$$

Onde:

- $f_{vk1} = 0,35 \text{ N/mm}^2$  para verga sem armadura vertical;

- R = reação de apoio;
- $d = Z / 0,8$ . (28)

### 3.4 Critérios executivos de alvenarias com armadura de junta

Neste subcapítulo, as recomendações construtivas serão abordadas especialmente sob a ótica da aplicação e os pontos chaves para o sucesso do sistema. Será abordado, também, sobre as principais manifestações patológicas no campo das alvenarias sendo elas reforçadas ou não.

#### 3.4.1 *Recomendações Construtivas - Como aplicar e pontos de atenção*

Conforme descrito nos capítulos anteriores, o reforço de juntas horizontais de assentamento pode trazer importantes ganhos de desempenho para as alvenarias. Entretanto, seu uso deve ser norteado por critérios técnicos que se iniciam pelo projeto de alvenaria de vedação, passam por acompanhamento da execução e finalizam na manutenção.

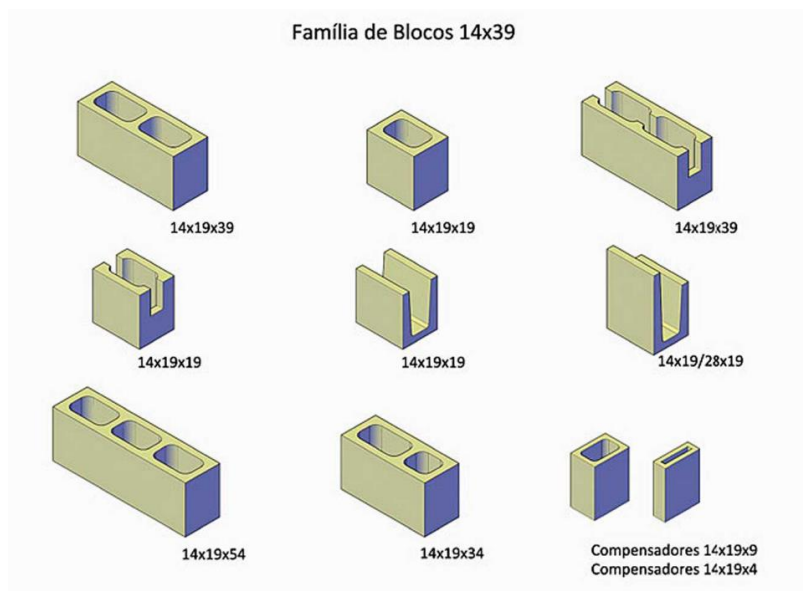
A má utilização desse sistema construtivo pode acarretar baixo desempenho, agravado pela falsa ideia de ganhos na estabilidade das alvenarias. Dessa forma, cuidados tomados durante a produção das alvenarias e seus respectivos reforços de juntas tornam-se fundamentais. A seguir são apresentadas algumas recomendações construtivas consideradas importantes.

Nas alvenarias confinadas, os elementos de reforço estrutural, como cintas, vigas e pilaretes, devem ser executados, preferencialmente, após a construção da alvenaria. A sobreposição mínima dos blocos deve ser de, no mínimo, 40% da altura das unidades, embora a utilização de reforços de junta permita a execução de alvenarias com blocos alinhados a prumo.

É recomendável que se utilize blocos específicos para fechamento de vãos modulados e colocação de instalações, evitando a realização de quebras ou rasgos

nos elementos. A Figura 17 mostra exemplos de blocos estruturais de uma mesma família, possibilitando atender as mais variadas paginações na execução de alvenaria.

Figura 17 – Família de blocos para alvenaria estrutural



Fonte: NESE; TAUIL (2010).

Nascimento (2005) recomenda o uso de argamassa de assentamento no sentido vertical, podendo ser dispensada para módulos de alvenaria de vedações inferiores a 6 metros e com argamassa com resistência mínima de 6,0 Mega Pascal (MPa). Santos (2007) descreve que alvenarias armadas sujeitas à flexão e corte devem ter juntas verticais completamente preenchidas.

Deve existir uma uniformidade nas espessuras das juntas de assentamento, devendo-se ser a mesma tanto nas fiadas reforçadas, quanto nas não reforçadas. De acordo com a literatura técnica, as juntas com argamassa convencional devem ter espessura final entre 6 a 15 mm, devendo-se, pelo ao menos, 5 mm superior ao diâmetro da armadura. Para argamassas tipo cimento-cola, a espessura deve estar situada na faixa de 0,5 a 3,0 mm.

Para uso de argamassas convencionais pode-se utilizar treliças planas constituídas de arames com seção redonda. Estes elementos de reforço possuem fios

longitudinais entre 4,00 e 5,00 mm e fio da parte senoidal (diagonais da treliça) de 3,75 mm (Figura 18).

Figura 18 – Em detalhe, a treliça plana aramada



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2018).

Até o prazo de seu uso efetivo, as treliças planas galvanizadas devem ser armazenadas em local coberto e protegido de umidade e de outros agentes que possam promover sua oxidação. As treliças são comercializadas em feixes de 25 unidades e, para obras de maior porte, são entregues em caixas ou pallets de madeira contendo 40 feixes. A Figura 19 mostra o acondicionamento em madeira de feixes das treliças planas galvanizadas.



Figura 19 – Feixes de treliças planas galvanizadas armazenadas



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2005).

Para uso de cimento-cola é necessário o uso de treliças planas constituídas de arames com seção achatada. Estes elementos de reforço possuem fios longitudinais com seção de 8 x 1,5 mm e fio senoidal de 1,50 mm. A Figura 20 detalha a treliça plana aramada tipo *Flat* com seus fios longitudinais achatados aplicada com cimento cola.

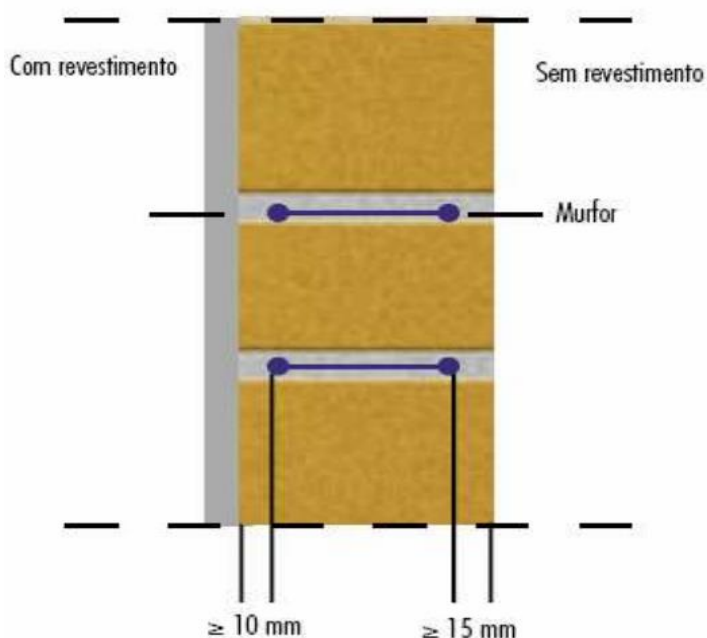
Figura 20 – Detalhe da treliça plana aramada tipo *Flat*, de fios longitudinais achatados



Fonte: Acervo técnico da Bekaert N.V. (2005).

Lateralmente, deve-se assegurar um recobrimento dos fios longitudinais da treliça com argamassa numa espessura mínima de 15 mm (Figura 21). Vertical ou lateralmente, o cobrimento dos fios da treliça plana é importante porque ele pode proporcionar uma boa transferência das tensões da alvenaria para o aço e uma proteção contra corrosão.

Figura 21 – Cobrimento lateral



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2006).

As emendas entre tiras de treliças planas devem ocorrer por um traspasse de suas extremidades numa extensão mínima de 250 mm, de maneira paralela. Para manter a uniformidade da treliça no interior da camada de argamassa, deve-se evitar a sobreposição vertical de tiras de treliça, ou seja, de maneira encavalada. Nessa situação haveria uma zona com uma desuniformidade da espessura de aço e de argamassa em relação ao resto do comprimento da fiada. Isto provoca uma descontinuidade de aderência da argamassa ao reforço diminuindo sua eficiência. Portanto, o traspasse deve ser preferencialmente lateral. Em determinadas situações, especialmente com a utilização de blocos vazados devido a limitada espessura das paredes desses blocos, o traspasse lateral não é tão facilmente executado. Nessas situações o traspasse vertical acaba sendo o mais empregado.

A Figura 22 mostra o detalhe do traspasse lateral de duas extremidades de treliça plana aramada para continuidade em alvenarias reforçadas.

Figura 22 – Detalhe do traspasse lateral de duas extremidades de treliça plana aramada



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2008).

No plano vertical da alvenaria, as regiões de traspasse de cada fiada devem ser desencontradas de maneira a não deixar um alinhamento vertical totalmente mais vulnerável.

Nos cantos, angulações ou cruzamentos de distintos panos de alvenarias, deve-se assegurar a continuidade do reforço de maneira a não predispor estas regiões à fissuração. Acessórios pré-fabricados com as mesmas dimensões das treliças planas são ofertados. A sua colocação também é ditada por interconexões de, no mínimo, 25 cm de traspasse para cada uma de suas extremidades.

Em situações mais simples, como cantos de dois panos, pode-se cortar um dos fios longitudinais e seccionar uma pequena porção do fio senoidal e moldar uma curva. Para que haja uniformidade de recobrimento vertical das armaduras, essas devem estar embutidas bem ao centro da camada de argamassa. Do ponto de vista prático, recomendam-se os seguintes procedimentos:

- Uso de argamassa convencional: colocada sobre toda a superfície superior dos blocos, distribuir a argamassa uniformemente e pressionar a treliça para baixo até que atinja o ponto médio da camada. A Figura 23 ilustra em suas

duas fotos sequenciais a aplicação de treliça plana aramada com argamassa convencional.

Figura 23 – Aplicação da treliça plana aramada com argamassa convencional



Fonte: Acervo técnico da Belgo Bekaert (2009).

- Para argamassa colocada apenas em filetes laterais ao longo das paredes laterais dos blocos, deve-se posicionar a treliça exatamente sobre o eixo das paredes do bloco, passar a argamassa com o auxílio de uma palheta estreita encobrimdo os fios longitudinais da treliça e seus respectivos pontos de solda com os fios diagonais. O deslocamento rápido da palheta raspando-a nas quinas superiores dos blocos acaba sendo suficiente para distribuir a argamassa no entorno dos fios longitudinais da treliça plana e seus pontos de solda. A Figura 24 mostra a aplicação da treliça plana aramada com uso de cordões de argamassa convencional ao longo das paredes laterais de blocos cerâmicos vazados.



Figura 24 – Aplicação da treliça plana aramada com uso de cordões de argamassa convencional ao longo das paredes laterais de blocos cerâmicos vazados



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2009).

- Distribuir uma delgada camada de cimento-cola, posicionar a treliça e aplicar uma segunda camada de cobrimento.

Para que a camada de argamassa armada com treliça plana tenha desempenho satisfatório, os blocos devem ser do tipo, preferencialmente, com fundo. Esse aspecto está especialmente relacionado com as alvenarias de blocos de concreto. Do contrário, é importante que os fios longitudinais e os pontos de ligação entre esses e o fio senoidal da treliça coincidam com o eixo da parede dos blocos. Para os blocos de 14 e 19 cm de espessura, recomendam-se as treliças de largura 11,5 e 17,5 cm, respectivamente.

Segundo Timperman (2002), no uso de treliça plana para reforço de alvenarias, junto às vergas e contravergas, visando uma distribuição das tensões acumuladas nos cantos das aberturas, deve-se deixar um comprimento de ancoragem para cada lado da abertura de, no mínimo, 25 cm. Não se devem empregar as treliças

planas de maneira aleatória em substituição às vergas porque essas, associadas a uma delgada camada de argamassa, não possuem geometria adequada a constituírem elementos estruturais. Alternativas técnicas nesse sentido devem ser avaliadas caso a caso pelos calculistas. A Figura 25 apresenta o uso incorreto da treliça plana aramada como elemento de substituição de vergas, apresentando uma camada de argamassa irregular, falha e uma fissura bem destacada devido a retirada precoce do escoramento.

Figura 25 – Uso incorreto da treliça plana aramada como elemento de substituição de vergas. Camada de argamassa irregular, falha e com retirada precoce do escoramento



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2008).

Timperman (2002), indica ainda treliças planas aramadas associadas com grampos também aramados, pois eles permitem a construção de vergas desde que atendam os requisitos de cálculos. Os grampos entram nas juntas verticais e possuem uma dobra em sua porção superior para o recebimento da treliça aramada horizontalmente embutida na argamassa de assentamento. Nessa situação, um escoramento simplificado se faz necessário para suportar as fiadas acima da abertura até a completa cura da argamassa reforçada, com mínimo de 14 dias. Essa alternativa técnica é especialmente interessante para as alvenarias de tijolos

cerâmicos à vista. A Figura 26 mostra na foto o detalhe da treliça plana aramada encaixada no grampo com o uso de argamassa convencional.

Figura 26 – Treliça plana aramada encaixada no grampo com o uso de argamassa convencional



Fonte: Acervo técnico da Belgo Bekaert (2008).

A vedação de vãos compreendidos entre lajes ou vigas sujeitas à deformação pode ser solucionada com reforços horizontais de juntas tomando as seguintes medidas adicionais:

- Uso de argamassa flexível e à prova de umedecimento sob a primeira fiada inferior do pano de alvenaria;
- Uso de material compressível para preenchimento do espaço superior entre o pano de alvenaria e face inferior do elemento estrutural em substituição ao encunhamento tradicional.

### 3.4.2 Patologias corriqueiras - Causas, efeitos e soluções

O uso do termo patologia, oriundo da medicina, trata da área que estuda as doenças, seus sintomas e natureza das modificações que elas provocam no organismo. Este conceito da patologia foi estendido à engenharia de construção civil para denominar os defeitos aparentes causados por incorreções nos processos construtivos ou anomalias nos processos de produção dos elementos constituintes da alvenaria.

Segundo Silva (2002), pode ser considerado raro o fato de as manifestações patológicas estarem restritas a um único elemento construtivo, realçando o limite difuso entre a estrutura e os restantes elementos construtivos.

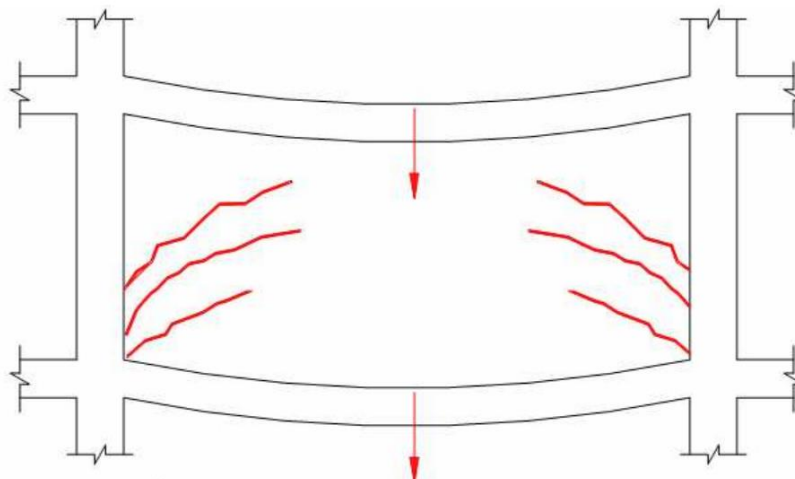
O primeiro lugar na causa de manifestações patológicas em alvenarias é ocupado por fissuras nos blocos e tijolos, seguidos pelas fissuras de retração de argamassas de assentamento e revestimento. Bauer (2006), em seus trabalhos afirma que a identificação das fissuras e de suas causas é de vital importância para a definição do tratamento adequado para a recuperação da alvenaria.

O diagnóstico das manifestações patológicas relacionadas às fissuras e suas respectivas origens é geralmente baseado nas características destas, tais como dimensões da abertura, espaçamento e a época de ocorrência. Bauer (2006), em seus trabalhos de avaliação das propriedades mecânicas dos componentes das alvenarias e sua correlação com fissuras diz: “considerando-se as diferentes propriedades mecânicas e elásticas dos constituintes da alvenaria, e em função das solicitações atuantes, as fissuras poderão ocorrer nas juntas de assentamento (argamassa de assentamento vertical ou horizontal) ou seccionar os componentes da alvenaria (blocos vazados de concreto)”.

Juntamente com todos os fatores descritos, têm-se as fissuras provocadas por esforços solicitantes provenientes das deformações das estruturas dos edifícios, bem como dos vazios criados pelos vãos das janelas, portas, dentre outros (Figura 27).



Figura 27 – Deformação em viga ocasionando fissuras em alvenarias



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2008).

A aderência dos constituintes das alvenarias em elementos estruturais, horizontais e verticais, é de fundamental importância, tendo-se em vista que a má aderência destes é responsável pelo descolamento entre a vedação e a sustentação, provocando trincas, fissuras e rompimentos na alvenaria. Outro fator de rompimento em alvenarias é o descolamento das estruturas, devido a deformações e deslocamentos indesejáveis destas. Todos os deslocamentos e deformações das estruturas geram manifestações patológicas nos elementos de vedação, por aderência e descolamentos alvenarias-estruturas ou blocos-argamassa-blocos. Estas manifestações patológicas estão associadas a trincas e refletem diretamente sobre o aspecto final da alvenaria acabada.

A deformação do pacote exterior dos edifícios, provocadas pela flexão das lajes e vigas, devido ao carregamento e ao peso próprio destes, principalmente daqueles elementos de grandes vãos, cuja deformação vertical atinge o valor máximo no centro dos vãos, é o principal responsável pelo surgimento de trincas e rompimentos das alvenarias cujo comprometimento estético e de vedação se tornam significativos.

Vasconcelos *et al.* (2007), ao descreverem as alvenarias não armadas, salientam que as unidades de alvenarias, blocos, devem ter uma robustez adequada para

impedir a ruptura do tipo frágil devido a esforços de compressão. Afirmam, ainda, que o requisito de robustez dos blocos pode ser garantido por normas técnicas caracterizando bem os limites para as furações e para as espessuras de paredes dos blocos de concreto ou cerâmico.

Outro fator de comprometimento e deterioração das alvenarias é a degradação das argamassas cujo principal responsável é a presença de corpos inertes nos agregados capazes de comprometer a resistência e a capacidade ligante das argamassas. Este tipo de manifestações patológica é responsável pelo surgimento de trincas de reboco e pintura ou surgimento de sombreamentos sob as pinturas e infiltrações.

Bauer (2006) aponta que a presença de sais de metais alcalinos, sódio e potássio, e sais de metais alcalinos ferrosos, cálcio e magnésio, nas argamassas, blocos e/ou tijolos, causam o fenômeno denominado eflorescências. Estas surgem a partir do transporte destes por águas de diversas origens, alterando a aparência das superfícies e podendo causar a desagregação profunda das alvenarias. As águas citadas podem ter origem da umidade do solo, águas de chuva acumuladas antes da cobertura da obra ou infiltrada por meio de fissuras, proveniente da atmosfera ou de vazamentos em tubulações.

As retrações dos elementos constituintes das alvenarias são responsáveis por manifestações patológicas similares às descritas anteriormente através da perda de aderência argamassa-bloco. Tal retração ocorre devido à perda de umidade do bloco, ou seja, pela secagem deste. Segundo Franco (2004), a retração de blocos, devido à perda de umidade, é menor em tijolos/blocos cerâmicos e blocos de concreto e maior em blocos de concreto celular autoclavado.

As questões vinculadas às movimentações internas das alvenarias são responsáveis pelo surgimento de esforços solicitantes sobre blocos e argamassas. Dentre as causas destas movimentações, têm-se a variação de volume e esforços provocados por aberturas e fechamentos de portas e janelas, inclusive demais impactos sobre as alvenarias. Todos estes movimentos causam deformações, geram tensões, fissuras e trincas, ou seja, também são agentes das manifestações

patológicas aparentes nas alvenarias. São fatores que favorecem o surgimento dessa manifestação patológica: a natureza do material constituinte da alvenaria, blocos e argamassas, o módulo de elasticidade da argamassa e a resistência da argamassa e do bloco. A fim de se evitar estes danos nas alvenarias, Franco (2004) recomenda não molhar os blocos e tijolos, devido à capacidade da argamassa absorver água e impedir a cura correta, proteger a alvenaria durante a construção devido às intempéries, execução de juntas de trabalho, empregar argamassas resilientes, propiciar a cura adequada evitando-se tensões prematuras e empregar reforços metálicos.

As aberturas existentes no interior dos panos de alvenarias para janelas, portas ou afins, bem como as mudanças de níveis, geram cantos vivos, nos quais, invariavelmente têm-se concentração de tensões e uma maior propensão ao aparecimento de fissuras (Figura 28).

Figura 28 – Manifestação patológica ocasionada por concentração de tensões



Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2008).

Santos (2007) salienta que aspectos ligados à acústica e ou à térmica, muitas vezes caem por terra por interferências das configurações construtivas ou dos aspectos estruturais. Desta forma, o que pode ser uma solução interessante para aumentar a resistência ou desempenho mecânico, pode comprometer aspectos acústicos e

vice-versa. Para o mesmo autor, grandes áreas envidraçadas nas alvenarias têm trazido sérios problemas térmicos.

Abrantes e Silva (2007), estudando causas e soluções das manifestações patológicas de alvenarias, salientam a importância do projeto no que tange a compatibilização de materiais e subsistemas construtivos e destacam, ainda, que a mão-de-obra empregada nos processos construtivos deve ser permanentemente atualizada frente às novas concepções de projetos e desenvolvimento de novos materiais.

### **3.5 Gestão do desempenho das alvenarias**

Neste subcapítulo será comentado sobre o conceito de desempenho dos sistemas sob a ótica da norma ABNT NBR 15575: 2021, os ensaios pertinentes ao estudo e, por fim, sobre as normas aplicáveis que se correlacionam.

#### *3.5.1 A importância do desempenho dos sistemas*

O segmento habitacional no mercado imobiliário brasileiro tem apresentado significativas mudanças, especialmente em aumento de competitividade. A ABNT NBR 15575: 2021 representou um dos marcos importantes com a sua implementação, uma vez que implicou em relevantes mudanças no setor de construção civil (ANDERY; COTTA, 2018).

Assim, propõe Andery e Barbosa (2016), que o conceito de sustentabilidade se correlaciona com os requisitos de desempenho, sendo um desdobramento, haja vista que se busca melhorias em condições de uso e operação, bem como em ecoeficiência. Este mesmo movimento, segundo os autores, aconteceu em países europeus e da América do Norte, estabelecendo-se edifícios orientados à garantia do desempenho.

O conceito de desempenho deve levar em consideração o fato de que um determinado produto necessita apresentar propriedades que o capacitem a fim de cumprir sua destinação quando exposto a ações, ou seja, é o comportamento em utilização (SOUZA, 2015). Por isso, faz-se necessário prever o comportamento dos sistemas e seus subsistemas quando em serviço, isto faz parte da avaliação de desempenho.

Segundo afirma Andery e Barbosa (2019, p. 8),

Essa nova forma de pensamento sistêmico e ordenado modifica a maneira como as construtoras contratam e desenvolvem os projetos das edificações, ou seja, muda o fluxo de atividades do processo de projeto dos empreendimentos, processo esse entendido de maneira ampla, desde a concepção e análise de viabilidade até a orçamentação e planejamento da execução.

De acordo com Silva e Frollini (2022, p.5),

Os requisitos de desempenho a que as edificações devem atender foram estabelecidos pela primeira vez na norma *International Standard Organization (ISO) 6241 – Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered*, publicada em 1984, a qual foi cancelada e substituída em 27/10/2016 pela norma ISO 19208:2016 – *Framework for specifying performance in buildings*. A norma brasileira ABNT NBR 15575 – *Edificações habitacionais – Desempenho* publicada em 19 de fevereiro de 2013 estabeleceu o conjunto de requisitos de desempenho aos quais uma edificação de uso habitacional deve atender no Brasil.

Esses requisitos, que foram estabelecidos com a ISO 6241, formam uma base que pode ser aplicada a outros tipos de edificações com as devidas adaptações, mas os requisitos e critérios da ABNT NBR 15575 são obrigatórios exclusivamente para edificações habitacionais, cujos projetos tenham sido protocolados nos órgãos competentes a partir de 19 de julho de 2013. Destaca-se, no entanto, que a norma abrange qualquer tipo de edificação de uso habitacional tais como unidades unifamiliares (casas), edificações multifamiliares de todo tamanho e número de pavimentos como de todos os segmentos de mercado.

O conjunto de requisitos e critérios é estabelecido para a edificação como um todo na Parte 1 da norma, e nas demais partes são estabelecidos os requisitos e critérios para os sistemas estruturais (Parte 2), independentemente de que tipo de sistema será usado (estrutura de concreto, alvenaria estrutural, estrutura de aço etc.); para os sistemas de pisos (Parte 3); para os sistemas de vedação externa – fachadas – e internas (Parte 4); para os sistemas de coberturas (Parte 5) e para os sistemas hidrossanitários (Parte 6). Os critérios são os valores quantitativos que devem ser atendidos e a ABNT NBR 15575 estabelece alguns mínimos (critérios considerados “normativos”, isto é, que são obrigatórios nessa norma) e critérios de níveis intermediário e superior, que são facultativos, isto é, não são obrigatórios e podem ser atendidos por produtos (componentes e sistemas) ou empreendimentos em função da estratégia de mercado de seus produtores.

Figura 29 - Sistemas preconizados pela ABNT NBR 15.575: 2021



Fonte: Manual de desempenho do sistema de alvenaria de blocos cerâmicos City (2022).

Para o desempenho adequado dos sistemas, faz-se necessário a integração entre os agentes, considerando a implementação de estratégias e a utilização de tecnologias de apoio ( BRÍGITTE; RUSCHEL, 2016 *apud* ANDERY; COTTA, 2018). Por isso, ressalta-se a importância de uma coordenação gerencial entre os projetos, especialmente na fase de contratação, considerando os requisitos para os sistemas.

Com o intuito de colaborar na manutenibilidade da habitação após a sua entrega, a ABNT NBR 14037: 2014 Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos, deve ser seguida e servir como referência para a elaboração do manual de uso, operação e manutenção, devendo, o mesmo, ser bem detalhado, assegurando direitos e deveres para as partes envolvidas: incorporadores, construtores e os usuários das construções, conforme é exemplificado na Figura 30 abaixo:

Figura 30 - Fluxo da documentação de um sistema de gestão da manutenção



Fonte: Guia CBIC (2013).

É consenso do mercado que, com a norma de desempenho, haja uma qualificação maior das construções habitacionais, uma natural seleção para bons fornecedores e maior vida útil dos sistemas. Espera-se, também, que o comprador fique mais criterioso, com uma visão sistêmica, valendo-se de sua posição para acionar quaisquer especialistas durante o processo de aquisição ou escolha de sua nova moradia, seja ela uma casa ou um apartamento, vide Figura 31 abaixo.

Figura 31 - Metodologia de avaliação de desempenho



Fonte: Souza (2015).

No tocante aos memoriais descritivos, eles devem referenciar-se às normas técnicas brasileiras vigentes e atuais, salvo os casos, da não existência, utilizar-se as normas internacionais ou estrangeiras, seguindo com a especificação do item.

### 3.5.2 NBR 15.575:2021 - Parte 4

De acordo com Silva e Frollini (2022, p.3),

A alvenaria de blocos cerâmicos vem passando ao longo dos anos por uma constante e significativa evolução tecnológica em seus componentes e processos de fabricação, o que permite também a evolução dos sistemas construtivos de vedação e estrutura com sua aplicação. Esta evolução tem permitido, de um lado um significativo aumento de produtividade na produção com o emprego de automação industrial, uma maior precisão do controle tecnológico de produção, gerando produtos uniformes e com alto grau de atendimento aos seus parâmetros normativos e, de outro lado, com novos produtos, a melhoria do desempenho das edificações e a racionalização construtiva. Resultam desta evolução ganhos para todas as partes envolvidas: fabricantes, projetistas, construtores e os usuários finais. No entanto, a chegada das normas ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho levou a um novo esforço: a busca de um novo patamar de evolução para atender requisitos e critérios até então inexistentes nas normas brasileiras.



De acordo com Silva e Frollini (2022, p.7),

As atividades de uso e de manutenção são essenciais para que as características de desempenho com as quais o empreendimento foi concebido e construído sejam mantidas ao longo da sua vida útil e deverão ser objeto de orientações detalhadas da construtora para os usuários e para a administração dos edifícios. O sistema construtivo de alvenaria de blocos cerâmicos pode desempenhar nas edificações a função estrutural e de vedação simultaneamente – alvenaria estrutural – ou apenas a função de vedação externa e interna. Dependendo se tem a função estrutural também ou apenas vedação, os requisitos da ABNT NBR 15575 são atendidos de forma distinta.

O desempenho do sistema depende também das características dos componentes, os blocos, e dos materiais, como as argamassas de assentamento e de revestimento. Essas características afetam os diferentes requisitos e devem ser consideradas na escolha da composição das paredes para cada finalidade. Assim, uma parede de fachada deverá ter composição diferente do que uma parede destinada ao poço de elevador, assim como esta será diferente da parede que separa duas unidades privativas, em função de que em cada uma dessas situações diferentes requisitos e critérios devem ser atendidos. Entender o desempenho de cada elemento construtivo para cada condição de uso e exposição é papel de quem projeta e apresentar as características de desempenho a partir de ensaios e avaliações deve partir do fornecedor, de modo a dar condições ao projetista e à empresa construtora de especificar adequadamente.

A norma é dividida em seis partes que tratam respectivamente de requisitos gerais, estrutura, pisos, vedações verticais, cobertura e sistemas hidráulicos (Figura 32). Também permeiam à norma, definições voltadas ao conforto térmico e acústico, proteção ao fogo, estanqueidade e ciclo de vida da edificação.

Figura 32 - Partes da Norma de Desempenho



Fonte: Andery e Barbosa (2016).

A Norma abrange todo o ciclo de vida da edificação - da concepção até o usuário final. Como exemplo, em obras públicas, a norma permitirá a substituição do fornecedor do material por outro de acordo com o valor de venda pela construtora quando necessário, sem que se perca o desempenho inicial previsto pelo especificador, pois todas as características e as normas que devem ser atendidas estão claramente discriminadas no memorial descritivo do projeto.

A parte 4 trata especificamente sobre os ensaios e requisitos para o sistema de vedações, vide o Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Ensaio por requisitos para o sistema de vedações

SISTEMA	REQUISITO	ENSAIO
Vedações	Desempenho Estrutural	Resistência de vedações a solicitação de peças suspensas
		Resistência a impacto de corpo duro
		Resistência a impacto de corpo mole
		Ações transmitidas por portas - fechamento brusco
		Ações transmitidas por portas - impacto de corpo mole
		Esforço Horizontal e impacto em Guarda-corpo
	Estanqueidade	Estanqueidade de paredes externas - água de chuva
		Permeabilidade de água - vedações internas e externas
	Desempenho Acústico	Isolação acústica entre ambientes - Ruído aéreo entre paredes internas
		Isolação acústica das paredes externas (fachadas)
		Isolação acústica entre vedação da unidade habitacional e áreas comuns de permanência
		Isolação acústica entre vedação da unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual
	Desempenho Térmico	Medição acústica de paredes e portas separados pelo hall
		Transmitância térmica e capacidade térmica de paredes externas (fachadas)
	Durabilidade e Manutenibilidade	Verificação à exposição de calor e choque térmico

Fonte: Andery e Barbosa (2016).

Este trabalho se restringe ao desempenho estrutural, no tocante às avaliações mecânicas de alvenarias de vedação com blocos cerâmicos sujeita a impactos laterais. O ensaio pertinente e seu procedimento é descrito à frente.

### 3.5.3 Ensaio mecânico pertinente à proposta do estudo

A parte 4 da ABNT NBR 15575: 2021 faz menção ao desempenho de sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais ou de seus elementos, estabelecendo os requisitos, os métodos de avaliação, bem como os critérios. Este estudo seguirá com a avaliação do ponto de vista mecânico para vedações sujeitas à flexão lateral, sendo uma alvenaria aparente em blocos cerâmicos de um edifício multipiso ou casa térrea de forma hipotética, levando-se em consideração o impacto de corpo mole (carga lateral).

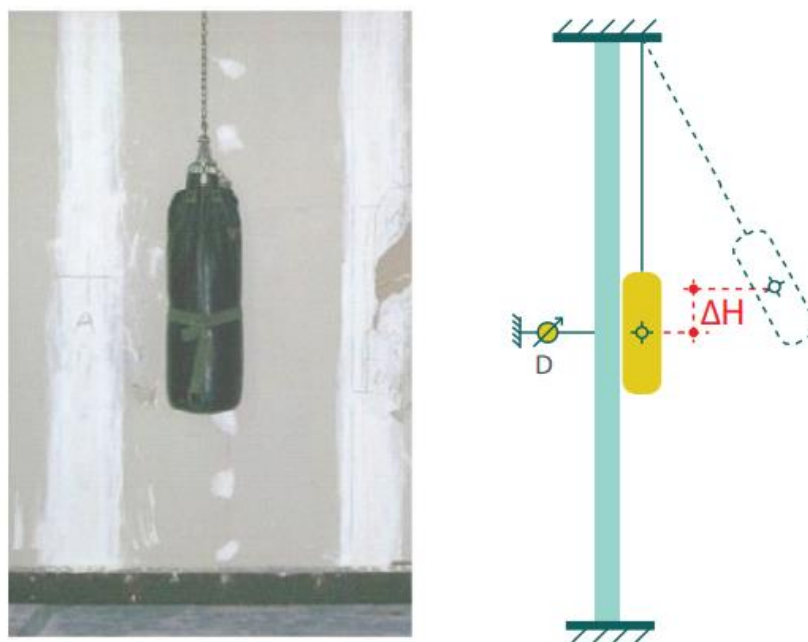
Será considerado o pior cenário na avaliação (alvenaria externa ou de fachada), o que implica em dizer que, atendendo aos requisitos para alvenarias externas, a

mesma atenderia aos requisitos para alvenarias internas. Da mesma forma, ao atender os requisitos para fachadas de edifícios, a mesma alvenaria atenderia os requisitos para a situação de uma fachada em casa térrea.

### 3.5.3.1 Impacto de corpo-mole nos sistemas de vedações

Este requisito se traduz pela resistência dos SVVIE à energia de impacto dos choques acidentais gerados pela própria utilização da edificação ou choques provocados por tentativas de intrusões intencionais ou não. Os impactos com maiores energias referem-se ao estado limite último. Conforme a Figura 33, nos ensaios, os impactos são aplicados por um saco cilíndrico de couro, com diâmetro de 35cm, altura de 70cm e massa de 400N aproximadamente, na sequência, efetua-se um movimento pendular do corpo até o impacto na vedação (GUIA CBIC, 2013):

Figura 33 – Impacto de corpo mole transmitido por saco de couro com massa de 40kg



Fonte: GUIA CBIC (2013).

Objetivo: Resistir aos impactos de corpo mole.

Critério: Sob ação de impactos progressivos de corpo mole, os SVVIE não devem sofrer ruptura ou instabilidade (impactos de segurança), que caracterize o estado limite último, para as correspondentes energias de impacto; apresentar fissuras, escamações, delaminações ou qualquer outro tipo de falha (impactos de utilização) que possa comprometer o estado de utilização, observando-se, ainda os limites de deslocamentos instantâneos e residuais; provocar danos a componentes, instalações ou aos acabamentos acoplados ao SVVIE.

Na Tabela 6 abaixo apresenta-se a energia de impacto e critérios de desempenho para o respectivo elemento de vedação considerando-se um edifício multipavimentos:

Tabela 6 – Impactos de corpo mole para vedações verticais externas (fachadas) de edifícios com mais de um pavimento

Elemento	Impacto	Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho
Vedação vertical com função estrutural	Impacto externo (acesso externo do público; normalmente andar térreo)	960	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
		720	
		480	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
		360	
		240	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ $d_{hr} \leq h/1\ 250$
		180	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
	120		
	Impacto interno (todos os pavimentos)	480	Não ocorrência de ruína nem traspasse da parede pelo corpo percussor de impacto (estado limite último)
		240	
		180	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
120		Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ $d_{hr} \leq h/1\ 250$	
Vedação vertical sem função estrutural	Impacto externo (acesso externo do público; normalmente andar térreo)	720	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
		480	
		360	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
		240	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) $d_h \leq h/125$ $d_{hr} \leq h/625$
		180	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
		120	
	Impactos internos (todos os pavimentos)	360	Não ocorrência de ruptura nem traspasse da parede pelo corpo percussor de impacto (estado limite último)
		180	
		120	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/125$ $d_{hr} \leq h/625$

Tabela 6 (continuação)

Elemento	Impacto	Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho
Vedações verticais sem função estrutural, constituídas por elementos leves ( $G < 60 \text{ kg/m}^2$ )	Impactos externos (acesso externo do público; normalmente andar térreo)	720	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
		360	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
		240	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h / 62,5$ $d_{hr} \leq h / 625$
Revestimento interno das vedações verticais externas em multicamadas <sup>a</sup> (impactos internos)		120	Não ocorrência de ruína (estado limite último) São admitidas falhas localizadas
		60	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) Limitação da ocorrência de deslocamento: $d_h \leq h/125$ ; $d_{hr} \leq h/625$
<sup>a</sup> Está sendo considerado neste caso que o revestimento interno da parede de fachada multicamada não é integrante da estrutura da parede, nem componente de contraventamento, e que os materiais de revestimento empregados sejam de fácil reposição pelo usuário. Desde que não haja comprometimento à segurança e à estanqueidade, podem ser adotados, somente para os impactos no revestimento interno, os critérios previstos na ABNT NBR 11681, considerando $E = 60 \text{ J}$ , para não ocorrência de falhas, e $E = 120 \text{ J}$ , para não ocorrência de rupturas localizadas. No caso de impacto entre montantes, ou seja, entre componentes da estrutura, o componente de vedação deve ser considerado sem função estrutural.			

Fonte: ABNT NBR 15575, 2021.

Na Tabela 7 abaixo apresenta-se a energia de impacto e critérios de desempenho para o respectivo elemento de vedação, localizado internamente considerando-se um edifício multipavimentos:

Tabela 7 – Impactos de corpo mole para vedações verticais internas

Elemento	Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho
Vedações com função estrutural	360	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
	240	São admitidas falhas localizadas
	180	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
	120	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço). Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ ; $d_{hr} \leq h/1250$
	60	Não ocorrências de falhas (estado limite de serviço)
Vedações sem função estrutural	120	Não ocorrência de ruína (estado limite último) São admitidas falhas localizadas

Tabela 7 (continuação)

Tabela 7 – Impactos de corpo mole para vedações verticais internas

	60	<p>Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço).</p> <p>Limitação da ocorrência de deslocamento:</p> $d_h \leq h/125^a$ $d_{hr} \leq h/625$
<p><sup>a</sup> Para paredes leves (<math>G \leq 600 \text{ N/m}^2</math>), sem função estrutural, os valores do deslocamento instantâneo (<math>d_h</math>) podem atingir o dobro do valor indicado nesta tabela.</p> <p>Nota: aplica-se também a casas térreas e sobrados</p>		

Fonte: ABNT NBR 15575, 2021.

Na Tabela 8 abaixo apresenta-se a energia de impacto e critérios de desempenho para o respectivo elemento de vedação sem função estrutural considerando-se uma casa térrea:

Tabela 8 – Impactos de corpo mole para vedações verticais externas (fachadas) de casas térreas, sem função estrutural

Sistema	Impacto	Energia de impacto de corpo mole J	Critérios de desempenho
Vedações verticais sem função estrutural	Impacto externo (acesso externo ao público)	480	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
		360	
		240	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/125$ $d_{hr} \leq h/625$
		180	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
	120		
	Impacto interno	360	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
		180	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/125$ $d_{hr} \leq h/625$
		120	
Vedação vertical externa, sem função estrutural, constituída por elementos leves ( $G < 60 \text{ kg/m}^2$ )	Impacto externo (acesso externo do público)	360	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
		180	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
		120	Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h / 62,5$ $d_{hr} \leq h / 625$
Revestimento interno das vedações verticais externas não estruturais multicamadas <sup>a</sup>		60	Não ocorrência de falhas
		120	Não ocorrência de rupturas localizadas. Não comprometimento da segurança e da estanqueidade à água

<sup>a</sup> O revestimento interno da parede de fachada multicamada não é integrante da estrutura da parede, nem considerado componente de contraventamento, bem como os materiais de revestimento empregados são de fácil reposição pelo usuário.

Fonte: ABNT NBR 15575, 2021.

As medições dos deslocamentos horizontais instantâneo e residual podem ser feitos com extensômetros, paquímetros, régua ou equipamentos semelhantes, realizando-se em laboratório ou em campo.

#### 3.5.4 Normas aplicáveis

De acordo com Silva e Frollini (2022, p.8), apresentam-se a seguir:

as normas técnicas aplicáveis ao sistema de alvenaria de blocos cerâmicos em sua função como vedação e como estrutura. A atualização sobre novas normas que possam surgir ou quanto à versão em vigor dessas normas pode ser feita por meio do website [www.abntcatalogo.com.br](http://www.abntcatalogo.com.br) com a busca pela palavra-chave “alvenaria” ou pelo número de cada norma, ou ainda buscando por todas as normas de cada Comitê, que está relacionado ao sistema alvenaria: Comitê Brasileiro 02 (Construção Civil); 18 (Cimento, Concreto e Agregados) e 179 (Cerâmica Vermelha).

Apresentam-se abaixo as normas que afetam o sistema alvenaria e o projeto da edificação, seu uso e manutenção:

ABNT NBR 8681: 2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.

ABNT NBR 6123: 1988 – Forças devidas ao vento em edificações.

ABNT NBR 6120: 2019 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.

ABNT NBR 9050: 2020 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

ABNT NBR 14432: 2001 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.

ABNT NBR 15220: 2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.

ABNT NBR 15220: 2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

ABNT NBR 15873: 2010 – Coordenação modular para edificações.

ABNT NBR 16280: 2020 – Reforma em edificações — Sistema de gestão de reformas — Requisitos.



ABNT NBR 5674: 2012 – Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.

ABNT NBR 14037: 2011 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos.

Apresentam-se abaixo as normas de especificação e métodos de ensaio dos componentes e materiais do sistema alvenaria:

ABNT NBR 15270: 2017 – Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos.

ABNT NBR 15270: 2017 – Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 2: Métodos de ensaio.

ABNT NBR 13281: 2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.

ABNT NBR 13529: 2013 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia.

ABNT NBR 13749: 2013 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.

ABNT NBR 13867: 1997 – Revestimento interno de paredes e tetos com pasta de gesso – material, preparo, aplicação e acabamento.

ABNT NBR 16618: 2017 – Revestimento interno em gesso de paredes e tetos – Procedimento.

Apresentam-se abaixo as normas de projeto e controle tecnológico de execução do sistema alvenaria:

ABNT NBR 8545: 1984 – Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos.

ABNT NBR 15812: 2010 – Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1 – Projeto.

ABNT NBR 15812: 2010 – Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2 – Execução e controle de obras.

ABNT NBR 15812: 2010 – Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 3 – Métodos de ensaio.

Importante incluir também, para auxílio na realização de projetos de alvenaria, as partes do Eurocode abaixo:

Eurocode EN 1996: 2005 – Design of Masonry Structures Part 1-1 General Rules for Reinforced and unreinforced Masonry Structures.

Eurocode EN 1996: 2005 – Design of Masonry Structures Part 1-2 General Rules - Structural Fire Design.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo será abordado os materiais empregados, o planejamento experimental, os detalhamentos construtivos empregados nas alvenarias experimentais e o procedimento experimental.

### **4.1 Dos materiais empregados**

Neste trabalho foram utilizados tijolos cerâmicos não estruturais da empresa BRAÚNAS (ver Anexo B). Sabe-se que os blocos são componentes básicos de qualquer alvenaria, seja ela estrutural ou apenas de vedação, sendo assim, optou-se por blocos cerâmicos devido ao maior consumo dos mesmos pelos players do segmento de construção civil.

A argamassa utilizada foi a da empresa BR MASSA, grupo SIKA, sendo utilizada a industrializada para aplicação em revestimentos, juntas de assentamento e fachadas, conforme ficha técnica em anexo (ver Anexo A). A argamassa, como é de conhecimento do meio técnico, é o elemento ligante entre os tijolos ou unidades e são responsáveis por conferir a plasticidade e retenção de água para a devida hidratação à mistura (RABELO, 2004).

Por fim, as treliças planas aramadas (Tabela 9), responsáveis por prover resiliência às alvenarias, foram fornecidas pela empresa BELGO BEKAERT ARAMES, a qual agradeço pelo apoio irrestrito à esta pesquisa. As treliças utilizadas foram as de largura de 115 mm e 65 mm, respectivamente, para as alvenarias de vedação com 140 mm e 90 mm de espessura. Optou-se por elas por serem soluções simples, leves, de baixo custo, difundidas no meio técnico e por não demandarem mão de obra especializada.

Tabela 9 – Tabela orientativa de uso

Largura Murfor®	Largura do bloco
5,0 cm	7 a 13 cm
6,5 cm	
11,5 cm	12,5 a 18 cm
17,5 cm	A partir de 19 cm

Fonte: Acervo técnico Belgo Bekaert (2018).

## 4.2 Do planejamento experimental

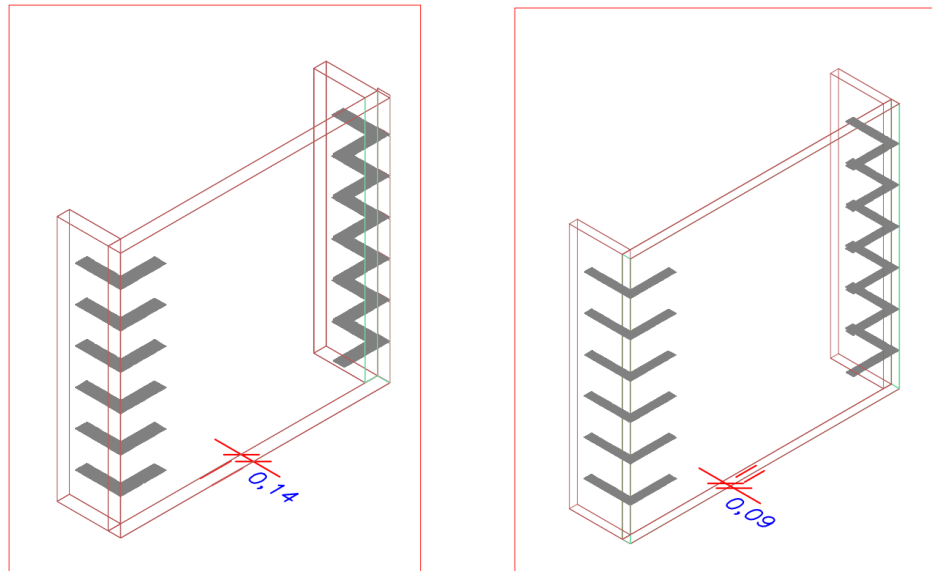
O projeto experimental foi responsável por avaliar o comportamento de paredes reforçadas com treliças planas aramadas frente aos requisitos de desempenho mecânico da ABNT NBR 15575: 2021, conhecida também como norma de desempenho, verificando-se qual o incremento de resistência ao se incorporar armaduras de junta. A literatura apresenta dois condicionantes: altura  $\leq 3,00$  m e espessura  $\geq 14$  cm, para qualquer alvenaria com materiais convencionais desempenhar a contento.

Este projeto experimental visou avaliar o comportamento de alvenarias críticas para a condicionante espessura, já que os reforços de junta de assentamento podem prover melhorias. Para alvenarias com bloco de 9 cm com reforço de junta não se conhece o desempenho. Os reforços em treliças aramadas podem validá-las ou contribuir quanto aos critérios de desempenho.

Para cada corpo de prova foi realizado o ensaio de impacto de corpo mole, avaliando-se os padrões de fissuração e respectivos deslocamentos horizontais em função da energia aplicada. Para avaliação dos requisitos, foram moldadas paredes em escala real com dimensões de 3,00 metros de comprimento por 2,80 metros de altura (sem vão de porta). Os protótipos tiveram espessuras de 9 e 14 centímetros, sendo moldados com blocos cerâmicos de vedação com furos horizontais. Foram avaliadas as paredes sem reforço, com reforços em fiadas alternadas e totalmente

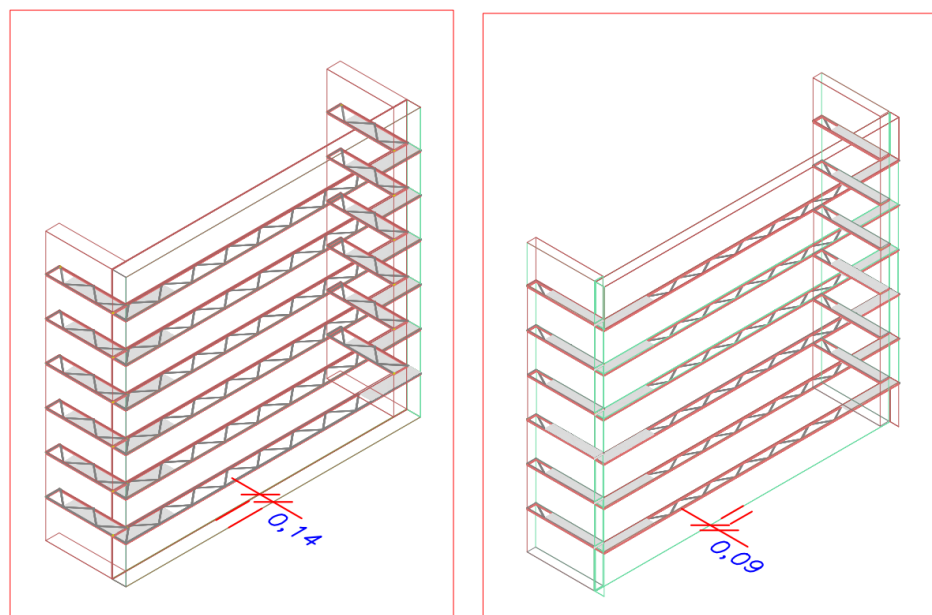
reforçadas com a treliça plana aramada galvanizada (vide modelos nas Figuras 34, 35 e 36, abaixo).

Figura 34 – Alvenaria sem reforço de junta



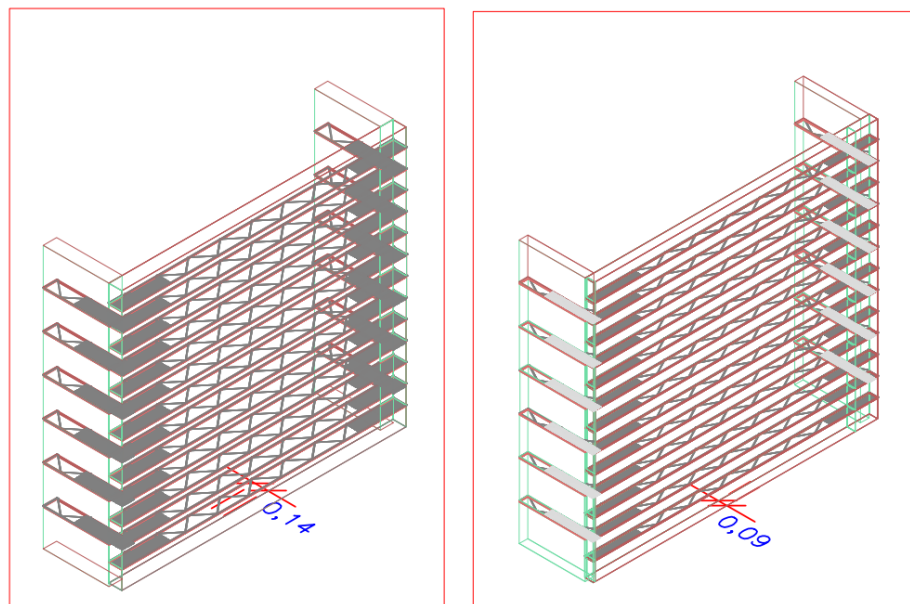
Fonte: O Autor (2020).

Figura 35 – Alvenaria com armadura de junta em fiadas alternadas



Fonte: O Autor (2020).

Figura 36 – Alvenaria 100% reforçada



Fonte: O Autor (2020).

Para a realização dos ensaios, foram construídas alvenarias com dimensões de 2,80 metros de altura por 3,00 metros de comprimento, sendo 3 modelos diferentes a serem ensaiados, conforme explicado anteriormente, com as mesmas dimensões e com a utilização de blocos cerâmicos de dimensões (9 x 19 x 29) cm e (14 x 19 x 29) cm.

O laboratório utilizado foi o de Análise Experimental de Estruturas da UFMG (LAEES) por ser o único que apresentava a estrutura necessária para a confecção das alvenarias e realização de ensaios, conforme descritos anteriormente. O LAEES fica localizado no campus Pampulha e pertence ao Departamento de Engenharia de Estruturas (DEES).

Os primeiros ensaios das alvenarias foram realizados antes da pandemia de COVID-19, nos anos de 2019 e 2020, sendo continuados apenas em 2022, após flexibilização da reitoria e departamentos de engenharia no tocante ao isolamento social.

As alvenarias foram ensaiadas após 28 dias, de forma padronizada e foi acordado que seriam moldadas ao menos duas alvenarias com armadura de junta para cada

modelo. Outro ponto importante é que se as alvenarias de 14 cm (não armadas ou parcialmente armadas) atendessem os requisitos de desempenho para os sistemas de vedações verticais externos, as demais alvenarias 100% armadas não seriam confeccionadas. Por fim, optou-se por confeccionar apenas uma alvenaria de referência (sem armadura de junta) tanto para 14 cm, quanto para 9 cm.

Com o intuito de facilitar a nomeação das amostras, ficou-se convencionado a seguinte nomenclatura para referenciar os tratamentos experimentais:

- ALV-1: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, sem reforço de junta;
- ALV-2: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, sem reforço de junta;
- ALV-3: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, com reforço de junta em fiadas alternadas;
- ALV-4: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, com reforço de junta em fiadas alternadas;
- ALV-5: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, com reforço de junta em todas as fiadas;
- ALV-6: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, com reforço de junta em todas as fiadas.

Na Figura 37, abaixo, pode ser visualizado o modelo ALV – 1 moldado. Este modelo serviu de referência para as demais alvenarias por ter sido a primeira a ser construída. Para as demais, observou-se a colocação ou não da treliça plana armada enquanto armadura de junta em todas as fiadas ou em fiadas alternadas, bem como a mudança do tipo de bloco para 9 centímetros, conforme o tipo de alvenaria a ser construída.

Figura 37 – Visão geral da ALV-1



Fonte: O autor (2022).

A aplicação da treliça plana galvanizada não exigiu nenhuma técnica específica ou avançada, sendo realizada pelos pedreiros contratados após treinamento dos mesmos, ponto importante para a sua utilização no mercado, vide Figura 38 abaixo:

Figura 38 – Colocação da treliça plana aramada



Fonte: O autor (2019).



Nesta pesquisa buscou-se a aplicação da treliça plana aramada de forma mais assertiva o possível, em outras palavras, sendo totalmente envolvida pela argamassa, vide Figura 39. Este procedimento é de fundamental importância para o pleno funcionamento do sistema.

Figura 39 – Colocação da treliça plana aramada no eixo médio da junta de assentamento horizontal



Fonte: O autor (2022).

As alvenarias foram moldadas em escala real, como descrito anteriormente, sendo assim, o uso de andaime tornou-se necessário para o prosseguimento de forma segura e ergonômica, conforme pode ser visto na Figura 40. Todos os andaimes foram cedidos pelos laboratoristas do LAEES com o devido acompanhamento dos mesmos durante os trabalhos em altura.

Figura 40 – Alvenaria tipo ALV - 4 sendo moldada com o auxílio de andaimes



Fonte: O autor (2022).

### 4.3 Do detalhamento construtivo das alvenarias experimentais

Importante salientar que todas as alvenarias foram projetadas com 3 vínculos, sendo assim, optou-se por realizar-se as amarrações com auxílio de telas eletrossoldadas, objetivando-se o travamento entre as paredes das alvenarias, conforme pode ser visto na Figura 41. Cumpre ao autor informar que se este procedimento descrito anteriormente não fosse realizado, as alvenarias trabalhariam como de bordo livre (com apenas um apoio), o que não era o interesse

desta pesquisa, já que buscou-se representar a maneira mais atualmente aplicada em obras. Maiores detalhes acerca das alvenarias moldadas poderão ser conferidos nos projetos localizados no Apêndice deste trabalho.

Figura 41 – Amarração com auxílio de telas eletrossoldadas



Fonte: O autor (2022).

Os apoios em estruturas de aço especificados para a base e topo das alvenarias foram projetados e concedidos pela BELGO BEKAERT ARAMES e fabricados sob encomenda pela empresa PRESSMIX, vide Figuras 42 e 43. Estes apoios foram planejados com o intuito de permitir a livre movimentação das alvenarias no sítio laboratorial com o auxílio de tirantes laterais para travamento e içamento por intermédio da ponte rolante localizada neste mesmo laboratório.



Figura 42 – Apoios para as alvenarias em aço



Fonte: O autor (2020).

Figura 43 – Apoios para as alvenarias em aço



Fonte: O autor (2020).

#### 4.4 Do procedimento experimental

Para a realização do ensaio de corpo mole, foram utilizados os seguintes equipamentos: saco de couro de 40 kg, conforme Figura 44, medidor de deslocamentos (Dh e Dhr), vide Figura 45, giz para demarcação de fissuras e identificação das alvenarias, e auxílio de trena. Todos estes utensílios foram cedidos pelo LAEES.

Figura 44 – Visão geral do saco de couro



Fonte: O autor (2020).

Figura 45 – Aparato para aferição dos deslocamentos imediatos e residuais



Fonte: O autor (2020).

As alturas utilizadas no ensaio de corpo mole para prover as energias necessárias às alvenarias moldadas estão explicitadas na Tabela 10 abaixo. Importante salientar que o autor verificou todos os patamares de energia, objetivando o aproveitamento total da alvenaria moldada, levando-se em consideração os requisitos mais elevados, ou seja, os requisitos para vedações com função estrutural.

Tabela 10 – Massa de corpo mole, altura e energia do impacto

<b>Impacto</b>	<b>m kg</b>	<b>h m</b>	<b>E J</b>
Aplicar um impacto de corpo mole, de acordo com a ABNT NBR 11675, para cada energia	40	0,30	120
	40	0,45	180
	40	0,60	240
	40	0,90	360
	40	1,20	480
	40	1,80	720
	40	2,40	960

Fonte: ABNT NBR 15575, 2021.

Os ensaios de impacto de corpo mole foram realizados com o apoio de régulas para aferição das alturas de queda do saco de 40 kilogramas e também com o auxílio de roldanas e plataforma elevatória, conforme Figuras 46 e 47. Aparatos e condições providas pelo LAEES.

Figura 46 – Auxílio da utilização da mira topográfica adaptada para aferição das alturas com as respectivas energias de impacto



Fonte: O autor (2020).

Figura 47 – Auxílio de roldanas para elevação do saco de corpo mole na altura desejada



Fonte: O autor (2022).

## **5 RESULTADOS**

Os ensaios foram realizados de acordo com os critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575: 2021 parte 4 item 7.4.1 e método de ensaio de acordo com a ABNT NBR 15575: 2021 parte 2 – anexo C, realizados após 28 dias da moldagem final das alvenarias.

A seguir são apresentados os resultados em forma de tabelas e imagens após ensaios de corpo mole com o intuito de visualizar possíveis manifestações patológicas atreladas ao desempenho posterior aos impactos.

### **5.1 ALV-1: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, sem reforço de junta**

Para este modelo, foi moldada uma alvenaria, sendo a mesma considerada como a referência para as demais alvenarias de 14 cm reforçadas com a treliça plana aramada. Na Tabela 11 são apresentados os resultados após impactos realizados.



Tabela 11 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 1 realizado em 21/10/2019

Impacto	Energia de impacto de corpo mole	Deslocamentos horizontais (mm)		Observações	Critérios de desempenho para atender ao nível (S)
		$d_h^{(1)}$	$d_{hr}^{(2)}$		
1°	120 J	1,6	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
2°	180 J	2,4	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
3°	240 J	3,0	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço). Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h^{(1)} \leq h/250 = 10,0$ mm; $d_{hr}^{(2)} \leq h/1250 = 2,0$ mm
4°	360 J	4,5	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
5°	480 J	14	3	Fissura vertical	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
6°	720 J	19	6	Aumento das fissuras existentes, fissuração generalizada nas duas faces. Ruína geral da parede	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
7°	960 J	-	-	Não realizada devido à ruptura da parede no impacto anterior	Não ocorrência de ruína (estado-limite último)
Notas: (1) $d_h$ = deslocamento horizontal no ponto de impacto; (2) $d_{hr}$ = deslocamento horizontal residual no ponto de impacto.					

Fonte: O autor (2019).

Na Figura 48, é possível visualizar a alvenaria ALV – 1 lateralmente. Não foi possível realizar fotos frontais com melhores ângulos devido às restrições de espaço do LAEES durante o período de campanha.

Figura 48 – Vista lateral da ALV - 1



Fonte: O autor (2022).

Após a realização do 5º impacto houve, o aparecimento de uma fissura vertical. Na sequência, logo após o 6º impacto, ocorreu aumento das fissuras existentes, fissuração generalizada nas duas faces e posterior ruína geral da parede. Por segurança de todos os envolvidos no processo, o último impacto (960 J) não foi realizado. Na Figura 49, abaixo, é possível visualizar a fissuração generalizada ocorrida.

Figura 49 – Vista frontal da ALV – 1 com o mapeamento das fissuras



Fonte: O autor (2022).

Em complemento à figura anterior, na Figura 50, mapeou-se boa parte da fissura vertical, iniciando-se no topo da alvenaria e indo até a base da mesma.

Figura 50 – Vista da região côncava da ALV – 1 com o mapeamento das fissuras



Fonte: O autor (2022).

Em detalhe, é apresentado na Figura 51, a região central da fissura ocorrida na parte traseira da alvenaria.



Figura 51 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 1



Fonte: O autor (2022).

As demais Figuras 52, 53 e 54 detalham as fissuras ocorridas na parte posterior da alvenaria, em direção à base da mesma.

Figura 52 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 1 desde o topo até o meio



Fonte: O autor (2022).

Figura 53 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 1 do topo até à base



Fonte: O autor (2022).



Figura 54 – Detalhe da fissura na ALV – 1 após o impacto de 480 J



Fonte: O autor (2022).

## **5.2 ALV-2: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, sem reforço de junta**

Para este modelo, foi moldada uma alvenaria, sendo a mesma considerada como a referência para as demais alvenarias de 9 cm reforçadas com a treliça plana aramada. Na Tabela 12 são apresentados os resultados após impactos realizados.

Tabela 12 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 2 realizado em 17/10/2022

Impacto	Energia de impacto de corpo mole	Deslocamentos horizontais (mm)		Observações	Critérios de desempenho para atender ao nível (S)
		$d_h^{(1)}$	$d_{hr}^{(2)}$		
1°	60 J	4,0	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
2°	120 J	5,0	1,5	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
3°	180 J	6,0	2,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço). Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h^{(1)} \leq h/250 = 10,0$ mm; $d_{hr}^{(2)} \leq h/1250 = 2,0$ mm
4°	240 J	10,0	3,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
5°	360 J	15,0	5,0	Ocorrência de fissuras, conforme foto	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
6°	480 J	-	-	Ruptura brusca	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
Notas: (1) $d_h$ = deslocamento horizontal no ponto de impacto; (2) $d_{hr}$ = deslocamento horizontal residual no ponto de impacto.					

Fonte: O autor (2022).

Para esta alvenaria aplicou-se uma carga inicial menor (60 J) e foi utilizada uma pintura branca a fim de realçar as possíveis fissuras, fendilhamentos e/ou trincas.



Observa-se que este último procedimento não foi aplicado nas alvenarias de 14 cm, que haviam sido moldadas e ensaiadas previamente.

Na Figura 55, é possível visualizar a alvenaria ALV – 2, lateralmente. Não foi possível realizar fotos frontais com melhores ângulos devido às restrições de espaço do LAEES durante o período de campanha.

Figura 55 – Vista lateral da ALV - 2



Fonte: O autor (2022).

Após a realização do 5º impacto, houve a ocorrência de fissuras. Na sequência, logo após o 6º impacto, ocorreu a ruptura da parede. Na Figura 56, abaixo, é possível visualizar a fissuração ocorrida na face do impacto do corpo mole.

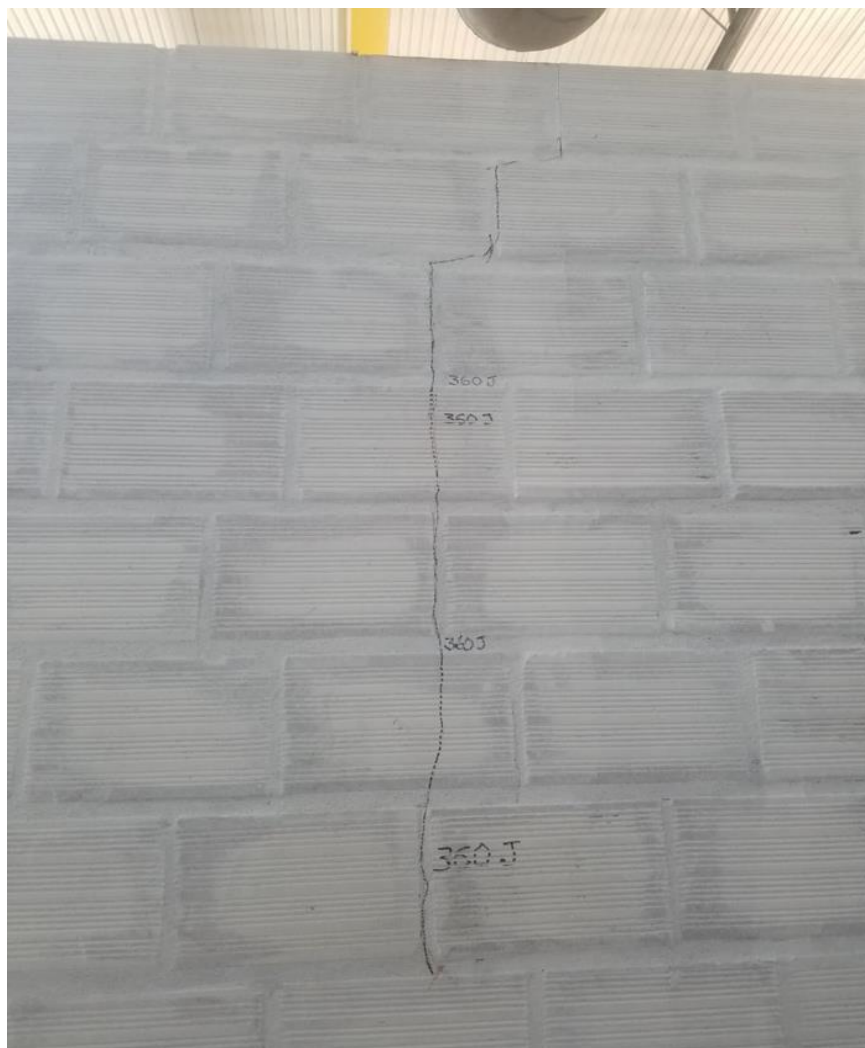
Figura 56 – Vista frontal da ALV – 2 com o mapeamento das fissuras



Fonte: O autor (2022).

Em complemento à figura anterior, na Figura 57, mapeou-se boa parte da fissura vertical, iniciando-se no topo da alvenaria e indo até ao meio da mesma aproximadamente.

Figura 57 – Vista frontal da ALV – 2 ampliada com o mapeamento das fissuras



Fonte: O autor (2022).

Na Figura 58, abaixo, encontra-se a segunda fissura formada em complemento à imagem anterior, também ampliada.

Figura 58 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 2



Fonte: O autor (2022).

As demais Figuras 59, 60 e 61 detalham as fissuras ocorridas na parte traseira da alvenaria, do topo em direção à base da mesma.

Figura 59 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 2 desde o topo até ao meio da parede



Fonte: O autor (2022).

Figura 60 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 2 do meio em direção à lateral inferior direita



Fonte: O autor (2022).

Figura 61 – Detalhe da fissura apresentada na ALV – 2 do meio em direção à lateral inferior esquerda



Fonte: O autor (2022).

### **5.3 ALV-3: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, com reforço de junta em fiadas alternadas**

Para este modelo, foram moldadas e ensaiadas duas alvenarias, a fim de se ter mais dados e possibilidades de comparação entre os resultados devido ao incremento da treliça plana aramada aplicada em fiadas alternadas. Na Tabela 13, abaixo, são apresentados os resultados para a primeira alvenaria do tipo ALV – 3.

Tabela 13 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 3 realizado em 28/02/2020

Impacto	Energia de impacto de corpo mole	Deslocamentos horizontais (mm)		Observações	Critérios de desempenho para atender ao nível (S)
		$d_h^{(1)}$	$d_{hr}^{(2)}$		
1°	120 J	2,0	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
2°	180 J	2,5	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
3°	240 J	4,2	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço). Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h^{(1)} \leq h/250 = 10,0$ mm; $d_{hr}^{(2)} \leq h/1250 = 2,0$ mm
4°	360 J	5,0	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
5°	480 J	8,0	1,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
6°	720 J	10,0	1,0	Ruptura localizada no bloco no local de aplicação do impacto	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
7°	960 J	10,0	1,0	Ruptura localizada no bloco no local de aplicação do impacto	Não ocorrência de ruína (estado-limite último)
Notas: (1) $d_h$ = deslocamento horizontal no ponto de impacto; (2) $d_{hr}$ = deslocamento horizontal residual no ponto de impacto.					

Fonte: O autor (2020).

Para melhor entendimento dos resultados, à seguir são apresentadas imagens. Iniciando pela Figura 62 com a vista lateral da primeira alvenaria do tipo ALV – 3.



Figura 62 – Vista lateral da primeira alvenaria tipo ALV - 3



Fonte: O autor (2022).



A Figura 63 abaixo retrata o procedimento de realização do impacto de corpo mole.

Figura 63 – Vista lateral da realização do ensaio de impacto de corpo mole



Fonte: O autor (2022).

Na sequência, após o 6º impacto, uma ruptura localizada ocorreu (Figura 64). Como se sabe, os tijolos são furados, sendo o alvéolo o ponto mais frágil do mesmo, assim, após os impactos, esta tipologia de manifestação patológica poderia vir a acontecer. Em caso de aplicação de revestimento na alvenaria, a energia de impacto seria melhor distribuída e a chance de fratura localizada no bloco seria menor.

Figura 64 – Ruptura localizada no bloco após impacto de 720 J



Fonte: O autor (2022).

Em destaque, logo abaixo, na Figura 65, encontra-se a mesma ruptura ocasionada pelo impacto de 720 J.

Figura 65 – Ruptura localizada no bloco após impacto de 720 J em destaque



Fonte: O autor (2022).



Na base da alvenaria, percebeu-se uma pequena fissura lateralizada, conforme Figura 66. Nas próximas imagens é possível uma melhor visualização.

Figura 66 – Ruptura localizada e fissura na base após impacto de 720 J



Fonte: O autor (2022).

A realização do impacto de corpo mole demanda boa preparação e aferição das alturas de acordo com o centro geométrico do saco. Na Figura 67 pode ser visto o procedimento com o auxílio dos laboratoristas: Sr. Geraldo Evaristo e Sr. José Liberato.

Figura 67 – Preparação para o ensaio de impacto de corpo mole na altura desejada



Fonte: O autor (2020).

Ao fim do 7º e último impacto, a ruptura localizada já comentada anteriormente, se propagou em uma área maior, mas ainda sim, não muito representativa. Este detalhe pode ser visto na Figura 68.

Figura 68 – Ruptura localizada no bloco após impacto de 960 J



Fonte: O autor (2022).



Por fim, nas próximas Figuras 69 e 70, apresenta-se o resultado final, após a realização de todos os impactos de corpo mole.

Figura 69 – Resultado final após a realização de todos os impactos



Fonte: O autor (2022).



Figura 70 – Resultado final após a realização de todos os impactos em vista ampliada



Fonte: O autor (2022).

A seguir, na Tabela 14, são apresentados os resultados para a segunda alvenaria do tipo ALV - 3.

Tabela 14 – Ensaio de corpo mole para a segunda ALV – 3 realizado em 18/08/2022

Impacto	Energia de impacto de corpo mole	Deslocamentos horizontais (mm)		Observações	Critérios de desempenho para atender ao nível (S)
		$d_h^{(1)}$	$d_{hr}^{(2)}$		
1°	120 J	2,2	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
2°	180 J	2,7	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
3°	240 J	4,5	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço). Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h^{(1)} \leq h/250 = 10,0$ mm; $d_{hr}^{(2)} \leq h/1250 = 2,0$ mm
4°	360 J	6,0	2,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
5°	480 J	7,0	2,5	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
6°	720 J	8,0	3,0	Sem falhas	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
7°	960 J	15,0	4,0	Fissuras horizontais nas interfaces argamassa-bloco ocorridas na 6ª e 10ª fiadas prolongando ao longo de aproximadamente 2,0 m. Essas fissuras se propagaram para o trecho de parede transversal	Não ocorrência de ruína (estado-limite último)

Notas:  
(1)  $d_h$  = deslocamento horizontal no ponto de impacto;  
(2)  $d_{hr}$  = deslocamento horizontal residual no ponto de impacto.

Fonte: O autor (2020).

Na Figura 71, apresenta-se uma imagem da vista lateral da segunda alvenaria do tipo ALV – 3.

Figura 71 – Vista lateral da segunda alvenaria tipo ALV - 3



Fonte: O autor (2022).

Após a realização de todos os impactos, foram mapeadas as fissuras com auxílio de giz, vide Figuras 72, 73 e 74.



Figura 72 – Vista frontal da segunda alvenaria tipo ALV - 3



Fonte: O autor (2022).

Figura 73 – Vista frontal para a esquerda da segunda alvenaria tipo ALV - 3



Fonte: O autor (2022).

Figura 74 – Vista para a fissura apresentada na junta horizontal da 6ª fiada



Fonte: O autor (2022).

Importante salientar que as fissuras ocorreram nas juntas de assentamento horizontais, nas fiadas 6 e 10. Assim, não houve ruína da alvenaria, mas a fissura se propagou transversalmente à esquerda, vide Figuras 75, 76 e 77, abaixo.

Figura 75 – Vista posterior para a fissura apresentada na junta horizontal da 10ª fiada



Fonte: O autor (2022).

Figura 76 – Vista posterior para a fissura apresentada na junta horizontal da 6ª e 10ª fiada



Fonte: O autor (2022).

Figura 77 – Vista para a fissura propagada para o lado posterior



Fonte: O autor (2022).

Cumprindo ao autor relatar que o posicionamento para esta segunda alvenaria do tipo ALV – 3 foi o contrário da primeira. Posicionamento este mais desfavorável ao desempenho da estrutura (menor rigidez) e que pode ter influenciado na ocorrência das fissuras paralelas às juntas de assentamento horizontais. No entanto, assim como a alvenaria anterior, não houve o colapso da mesma, mesmo indo até a última carga de 960 J.



#### 5.4 ALV-4: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, com reforço de junta em fiadas alternadas

Para este modelo, foram moldadas e ensaiadas duas alvenarias com espessura de 9 cm, a fim de se ter mais dados e possibilidades de comparação entre os resultados devido ao incremento da treliça plana aramada aplicada em fiadas alternadas. Na Tabela 15, abaixo, são apresentados os resultados para a primeira alvenaria do tipo ALV – 4.

Tabela 15 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 4 realizado em 18/10/2022

Impacto	Energia de impacto de corpo mole	Deslocamentos horizontais (mm)		Observações	Critérios de desempenho para atender ao nível (S)
		$d_h^{(1)}$	$d_{hr}^{(2)}$		
1°	60 J	3,0	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
2°	120 J	3,5	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
3°	180 J	5,0	2,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço). Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h^{(1)} \leq h/250 = 10,0$ mm; $d_{hr}^{(2)} \leq h/1250 = 2,0$ mm
4°	240 J	7,0	3,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
5°	360 J	9,0	5,0	Ocorrência de fissuras, conforme fotos	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
6°	480 J	12,0	6,0	Ruptura	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
Notas: (1) $d_h$ = deslocamento horizontal no ponto de impacto; (2) $d_{hr}$ = deslocamento horizontal residual no ponto de impacto.					

Fonte: O autor (2020).

Para melhor entendimento dos resultados, à seguir são apresentadas imagens. Iniciando pelas Figuras 78 e 79 com a vista lateral da primeira alvenaria do tipo ALV – 4.

Figura 78 – Vista lateral da primeira alvenaria tipo ALV - 4



Fonte: O autor (2022).

Figura 79 – Vista lateral ampliada da primeira alvenaria tipo ALV - 4



Fonte: O autor (2022).

A Figura 80 abaixo retrata o procedimento de realização do impacto de corpo mole.

Figura 80 – Vista lateral da realização do ensaio de impacto de corpo mole

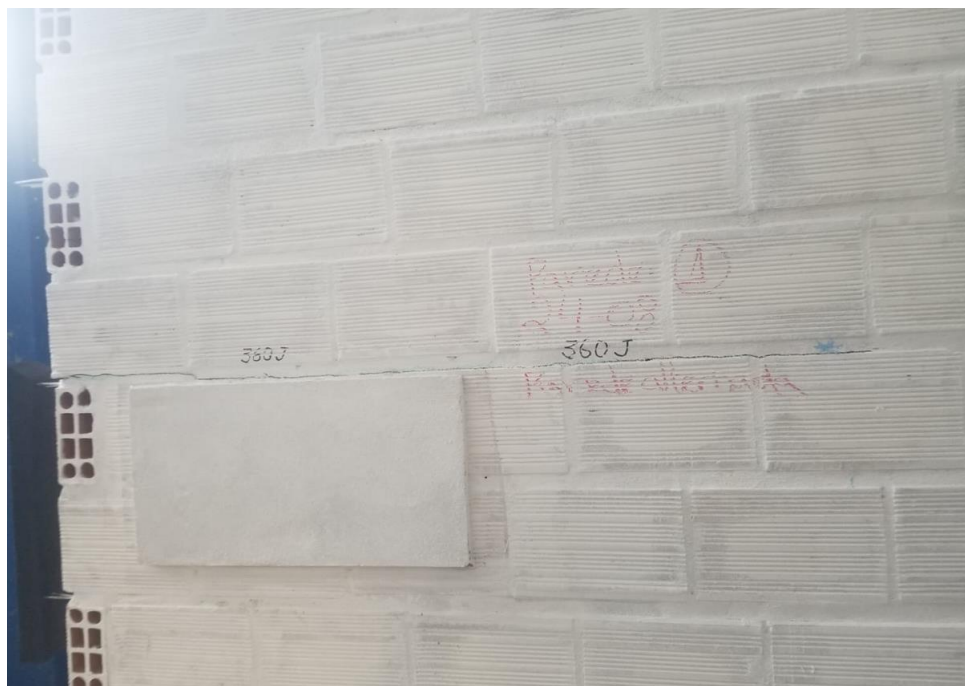


Fonte: O autor (2022).

Na sequência, após o 5º impacto, ocorrências de fissuras foram observadas (Figura 81 e 82). As fissuras, em sua maioria, foram paralelas às juntas, especialmente na face frontal do impacto.



Figura 81 – Vista frontal após a realização do 5º impacto de corpo mole



Fonte: O autor (2022).

Figura 82 – Vista posterior após a realização do 5º impacto de corpo mole

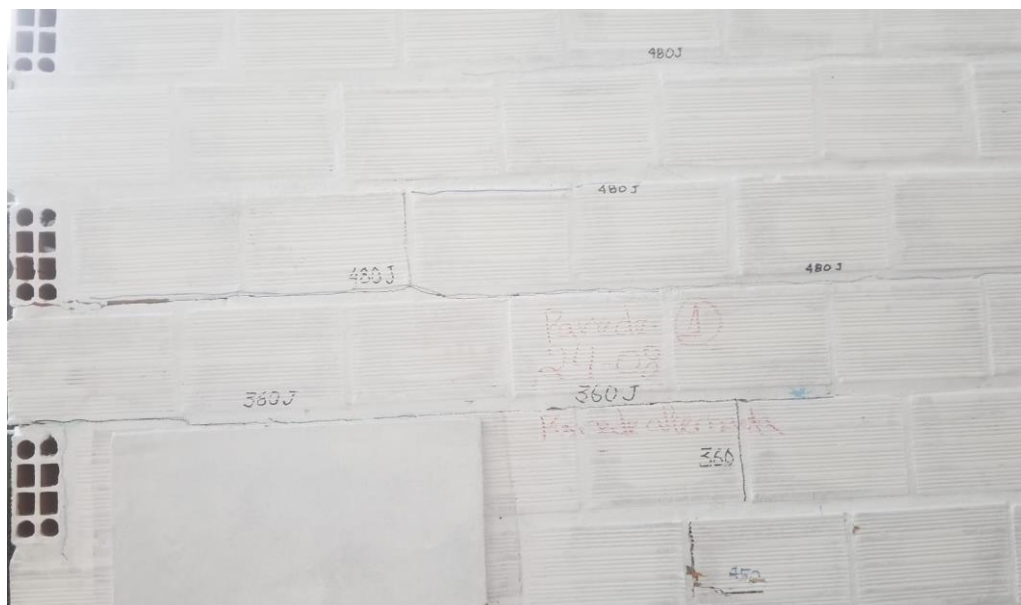


Fonte: O autor (2022).

Por fim, após o 6º impacto, houve a ruptura da alvenaria (Figura 83 e 84) e as fissuras passaram a ter trajetórias verticais. As fissuras anteriores se ampliaram e mantiveram-se, em sua maioria, paralelas, mas ainda percorrendo o

direcionamento das juntas de assentamento. Demais comentários sobre as manifestações patológicas serão discorridos no capítulo seguinte: Discussão dos resultados.

Figura 83 – Vista frontal após a realização do 6º impacto de corpo mole



Fonte: O autor (2022).

Figura 84 – Vista traseira após a realização do 6º impacto de corpo mole



Fonte: O autor (2022).

A seguir, na Tabela 16, são apresentados os resultados para a segunda alvenaria do tipo ALV - 4.

Tabela 16 – Ensaio de corpo mole para a segunda ALV – 4 realizado em 24/10/2022

Impacto	Energia de impacto de corpo mole	Deslocamentos horizontais (mm)		Observações	Critérios de desempenho para atender ao nível (S)
		$d_h^{(1)}$	$d_{hr}^{(2)}$		
1°	60 J	2,0	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
2°	120 J	4,0	1,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
3°	180 J	4,5	1,5	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço). Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h^{(1)} \leq h/250 = 10,0$ mm; $d_{hr}^{(2)} \leq h/1250 = 2,0$ mm
4°	240 J	7,0	2,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
5°	360 J	10,0	3,5	Ocorrência de fissuras, conforme figuras abaixo	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
6°	480 J	30,0	10,0	Ruptura	Não ocorrência de ruína (estado limite último)

Notas:  
 (1)  $d_h$  = deslocamento horizontal no ponto de impacto;  
 (2)  $d_{hr}$  = deslocamento horizontal residual no ponto de impacto.

Fonte: O autor (2020).

A Figura 85, abaixo, evidencia a segunda alvenaria tipo ALV – 4 antes da realização dos ensaios de impacto de corpo mole.

Figura 85 – Vista frontal antes da realização dos ensaios de impacto de corpo mole



Fonte: O autor (2022).

O ensaio de impacto de corpo mole iniciou-se com a carga de 60 J, por se tratar de alvenaria de menor espessura: 9 cm. Estes ensaios seguiram e passaram por energias de 120 J, 180 J e 240 J sem a ocorrência de manifestações patológicas. Porém, após a realização do impacto de 360 J, houve a ocorrência de fissuras, vide Figuras 86, 87 e 88.



Figura 86 – Ocorrência de fissura localizada no canto esquerdo frontal da alvenaria



Fonte: O autor (2022).

Figura 87 – Vista posterior da alvenaria, com destaque para as fissuras após o impacto de 360 J



Fonte: O autor (2022).

Figura 88 – Vista posterior com as fissuras após o impacto de 360 J



Fonte: O autor (2022).

O ensaio seguiu até a energia de 480 J, vide preparação evidenciada na Figura 89, abaixo.

Figura 89 – Preparação para o ensaio de energia de 480 J



Fonte: O autor (2022).



Por fim, o impacto de 480 J ocasionou a ruptura completa da alvenaria, evidenciando-se o deslizamento da alvenaria na direção da sua própria junta horizontal, vide Figuras 90 e 91.

Figura 90 – Deslizamento da alvenaria na direção da sua própria junta horizontal com a vista interna



Fonte: O autor (2022).

Figura 91 – Deslizamento da alvenaria na direção da sua própria junta horizontal com a vista lateral



Fonte: O autor (2022).

### **5.5 ALV-5: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, com reforço de junta em todas as fiadas**

Para este modelo, não foram moldadas alvenarias, uma vez que os resultados apresentados pelas alvenarias de 14 cm anteriores (fiadas alternadas) atenderam níveis de desempenho satisfatórios, incluindo os requisitos de norma nos níveis máximos, inclusive para alvenarias com função estrutural.

### 5.6 ALV-6: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, com reforço de junta em todas as fiadas

Para este modelo, foram moldadas e ensaiadas duas alvenarias com 9 cm de espessura, a fim de se ter mais dados e possibilidades de comparação entre os resultados devido ao incremento da treliça plana aramada aplicada em todas as fiadas. Na Tabela 17, abaixo, são apresentados os resultados para a primeira alvenaria do tipo ALV – 6.

Tabela 17 – Ensaio de corpo mole para a ALV – 6 realizado em 31/10/2022

Impacto	Energia de impacto de corpo mole	Deslocamentos horizontais (mm)		Observações	Critérios de desempenho para atender ao nível (S)
		$d_h^{(1)}$	$d_{hr}^{(2)}$		
1°	60 J	2,0	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
2°	120 J	3,0	0,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
3°	180 J	4,0	1,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço). Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h^{(1)} \leq h/250 = 10,0$ mm; $d_{hr}^{(2)} \leq h/1250 = 2,0$ mm
4°	240 J	6,0	2,5	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
5°	360 J	9,0	3,0	Ocorrência de fissuras, conforme foto	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
6°	480 J	18,0	5,0	Ocorrência de fissuras, conforme foto	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
7°	720 J	-	-	Ocorrência de fissuras generalizadas, conforme foto. Ruptura	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
Notas: (1) $d_h$ = deslocamento horizontal no ponto de impacto; (2) $d_{hr}$ = deslocamento horizontal residual no ponto de impacto.					

Fonte: O autor (2022).

A Figura 92, abaixo, evidencia a primeira alvenaria tipo ALV – 6 antes da realização dos ensaios de impacto de corpo mole.

Figura 92 – Vista lateral da ALV – 6 antes da realização do ensaio de impacto de corpo mole



Fonte: O autor (2022).

O ensaio de impacto de corpo mole iniciou-se com a carga de 60 J, por se tratar de alvenaria de menor espessura: 9 cm. Estes ensaios seguiram e passaram por energias de 120 J, 180 J e 240 J sem a ocorrência de manifestações patológicas. Porém, após a realização do impacto de 360 J e 480 J, houve a ocorrência de fissuras, vide Figuras 93 e 94.

Figura 93 – Vista da ALV- 6 após os impactos de 360 e 480 J



Fonte: O autor (2022).

Figura 94 – Vista ampliada da ALV- 6 após os impactos de 360 e 480 J



Fonte: O autor (2022).

O ensaio seguiu até a energia de 720 J, vide preparação evidenciada na Figura 95, abaixo.

Figura 95 – Preparação antes da realização do ensaio de impacto de corpo mole de 720

J



Fonte: O autor (2022).

O impacto de 720 J ocasionou a ocorrência de fissuras generalizadas na alvenaria, ocorrendo a ruína da mesma, evidenciando-se fissuras nas laterais (lado frontal e posterior), porém, com aberturas inferiores, se comparadas às alvenarias sem armadura ou com armadura em fiadas alternadas, vide Figuras 96, 97, 98 e 99.



Figura 96 – Fissura lateral localizada à esquerda da alvenaria



Fonte: O autor (2022).

Figura 97 – Fissura frontal localizada à esquerda da alvenaria



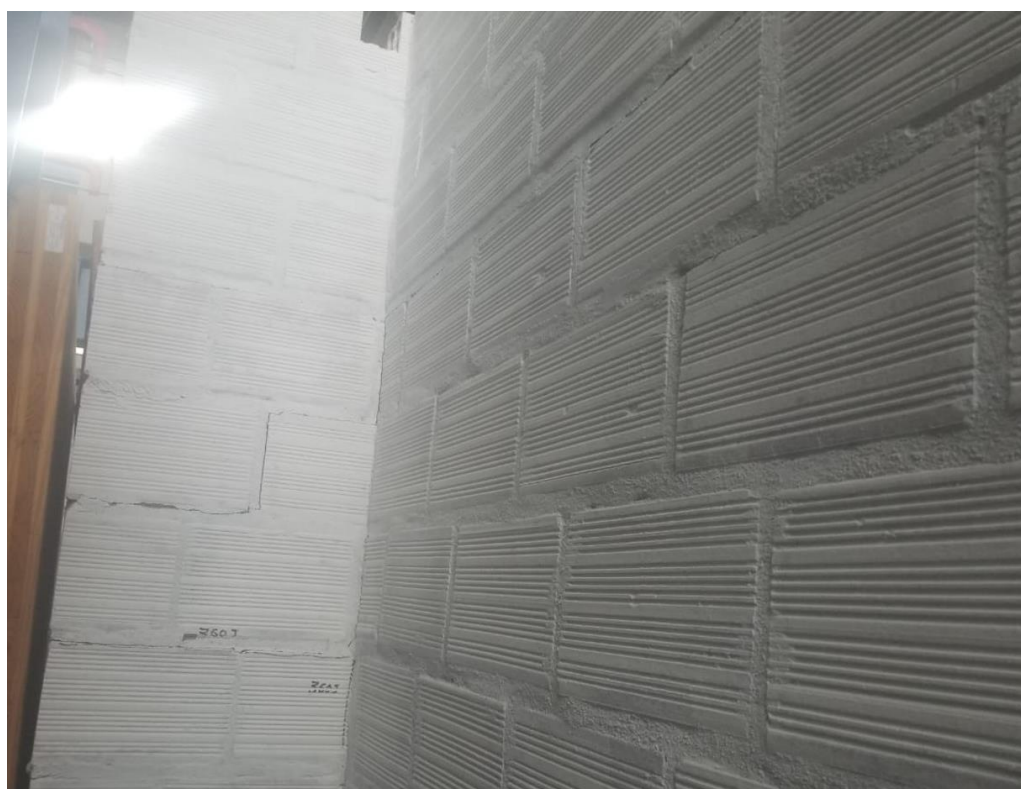
Fonte: O autor (2022).

Figura 98 – Fissuras localizadas no lado posterior da alvenaria à esquerda com vista ampliada



Fonte: O autor (2022).

Figura 99 – Fissuras localizadas no lado posterior da alvenaria e à esquerda



Fonte: O autor (2022).

Por fim, o impacto de 720 J ocasionou a ruptura completa da alvenaria, evidenciando-se o deslizamento da alvenaria na direção da sua própria junta horizontal, vide Figuras 100 e 101.

Figura 100 – Deslocamento lateral da alvenaria localizado no lado posterior da alvenaria



Fonte: O autor (2022).

Figura 101 – Deslocamento lateral da alvenaria localizado no lado posterior da alvenaria em vista ampliada



Fonte: O autor (2022).

A seguir, na Tabela 18, são apresentados os resultados para a segunda alvenaria do tipo ALV - 6.

Tabela 18 – Ensaio de corpo mole para a segunda ALV – 6 realizado em 16/11/2022

Impacto	Energia de impacto de corpo mole	Deslocamentos horizontais (mm)		Observações	Critérios de desempenho para atender ao nível (S)
		$d_h^{(1)}$	$d_{hr}^{(2)}$		
1°	60 J	3,0	0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
2°	120 J	3,5	0,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)
3°	180 J	7,0	2,0	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço). Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h^{(1)} \leq h/250 = 10,0$ mm; $d_{hr}^{(2)} \leq h/1250 = 2,0$ mm
4°	240 J	10,0	3,5	Sem falhas	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
5°	360 J	15,0	5,0	Ocorrência de fissuras, conforme foto	Não ocorrência de falhas (estado limite último)
6°	480 J	20,0	5,0	Ocorrência de fissuras, conforme foto	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
7°	720 J	-	-	Ocorrência de fissuras generalizadas, conforme foto. Ruptura	Não ocorrência de ruína (estado limite último)
Notas: (1) $d_h$ = deslocamento horizontal no ponto de impacto; (2) $d_{hr}$ = deslocamento horizontal residual no ponto de impacto.					

Fonte: O autor (2022).

O ensaio de impacto de corpo mole iniciou-se com a carga de 60 J, por se tratar de alvenaria de menor espessura: 9 cm. Estes ensaios seguiram e passaram por energias de 120 J e 180 J sem a ocorrência de manifestações patológicas.



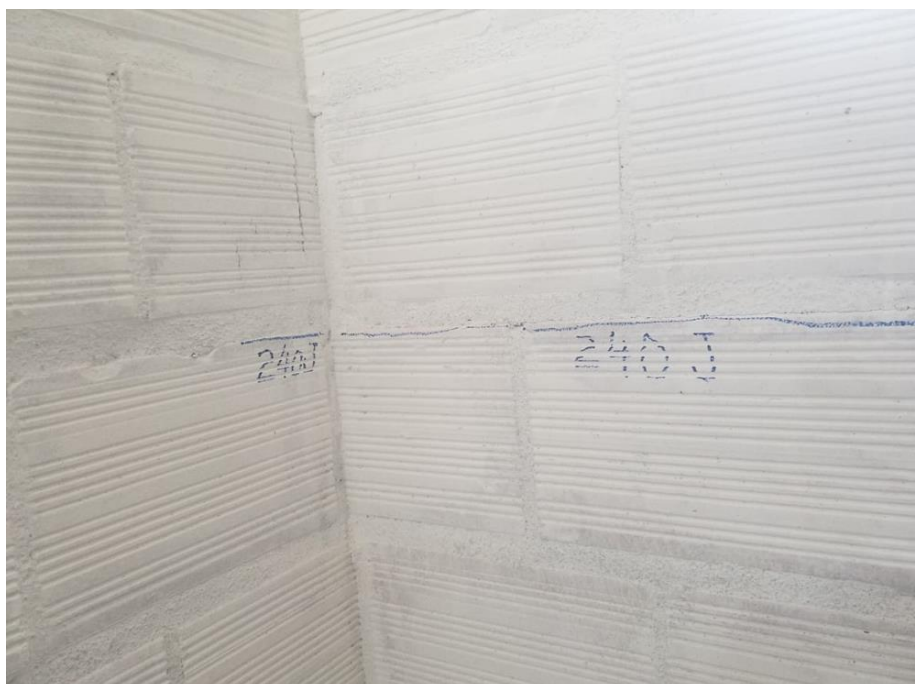
Foi possível perceber duas fissuras após o impacto de 240 J, localizadas nas vinculações entre as miniparedes, no lado frontal e posterior, vide Figuras 102 e 103, abaixo:

Figura 102 – Fissura frontal em azul após o impacto para a energia de 240 J



Fonte: O autor (2022).

Figura 103 – Fissura posterior em azul após o impacto para a energia de 240 J



Fonte: O autor (2022).

A Figura 104, abaixo, evidencia a segunda alvenaria tipo ALV – 6 após o impacto de 360 J e prestes a receber o impacto de 480 J. Ressalta-se que após o ensaio com carga de 360 J, houve a ocorrência de fissuras lateralizadas.

Figura 104 – Vista lateral da segunda ALV – 6 antes da realização do ensaio de impacto de corpo mole para a energia de 480 J



Fonte: O autor (2022).

A Figura 105, abaixo, evidencia a segunda alvenaria tipo ALV – 6 após o impacto de 360 J, quando houve a ocorrência de fissuras, localizadas no lado posterior, paralela à junta de assentamento horizontal e estendendo-se perpendicularmente ao plano principal.



Figura 105 – Fissuras localizadas no lado posterior da alvenaria e à esquerda



Fonte: O autor (2022).

Na sequência, após a realização do impacto de 480 J, houve a ocorrência de fissuras no lado frontal e posterior, vide Figuras 106, 107 e 108, abaixo.

Figura 106 – Fissuras no lado frontal da alvenaria após o impacto de 480 J



Fonte: O autor (2022).

As fissuras continuaram perpendicularmente ao plano principal, seja no lado frontal ou no lado posterior, acompanhando as juntas.

Figura 107 – Fissuras no lado frontal da alvenaria e à direita após o impacto de 480 J



Fonte: O autor (2022).

Figura 108 – Fissuras no lado posterior da alvenaria à direita após o impacto de 480 J



Fonte: O autor (2022).

O ensaio seguiu até a energia de 720 J, quando houve a ocorrência de fissuras generalizadas na alvenaria e, também, a ruína da mesma, porém, com ruptura menos abrupta se comparada às alvenarias sem a armadura ou parcialmente reforçadas com a treliça plana aramada, evidenciando-se aberturas de fissuras ou trincas em menor grau. Estes fatos podem ser vistos nas Figuras 109, 110, 111 e 112.

Figura 109 – Vista ampliada da segunda ALV- 6 após os impactos



Fonte: O autor (2022).



Figura 110 – Ruína na base da segunda ALV- 6 após o impacto de 720 J



Fonte: O autor (2022).

Figura 111 – Ruína no lado posterior da segunda ALV- 6 após o impacto de 720 J



Fonte: O autor (2022).

Figura 112 – Ruína na parede lateral da segunda ALV- 6 após o impacto de 720 J



Fonte: O autor (2022).

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados das alvenarias ensaiadas e seus respectivos desempenhos estão resumidos no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 – Resultados das alvenarias após impactos de corpo mole

IMPACTO (J)	ALV - 1	ALV - 2	ALV - 3	ALV - 3	ALV - 4	ALV - 4	ALV - 6	ALV - 6
	REF	REF	1º CP	2º CP	1º CP	2º CP	1º CP	2º CP
60	-	SEM FALHAS	-	-	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS
120	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS
180	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS
240	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS
360	SEM FALHAS	OCORRÊNCIA DE FISSURAS	SEM FALHAS	SEM FALHAS	OCORRÊNCIA DE FISSURAS	OCORRÊNCIA DE FISSURAS	OCORRÊNCIA DE FISSURAS	OCORRÊNCIA DE FISSURAS
480	FISSURA VERTICAL	<b>RUPTURA BRUSCA</b>	SEM FALHAS	SEM FALHAS	<b>RUPTURA</b>	<b>RUPTURA</b>	OCORRÊNCIA DE FISSURAS	OCORRÊNCIA DE FISSURAS
720	<b>RUÍNA GERAL</b>	-	RUPTURA LOCALIZADA NO BLOCO	SEM FALHAS	-	-	<b>RUPTURA</b>	<b>RUPTURA</b>
960	-	-	RUPTURA LOCALIZADA NO BLOCO AMPLIADA	FISSURAS HORIZONTAIS PARALELAS	-	-	-	-

Fonte: O autor (2022).

Ressalta-se que todas as alvenarias ensaiadas atenderam os limites máximos permitidos quanto aos deslocamentos horizontais instantâneos e residuais, conforme a ABNT NBR 15575: 2021. Importante salientar que até 240 J nenhuma alvenaria apresentou falha e que os corpos de prova do tipo ALV – 5 não foram moldados, uma vez que as alvenarias anteriores do tipo ALV – 3 apresentaram desempenho em níveis máximos.

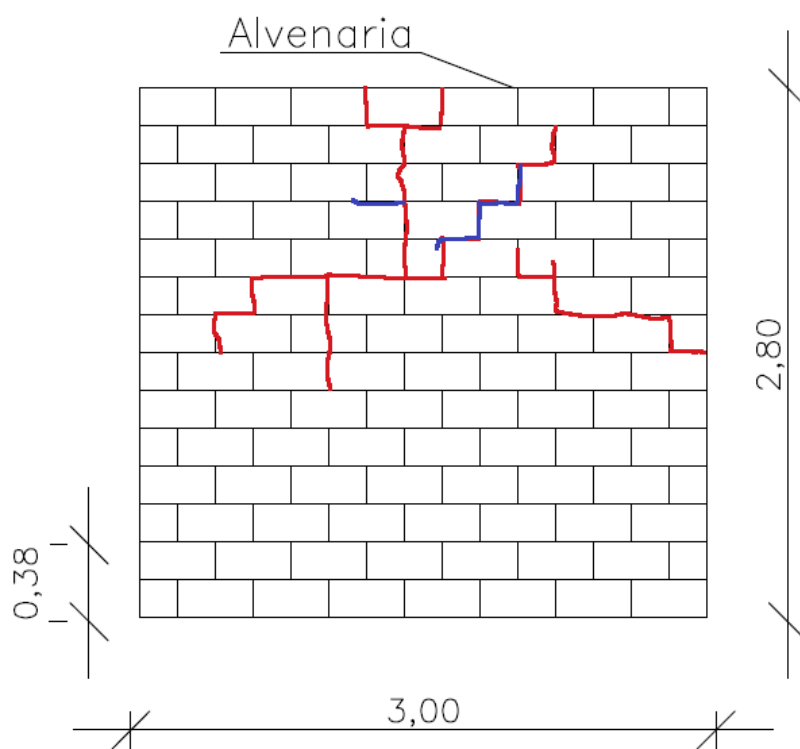
Com a finalidade de facilitar a interpretação dos resultados, o autor propõe o mapeamento das fissuras, desenhadas com auxílio de softwares computacionais. Portanto, abaixo, são apresentados os resultados ocasionados após os ensaios de



corpo mole, bem como as interpretações possíveis para os respectivos resultados apresentados no capítulo anterior.

A alvenaria de referência com espessura de 14 cm e sem a armadura de junta apresentou o seguinte mapeamento de fissuras na região frontal (Figura 113):

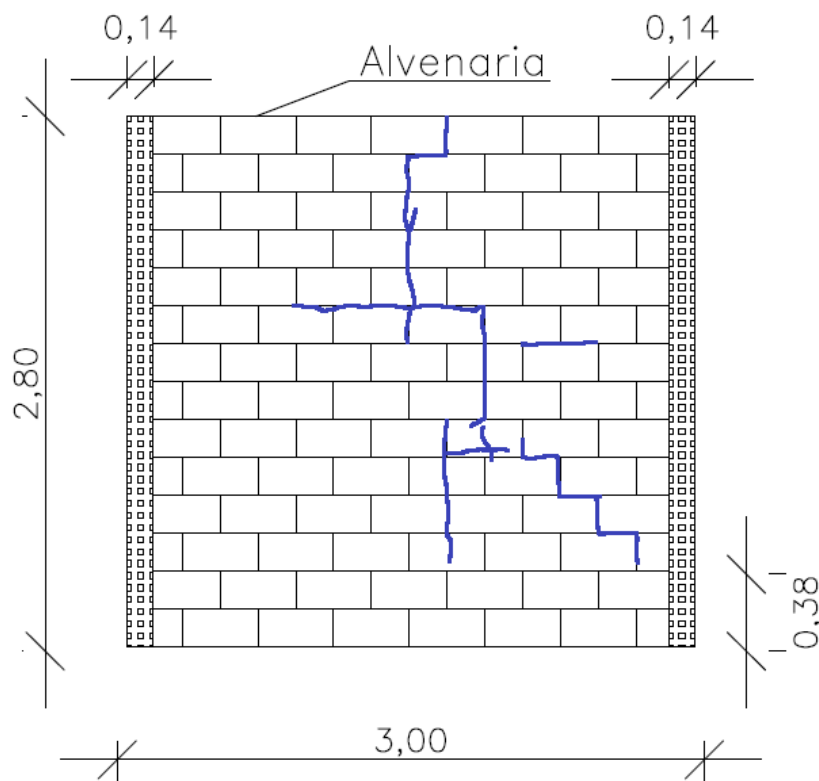
Figura 113 – Mapeamento de fissuras da ALV – 1 (Vista frontal)



Fonte: O autor (2022).

Na região posterior a alvenaria de referência teve o seguinte mapeamento de fissuras (Figura 114):

Figura 114 – Mapeamento de fissuras da ALV – 1 (Vista posterior)

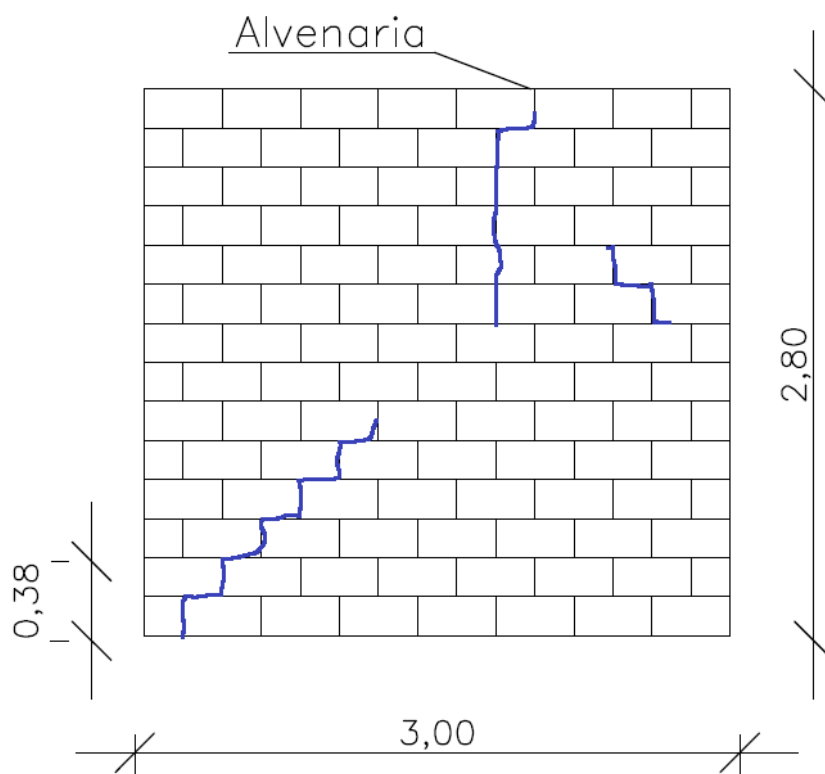


Fonte: O autor (2022).

Em azul, estão as fissuras após o impacto de 480 J e, em vermelho, após o impacto de 720 J. O ensaio iniciou-se em 120 J, seguindo até 720 J, onde houve a ruína geral da parede. Destaca-se que a primeira fissura ocorreu em 480 J, com predominância perpendicular às juntas de assentamento horizontal.

A alvenaria de referência com espessura de 9 cm e sem a armadura de junta apresentou o seguinte mapeamento de fissuras para a região frontal (Figura 115):

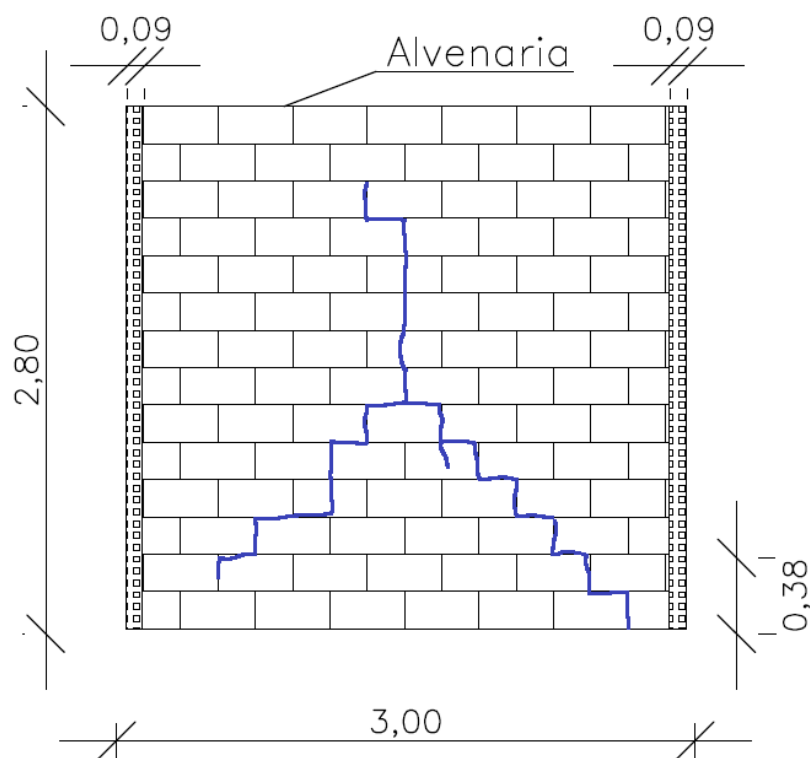
Figura 115 – Mapeamento de fissuras da ALV – 2 (Vista frontal)



Fonte: O autor (2022).

Na região posterior a alvenaria de referência de 9 cm, teve o seguinte mapeamento de fissuras (Figura 116):

Figura 116 – Mapeamento de fissuras da ALV – 2 (Vista posterior)

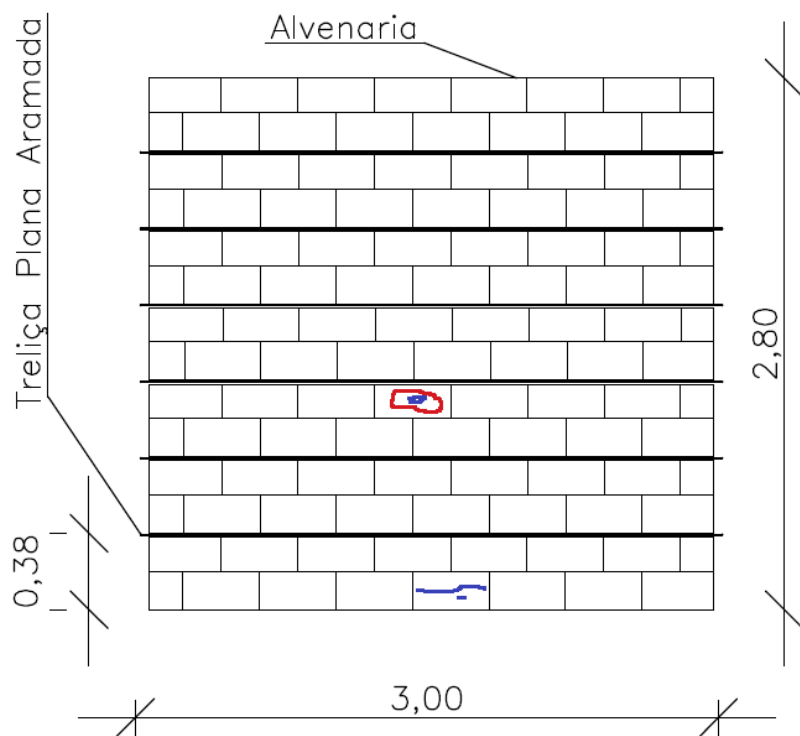


Fonte: O autor (2022).

Em azul, estão as fissuras após o impacto de 360 J. O ensaio iniciou-se em 60 J, seguindo até 480 J, onde houve a ruptura brusca da alvenaria. Destaca-se que assim como a alvenaria ALV - 1 as fissuras foram com predominância perpendicular às juntas de assentamento horizontal.

A primeira alvenaria com treliça plana aramada em fiadas alternadas com espessura de 14 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras, apenas para a região frontal (Figura 117):

Figura 117 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 3 (Vista frontal)

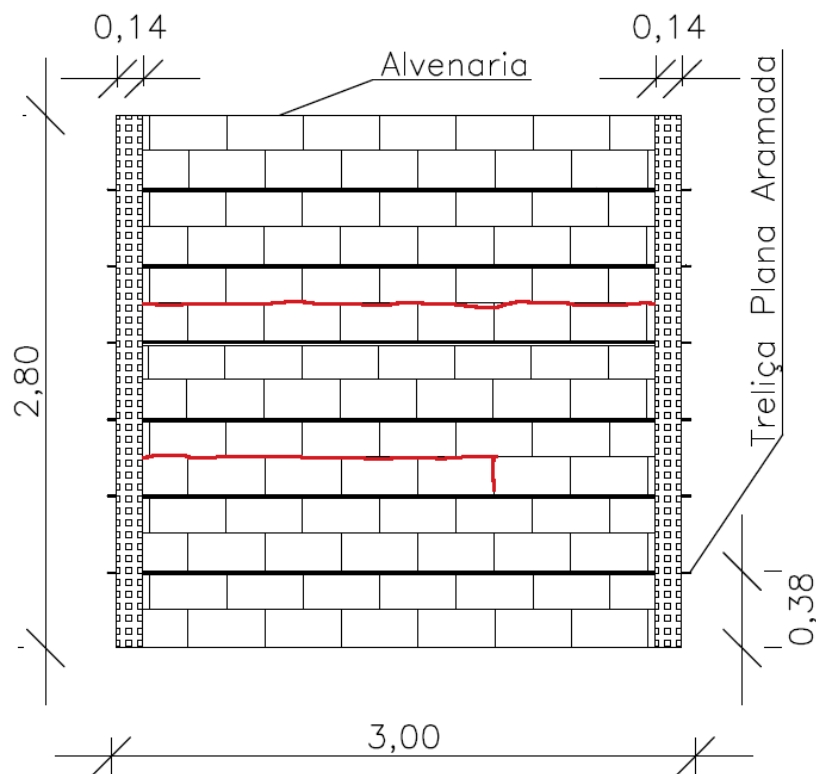


Fonte: O autor (2022).

Em azul, após o impacto de 720 J, houve a ruptura localizada no bloco no local de aplicação do impacto e, em vermelho, após o impacto de 960 J, houve uma continuidade da mesma ruptura localizada anteriormente. O ensaio iniciou-se em 120 J, seguindo até 960 J (última energia de impacto). Destaca-se que não houve a ruína, nem mesmo a ruptura brusca desta alvenaria, observando que a mesma atende os requerimentos de desempenho quanto ao ensaio de impacto de corpo mole para alvenarias autoportantes, mesmo com o uso de blocos cerâmicos para vedação.

A segunda alvenaria com treliça plana aramada em fiadas alternadas com espessura de 14 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras, apenas para a região posterior (Figura 118):

Figura 118 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 3 (Vista posterior)



Fonte: O autor (2022).

Esta alvenaria foi ensaiada com a carga de impacto sendo realizada na face posterior, ou seja, no sentido de menor contribuição das amarrações provenientes dos apoios laterais (menor enrijecimento).

Em vermelho, após o impacto de 960 J, ocorreu o aparecimento de fissuras horizontais nas interfaces argamassa-bloco ocorridas na 6ª e 10ª fiadas prolongando ao longo de aproximadamente 2,0m (6ª fiada). Essas fissuras se propagaram para o trecho de parede transversal (apoios laterais).

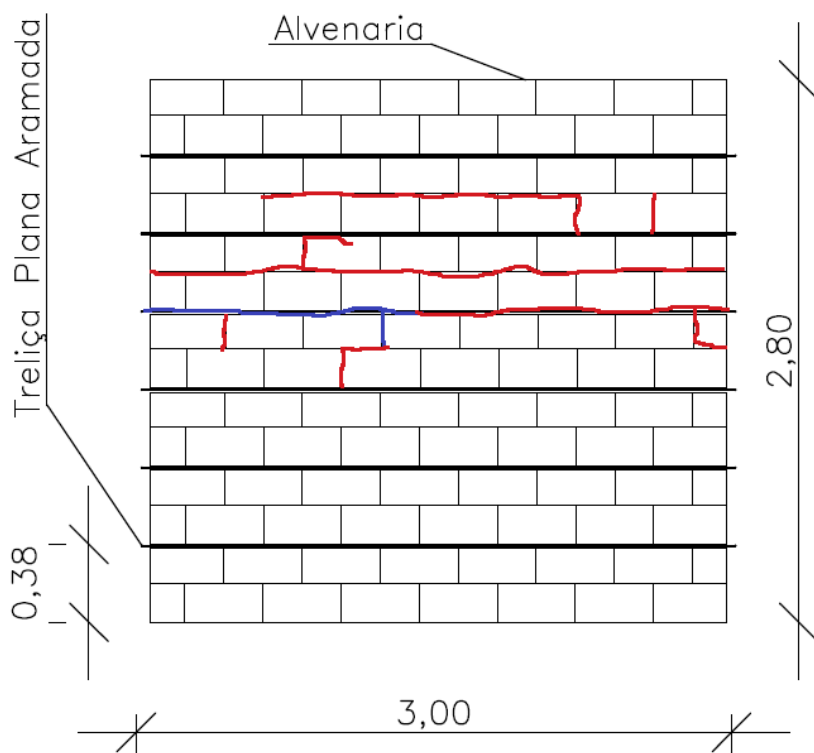
O ensaio iniciou-se em 120 J, seguindo até 960 J (última energia de impacto). Destaca-se que não houve a ruína, assim como a primeira alvenaria ALV - 3, nem mesmo a ruptura brusca desta alvenaria, observando que a mesma atende os requerimentos de desempenho quanto ao ensaio de impacto de corpo mole para alvenarias autoportantes, mesmo com o uso de blocos cerâmicos para vedação. E, ao contrário da alvenaria de referência, não houve o aparecimento de fissuras verticais, perpendiculares às juntas de assentamento horizontais, em função da



contribuição à capacidade resistente (momento fletor resistente) das treliças planas aramadas, aplicadas em fiadas alternadas.

A primeira alvenaria com treliça plana aramada em fiadas alternadas com espessura de 9 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras para a região frontal (Figura 119):

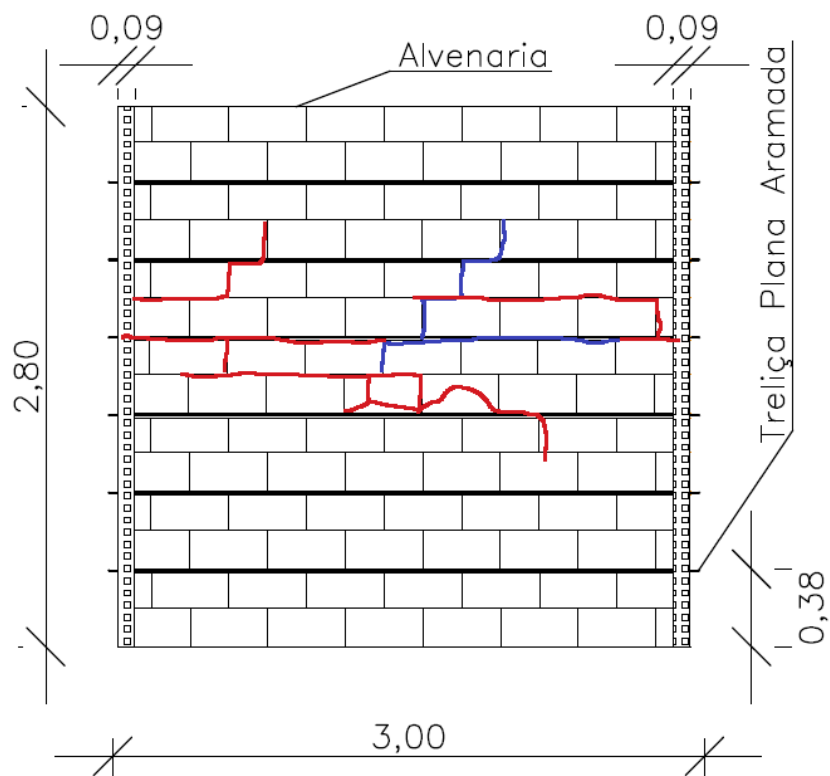
Figura 119 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 4 (Vista frontal)



Fonte: O autor (2022).

Na região posterior, a primeira alvenaria com treliça plana aramada em fiadas alternadas com espessura de 9 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras (Figura 120):

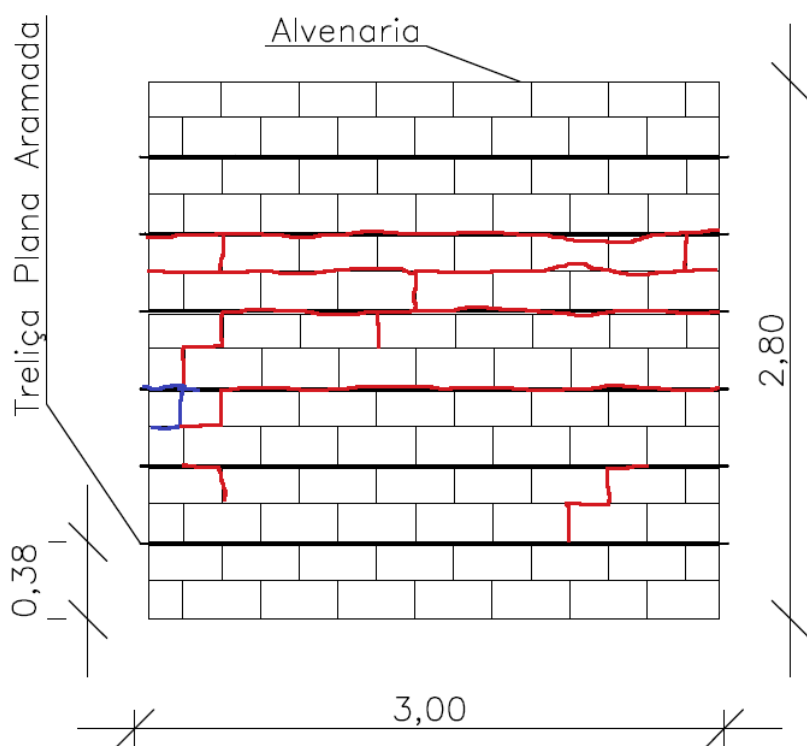
Figura 120 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 4 (Vista posterior)



Fonte: O autor (2022).

A segunda alvenaria com treliça plana aramada em fiadas alternadas com espessura de 9 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras para a região frontal (Figura 121):

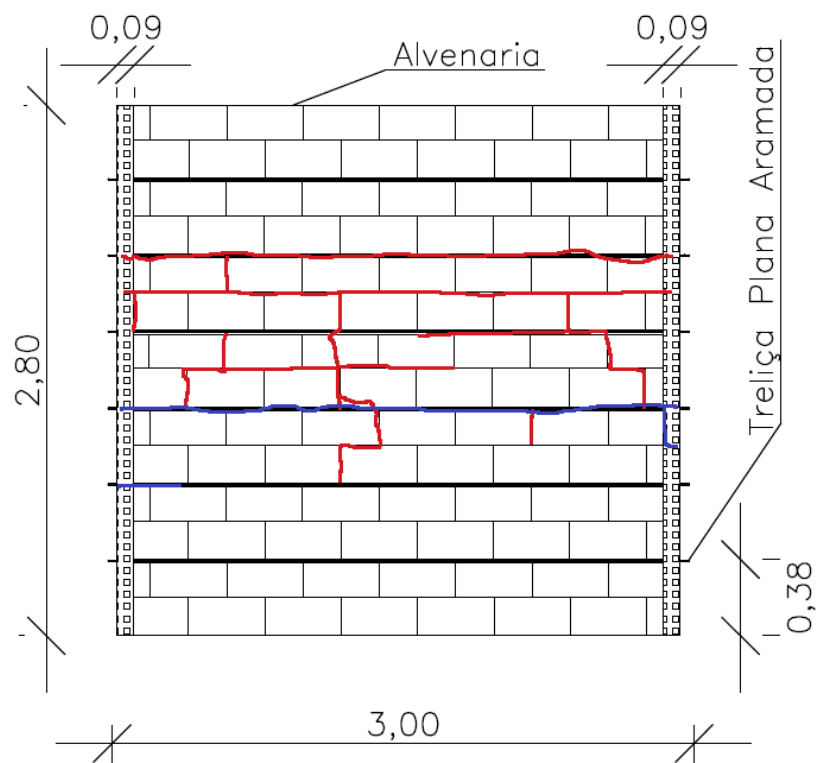
Figura 121 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 4 (Vista frontal)



Fonte: O autor (2022).

Na região posterior, a segunda alvenaria com treliça plana aramada em fiadas alternadas com espessura de 9 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras (Figura 122):

Figura 122 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 4 (Vista posterior)



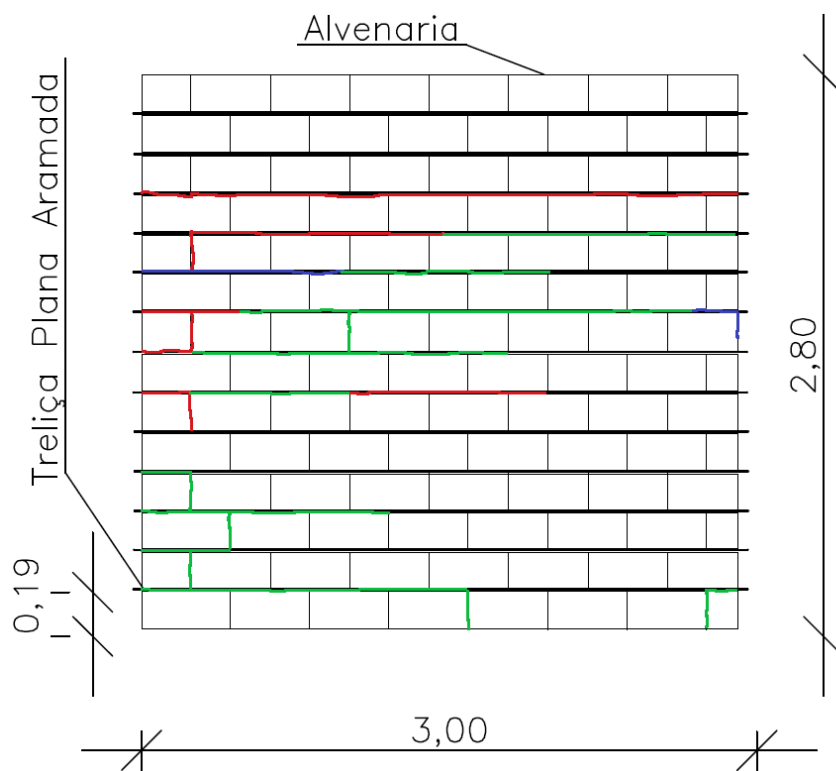
Fonte: O autor (2022).

Ambas as alvenarias tipo ALV – 4 apresentaram desempenhos próximos, com a ocorrência de fissuras iniciando-se, em azul, após o impacto de 360 J, e ocorrendo a ruptura em 480 J. No entanto, ao contrário da alvenaria referência de 9 cm (ALV – 2), não houve a ruptura brusca da alvenaria, o que proporcionaria, em tese, maior segurança ao usuário, em situações de aplicabilidade real.

Outro ponto importante observado diz respeito à propagação das fissuras, que ao contrário da alvenaria referência (ALV – 2), para ambas alvenarias ALV – 4, houve o aparecimento de fissuras paralelas às juntas de assentamento horizontal, em sua maioria. Portanto, percebeu-se a contribuição da treliça plana aramada quanto à melhoria da capacidade resistente (momento fletor resistente) das alvenarias, mesmo considerando o maior grau de esbeltez das mesmas frente às alvenarias de 14 cm.

A primeira alvenaria com treliça plana aramada em todas as fiadas e com espessura de 9 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras na região frontal (Figura 123):

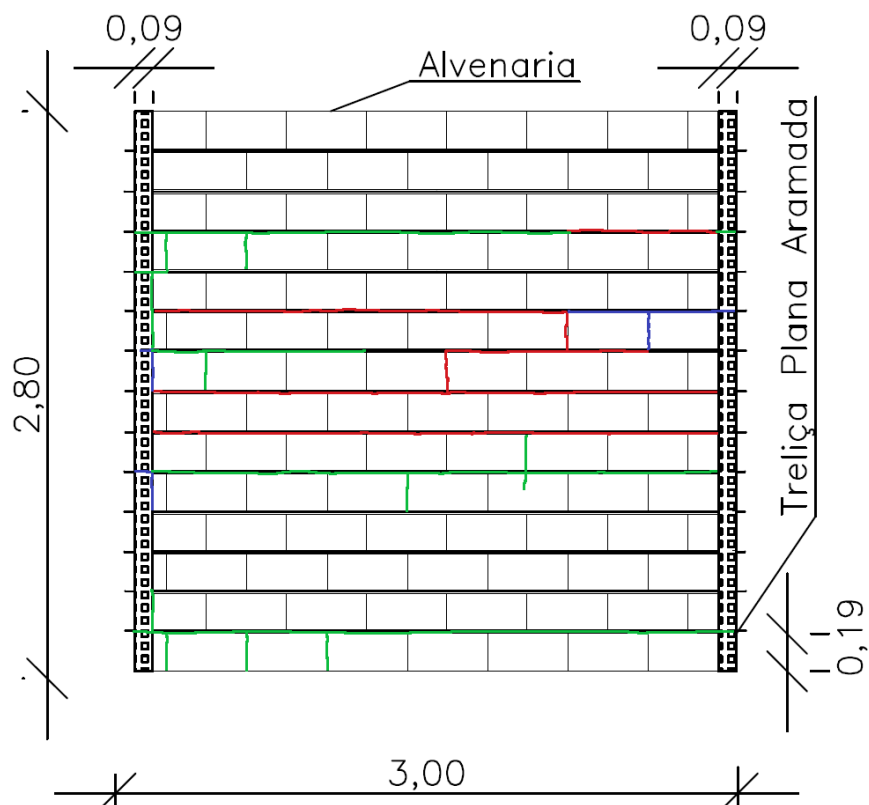
Figura 123 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 6 (Vista frontal)



Fonte: O autor (2022).

Na região posterior, a primeira alvenaria com treliça plana aramada em todas as fiadas e com espessura de 9 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras (Figura 124):

Figura 124 – Mapeamento de fissuras da primeira alvenaria ALV – 6 (Vista posterior)

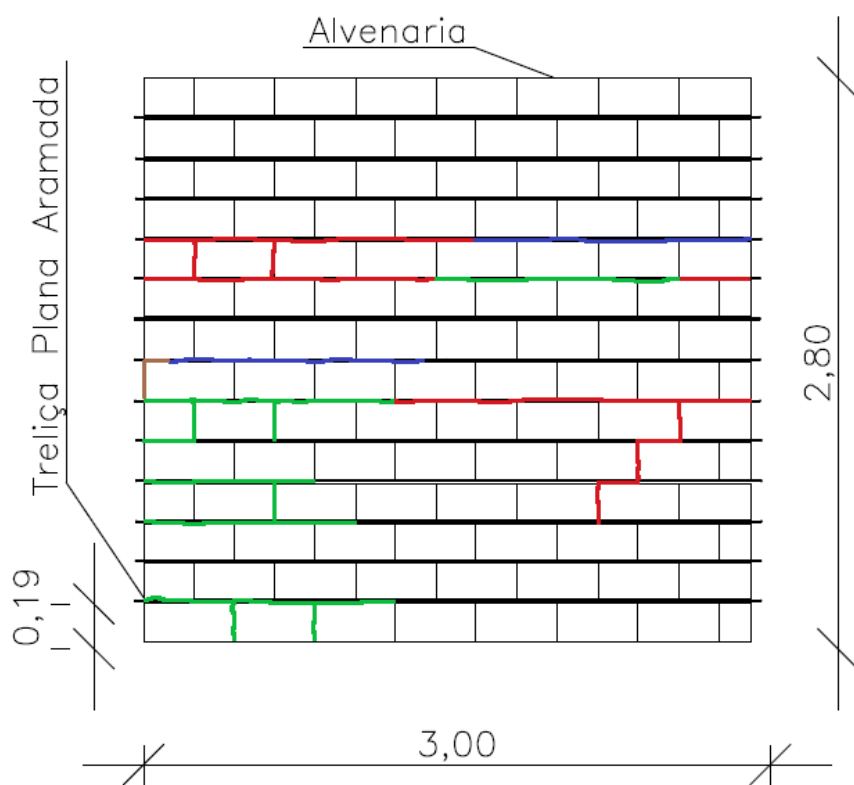


Fonte: O autor (2022).

A segunda alvenaria com treliça plana aramada em todas as fiadas e com espessura de 9 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras na região frontal (Figura 125):



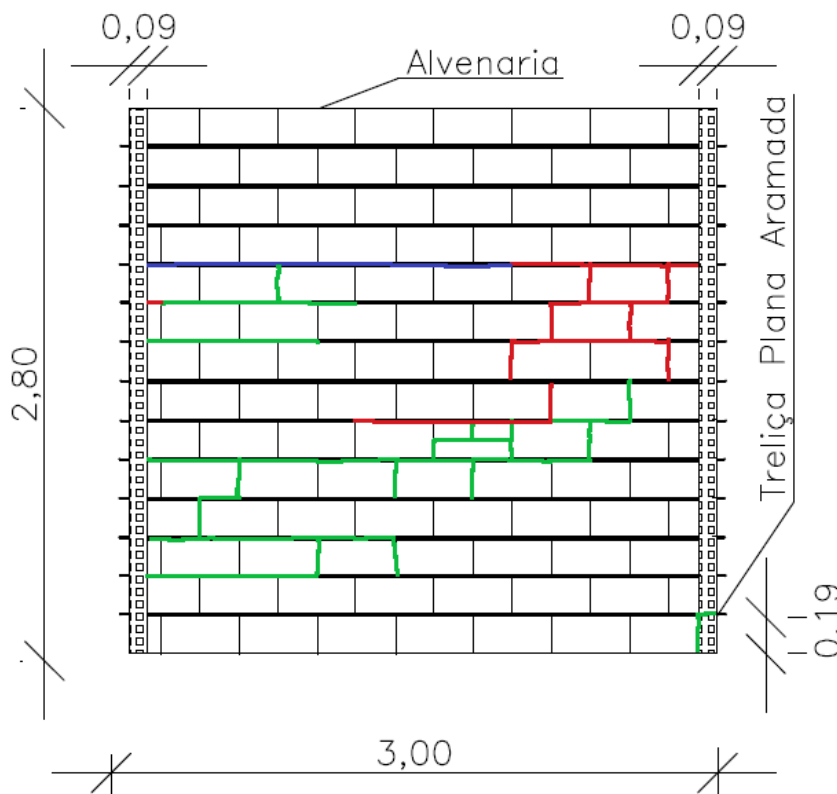
Figura 125 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 6 (Vista frontal)



Fonte: O autor (2022).

Na região posterior, a segunda alvenaria com treliça plana aramada em todas as fiadas e com espessura de 9 cm apresentou o seguinte mapeamento de fissuras (Figura 126):

Figura 126 – Mapeamento de fissuras da segunda alvenaria ALV – 6 (Vista posterior)



Fonte: O autor (2022).

Ambas as alvenarias tipo ALV – 6 apresentaram desempenhos próximos, com a ocorrência de fissuras iniciando-se, em azul, após o impacto de 360 J, mas ocorrendo a ruptura em 720 J (fissuras mapeadas em verde) e não 480 J (fissuras mapeadas em vermelho), tal como evidenciou-se nas alvenarias ALV - 4 (com treliça plana em fiadas alternadas). E, ao contrário da alvenaria referência de 9 cm (ALV – 2), não houve a ruptura brusca, o que proporcionaria, em tese, maior segurança ao usuário, em situações de aplicabilidade real.

Outro ponto importante observado, em consonância com as alvenarias ALV - 4 (com treliça plana em fiadas alternadas) diz respeito à propagação das fissuras, que ao contrário da alvenaria referência (ALV – 2), para ambas alvenarias ALV – 6, houve o aparecimento de fissuras paralelas às juntas de assentamento horizontal, em sua maioria. Portanto, percebeu-se a contribuição da treliça plana aramada quanto à melhoria da capacidade resistente (momento fletor resistente) das alvenarias, mesmo considerando o maior grau de esbeltez das mesmas frente às alvenarias de 14 cm.

Por fim, o autor entende que em caso de aplicação real, devido a melhores condições de confinamento (vínculos em 3 ou 4 apoios), podendo haver tensões de compressão axiais advindas de deformações controladas de vigas e/ou lajes, as alvenarias poderiam ter melhor desempenho quanto ao impacto lateral, em função da contribuição desta parcela quanto ao momento fletor resistente. Vale lembrar que as alvenarias ensaiadas, mesmo com as amarrações laterais (contra-fortes), na prática, trabalharam como de bordo livre (situação mais crítica), tais como as platibandas, por exemplo.

As alvenarias, com seus respectivos resultados, atendem a determinados níveis de desempenho, conforme aplicação, e isto é estabelecido na atualidade pela norma ABNT NBR 15575: 2021. O autor ensaiou as alvenarias em todos os níveis de energias de impacto também com o intuito de realizar as classificações das mesmas de acordo com o enquadramento normativo atual, propondo reflexões e observações para atualizações e revisões de norma considerando a contribuição de desempenho das treliças planas aramadas, sendo possível avaliar o incremento resultante nas mesmas através de ensaios de impacto de corpo mole de acordo com a tipologia da alvenaria, ou seja, estrutural ou não estrutural, com localização externa (fachada) ou interna.

O Quadro 3 abaixo apresenta as classificações para as alvenarias verificadas, de acordo com a normativa atual:

Quadro 3 – Verificação das alvenarias ensaiadas

TIPOLOGIA CONSTRUTIVA	VEDAÇÃO	IMPACTO	ALV - 1	ALV - 2	ALV - 3	ALV - 3	ALV - 4	ALV - 4	ALV - 6	ALV - 6
			REF	REF	1º CP	2º CP	1º CP	2º CP	1º CP	2º CP
FACHADAS - EDIFÍCIO OU CASA TÉRREA	ESTRUTURAL	EXTERNO	NÃO ATENDEU	NÃO ATENDEU	I; S	I; S	NÃO ATENDEU	NÃO ATENDEU	NÃO ATENDEU	NÃO ATENDEU
		INTERNO	M; I; S	NÃO ATENDEU	M; I; S	M; I; S	NÃO ATENDEU	NÃO ATENDEU	M; I; S	M; I; S
	NÃO ESTRUTURAL	EXTERNO	M	NÃO ATENDEU	I; S	I; S	NÃO ATENDEU	NÃO ATENDEU	M	M
		INTERNO	M	M	M	M	M	M	M	M
VEDAÇÃO INTERNA	ESTRUTURAL	-	M	M	M	M	M	M	M	M
	NÃO ESTRUTURAL	-	I; S	I; S	I; S	I; S	I; S	I; S	I; S	I; S

LEGENDA:

M: MÍNIMO  
I: INTERMEDIÁRIO  
S: SUPERIOR

1º CP: Primeiro corpo de prova  
2º CP: Segundo corpo de prova

ALV - 1: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, sem reforço de junta (referência);  
ALV - 2: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, sem reforço de junta (referência);  
ALV - 3: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, com reforço de junta em fiadas alternadas;  
ALV - 4: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, com reforço de junta em fiadas alternadas;  
ALV - 5: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,14 m, com reforço de junta em todas as fiadas (não moldada);  
ALV - 6: Parede de dimensões 2,80 m x 3,00 m x 0,09 m, com reforço de junta em todas as fiadas.

Fonte: O autor (2022).

Considerando os resultados anteriores, bem como a classificação baseada na norma de desempenho realizada nesta pesquisa, sistemas de vedações com a presença de armadura de junta (treliça plana aramada), podem obter desempenhos superiores. E, em especial, contribuição à segurança das estruturas, em outras palavras, a não ruptura brusca, fator de elevada importância para edifícios multipavimentos, sujeitos a elevadas pressões laterais advindas dos ventos de elevada intensidade e frequência, conforme localização geográfica e altura.

A contribuição também é importante para as vedações de grandes estacionamentos, salões de festas e áreas gourmet, presentes em condomínios residenciais ou em empreendimentos comerciais, sempre sujeitos aos impactos inerentes ao seu ofício, por se tratarem de regiões com trânsito de veículos e elevada concentração de pessoas.

Particularmente, quanto ao desempenho das vedações sem função estrutural com armadura de junta em todas as fiadas (ALV-6), o atendimento aos requisitos mínimos de impacto de corpo mole, pode abrir potencial mercado para aplicações em edifícios multipavimentos com estruturas em concreto armado ou protendido (maior parte das construções em centros urbanos). Este fator é importante, pois pode representar ganhos significativos de área útil, com manutenção ou ganho de desempenho frente às alvenarias sem reforços metálicos em suas juntas de assentamento horizontais.

Pelos resultados apresentados, uma alvenaria de 14 cm sem a presença de reforços possui a mesma classificação que uma alvenaria de 9 cm com reforço em 100% de suas juntas. No entanto, considerando as alvenarias de 9 cm, o consumo de blocos cerâmicos é menor (por kg ou m<sup>3</sup>), a produtividade tende a ser maior, pois são pesos menores a serem levantados e posicionados, por fim, o comportamento deixa de ser frágil para ser mais tenaz (capacidade absorção de energia ao impacto).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo o autor apresentará suas conclusões e propostas para trabalhos futuros.

### 7.1 Conclusão

É perceptível o ganho de resistência ao impacto lateral em todas as alvenarias reforçadas com a treliça plana aramada, seja com a aplicação em todas as fiadas ou não. O uso da treliça plana aramada contribuiu para o ganho de desempenho das alvenarias sujeitas às cargas laterais, conforme pôde ser visto pelos resultados apresentados, sendo que o seu efeito aumentou a capacidade resistente das alvenarias. Esta contribuição, por consequência, aumenta o nível de segurança das alvenarias, sejam elas, autoportantes ou não. Neste sentido, a influência das armaduras de junta foi positiva no que tange aos requisitos de desempenho.

No entanto, as alvenarias poderiam ter apresentado resultados melhores, especialmente as alvenarias mais esbeltas (9 cm), caso recebessem uma carga de compressão axial advinda, por exemplo, de um pórtico com um atuador hidráulico, na tentativa da representação da aplicabilidade real (alvenaria em 3 ou 4 vínculos). Mesmo assim, foi possível perceber a contribuição da treliça plana aramada no que tange aos requisitos de desempenho, conforme ABNT NBR 15575: 2021. E isto ficou claro ao comparar as alvenarias de 14 cm com armadura de junta em fiadas alternadas (ALV - 3) com a alvenaria de referência (ALV - 1), uma vez que as alvenarias tipo ALV - 3 atenderam a todos os requisitos, conforme verificou-se no Quadro 3, evidenciado anteriormente. A mesma avaliação pode ser feita com as alvenarias de 9 cm, que reforçadas com a treliça plana aramada em todas as fiadas, atenderam a requisitos que não foram possíveis anteriormente: fachadas com função estrutural e interna nos níveis máximos e fachada sem função estrutural e externa no nível mínimo (conforme análise no Quadro 3). Estas contribuições são representativas e relevantes à ABNT NBR 15575: 2021, que não cita a



possibilidade do incremento do desempenho com a utilização de armadura de junta do tipo treliça plana aramada galvanizada.

As alvenarias do tipo ALV – 3 e ALV – 6 apresentaram resultados relevantes, pois mesmo tendo sido moldadas com blocos de vedação atenderam a requisitos das alvenarias auto-portantes. Os corpos de prova ALV – 3 atenderam a requisitos das fachadas com função estrutural para impactos externos e internos em níveis superiores, enquanto que os corpos de prova ALV – 6 atenderam a requisitos das fachadas com função estrutural para impactos internos em níveis superiores.

Por fim, ao analisar as fissuras, fendilamentos e o mapeamento das mesmas, foi perceptível que as alvenarias sem o incremento da armadura de junta apresentaram ruptura brusca, tendo as fissuras mais verticalizadas e em maior grau. O contrário ocorreu com as alvenarias reforçadas com a treliça plana aramada, que evidenciaram fissuras paralelas às juntas de assentamento horizontal e em menor grau, vide capítulos anteriores.

As alvenarias, quando reforçadas pela treliça plana aramada, demonstraram maior comportamento dúctil, ou seja, sofreram deformações advindas das cargas do impacto lateral e não se romperam repentinamente. Desta forma, foi perceptível uma maior segurança quanto à ruptura nas alvenarias com a presença da armadura de junta, que deixaram de ser bruscas. Por fim, complementa-se que as manifestações patológicas tendem a ser em menor grau em estruturas com este comportamento, contribuindo, assim, para uma maior vida útil do sistema construtivo.

## **7.2 Propostas para trabalhos futuros**

Recomenda-se ampliar o leque de blocos e testar mais famílias, tais como blocos de concreto convencionais e em concreto celular autoclavado. Adicionalmente, seria interessante a realização dos ensaios de impacto de corpo mole, impacto de corpo duro, capacidade de suporte de peças suspensas e ações transmitidas por portas em alvenarias com a presença de revestimento externo, pois acredita-se que

a camada contribui para uma melhor redistribuição das tensões advindas dos impactos.

É interessante realizar os testes em situações reais de aplicação, objetivando-se, assim, melhores vinculações e tensões de pré-compressão, o que, em tese, contribuiria para um melhor comportamento das alvenarias sujeitas a aplicação de cargas laterais.

Considerando-se os resultados e o desempenho das alvenarias de 9 cm reforçadas com a treliça plana aramada, faz sentido a realização de uma análise de custo e benefício completa, especialmente para os profissionais construtores, que lidam com grandes pressões de mercado por reduções de custos em seus respectivos orçamentos.

O autor recomenda a necessidade de se avançar tecnologicamente no segmento, fazendo-se mais avaliações com o incremento de reforços não convencionais e compactos, do tipo Murfor® Compact, por exemplo. Este desempenho, em sendo superior, se comparado aos reforços convencionais (treliça plana aramada), devidamente ajustado à realidade construtiva brasileira, poderá representar um avanço significativo à construção civil nacional.

Por fim, recomenda-se a análise de alvenarias com e sem armadura de junta sujeitas a ensaios de pressões laterais (carga normal), simulando o efeito de cargas laterais ocasionadas por ventos. É interessante, também, que se avalie o efeito da inserção de telas soldadas para revestimentos argamassados nestes ensaios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR) – FRENCH STANDARD INSTITUTE. Specification for ancillary components for masonry. **Part 3: Bed joint reinforcement of steel meshwork.** European Standard. French Standard (NF EN 845-3), 2003.

\_\_\_\_\_. Eurocode 6 – Design of masonry structures. **Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures.** European standard. French Standard (NF EN 1996-1 - 1), 2006.

\_\_\_\_\_. Eurocode 6 – Design of masonry structures. **Part 2: Design considerations, selection of materials and execution of masonry.** European Standard. French Standard (NF EN 1996-2), 2006.

ABRANTES, V; SILVA, J. Mendes. Patologia em paredes de alvenaria: causas e soluções. **Anais do seminário sobre paredes de alvenaria**, Lisboa, p. 65-84, 2007.

ANDERY, P; BARBOSA, P. **Manual para contratação de projetos para o desempenho de edificações habitacionais.** 1. ed. Belo Horizonte: Sinduscon, 2016.

ANDERY, P; COTTA, A. As alterações no processo de projeto das empresas construtoras e incorporadoras devido à NBR 15575 – Norma de Desempenho. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n.1, p. 133-152, jan./mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575:** edificações habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 15961-1:** Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

BARBOSA, P.; ANDERY, P. **Gestão de Projetos Para Garantia do Desempenho:** contexto e desafios: relatório de atividades: 2015-16. In: PROGRAMA de norma de norma de desempenho: 7. Ciclo. Belo Horizonte: Comunidade da Construção de Belo Horizonte, 2016.

BAUER, Roberto José Falcão. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Caderno técnico de alvenaria estrutural – CT- 5. São Paulo: Revista Prisma, 2006.

BOLOGNINI, David. CALVI, Gian Michele & PENA, Andrea. Design of masonry structures with bed joint reinforcement. **Anais do seminário sobre paredes de alvenaria**, Lisboa, p. 21-40, nov. 2007.

BRITISH STANDARD. **EN 722-1: Methods of test for masonry units – Part 1: Determination of compressive strength**. Londres, 2000.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho das Edificações Habitacionais**: guia orientativo para atendimento da norma ABNT NBR 15575/2013. 2. ed. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

\_\_\_\_\_ **Dúvidas Sobre a Norma de Desempenho**: especialistas respondem às principais dúvidas e elencam requisitos de suporte para elaboração de projetos. Brasília, 2015.

CUNHA, José Celso da. **A História das Construções, volume 1: da pedra lascada às pirâmides de Dahchur**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2009. 284 p. Bibliografia: p. 36-99. ISBN 978-85-7526-436-2.

CYRINO, Lucílio Flávio. **Influência do reboco e do reboco armado com tela soldada na resistência de alvenaria de vedação submetida à compressão simples**. 141 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

EUROCODE 6. **Design of masonry structures – Part1-a**: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures. 2005.

FLICKR. **Monadnock exterior 2**. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/doctorcasino/434327116/in/photostream/>. Acesso em: 22 jul. 2022.

FONSECA, Fernando S.; MATHEW, Sunup; BENNET, Richard M. **The Masonry Standards Joint Committee- Deep Beam Requirements**. 2011.

FRANCO, Luiz Sérgio. **Patologias da alvenaria estrutural**. Notas de aula da disciplina Alvenaria Estrutural. PCC 2515. Escola politécnica da USP. Engenharia Civil. São Paulo, 2004.

JUNGINGER, M. *et al.* Avaliação da influência de telas de reforço de revestimentos de argamassa no controle da fissuração estrutural. **XII Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas**, São Paulo, ago. 2017.

LOURENÇO, Paulo B. **Alvenaria: Passado e presente**. Lisboa: Construção Magazine, 2005.

\_\_\_\_\_ **Arquitectura sem fissuras, Arquitectura e Vida**, Lisboa: 2005.

\_\_\_\_\_ **Paredes de alvenaria armada (I):** Possibilidades e Aplicações, Universidade do Minho – Departamento de Engenharia, Gonçalves: 2005.

NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004.

\_\_\_\_\_ **Avaliação de Sistema Construtivo – Armaduras para alvenarias - Murfor**. Belgo Bekaert Arames. Belo Horizonte: 2005.

\_\_\_\_\_ **Manual Técnico Utilização de Murfor em Alvenarias**. Belgo Bekaert Arames. Belo Horizonte: 2005

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

OLIVEIRA, Edna Alves. **Estudo numérico e experimental de paredes de alvenaria não estruturais reforçadas com armadura de junta submetidas à flexão no seu plano**. 291 f. Tese (Pós-graduação em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

PENNA, A. *et al.* Experimental assesment of the in-plane lateral capacity of autoclaved aerated concrete (AAC) masonry walls with flat-truss bed-joint reinforcement. **Construction and Building Materials**, Pavia, v. 82, p. 155-166, mar. 2015.

PHOTO, Istock. **Pirâmide de Gizé**. Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/foto/detalhes-dos-blocos-de-pedra-da-grande-pir%C3%A2mide-de-giz%C3%A9-cairo-egito-gm888856522-246506740>. Acesso em: 22 jul. 2022.

\_\_\_\_\_ **Bloco de Adobe**. Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/search/2/image?phrase=adobe+block>. Acesso em: 22 jul. 2022.

RABELO, Antônio Carlos Nogueira. **Dimensionamento de alvenaria estrutural segundo recomendações do Eurocode 6**. 199 f. Dissertação (Pós-graduação em estruturas) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

REZENDE, Fabiana Martins de. **Estudo do comportamento mecânico de vergas armadas com treliças planas em alvenaria estrutural**. 102 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

ROCHA, J. Álvaro. O contexto da alvenaria na arquitetura moderna. **Anais do seminário sobre paredes de alvenaria**. Lisboa, p. 85-86, 2007.

SANTOS, Carlos Pina. Evolução das soluções de paredes face a novas exigências regulamentares. **Anais do seminário sobre paredes de alvenaria**. Páginas 41-64. Lisboa, 2007.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Manual Para Contratação de Projetos Para o Desempenho de Edificações Habitacionais**. Belo Horizonte: SENAI Departamento Regional; Sinduscon - MG, 2016.

SILVA, J. Mendes. Alvenarias não estruturais, patologias e estratégias de reabilitação. **Seminário sobre Paredes de Alvenaria**, Porto: P.B. Lourenço & H. Sousa (Eds.), 2002.

SILVA, L. *et al.* Paredes de alvenaria de fachada: Soluções e sugestões de melhoria de desempenho. **Seminário reabilitação de fachadas**, Lisboa: p. 51-72, 2016.

SILVA, Maria Angelica Covelo; FROLLINI, Constantino Bueno. **Manual de desempenho do sistema de alvenaria de blocos cerâmicos City**. 1. Ed. São Paulo: 2022. p. 3 - 9.

SOUZA, Roberto de. **O Conceito de desempenho aplicado às edificações**. São Paulo: 2015.

TIMPERMAN, Pol. **Murfor®**, Reinforcement for masonry. N.V. Bekaert S.A.. Zwevegem: 2002.

VASCONCELOS, G. *et al.* Alvenaria Armada: soluções inovadoras em Portugal. **Anais do seminário sobre paredes de alvenaria**. Lisboa, p.103-127, 2007.

WILKINS, Duane. **At the Ziggurat of Ur**. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:At\\_the\\_Ziggurat\\_of\\_Ur\\_-\\_panoramio.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:At_the_Ziggurat_of_Ur_-_panoramio.jpg). Acesso em: 19 jul. 2022.



# APÊNDICE A – Projeto das alvenarias sem armaduras de junta

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

QUANTITATIVO DOS BLOCOS DE ALVENARIA

MATERIAS	DIMENSÕES		QT.	
BLOCO	LARG.	ALT.	COMP.	PEÇAS
1	9	19	14	321
2	14	19	29	105
3	9	19	14	321
4	14	19	29	100

QUANTITATIVO DE Tela BelgoFix®

MATERIAS	DIMENSÕES (cm)		QT.	
Tela BelgoFix®	LARG.	COMP.	PEÇAS	
1	7,5	50	50	24
2	12,5	50	50	24

**Notas**

- 1 - O conjunto argamassa e Tela BelgoFix® estão sequenciados a cada dois filetes de tijolos.
- 2 - Os tijolos que compõe as duas alvenarias possuem as dimensões: 9 cm x 19 cm x 29 cm, 9 cm x 19 cm x 14 cm, 14 cm x 19 cm x 29 cm e 14 cm x 19 cm x 14 cm.
- 3 - Para as alvenarias que possuem os tijolos de largura de 9 cm, deverá ser utilizada a Tela BelgoFix® de 7,5 cm de largura. Para alvenarias que possuem tijolos de largura de 14 cm, deverá ser utilizada a Tela BelgoFix® de 12,5 cm de largura.
- 4 - O valor de "D" é menor ou igual a 60 cm.

VISTA SUPERIOR - ALVENARIA 1 - VER NOTA 4

Esc. 1/25

VISTA SUPERIOR - ALVENARIA 2 - VER NOTA 4

Esc. 1/25

VISTA FRONTAL - ALVENARIA

Esc. 1/25

VISTA ISOMÉTRICA - ALVENARIA 1

Esc. 1/25

VISTA ISOMÉTRICA - ALVENARIA 2

Esc. 1/25

CONJUNTO ARGAMASSA, MORTO E Tela BelgoFix®

Esc. 1/20

Tela BelgoFix®

Esc. 1/25

Tela BelgoFix® - VER NOTA 3

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25

ARGAMASSA

Esc. 1/25

ALVENARIA

Esc. 1/25



## APÊNDICE C – Projeto das alvenarias totalmente reforçadas

**QUANTITATIVO DOS BLOCOS DE ALVENARIA**

MATERIAS	DIMENSÕES			QT.
	BLOCO	LARG.	ALT.	
1	9	19	14	321
2	14	19	20	156
3	9	19	14	321
4	14	19	29	100

**QUANTITATIVO DE Tela BeigoFix®**

MATERIAS	DIMENSÕES (cm)			QT.
	Tela BeigoFix®	LARG.	COMP.	
1	7,5	50	52	
2	12,5	50	52	

**QUANTITATIVO DE Murfor®**

MATERIAS	DIMENSÕES (cm)			QT.
	Murfor®	LARG.	COMP.	
1	6,5	30,5	13	
2	11,5	30,5	13	
3	6,5	D	13	
4	11,5	D	13	

**Notas**

- O conjunto argamassa, Murfor® e Tela BeigoFix® estão sequenciados a cada dois fletes de tijolos no contraforte e a cada um flete na alvenaria.
- Os tijolos que compõe as duas alvenarias possuem as dimensões: 9 cm x 19 cm x 20 cm e 14 cm x 19 cm x 29 cm e 14 cm x 19 cm x 14 cm.
- Para as alvenarias que possuem os tijolos de largura de 9 cm, deverá ser utilizado o Murfor® com largura de 6,5 cm e Tela BeigoFix® de 7,5 cm de largura. Para alvenarias que possuem tijolos de largura de 14 cm, deverá ser utilizado o Murfor® com largura de 11,5 cm e Tela BeigoFix® de 12,5 cm de largura.
- O valor de "D" é menor ou igual a 60 cm.

**VISTA SUPERIOR - ALVENARIA 1 - VER NOTA 4**  
Escala: 1/25

**VISTA SUPERIOR - ALVENARIA 2 - VER NOTA 4**  
Escala: 1/25

**VISTA SUPERIOR - ALVENARIA 3 - VER NOTA 3**  
Escala: 1/20

**VISTA SUPERIOR - ALVENARIA 4 - VER NOTA 3**  
Escala: 1/20

**VISTA FRONTAL - ALVENARIA 1**  
Escala: 1/25

**VISTA ISOMETRICA - ALVENARIA 1**  
Escala: 1/25

**VISTA FRONTAL - ALVENARIA 2**  
Escala: 1/25

**VISTA ISOMETRICA - ALVENARIA 2**  
Escala: 1/25

**CONJUNTO ARGAMASSA, Murfor® E Tela BeigoFix®**  
Escala: 1/20

**Murfor® - VER NOTA 3**  
Escala: 1/20

**Tela BeigoFix® - VER NOTA 3**  
Escala: 1/25

**SELO RESCUEF FARMAS LTDA**  
Av. Duque de Caxias, 400 - JARDIM SÃO CARLOS  
Fone: (51) 3322-2415 - 3300-777-2000  
www.beigofix.com.br

## ANEXO A – Ficha técnica da argamassa utilizada



### **DESCRIÇÃO:**

A ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO BR MASSA é uma argamassa industrializada de altíssima qualidade, fabricada com matérias-primas selecionadas, indicada para usos internos e externos, bastando apenas adicionar água.

### **INDICAÇÕES DE USO:**

Argamassa indicada para assentamento de blocos cerâmicos ou de concreto em alvenarias de vedação, revestimentos interno e externo inclusive fachada, podendo sua utilização, em casos específicos atender, de acordo com o Fbk de projeto definido por engenheiro calculista, alvenaria de bloco estrutural.

### **COMPOSIÇÃO:**

Cimento Portland, agregados minerais, filer carbonático e aditivos químicos não tóxicos.

### **ESPECIFICAÇÃO:**

Atende às especificações da Norma Técnica Brasileira – NBR 13281 – Argamassa Industrializada para Assentamento de Paredes e Revestimento de Paredes e Tetos.

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

Densidade de massa no estado fresco = 1600 a 2000 kg/m<sup>3</sup>

Resistência de aderência à tração, 28 dias, 1,5 a 2,7 MPa

Resistência à compressão, 28 dias, 4,0 a 6,5 MPa

Retenção de água = 80 a 90%

Teor de ar incorporado = Aproximadamente 18 %

Classificação NBR 13281: P4, R3, D4, U3

### **RENDIMENTO:**

Como revestimento: aproximadamente 17 kg/m<sup>2</sup>, para cada cm de espessura.

Em alvenaria com junta de 1 cm de espessura:

Bloco Consumo kg/m<sup>2</sup>\*

Cerâmico 14x19x39 cm 17

Concreto 14x19x39 cm 15

\* Consumo real pode variar em função da aplicação.

### **EMBALAGEM:**

Sacos de 20 kg e 40 kg.

### **VALIDADE:**

180 (cento e oitenta) dias a partir da data de fabricação impressa na embalagem, se respeitadas as condições de estocagem.

### **CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM:**

Pilhas de até 1,5 m em local protegido, arejado, seco, sobre estrado e distante da parede em pelo menos 15 a 30 cm.

### **APLICAÇÃO:**

A ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO BR MASSA PARA BLOCOS DE CONCRETO E CERÂMICOS deve ser aplicada sempre sobre superfície firme, limpa, isenta de poeira, graxa, tinta ou qualquer outra substância que impeça a aderência da argamassa sobre a base.

Verifique se você está com todas as ferramentas de trabalho e a base já esteja preparada. Promova a mistura em um recipiente estanque e limpo, protegido de sol, vento e chuva. Adicione a quantidade de água limpa conforme indicado na tabela abaixo a um saco de 40 kg da Argamassa de Assentamento e Revestimento BR MASSA, devendo a mistura apresentar uma consistência

## ARGAMASSA ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

pastosa e firme sem grumos ou material seco. Recomenda-se a utilização de misturador mecânico. O tempo de mistura é aproximadamente 2 minutos.

Tempo para utilização: Avaliando-se as condições de exposição do caixote, de temperatura e umidade relativa do ar, a argamassa poderá ser utilizada no prazo máximo de 1h30, após o preparo. É proibida a adição de água ou qualquer outro produto após esse tempo.

Observe no carimbo da data de produção contido na sacaria a indicação do estado de origem do produto e utilize o volume de água conforme a tabela abaixo, esta quantidade pode variar em  $\pm 5\%$ :

Volume de água		Faixa de variação	
%	Litros	%	Litros
17,0	6,8	$\pm 5$	6,5 a 7,1

### ATENÇÃO:

Utilize equipamentos de proteção, como óculos e luvas de borracha. Em caso de contato com os olhos, lave imediatamente com água em abundância e procure orientação médica.



Em caso de ingestão, procure imediatamente orientação médica.

### BOAS PRÁTICAS:

- No ato do recebimento do produto, efetue a conferência dos sacos de argamassa, se estão em perfeitas condições, inteiros, sem rasgos, sem umidade ou molhados e se não estão empedrados; caso constate algum problema, faça a anotação no conhecimento de transporte e entre em contato com a Central de Atendimento com o número da nota fiscal em mãos para comunicar o fato;
- Armazene o produto em local seco, arejado, protegido, sobre estrados de madeira e longe da parede em pelo menos 15 a 30 cm;
- Confira o prazo de validade, não utilize o produto fora do prazo;
- Recomenda-se utilização de misturador mecânico de eixo horizontal, para melhor homogeneização da argamassa;
- Misturar até que se tenha uma perfeita homogeneização, sem exceder o tempo de mistura;
- O tempo de mistura é de aproximadamente 2 minutos, podendo variar de acordo com o tipo de equipamento e/ou sua energia de mistura e condições climáticas;
- Após o preparo, utilizar o produto em aproximadamente 1h30, este tempo pode variar de acordo com as condições climáticas e o tipo de recipiente de armazenamento da argamassa fresca. É proibida a adição de água ou qualquer outro material na argamassa industrializada;
- Recomenda-se a utilização de recipiente plástico e/ou estanque para evitar perda de água durante a mistura e transporte para as frentes de trabalho;
- Evitar o reaproveitamento da argamassa e adição de água além do recomendado na sacaria;
- Durante a aplicação, verifique se a base está limpa, livre de poeira, óleos, particulados soltos ou outros materiais que possam interferir na aderência da argamassa, verifique se a base está umidificada e superficialmente resistente;
- Se a base estiver chapiscada, verifique se o chapisco está com aspecto rugoso, distribuído à base uniformemente e com resistência superficial;
- Aplique a argamassa de forma contínua e com alta energia de impacto, garantindo assim, a maior área de contato possível; desfazer possíveis conchas com o aperto da argamassa.
- Sugere-se avaliar as condições climáticas e de contorno para que o tempo de puxada influenciado por elas, seja respeitado. Este tempo de puxada também pode ser influenciado pelo tipo de base e espessura do revestimento;
- Promover corte e sarrafeamento dentro do tempo de puxada avaliado;
- Sempre promover acabamento através do desempeno liso ou rugoso, preferencialmente com desempenadeira de PVC;
- Promover cura por pelo menos 3 dias consecutivos através de burrifamento de água 3 vezes ao dia (podendo ser estendida em função das condições de contorno da fachada, como incidência de sol e/ou vento), aumentando significativamente o desempenho final do produto;
- Sugere-se efetuar ensaios de resistência de aderência à tração como medida de controle do sistema de revestimento, conforme NBR 13528:2010;
- Sugere-se avaliar a resistência superficial do revestimento, antes da aplicação do revestimento decorativo
- Sugere-se que o revestimento decorativo seja aplicado após um período mínimo de cura da base de sete dias de idade.
- Aplicações antes do prazo normativo, consultar assistência técnica.



## ANEXO B – Ficha técnica dos blocos cerâmicos de vedação utilizados

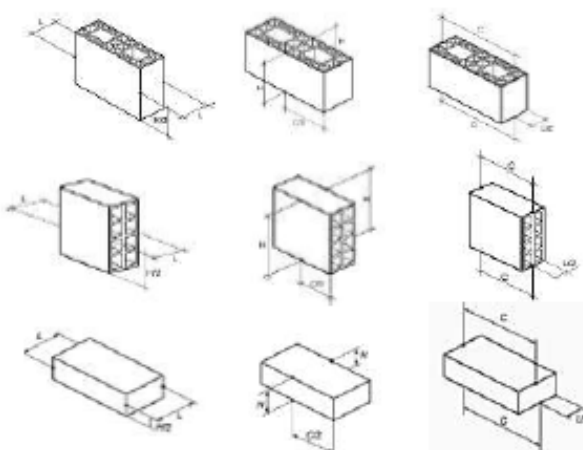
		<b>LABORATÓRIO SENAI DE ENSAIOS EM SISTEMAS E MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO</b>								
						<b>RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº 18016</b>				
<b>Solicitante</b> <b>CERÂMICA MARBETH LTDA</b> Rua Francisco Labanca, 270 – Justinópolis 33900-700 – Ribeirão das Neves – Minas Gerais										
<b>Produto</b>		Bloco Cerâmico para Alvenaria de Vedação – VED15								
<b>Informações Fornecidas pelo Solicitante</b>										
<b>Dimensões Nominais</b>		09x19x29 cm								
<b>Resistência</b>		1,5 MPa								
<b>Data de Fabricação</b>		27/01/2022								
<b>Lote</b>		270122								
<b>DETERMINAÇÃO DAS MEDIDAS DAS FACES – DIMENSÕES EFETIVAS</b>										
<b>Identificação do CP</b>		<b>Largura (mm)</b>			<b>Altura (mm)</b>			<b>Comprimento (mm)</b>		
<b>Cliente</b>	<b>LMC</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	$\bar{x}$	<b>01</b>	<b>02</b>	$\bar{x}$	<b>01</b>	<b>02</b>	$\bar{x}$
P-01	48/1425-01	90,6	90,4	90,5	187,7	188,0	187,9	285,8	283,8	284,8
P-02	48/1425-02	90,6	90,6	90,6	188,7	187,6	188,1	289,0	287,9	288,5
P-03	48/1425-03	90,8	91,0	90,9	189,0	187,3	188,2	287,3	286,6	286,9
P-04	48/1425-04	90,0	90,3	90,1	188,6	188,1	188,3	286,7	285,4	286,0
P-05	48/1425-05	89,0	88,9	89	190,1	189,0	189,6	287,7	287,3	287,5
P-06	48/1425-06	89,1	89,2	89,1	187,7	188,7	188,2	287,4	285,9	286,6
P-07	48/1425-07	89,9	89,8	89,8	187,7	187,7	187,7	285,4	285,1	285,3
P-08	48/1425-08	88,0	89,2	89,0	186,0	188,2	187,1	286,2	284,7	285,4
P-09	48/1425-09	89,4	90,1	89,8	188,3	189,5	188,9	288,5	286,7	287,6
P-10	48/1425-10	91,0	91,5	91,3	188,4	189,4	188,9	288,3	286,6	287,4
P-11	48/1425-11	90,9	90,0	90,4	188,8	188,0	188,4	286,6	286,4	286,6
P-12	48/1425-12	90,3	90,1	90,2	188,6	188,7	188,6	287,6	286,6	287,0
P-13	48/1425-13	89,8	90,0	89,9	188,0	188,1	188,1	288,1	287,3	287,7
$\bar{x}$ Média										
<b>Data e Local de Coleta</b>		08/02/2022 – Fábrica				<b>Referências</b> ABNT NBR 15270-1:2017 ABNT NBR 15270-2:2017				
<b>Data de Recebimento</b>		17/02/2022								
<b>Data de Início dos Ensaios</b>		23/03/2022								
<b>Data de Término dos Ensaios</b>		23/03/2022								

Este documento tem significação restrita e diz respeito tão somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).  
Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação formal deste Laboratório.

**RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº 18016**
**Identificação da Amostra**

Os blocos da amostra ensaiada continham:

Identificação do fabricante, dimensões nominais, indicação de rastreabilidade, telefone do serviço de atendimento.

**Medições realizadas no ensaio (L, H, C)**

**Valores de Referência das Tolerâncias Dimensionais**

--	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)
Medidas Individuais (VED)	±5,0 mm	±5,0 mm	±5,0 mm
Medidas Individuais (EST)	±3,0 mm	±3,0 mm	±3,0 mm
Média Final (VED)	±3,0 mm	±3,0 mm	±3,0 mm

**Equipamentos e Instrumentos**

Paquímetro, Mitutoyo – Identificação LMC-03 – Calibrado em 31/03/2021, conforme certificado de calibração 220/21 emitido pelo CIT SENAI – Laboratório de Metrologia Dimensional, válido até março/2022.

**Observações**

Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Ensaio de Manutenção do Selo da ABNT – RAT 20-7279/2021.

Incerteza de Medição: 0,26%

Belo Horizonte, 19 de Abril de 2022.

MAIARA LISBOA

BATISTA:41318195896

Assinado de forma digital por

MAIARA LISBOA

BATISTA:41318195896

Dados: 2022.05.02 15:23:45 -03'00'

Signatário

Este documento tem significação restrita e diz respeito tão somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).  
Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação formal deste Laboratório.

Rua Humaitá, 1275 – Padre Eustáquio – Belo Horizonte – Minas Gerais – 30720-410

(31) 3419-0900 – [lmc@fiemg.com.br](mailto:lmc@fiemg.com.br)




**LABORATÓRIO SENAI DE ENSAIOS EM SISTEMAS  
E MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO**

**RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº 18022**

<b>Solicitante</b>	
<b>CERÂMICA MARBETH LTDA</b> Rua Francisco Labanca, 270 – Justinópolis 33900-700 – Ribeirão das Neves – Minas Gerais	

<b>Produto</b>	Bloco Cerâmico para Alvenaria de Vedação – VED15
----------------	--

**Informações Fornecidas pelo Solicitante**

<b>Dimensões Nominais</b>	14x19x29 cm
<b>Resistência</b>	1,5 MPa
<b>Data de Fabricação</b>	02/02/2022
<b>Lote</b>	020222

**DETERMINAÇÃO DAS MEDIDAS DAS FACES – DIMENSÕES EFETIVAS**

Identificação do CP		Largura (mm)			Altura (mm)			Comprimento (mm)		
Cliente	LMC	01	02	$\bar{x}$	01	02	$\bar{x}$	01	02	$\bar{x}$
P-11	48/1426-01	137,5	137,5	137,5	188,6	188,6	188,6	287,1	288,6	287,9
P-04	48/1426-02	137,5	137,4	137,4	187,7	187,6	187,6	286,0	286,4	286,2
P-02	48/1426-03	138,4	138,1	138,3	187,9	188,6	188,2	287,4	286,4	286,9
P-07	48/1426-04	137,5	137,6	137,6	187,8	187,7	187,8	287,8	287,3	287,6
P-06	48/1426-05	136,8	137,2	137,0	186,9	186,9	186,9	286,2	285,5	285,9
P-08	48/1426-06	137,4	137,3	137,3	187,0	187,0	187,0	286,4	285,9	286,2
P-14	48/1426-07	136,5	136,4	136,4	187,0	187,3	187,2	286,9	287,3	287,0
P-03	48/1426-08	138,1	137,8	138,0	188,3	189,2	188,8	287,6	287,5	287,6
P-15	48/1426-09	137,0	137,3	137,1	187,0	187,0	187,0	286,7	287,5	287,1
P-01	48/1426-10	136,8	136,3	136,6	187,6	187,4	187,5	286,7	287,5	287,1
P-05	48/1426-11	138,3	138,4	138,4	187,6	187,3	187,4	285,6	285,8	285,7
P-13	48/1426-12	137,9	137,6	137,8	188,9	187,5	188,2	286,6	286,7	286,6
P-12	48/1426-13	137,2	137,3	137,2	187,7	187,8	187,8	286,5	286,6	286,5

 $\bar{x}$  Média

<b>Data e Local de Coleta</b>	08/02/2022 – Fábrica	<b>Referências</b> ABNT NBR 15270-1:2017 ABNT NBR 15270-2:2017
<b>Data de Recebimento</b>	17/02/2022	
<b>Data de Início dos Ensaios</b>	23/03/2022	
<b>Data de Término dos Ensaios</b>	23/03/2022	

Este documento tem significação restrita e diz respeito tão somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).  
Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação formal deste Laboratório.

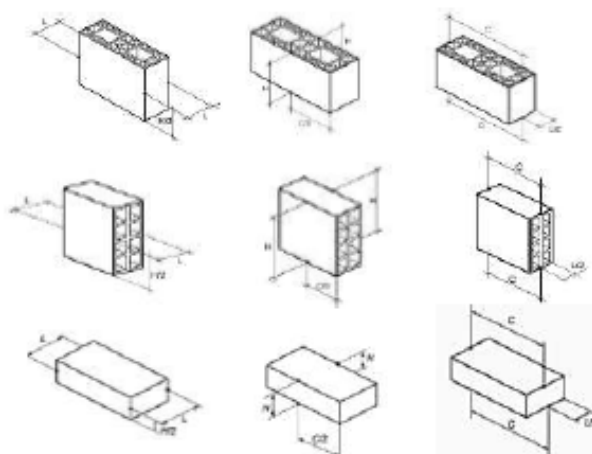
Rua Humaitá, 1275 – Padre Eustáquio – Belo Horizonte – Minas Gerais – 30720-410

 (31) 3419-0900 – [lmc@fiemg.com.br](mailto:lmc@fiemg.com.br)

**RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº 18022**
**Identificação da Amostra**

Os blocos da amostra ensaiada continham:

Identificação do fabricante, dimensões nominais, indicação de rastreabilidade, telefone do serviço de atendimento.

**Medições realizadas no ensaio (L, H, C)**

**Valores de Referência das Tolerâncias Dimensionais**

	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)
Medidas Individuais (VED)	±5,0 mm	±5,0 mm	±5,0 mm
Medidas Individuais (EST)	±3,0 mm	±3,0 mm	±3,0 mm
Média Final (VED)	±3,0 mm	±3,0 mm	±3,0 mm

**Equipamentos e Instrumentos**

Paquímetro, Mitutoyo – Identificação LMC-03 – Calibrado em 31/03/2021, conforme certificado de calibração 220/21 emitido pelo CIT SENAI – Laboratório de Metrologia Dimensional, válido até março/2022.

**Observações**

Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Ensaio de Manutenção do Selo da ABNT – RAT 20-7279/2021.

Incerteza de Medição: 0,28%

Belo Horizonte, 19 de Abril de 2022.

MAIARA LISBOA  
BATISTA:41318195896

Assinado de forma digital por  
MAIARA LISBOA  
BATISTA:41318195896  
Dados: 2022.05.02 15:26:09 -03'00'

**Signatário**

Este documento tem significação restrita e diz respeito tão somente à(s) amostra(s) ensaiada(s).  
Sua reprodução só poderá ser total e depende da aprovação formal deste Laboratório.

Rua Humaitá, 1275 – Padre Eustáquio – Belo Horizonte – Minas Gerais – 30720-410

(31) 3419-0900 – [lmc@fiemg.com.br](mailto:lmc@fiemg.com.br)