

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARCELO LUIZ DA SILVA

**ANÁLISE DA FISSURAÇÃO DE PAREDES POR MEIO DA RUPTURA COM DOIS  
DIFERENTES TIPOS DE ARGAMASSA: CONVENCIONAL E POLIMÉRICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO  
2019

MARCELO LUIZ DA SILVA

**ANÁLISE DA FISSURAÇÃO DE PAREDES POR MEIO DA RUPTURA COM DOIS  
DIFERENTES TIPOS DE ARGAMASSA: CONVENCIONAL E POLIMÉRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> M<sup>a</sup>. Gladis Cristina Furlan.

TOLEDO

2019



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 206

### **Análise da fissuração de paredes por meio da ruptura com dois diferentes tipos de argamassa: convencional e polimérica**

por

**Marcelo Luiz da Silva**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10:20 h do dia **12 de Junho de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Prof. Ms. Calil Abumanssur  
(UTFPR – TD)

---

Prof.<sup>a</sup> M<sup>a</sup>. Ana Claudia Bergmann  
(UTFPR – TD)

---

Prof.<sup>a</sup> M<sup>a</sup>. Gladis Cristina Furlan  
(UTFPR – TD)  
Orientador

---

Visto da Coordenação  
Prof. Dr. Fúlvio Natercio Feiber  
Coordenador da COECI

## RESUMO

SILVA, M. L. **Análise da fissuração de paredes por meio da ruptura com dois diferentes tipos de argamassa: convencional e polimérica.** 52p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2019.

Atualmente, é notável a presença de novos materiais e técnicas de construção nas alvenarias de vedação, as quais apesar de não exercerem funções estruturais, estão sujeitas a esforços externos que podem levar a efeitos indesejáveis. O principal objetivo deste trabalho é analisar e comparar a fissuração da argamassa quando submetidos a ruptura, em paredes, com o uso de argamassa polimérica e convencional. Deste modo, foram realizados ensaios de compressão axial em três tipos de protótipos de alvenaria: o primeiro utilizando apenas argamassa convencional na horizontal, o segundo utilizando argamassa convencional na horizontal e na vertical e o terceiro utilizando argamassa polimérica apenas na horizontal. Embora traga como resultados as avaliações mecânicas e comportamento das rupturas dos diferentes protótipos, além dos testes nos materiais utilizados, os resultados não permitem afirmar que a substituição da argamassa traz diferenças na fissuração e na compressão.

**Palavras-chave:** Alvenaria de vedação. Argamassa de assentamento. Resistência a compressão axial. Fissuração.

## ABSTRACT

SILVA, M. L. **Analysis of the cracking of walls by rupture with two different mortar types: conventional and polymeric.** 52p. Term paper - Bachelor degree in Civil Engineering - Federal Technological University of Paraná. Toledo, 2019.

The presence of new materials and construction techniques in the sealing walls is remarkable, and although they do not perform structural functions, they are subject to external loads that may lead to undesirable effects. The main objective of this work is to analyze and compare the cracking of the mortar when submitted to rupture, in walls, with the use of polymer and conventional mortar. Thus, axial compression tests were performed on three types of masonry prototypes: the first using only conventional horizontal mortar, the second using conventional horizontal and vertical mortar and the third using polymer mortar only horizontally. Although the work brings results of the mechanical evaluations and behavior of the ruptures of the different prototypes, besides the tests in the materials used, the results do not allow to affirm that the substitution of the mortar brings differences in the cracking and the compression.

**Keywords:** Non-structural masonry. Mortar. Resistance to axial compression. Cracking.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alvenaria na forma de parede.....	15
Figura 2 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal.....	17
Figura 3 - Bloco cerâmico de vedação com furos na vertical.....	17
Figura 4 - Fissura vertical de forma escalonada.....	23
Figura 5 - Fissuração típica da alvenaria causada pela atuação excessiva de cargas .....	24
Figura 6 - Fissuras horizontais na alvenaria provenientes da atuação excessiva de cargas.....	24
Figura 7 - Ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto.....	25
Figura 8 - Fissuração teórica no entorno de abertura, em parede solicitada por sobrecarga vertical. ....	25
Figura 9 - Corpos de provas utilizados para os ensaios: i - Paredes com argamassa convencional; ii - Parede com argamassa polimérica.....	28
Figura 10 - Prensa hidráulica .....	28
Figura 11 - Sentido de aplicação da força nos corpos de provas.....	29
Figura 12 - Fissuração típica protótipo com argamassa convencional apenas na horizontal.....	33
Figura 13 - Fissuração típica protótipo com argamassa convencional na horizontal e na vertical .....	34
Figura 14 - Fissuração típica protótipo com argamassa polimérica apenas na horizontal.....	35
Figura 15 - Aderência entre a argamassa e os blocos com o uso de argamassa polimérica .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado do ensaio de compressão dos blocos cerâmicos .....	31
Tabela 2 - Resultado do ensaio de compressão da argamassa.....	31
Tabela 3 - Resultado do ensaio dos protótipos com argamassa convencional na horizontal.....	33
Tabela 4 - Resultado do ensaio dos protótipos com argamassa convencional na horizontal e na vertical.....	35
Tabela 5 - Resultado do ensaio dos protótipos com argamassa polimérica na horizontal.....	36
Tabela 6 - Resultado geral dos ensaios com os protótipos.....	36
Tabela 7 – Medição geométrica dos blocos cerâmicos.....	46
Tabela 8 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos blocos cerâmicos. ....	47
Tabela 9 - Resultado do ensaio de resistência à compressão da argamassa. ....	49
Tabela 10 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos protótipos com argamassa convencional apenas na horizontal.....	51
Tabela 11 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos protótipos com argamassa convencional na horizontal e na vertical. ....	51
Tabela 12 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos protótipos com argamassa polimérica apenas na horizontal. ....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação, em centímetros.....	18
Quadro 2 - Características exigidas para os blocos cerâmicos de vedação .....	19
Quadro 3 - Blocos em inconformidade com a norma .....	30



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
H	Altura do bloco
L	Largura do bloco
C	Comprimento do bloco
cm	Centímetros
mm	Milímetros
MPa	Megapascal
AA	Índice de absorção de água do bloco
N	Newton

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>15</b>
2.1	ALVENARIA DE VEDAÇÃO	15
2.2	BLOCOS	16
2.3	ARGAMASSAS	19
2.3.1	Argamassa convencional	21
2.3.2	Argamassa industrializada	21
2.4	PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES	22
2.5	FISSURAS EM ALVENARIAS	23
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>26</b>
3.1	MATERIAIS UTILIZADOS	26
3.1.1	Argamassa convencional	26
3.1.2	Argamassa polimérica	26
3.1.3	Blocos cerâmicos	26
3.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	26
3.2.1	Ensaio dos blocos cerâmicos	27
3.2.2	Ensaio da argamassa	27
3.2.3	Moldagem dos corpos de prova	27
3.2.4	Ensaio de compressão	28
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>30</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS	30
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA	31
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA ALVENARIA	32
4.3.1	Protótipo de alvenaria com argamassa convencional apenas na horizontal	32
4.3.2	Protótipo de alvenaria com argamassa convencional na horizontal e na vertical	34
4.3.3	Protótipo de alvenaria com argamassa polimérica apenas na horizontal	35

4.3.4	Comparação entre os resultados obtidos para cada modelo.....	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>CONTINUIDADE DO TRABALHO OU TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>
	<b>APÊNDICE A – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS.....</b>	<b>45</b>
	<b>APÊNDICE B – ENSAIO À COMPRESSÃO DA ARGAMASSA.....</b>	<b>48</b>
	<b>APÊNDICE C – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS PROTÓTIPOS.....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de alvenaria como método de construção data dos tempos mais primordiais e, ao longo dos anos, vem passando por transformações especialmente no nível dos materiais empregados, processos de execução, entre outros (GOMES, 2008). Entretanto os estudos das alvenarias de vedação não tiveram um significativo crescimento, ainda sendo, por muitas vezes, utilizadas de forma empírica. Em decorrência disso, há uma intensificação no número de patologias nas construções. Quando os edifícios possuíam alturas menores e tinham vãos pequenos, não haviam tantos problemas, porém devido à grande verticalização sofrida nas últimas décadas, nota-se que este fator colabora para o surgimento de patologias nas alvenarias (SANTOS, 2016).

Atualmente no setor da construção civil, vários setores da indústria buscam aperfeiçoar suas produções diminuindo custos, priorizando a qualidade e inserindo novos produtos no mercado. Para sobreviver em meio as transformações tecnológicas é essencial que, os profissionais saibam absorver as mudanças e é desejável que sejam criativos e capazes de promover inovações nos meios que trabalham (MELO, 2006).

Nesse âmbito, surgiram as argamassas poliméricas, produto que se trata de uma tecnologia não cimentícia e que possui a aplicação de nanotecnologia em sua composição, tendo seu desenvolvimento voltado ao assentamento de blocos e tijolos na execução de alvenarias (CBIC, 2011). Porém, tais argamassas, segundo especificações de fabricantes, geralmente possuem resistências a compressão maiores que a dos blocos cerâmicos, fazendo com que a argamassa tenha baixa capacidade de absorver deformações, levando a rupturas frágeis (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

Deste modo, foi feita uma análise baseada em um procedimento experimental, pelo qual foram feitos corpos de provas de paredes utilizando a argamassa convencional e polimérica gerando dados e tabelas para meio de comparação. Assim, o objetivo do trabalho é analisar e comparar a fissuração da argamassa ou do bloco cerâmico quando submetidos a ruptura, em paredes, com o uso de argamassa polimérica e convencional.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A busca por novos materiais e métodos ocorrem em todos os meios, e na construção civil não é diferente, esta ocorre constantemente, sendo possível encontrar diversas pesquisas a respeito de um mesmo material, seja através da modificação de um dos compostos ou da adição de novos. Entretanto, para que um material seja bem aceito no meio, este deve demonstrar sua eficiência, não só no ponto de vista econômico, mas também no que diz respeito as propriedades mecânicas, e principalmente, a qualidade e a sustentabilidade (SILVA *et al.*, 2013).

Atualmente, mesmo com todo o desenvolvimento do setor, pode-se perceber que os métodos e materiais adotados no desenvolvimento de alvenaria de vedação continuam apresentando falhas, levando ao surgimento de patologias, dentre as quais se destaca a fissuração.

Tal patologia pode, entretanto, prejudicar a estética, o conforto do usuário e a estanqueidade da construção, ou seja, as condições de serviço deixam de ser atendidas (THOMAZ, 1989).

A elaboração deste trabalho visa apresentar a maneira como a fissuração ocorrerá na argamassa polimérica em relação a convencional. Buscando assim, verificar se o seu uso está de acordo com as normas e recomendações, através da análise da sua eficiência.

## 1.2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos geral e específicos do presente trabalho.

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar e comparar a fissuração da alvenaria quando submetidos a carga de ruptura, em paredes, com o uso de argamassa polimérica e convencional.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar o sentido em que as fissuras ocorrerão.

- Gerar tabelas dos resultados obtidos em cada argamassa.
- Verificar, com base nos resultados, qual argamassa melhor atende as recomendações.
- Analisar a eficiência das juntas verticais na argamassa convencional.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão sobre alvenaria de vedação, blocos cerâmicos, argamassa convencional e polimérica, assim como as manifestações patológicas observadas comumente, tópicos necessários para a caracterização do problema em estudo.

### 2.1 ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Yazigi (2013, p. 409) define a alvenaria como “conjunto de paredes, muros e obras similares, composto de pedras naturais e/ou blocos ou tijolos artificiais, ligados ou não por argamassa”.

Segundo Azeredo (1997), as alvenarias podem ser classificadas em estrutural e de vedação. Podendo ser empregadas como paredes, muros em geral, dentre outros. A Figura 1 demonstra a aplicação da alvenaria como parede.

Figura 1 - Alvenaria na forma de parede



Fonte: Master House (Entre 2012 e 2018).

As alvenarias de vedação são aquelas indicadas a compartimentar ambientes, por meio do preenchimento dos vãos presentes nas estruturas. Desta forma, devem suportar apenas o peso próprio e o de cargas de utilização, como armários, redes de dormir e outros. Além de necessitar adequada resistência às cargas laterais estáticas e dinâmicas, advindas, por exemplo, da atuação do vento ou impactos acidentais (THOMAZ *et al.*, 2009).

De acordo com Ching (2010) e Pereira (2005), as alvenarias possuem as seguintes funções:

- Compartimentação de ambientes.
- Resistência mecânica.
- Isolamento térmico.
- Isolamento acústico.
- Proteção contra intempéries.
- Resistência ao fogo.
- Resistência a ação do vento.
- Controle da infiltração de ar, umidade e vapor d'água.
- Acomodar dutos e instalações, quando necessários.
- Estabilidade.
- Estética.

Ramalho (2003) cita componente da alvenaria como uma entidade básica que constitui os elementos que, por sua vez, constituirão a estrutura. Os componentes principais da alvenaria estrutural são: blocos, argamassa, graute e armadura. Porém, segundo Santos (2016), por se tratar de alvenaria de vedação, estes componentes serão em sua maioria limitados aos blocos ou tijolos e argamassa.

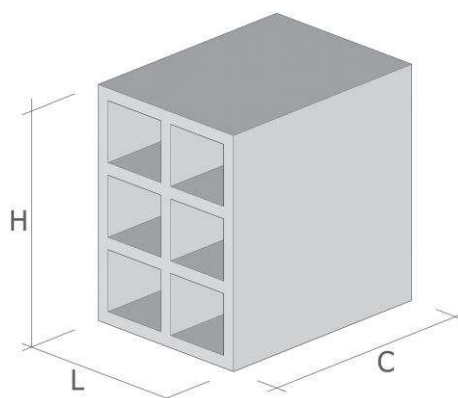
## 2.2 BLOCOS

Os blocos do sistema de vedação podem ser fabricados a partir de diferentes materiais, dentre os quais se destacam, segundo Ching (2010) e Yazigi (2013), os de concreto, cerâmica, vidro e silicocalcários. Neste trabalho serão utilizados blocos de cerâmica.

Os blocos cerâmicos de vedação são definidos segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2005c, p. 1) como “componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm”, e podem ser produzidos com os furos na horizontal, conforme representado esquematicamente na Figura 2, ou com os furos na vertical, conforme a Figura 3.

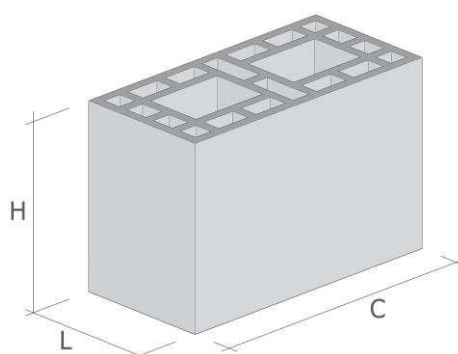


Figura 2 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal



Fonte: adaptado de ABNT (2005c).

Figura 3 - Bloco cerâmico de vedação com furos na vertical



Fonte: adaptado de ABNT (2005c).

Suas dimensões de fabricação, conforme especifica a norma, estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação, em centímetros

Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)		
		Bloco	½ Bloco	
9	9	19	9	
		24	11,5	
	14	19	9	
		24	11,5	
		29	14	
	19	19	9	
		24	11,5	
		29	14	
		39	19	
	11,5	11,5	24	11,5
		14	24	11,5
		19	19	9
24			11,5	
29			14	
39			19	
14	19	19	9	
		24	11,5	
		29	14	
		39	19	
19	19	19	9	
		24	11,5	
		29	14	
		39	19	
24	24	24	11,5	
		29	14	
		39	19	

Fonte: adaptado de ABNT (2005c).

As características que os blocos cerâmicos de vedação devem apresentar estão resumidos no Quadro 2, conforme solicita a NBR 15270-1 (ABNT, 2005c).

Quadro 2 - Características exigidas para os blocos cerâmicos de vedação

<b>Características visuais</b>	<b>Não apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações</b>
Forma	Prisma reto
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	$\pm 5$ mm (largura, altura ou comprimento)
Tolerância dimensional relacionada à média das dimensões efetivas	$\pm 3$ mm (largura, altura ou comprimento)
Espessura das paredes internas dos blocos	$\geq 6$ mm
Espessura das paredes externas dos blocos	$\geq 7$ mm
Desvio em relação ao esquadro	$\leq 3$ mm
Planeza das faces	Flecha $\leq 3$ mm
Resistência à compressão (área bruta)	$\geq 1,5$ MPa (para furos na horizontal)
	$\geq 3,0$ MPa (para furos na vertical)
Índice de absorção de água (AA)	$8\% \leq AA \leq 22\%$

Fonte: adaptado de ABNT (2005c).

Para a determinação das características dos blocos cerâmicos apresentadas no Quadro 2, devem ser seguidos os ensaios apresentados na norma NBR 15270-3 (ABNT, 2005d).

De acordo com Santos (2016), a escolha dos blocos depende de seu uso, da largura de parede, preço, produtividade, além das propriedades físicas e mecânicas esperadas, entre outros.

### 2.3 ARGAMASSAS

De acordo com a norma NBR 13281 (ABNT, 2005b, p. 2), a argamassa é definida como uma “mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).”

Para Pereira (2005) as argamassas têm como função formar as juntas de assentamento. Estas possuem como principais funções:

- Solidarizar as unidades.
- Permitir a acomodação de deformações.

- Distribuir e uniformizar a tensão de contato entre os elementos, de modo a evitar rupturas devido a irregularidades e desvios geométricos.
- Aumentar a resistência ao cisalhamento e à tração da parede.
- Contribuir para a capacidade de isolamento térmico e acústico da parede.
- Contribuir para a estanqueidade da parede.

A execução das juntas de assentamento pode ser tanto na horizontal quanto na vertical, ou ambas. Conforme Thomaz (2009), o preenchimento das juntas verticais é recomendado de modo a melhorar a resistência ao cisalhamento, resistência ao fogo, desempenho térmico, desempenho acústico, resistências a cargas laterais e para a redistribuição de tensões devido as deformações. De acordo com experimentos feitos por Santos (2001), a falta das juntas verticais gera reduções consideráveis na resistência à compressão axial, chegando a cerca de 20% em relação a alvenarias executadas com as juntas. Já quando se trata de tração, esse valor chega a 58%.

As juntas devem ser executadas com espessura não superior a 10 mm, conforme indica a norma NBR 8545 (ABNT, 1984). Para verificar tal fato, um estudo feito por Lima (2010) comprovou experimentalmente que o aumento da espessura da argamassa de assentamento provoca uma significativa redução da resistência desta.

Conforme estudos feitos por Parsekian e Soares (2010), a resistência das argamassas de assentamento não é diretamente proporcional à resistência da alvenaria, sendo que grandes alterações na resistência da argamassa não levam a grandes alterações na resistência da parede.

Dentre as propriedades desejáveis para o assentamento convencional, se destacam, segundo Martinelli e Helene (1991), trabalhabilidade, retenção de água, resistência mecânica inicial e capacidade de absorver deformações.

Para Rocha (2012), a trabalhabilidade leva em conta a consistência, plasticidade e coesão ideais para o processo de execução da alvenaria, não sendo facilmente quantificada e depende do uso em questão.

Para Barros, Maciel e Sabattini (1998) retenção de água representa a capacidade de reter água de amassamento em contrapartida a sucção da base e a evaporação. A retenção proporciona reações mais gradativas no endurecimento da argamassa, promovendo hidratação adequada ao cimento e ganho de resistência.

A resistência mecânica das argamassas está ligada à capacidade de resistir a esforços de tração, compressão ou cisalhamento, advindas de cargas estáticas ou

dinâmicas atuantes nas edificações ou decorrentes de efeitos das condições ambientais (NAKAKURA; CINCOTTO, 2004).

A capacidade de absorver deformações, pode ser chamada ou comparada a resiliência, é a capacidade que a argamassa possui de se deformar sem apresentar ruptura, quando submetidas a tensões, e retomar a dimensão original quando estas cessam (SABBATINI, 1986).

Neste trabalho foi contemplada argamassa preparada *in loco*, por meio de métodos convencionais e argamassa industrializada, com adição de polímeros.

### 2.3.1 Argamassa convencional

As argamassas convencionais preparadas *in loco*, apresentam em sua maioria, a areia como agregado miúdo, o cimento e a cal como aglomerantes e água, sendo chamadas de argamassas mistas (DAFICO, 2007).

O cimento tem função importante na resistência mecânica da parede, na estanqueidade à água nas juntas de assentamento e na aderência, enquanto a cal proporciona um módulo de deformação menor às paredes, devido a seu poder de retenção de água, trazendo maior potencial de tolerar as movimentações decorrentes das deformações impostas (THOMAZ *et al.*, 2009).

De acordo com Thomaz *et al.* (2009), o traço da argamassa deve ser determinado em função dos diferentes requisitos de aderência, impermeabilidade da junta, poder de retenção de água, plasticidade requerida ao assentamento e módulo de deformação. Devendo também levar em consideração as características dos materiais e os processos executivos a serem empregados.

### 2.3.2 Argamassa industrializada

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 2013), as argamassas industrializadas são aquelas que possuem a dosagem controlada e precisa de seus componentes, fabricadas em instalações industriais.

No caso dessas argamassas, o fornecedor deve providenciar uma ficha técnica sobre os valores das propriedades da argamassa, assegurando que a mesma atenda às especificações previstas (CEOTTO; BANDUK; NAKAMURA, 2005).

Neste trabalho foi utilizada uma argamassa industrializada que possui a adição de polímeros, chamada de argamassa polimérica.

A composição química de argamassas poliméricas pode variar de modo considerável, porém geralmente é composto por resinas sintéticas, cargas minerais e diversos aditivos com espessantes e estabilizantes. As diferentes formulações devido a tipos, quantidades e qualidade de matérias primas utilizadas, acarretam diferentes características mecânicas, desempenho estrutural e durabilidade (SILVA *et al.*, 2013)

Uma das principais características da argamassa polimérica é a praticidade que, ao contrário das argamassas convencionais, que são comercializadas em pó, é comercializada em estado pastoso e pronto para a utilização, não sendo necessária a adição de água, gerando ganhos na produtividade (SILVA *et al.*, 2013).

Segundo Parsekian e Soares (2010), as argamassas poliméricas geralmente possuem resistências a compressão maiores que a dos blocos cerâmicos, conforme dados dos fabricantes, fazendo com que a argamassa tenha baixa capacidade de absorver deformações, gerando rupturas frágeis.

## 2.4 PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES

A patologia das construções pode ser definida como “ciência” que busca estudar os defeitos dos materiais, dos componentes, dos elementos ou da edificação como um todo, desde a sua origem, identificando suas causas e determinando seus mecanismos de evolução (GRANATO, 2002).

Para Olivari (2003), a maioria das patologias que podem atingir uma edificação na fase pós ocupacional causam sintomas perceptíveis e as suas características possibilitam a determinação do agente causador. Os principais sintomas causados por problemas patológicos são:

- Fissuras ou trincas em elementos estruturais e alvenarias.
- Esmagamento do concreto.
- Desagregação do concreto.
- Ruptura do concreto.
- Carbonatação.
- Corrosão da armadura.
- Percolação de água.

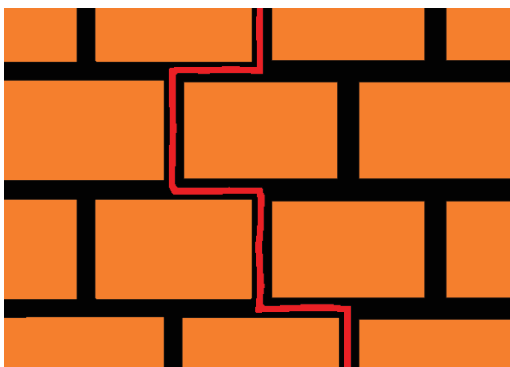
- Manchas, trincas e deslocamento de revestimento em fachadas.

## 2.5 FISSURAS EM ALVENARIAS

Pelacani (2010) relata que um dos principais problemas patológicos encontrados na construção, são as fissuras, chegando a índices da ordem de 70%. E são, segundo Duarte (1998), as manifestações patológicas que mais causam preocupações aos leigos.

As fissuras podem aparecer de formas distintas, desenvolvendo-se geometricamente em função dos problemas que estão ocorrendo na alvenaria. Podem-se apresentar na forma horizontal, vertical, diagonal ou ainda uma combinação dessas, atravessando blocos e juntas de maneira retilínea ou contornando as juntas de forma escalonada, como demonstra a Figura 4 (SAMPAIO, 2010).

Figura 4 - Fissura vertical de forma escalonada



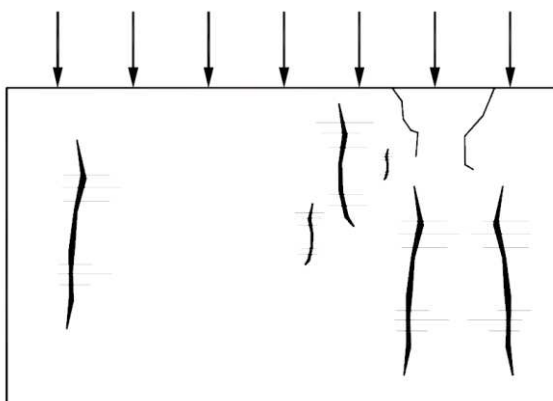
Fonte: adaptado de Thomaz (1989).

Podem ser causadas por diversos fatores. As causas mais comuns, segundo Duarte (1998), são: excessivo carregamento sobre as paredes, variações de temperatura, retração de blocos ou elementos de concreto, deformação de elementos de estrutura atuando nas paredes, recalques de fundações e reações químicas ocorridas após a construção das paredes caracterizadas por expansão volumétrica. Porém, apenas as fissuras causadas por carregamento excessivo de compressão foram abordadas, as quais apresentam seus principais modos de ruptura detalhados abaixo.

Trechos contínuos de alvenaria apresentando sobrecargas uniformemente distribuídas podem apresentar dois tipos característicos de fissuras (Thomaz, 1989):

- Fissuras verticais: ocasionadas pela deformação transversal da argamassa devido as tensões de compressão, ou da flexão local dos componentes de alvenaria, conforme demonstra a Figura 5.

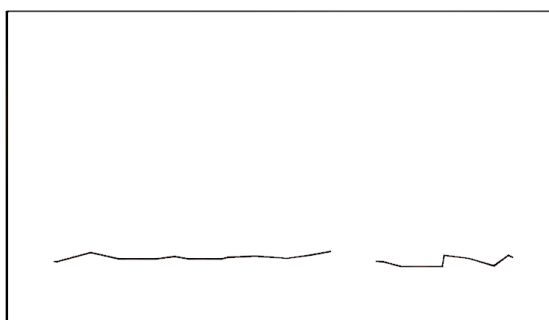
Figura 5 - Fissuração típica da alvenaria causada pela atuação excessiva de cargas



Fonte: adaptado de Duarte (1998).

- Fissuras horizontais: ocasionadas pela ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento, ou ainda, por solicitações de flexocompressão da parede, conforme demonstra a Figura 6.

Figura 6 - Fissuras horizontais na alvenaria provenientes da atuação excessiva de cargas

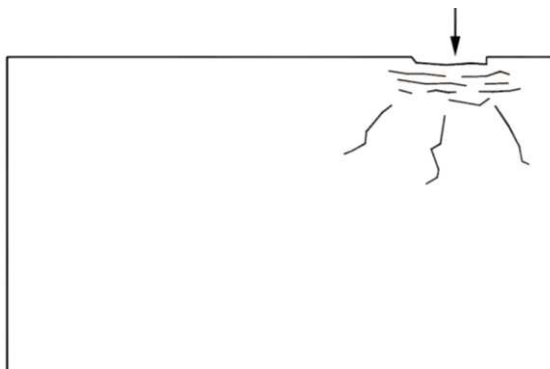


Fonte: adaptado de Duarte (1998).

Além das sobrecargas uniformemente distribuídas, podem ocorrer as sobrecargas localizadas, levando ao aparecimento de fissuras inclinadas a partir do ponto de aplicação, conforme demonstra a Figura 7 (Thomaz, 1989).



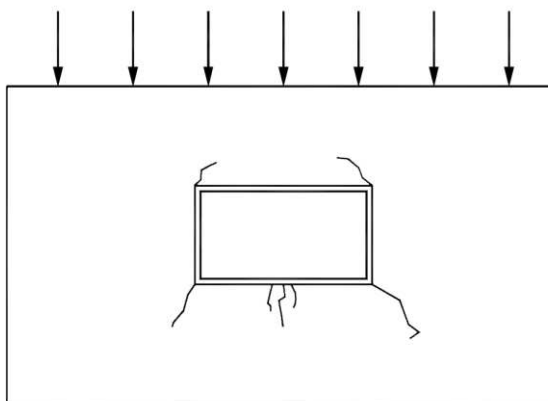
Figura 7 - Ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto



Fonte: adaptado de Thomaz (1989).

Em paredes de alvenaria onde existem aberturas, as fissuras são iniciadas partindo dos vértices da abertura e sob o peitoril. Na teoria, devido ao equilíbrio nas cargas de compressão, a configuração das fissuras de uma parede apoiada sobre suporte indeformável é a apresentada na Figura 8 (Thomaz, 1989).

Figura 8 - Fissuração teórica no entorno de abertura, em parede solicitada por sobrecarga vertical.



Fonte: adaptado de Thomaz (1989).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a efetivação deste trabalho foi necessária a realização de um procedimento experimental, o qual consistiu na preparação de 18 corpos de provas de paredes de vedação utilizando argamassa convencional e polimérica, que foram ensaiados no Campus da UTFPR – Toledo, de modo a permitir a coleta de dados para posterior análise.

#### **3.1 MATERIAIS UTILIZADOS**

Lista e características dos materiais necessários para o desenvolvimento do procedimento experimental.

##### **3.1.1 Argamassa convencional**

A argamassa convencional foi preparada no local da montagem das paredes, UTFPR – Campus Toledo, seguindo o traço 1:2:9, de cimento CP II-E, cal hidratada e areia, respectivamente. O traço foi escolhido por ser uma medida usual no assentamento de alvenarias.

##### **3.1.2 Argamassa polimérica**

Foi adquirida argamassa polimérica na cidade de Cascavel-PR.

##### **3.1.3 Blocos cerâmicos**

Os blocos cerâmicos foram todos adquiridos de um mesmo lote, na cidade de Toledo, com dimensões de 9x14x19cm e 6 furos horizontais. Foi conferida sua homogeneidade para garantir que não houvesse interferências nos dados.

#### **3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

Procedimentos necessários para a verificação dos materiais e para o procedimento experimental.

### 3.2.1 Ensaio dos blocos cerâmicos

Para caracterização dos blocos cerâmicos foram realizadas verificações das características geométricas e o ensaio de resistência à compressão, seguindo os passos dos Anexos A e C da NBR 15270-3 (ABNT, 2005d).

Uma amostra com 13 blocos foi coletada para o ensaio. Foram verificadas as dimensões de cada bloco e posteriormente todos foram capeados com pasta de cimento, garantindo a distribuição uniforme da carga. Esses blocos foram submersos em água, assegurando o estado de saturação para o ensaio de compressão.

### 3.2.2 Ensaio da argamassa

Para caracterização das argamassas foram realizados ensaios de resistência à compressão axial, conforme descrito na NBR 13279 (ABNT, 2005a).

Uma amostra com 6 corpos de prova prismáticos de 40 mm x 40 mm x 160 mm de argamassa foi coletada para o ensaio.

### 3.2.3 Moldagem dos corpos de prova

Foram moldados 18 corpos de prova utilizando os blocos cerâmicos e a argamassa convencional, dos quais 6 foram executados apenas com juntas horizontais e os outros 6 foram executados com ambas, juntas horizontais e verticais. Ainda foram moldados 6 corpos de prova utilizando argamassa polimérica, os quais apresentaram apenas juntas de assentamento na horizontal. Todos os corpos de prova tinham dimensões aproximadas de 0,9m<sup>2</sup>, 1 metro de comprimento por 0,9 metros de altura. Os corpos de provas moldados estão apresentados na Figura 9 i e ii.

Figura 9 - Corpos de provas utilizados para os ensaios: i - Paredes com argamassa convencional; ii - Parede com argamassa polimérica



Fonte: Autor (2019).

### 3.2.4 Ensaio de compressão

A realização deste ensaio se deu de acordo com o Anexo B da norma NBR 15812-2 (ABNT, 2010), e conforme descrito por Santos (2016), necessitava dos seguintes aparelhos:

- Dispositivo para aplicação de carga: Prensa hidráulica, Figura 10.
- Célula de carga: Aparelho instalado na prensa hidráulica de modo a medir a força aplicada ao corpo de prova.
- Viga de aço: Distribuição uniforme dos esforços.

Figura 10 - Prensa hidráulica



Fonte: Autor (2019).

Os corpos de prova foram ensaiados de modo que, a carga foi aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante seu emprego e no centro de gravidade do mesmo, como demonstrado na figura 11. As cargas foram sendo incrementadas até a ruptura dos corpos de prova.

Figura 11 - Sentido de aplicação da força nos corpos de provas.



Fonte: Autor (2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados nos blocos cerâmicos, argamassa e nos corpos de prova em forma de parede, além de analisar e discutir tais resultados.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS

Como especificado no capítulo anterior, foram realizadas as verificações de 13 blocos quanto a características geométricas e a resistência à compressão. Os resultados individuais de tais verificações estão dispostos no Apêndice A.

No Quadro 3 estão dispostos o número de blocos em inconformidade com os requisitos específicos, já apresentados anteriormente no capítulo 2.

Quadro 3 - Blocos em inconformidade com a norma

Característica	Quantidade de blocos em não-conformidade
Tolerância dimensional individual relacionada à largura	0
Tolerância dimensional individual relacionada à altura	0
Tolerância dimensional individual relacionada ao comprimento	0
Tolerância dimensional relacionada à média das larguras	1
Tolerância dimensional relacionada à média das alturas	0
Tolerância dimensional relacionada à média dos comprimentos	2
Espessura das paredes internas dos blocos	2
Espessura das paredes externas dos blocos	0
Desvio em relação ao esquadro	0
Planeza das faces	0

Fonte: Autor (2019).

De acordo com os dados apresentados na tabela, e a quantidade de unidades não-conformes permitidos pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005c), os blocos demonstraram que possuíam as características necessárias para a aceitação do lote.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios dos blocos à compressão tratados estatisticamente.

Tabela 1 - Resultado do ensaio de compressão dos blocos cerâmicos

Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo (MPa)	Mediana (MPa)	Máximo (MPa)
0,375	0,056	15,01	0,282	0,366	0,501

Fonte: Autor (2019).

Pelos valores obtidos é perceptível uma certa homogeneidade entre as resistências individuais de cada bloco, visto que não foi observado uma alta dispersão dos dados, além de demonstrar boa simetria. Entretanto, as diferenças observadas e os baixos valores de resistência podem ter sido provocados por diferentes fatores, tais como, pequenas fissuras observadas em alguns dos blocos, composição e queima não homogênea dos mesmos. Também é válido ressaltar que, os blocos cerâmicos utilizados, são aqueles disponíveis na região, simulando assim, o que realmente acontece nas obras.

De acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2005c), a resistência mínima apresentada pelos blocos de vedação deve ser de 1,5 MPa. Ou seja, até mesmo o bloco que obteve o maior valor de resistência está bem distante da resistência mínima exigida pela norma.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

Os resultados individuais de resistência dos corpos de prova de argamassa estão disponíveis no Apêndice B. A Tabela 2 apresenta os resultados da argamassa a compressão axial tratados estatisticamente.

Tabela 2 - Resultado do ensaio de compressão da argamassa

Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coefficiente de Variação (%)	Desvio Absoluto Máximo (MPa)	Mínimo (MPa)	Mediana (MPa)	Máximo (MPa)
2,968	0,092	3,10	0,152	2,844	2,963	3,120

Fonte: Autor (2019).



De acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005a, p.4), o desvio absoluto máximo é definido como “diferença entre a resistência média e a resistência individual que mais se afaste desta média para mais ou para menos”. Tendo como valor máximo aceito 0,5MPa. Desta forma, todos os valores obtidos foram considerados válidos.

É possível observar uma boa homogeneidade dos dados, com base no coeficiente de variação, a qual apresenta uma baixa dispersão dos dados devido a simetria entre os resultados.

Ao comparar o valor médio de resistência da argamassa com o valor médio dos blocos cerâmicos foi possível observar uma grande variação, sendo possível então prever que os corpos de prova de alvenaria são heterogêneos, devido a diferença de resistência e comportamento entre os materiais que os compõe.

#### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ALVENARIA

A partir dos ensaios descritos no capítulo anterior e com o intuito de analisar a fissuração e resistência à compressão em três situações diferentes, fez-se o ensaio a compressão axial.

Todos os protótipos foram montados no mesmo local, próximo ao local do ensaio e sobre tábuas de madeira, de modo a facilitar o transporte. Porém, por se tratarem de diferentes argamassas, não foi feito o capeamento das alvenarias, sendo então utilizado ripas de madeira para distribuir as cargas. O rompimento de todos os protótipos ocorreu no mesmo dia, após esperar o mínimo de 28 dias.

A sequência de ruptura ocorreu da seguinte maneira: primeiramente foram rompidos os protótipos com argamassa convencional apenas na horizontal, em seguida, foram rompidos os protótipos com argamassa convencional na horizontal e vertical e por último, os protótipos com argamassa polimérica apenas na horizontal. Os resultados individuais de cada protótipo estão apresentados no Apêndice C.

##### 4.3.1 Protótipo de alvenaria com argamassa convencional apenas na horizontal

Os protótipos de alvenaria com argamassa convencional apenas na horizontal apresentaram comportamento semelhante em todos os ensaios. As fissuras principais ocorreram ou na parte superior do protótipo ou na inferior, sendo em geral, fissuras horizontais passando pelos blocos cerâmicos.



Logo após o início da fissuração, foi possível observar a ruptura dos blocos, por meio de esmagamento, caracterizando linhas de ruptura horizontais. É possível visualizar tal ruptura na Figura 12. Essa predominância na ruptura se deve à baixa resistência do bloco cerâmico em relação a argamassa.

Figura 12 - Fissuração típica protótipo com argamassa convencional apenas na horizontal



Fonte: Autor (2019).

Os resultados estatísticos dos ensaios podem ser observados na Tabela 3. Os resultados detalhados pelo software ligado a prensa não foram inseridos no presente trabalho devido ao grande volume de dados.

Tabela 3 - Resultado do ensaio dos protótipos com argamassa convencional na horizontal

Média (N)	Desvio Padrão (N)	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo (N)	Mediana (N)	Máximo (N)
10.409,759	2281,379	21,916	8.296,426	9.659,550	13.562,597

Fonte: Autor (2019).

É perceptível um alto coeficiente de variação, caracterizando uma dispersão média dos dados. Sendo estas maiores do que as apresentados individualmente nos blocos cerâmicos e na argamassa.

Tal variação pode ser justificada pela heterogeneidade presente nos protótipos, devido aos materiais empregados no mesmo. Outro fator de influência pode ser a aplicação da carga, que por falta de capeamento, pode ter gerado uma diferença de força em certos pontos do protótipo.

#### 4.3.2 Protótipo de alvenaria com argamassa convencional na horizontal e na vertical

Assim como os protótipos anteriores, os protótipos de alvenaria com argamassa convencional na horizontal e na vertical apresentaram comportamentos semelhantes em todos os ensaios. As fissuras principais ocorreram principalmente na parte superior do protótipo, apenas em um dos protótipos ocorrendo na parte inferior, e em geral, foram constatadas fissuras horizontais passando pelos blocos cerâmicos.

Após o início da fissuração, levou um tempo até que fosse possível observar a ruptura dos blocos, por meio do esmagamento, caracterizado por linhas de ruptura horizontais. É possível visualizar tal ruptura na Figura 13. Essa predominância na ruptura se deve à baixa resistência do bloco cerâmico em relação a argamassa. A diferença entre o tempo de ruptura dos primeiros protótipos para estes, se deve a presença da argamassa na vertical que ajudou na absorção de esforços.

Figura 13 - Fissuração típica protótipo com argamassa convencional na horizontal e na vertical



Fonte: Autor (2019).

Os resultados estatísticos dos ensaios podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultado do ensaio dos protótipos com argamassa convencional na horizontal e na vertical

Média (N)	Desvio Padrão (N)	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo (N)	Mediana (N)	Máximo (N)
22.105,824	4158,544	18,812	18.397,275	20.137,956	27.595,913

Fonte: Autor (2019).

É perceptível um alto coeficiente de variação, caracterizando uma dispersão média dos dados, representando uma diferença significativa entre as cargas de ruptura individuais. Os fatores que podem ter levados a tais variações estão explicados no tópico anterior

#### 4.3.3 Protótipo de alvenaria com argamassa polimérica apenas na horizontal

Os protótipos de alvenaria com argamassa polimérica apenas na horizontal, assim como os protótipos anteriores, apresentaram comportamentos semelhantes em todos os ensaios. As fissuras ocorreram principalmente na parte superior do protótipo, e em geral, foram constatadas fissuras horizontais passando pelos blocos cerâmicos.

Assim como os protótipos com argamassa convencional apenas na horizontal, logo após o início da fissuração, foi possível observar a ruptura dos blocos por meio do esmagamento, caracterizando linhas de ruptura horizontais. É possível visualizar tal ruptura na Figura 14. Essa predominância na ruptura se deve à baixa resistência do bloco cerâmico em relação a argamassa.

Figura 14 - Fissuração típica protótipo com argamassa polimérica apenas na horizontal



Fonte: Autor (2019).

Os resultados estatísticos dos ensaios podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultado do ensaio dos protótipos com argamassa polimérica na horizontal

Média (N)	Desvio Padrão (N)	Coeficiente de Variação (%)	Mínimo (N)	Mediana (N)	Máximo (N)
8.866,846	1955,628	22,056	7.315,761	8.173,843	12.415,219

Fonte: Autor (2019).

Assim como nos protótipos anteriores, foi possível observar um alto coeficiente de variação, caracterizando uma dispersão média dos dados, representando uma diferença significativa entre as cargas de ruptura individuais.

#### 4.3.4 Comparação entre os resultados obtidos para cada modelo

Ao comparar os resultados obtidos em cada modelo, é notável que as alvenarias construídas com argamassa na horizontal e vertical apresentaram valores mais elevados de resistência quando submetidos a esforços de compressão axial, em relação aos outros dois modelos, os quais obtiveram resultados de resistência relativamente próximos, demonstrando que a diferença na argamassa não afetou diretamente os resultados obtidos. Os resultados das cargas médias de ruptura e coeficientes de variação dos protótipos estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultado geral dos ensaios com os protótipos

Protótipos	Cargas médias de ruptura (N)	Coeficiente de Variação (%)
Argamassa convencional na horizontal	10.409,759	21,916
Argamassa convencional na horizontal e na vertical	22.105,824	18,812
Argamassa polimérica na horizontal	8.866,846	22,056

Fonte: Autor (2019).

Através da tabela, pode-se notar que, os valores dos coeficientes de variação foram altos. Em geral, esse fato se dá por conta dos blocos cerâmicos utilizados no experimento, o que acaba por não garantir confiabilidade nos valores encontrados. Desta forma, a análise da resistência entre os modelos com argamassa apenas na horizontal não permite afirmar que o modelo com argamassa convencional é mais resistente que o modelo com argamassa polimérica, uma vez que os modelos não

apresentaram uma variação tão significativa em suas médias. Bem como não se pode indicar qual dos dois modelos é mais indicado.

Já no caso em que a argamassa foi aplicada na vertical também, a mesma apresentou valor médio de ruptura relativamente maior, observando então que a mesma colaborou na absorção de esforços, porém a ruptura também foi devido ao esmagamento dos blocos. Logo, pode se constatar que a presença da argamassa na vertical é importante para aumentar a resistência à compressão axial das alvenarias.

Foi possível observar uma grande defasagem entre a resistência mecânica do bloco cerâmico e da argamassa. Se o conjunto fosse mais homogêneo, caso os materiais apresentassem resistência semelhantes, resultaria no aparecimento de fissuras e trincas em locais onde o protótipo estivesse sofrendo maior solicitação e não em locais no qual o material era mais fraco, como ocorreu nos protótipos analisados.

Em relação a fissuração, não se pode afirmar que o uso da argamassa polimérica ao invés da argamassa convencional altera o modo de surgimento das mesmas, bem como da ruptura. Uma vez que as fissuras e rupturas ocorreram de modo parecido em todos modelos, com poucas exceções, onde apenas mudavam o local das mesmas, porém mantendo o mesmo padrão.

Um fator que foi possível observar depois de romper as paredes, foi que ao tombá-las para descartar os restos dos protótipos, as paredes com argamassa convencional não apresentavam alta coesão entre bloco e argamassa, separando facilmente um do outro, enquanto as paredes construídas com o uso de argamassa polimérica apresentaram uma alta coesão, as quais mesmo após o tombamento não se separaram em pedaços, como pode ser observado na Figura 15, sendo necessária aplicar uma certa quantidade de força para separá-los.



Figura 15 - Aderência entre a argamassa e os blocos com o uso de argamassa polimérica



Fonte: Autor (2019).

## 5 CONCLUSÃO

Com o objetivo de analisar o comportamento da fissuração e ruptura com dois diferentes tipos de argamassa e diferentes técnicas de execução, construíram-se protótipos de alvenaria, simulando paredes de vedação, um deles com argamassa convencional apenas na horizontal, um com argamassa convencional nas duas direções e outro utilizando argamassa polimérica apenas na horizontal, com posterior verificação do comportamento mecânico e das rupturas destes modelos. Para tal, foram também realizados ensaios de resistência nos materiais constituintes do protótipo, a argamassa e o bloco cerâmico. Trabalhando com a possibilidade do modelo com argamassa polimérica modificar o modo de ruptura nas alvenarias.

Ao analisar o modo como as fissuras apareceram nas alvenarias, demonstrando um aspecto semelhante em todos os protótipos, marcado pelo esmagamento e fissuração dos blocos das primeiras e/ou últimas fiadas, não é possível afirmar se a alteração da argamassa resulta em diferentes modos de ruptura e fissuração nas alvenarias.

Para o esclarecimento melhor da alteração da argamassa na alvenaria em si, seria necessário realizar novos ensaios, adotando blocos cerâmicos com maior qualidade e normatizados, de modo a garantir a padronização e resistência mínima dos mesmos. Bem como testar diferentes traços de argamassa, de modo a trabalhar com uma alvenaria mais homogênea, na qual não houvesse uma distinção tão grande na resistência entre os blocos e argamassa.

De maneira geral, as conclusões extraídas aqui não são decisivas, e necessita da realização de novos ensaios comparando ambas argamassas. Portanto, pode se afirmar que essa pesquisa se tratou de um estudo de caráter exploratório, podendo ser utilizado como ponto de partida para trabalhos futuros.

## 6 CONTINUIDADE DO TRABALHO OU TRABALHOS FUTUROS

- Realizar o mesmo estudo com capeamento de pasta de cimento na parte inferior e superior das alvenarias;
- Realizar o mesmo estudo fazendo o acréscimo de reboco nas alvenarias;
- Realizar o mesmo estudo com blocos de diferentes proporções e/ou diferentes traços de argamassa;
- Analisar os efeitos termo acústicos do não preenchimentos das juntas verticais com o uso de ambas argamassas;
- Analisar o efeito da estanqueidade com o uso de ambas argamassas;
- Verificar o comportamento quando argamassa e alvenaria possuírem as mesmas características de resistência à compressão;
- Ensaiar blocos cerâmicos de diferentes empresas na região de Toledo-PR de modo a verificar se estão de acordo com as normas.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005a.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005c.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005d.

\_\_\_\_\_. **NBR 15812-2**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2010.

AZEREDO, H. A. de. **O Edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1997. 188 p.

BARROS, M. M. S. B.; MACIEL, L. L.; SABBATINI, F. H. **Recomendações para execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e externa e tetos**. São Paulo, 1998.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Argamassa polimérica para assentamento de tijolos ou blocos**. Concurso Falcão Bauer 19ª edição, 2011. Disponível em: <<https://dokumen.site/download/argamassa-polimerica-para-assentamento-de-tijolos-ou-blocos-1-a5b39efa041b1d>>. Acesso em: 14 set. 2018.

CEOTTO, L. H.; BADUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Série Recomendações Técnicas Habitare – Vol. 1. Porto Alegre: Prolivros, 2005, 96p. Disponível em: <[http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/capitulos\\_rt\\_1.pdf](http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/capitulos_rt_1.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2018.

CHING, F. D. K.. **Técnicas de construção ilustradas**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 478 p.

DAFICO, D. A. Método para obtenção de independência entre resistência e elasticidade em estudos de dosagem de argamassas mistas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p.35-42, out. 2007. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3752/2105>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias: Causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre: CIENTEC, 1998. 45p.

GOMES, H. A. S. **Influência do não preenchimento das juntas verticais no comportamento mecânico das paredes de alvenaria**. 2008. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59329/1/000129446.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

GRANATO, J. E. **Patologias das construções**. [S.l.]. 2002.

LIMA, A. N. de. **Análise experimental da influência da resistência e espessura da argamassa de assentamento no desempenho mecânico de prismas de blocos cerâmicos**. 2010. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, 2010. Disponível em: <[http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgec/dissertacoes\\_arquivos/Dissertacoes/Alexandre%20Nascimento%20de%20Lima.pdf](http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgec/dissertacoes_arquivos/Dissertacoes/Alexandre%20Nascimento%20de%20Lima.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2018.

MARTINELLI, F. A.; HELENE, P. R. L. **Usos funções e propriedades das argamassas mistas destinadas ao assentamento e revestimento de alvenaria**. Boletim Técnico n. BT/PCC/47. São Paulo: Escola Politécnica do Estado de São Paulo, 1991. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00047.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00047.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2018.

MASTER HOUSE. **Alvenaria na forma de parede**. Entre 2012 e 2018. Disponível em: <<https://www.masterhousesolucoes.com.br/alvenaria-historia-conceito-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 15 set. 2018.

MELO, M. C. de. **Projeto arquitetônico**: Necessidades e dificuldades do projeto arquitetônico frente às particularidades do processo construtivo de alvenaria estrutural. 2006. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88255>>. Acesso em: 10 out. 2018.

NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento**. Boletim Técnico n. BT/PCC/359. São Paulo: Escola Politécnica do Estado de São Paulo, 2004. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00359.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00359.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2018.

OLIVARI, G. **Patologia em Edificações**. 2003. 83f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010. 239 p.

PELACANI, V. L. **Responsabilidade na construção civil**. Curitiba: CREA-PR, 2010. 73 p.

PEREIRA, M. F. P. **Anomalias em paredes de alvenaria sem função estrutural**. 2005. 489 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, 2005. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/2734>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

RAMALHO, M. A., CORRÊA M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2003. 169 p.

ROCHA, R. S. **Avaliação e comparação das propriedades mecânicas de uma argamassa pronta não cimentícia para alvenaria com e sem função estrutural frente às argamassas convencionais**. 2012. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1888/1/CM\\_COECI\\_2012\\_1\\_09.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1888/1/CM_COECI_2012_1_09.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2018.

SABBATINI, F. H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. Boletim Técnico n.02/86. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00002.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00002.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2018.

SAMPAIO, M. B. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. 2010. 122 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-14022011-163734/pt-br.php>>. Acesso em: 13 set. 2018.

SANTOS, F. A. dos. **Efeito do não-preenchimento de juntas verticais no desempenho de edifícios em alvenaria estrutural**. 2001. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30361268.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SANTOS, P. A. S. **Avaliação da junta vertical com argamassa convencional em paredes de alvenaria com blocos cerâmicos**. 2016. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: <[https://security.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy\\_of\\_2016.1/avaliacao-da-junta-vertical-com-argamassa-convencional-em-paredes-de-alvenaria-com-blocos-ceramicos.pdf](https://security.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2016.1/avaliacao-da-junta-vertical-com-argamassa-convencional-em-paredes-de-alvenaria-com-blocos-ceramicos.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2018.

SILVA, A. da *et al.* **Utilização de argamassa polimérica no assentamento de tijolos ou blocos**. Associação Educacional de Bosco. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/101114.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

THOMAZ, E. *et al.* **Código de práticas nº 01: ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCOS CERÂMICOS**. São Paulo: Ipt - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009. 72 p.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989. 194 p.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 13. ed. São Paulo: Pini, 2013. 826 p.

## **APÊNDICE A – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS**

Na Tabela 7 estão dispostos os resultados individuais da caracterização de cada bloco cerâmico em relação as medidas geométricas.

Tabela 7 - Medição geométrica dos blocos cerâmicos.

Bloco	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Altura (cm)	E1 (cm)	E2 (cm)	E3 (cm)	E4 (cm)	Esquadro (cm)	Planeza (cm)
1	8,9	18,6	13,9	0,6	0,7	0,8	0,7	0,1	0
2	9,4	18,8	13,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,2	0
3	9,2	19,1	14	0,6	0,7	0,7	0,8	0,2	0,1
4	9,2	19,1	13,9	0,6	0,8	0,8	0,8	0,1	0
5	9,3	19,3	14,1	0,65	0,8	0,8	0,9	0	0,1
6	9,3	19	14	0,6	0,6	0,7	0,8	0	0,1
7	8,8	18,9	13,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,1	0
8	9,3	18,7	14	0,6	0,6	0,7	0,7	0,3	0,2
9	9	18,9	13,8	0,55	0,6	0,7	0,8	0,1	0
10	9,1	18,9	14	0,6	0,6	0,7	0,8	0,2	0
11	9,2	19,2	14,1	0,6	0,7	0,7	0,8	0,3	0,1
12	9,2	19,1	14,1	0,55	0,6	0,7	0,75	0,2	0,2
13	9,3	19,1	14,1	0,6	0,7	0,7	0,8	0	0

E1 e E2: Espessuras dos septos

E3 e E4: Espessura das paredes externas

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 8 fornece os valores individuais de ruptura em cada bloco quando submetidos ao ensaio de compressão, além das medidas geométricas.

Tabela 8 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos blocos cerâmicos.

Bloco	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Carregamento (N)	Ruptura (MPa)
1	8,9	18,6	13,9	6864,655	0,415
2	9,4	18,8	13,9	5491,724	0,311
3	9,2	19,1	14	5785,923	0,329
4	9,2	19,1	13,9	7453,054	0,424
5	9,3	19,3	14,1	6570,455	0,366
6	9,3	19	14	6472,389	0,366
7	8,8	18,9	13,9	8335,652	0,501
8	9,3	18,7	14	6178,189	0,355
9	9	18,9	13,8	4805,258	0,282
10	9,1	18,9	14	7060,788	0,411
11	9,2	19,2	14,1	6668,522	0,378
12	9,2	19,1	14,1	6962,721	0,396
13	9,3	19,1	14,1	6080,123	0,342

Fonte: Autor (2019).

## **APÊNDICE B – ENSAIO À COMPRESSÃO DA ARGAMASSA**



A Tabela 9 apresenta os valores individuais da resistência à compressão da argamassa.

Tabela 9 - Resultado do ensaio de resistência à compressão da argamassa.

Corpo de Prova	Força Máxima (N)	Resistência à compressão (MPa)
1	4.991,585	3,120
2	4.550,286	2,844
3	4.716,999	2,948
4	4.766,032	2,979
5	4.667,965	2,917
6	4.795,452	2,997

Fonte: Autor (2019).

## **APÊNDICE C – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS PROTÓTIPOS**

A Tabela 10 apresenta os valores individuais da resistência à compressão dos protótipos com argamassa convencional apenas na horizontal.

Tabela 10 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos protótipos com argamassa convencional apenas na horizontal.

Protótipo	Força Máxima (N)	Resistência à compressão (MPa)
1	9.787,037	0,113
2	8.296,426	0,096
3	9.532,064	0,110
4	13.562,597	0,157
5	8.365,072	0,097
6	12.915,358	0,149

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 11 apresenta os valores individuais da resistência à compressão dos protótipos com argamassa convencional na horizontal e vertical.

Tabela 11 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos protótipos com argamassa convencional na horizontal e na vertical.

Protótipo	Força Máxima (N)	Resistência à compressão (MPa)
1	19.152,387	0,222
2	20.044,793	0,232
3	20.231,119	0,234
4	18.397,275	0,213
5	27.595,913	0,319
6	27.213,454	0,315

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 12 apresenta os valores individuais da resistência à compressão dos protótipos com argamassa polimérica apenas na horizontal.

Tabela 12 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos protótipos com argamassa polimérica apenas na horizontal.

Protótipo	Força Máxima (N)	Resistência à compressão (MPa)
1	8.414,106	0,097
2	7.315,761	0,085
3	7.364,794	0,085
4	12.415,219	0,144
5	7.933,580	0,092
6	9.757,617	0,113

Fonte: Autor (2019).