

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

TALITA FORNER

**COMPARATIVO ENTRE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM JUNTAS
VERTICAIS SECAS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

**PATO BRANCO
2015**

TALITA FORNER

**COMPARATIVO ENTRE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM JUNTAS
VERTICAIS SECAS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado como requisito parcial
para obtenção de título de Bacharel em
Engenharia Civil na Universidade
Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR, campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Msc. Cleovir J. Milani

PATO BRANCO
2015



TERMO DE APROVAÇÃO

COMPARATIVO ENTRE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM JUNTAS VERTICAIS SECAS E ALVENARIA CONVENCIONAL

TALITA FORNER

No dia 15 de junho de 2015, às 10h20min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº02-TCC/2015.

Orientador: Prof. Msc. CLEOVIR JOSÉ MILANI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Dr. VOLMIR SABBI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Esp. SÉRGIO TARCÍSIO RAMBO (DACOC/UTFPR-BR)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre guiando e protegendo meu caminho.

Agradeço aos meus pais, Marisa Pavan Forner e Luiz Forner, por toda credibilidade que depositaram em mim, todo amor, ternura e dedicação.

Ao meu irmão, Cassiano Forner, que mesmo distante, sempre me apoiou e me ajudou nessa caminhada.

Ao meu noivo, Daniel Silveira, por todo afeto, companheirismo e compreensão.

Agradeço a toda minha família pela convivência e motivação.

Aos meus amigos pelos momentos de alegrias, por toda a cumplicidade e companheirismo.

A todos os professores pela dedicação e ensinamentos compartilhados.

Ao professor Cleovir J. Milani pela orientação, apoio e motivação para elaboração deste trabalho.

RESUMO

FORNER, Talita. **Comparativo entre alvenaria de vedação com juntas verticais secas e alvenaria convencional**. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

Atualmente, é muito notável a utilização de alvenarias de vedação com juntas verticais secas. Apesar de não exercerem funções estruturais, as alvenarias de vedação estão sujeitas a esforços externos, podendo assim, resultar efeitos indesejáveis. O principal motivo para adoção deste método é a redução do consumo de materiais e a maior rapidez na execução do trabalho. Deste modo, foram realizados ensaios de cisalhamento em protótipos do método construtivo convencional e também das alvenarias com juntas verticais secas além da verificação do consumo de materiais envolvidos nos dois métodos de estudo.

Palavras – chave: Cisalhamento, viabilidade econômica, composições unitárias.

ABSTRACT

FORNER, Talita. A comparison between sealing brickwork with dry vertical joints and conventional brickwork. Term paper – Bachelor degree in Civil Engineering – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

Currently, the use of sealing walls with dry vertical joints is remarkable. Although it does not play a role in structural functions, the sealing walls are subject to external loads, which may thus result in undesirable effects. The main reason for adopting this method is the decline in consumption and speed of execution of work. Thus, shear tests were performed on prototypes of the conventional construction method. In addition, dry vertical masonry joints and, verification of the consumption materials were involved in the two study methods.

Keywords: Shearing, economic viability, unit compositions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alvenaria com juntas secas	14
Figura 2 - Alvenaria convencional	15
Figura 3 - Fissura de cisalhamento nas alvenarias de vedação	19
Figura 4 - Métodos de ensaio de cisalhamento	20
Figura 5 - Corpos de prova prismáticos de argamassa	23
Figura 6 - Corpos de prova prismáticos de argamassa desmoldados	24
Figura 7 - Ensaio à compressão do corpo de prova de argamassa.....	24
Figura 8 - Blocos cerâmicos capeados	26
Figura 9 - Ensaio de resistência à compressão nos blocos cerâmicos.....	26
Figura 10 - Método de teste com painéis	27
Figura 11 - Protótipo de alvenaria convencional	28
Figura 12 - Protótipo de alvenaria com juntas secas.....	28
Figura 13 - Método de ensaio dos protótipos submetidos à esforços cisalhantes	29
Figura 14 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria convencional 1	32
Figura 15 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria convencional 2	33
Figura 16 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria convencional 3	33
Figura 17 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria com juntas secas 1	35
Figura 18 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria com juntas secas 2	35
Figura 19 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria com juntas secas 3	36
Figura 20 - Medidas dos furos dos blocos cerâmicos.....	40
Figura 21 - Argamassa armazenada nos furos de blocos cerâmicos	41
Figura 22 - Modelo base de bloco cerâmico com juntas verticais.....	42
Figura 23 - Modelo base de bloco cerâmico sem juntas verticais.....	42
Figura 24 - Corpos de prova prismáticos de argamassa	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação de aplicação da carga em função do tempo	34
Gráfico 2 - Variação de aplicação da carga em função do tempo	37
Gráfico 3 - Carregamento médio para ruptura.....	38
Gráfico 4 - Consumo de argamassa por m ² de alvenaria	44
Gráfico 5 - Consumo de argamassa por m ² de alvenaria	47
Gráfico 6 - Comparação de custos de argamassa por m ² de alvenaria	49
Gráfico 7 - Comparação de custos de blocos cerâmicos	50
Gráfico 8 - Comparação de custos de materiais	51
Gráfico 9 - Comparação de custo total.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado do ensaio de compressão da argamassa	30
Tabela 2 - Resultado do ensaio de compressão dos blocos cerâmicos	31
Tabela 3 - Resultado do ensaio nos protótipos de alvenarias convencionais	34
Tabela 4 - Resultado do ensaio nos protótipos de alvenarias com juntas secas	36
Tabela 5 - Composições de serviços unitários - SINAPI	39
Tabela 6 - Volume de argamassa presente nos furos do bloco cerâmico	41
Tabela 7 - Volume de argamassa das juntas de assentamento	43
Tabela 8 - Coeficiente de materiais necessários por m ² de alvenaria	43
Tabela 9 - Volume de argamassa presente no bloco cerâmico	45
Tabela 10 - Volume de argamassa das juntas de assentamento	46
Tabela 11 - Coeficiente de materiais necessários por m ² de alvenaria	46
Tabela 12- Composição de mão de obra por m ² de alvenaria	48
Tabela 13 - Custos dos dois métodos construtivos por m ² de alvenaria	49
Tabela 14 - Resultado do ensaio da resistência à compressão da argamassa.	60
Tabela 15 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos blocos	62
Tabela 16 - Índice de absorção de água dos blocos.	64
Tabela 17 - Granulometria da areia natural	66
Tabela 18 - Profundidade de argamassa dentro dos furos dos blocos cerâmicos	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivos Gerais	12
1.1.2	Objetivos específicos	12
1.2	JUSTIFICATIVA	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	ALVENARIA	13
2.1.1	Alvenarias com juntas secas	13
2.1.2	Alvenaria Convencional	14
2.2	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	15
2.3	BLOCO CERÂMICO	16
2.3.1	Propriedades	16
2.3.2	Absorção de água	17
2.3.3	Resistência à compressão	17
2.4	ENSAIOS NAS ALVENARIAS	17
2.4.1	Ensaio de Cisalhamento	18
2.5	COMPOSIÇÕES UNITÁRIAS	20
3	MÉTODOS E MATERIAIS	22
3.1	MATERIAIS	22
3.1.1	Aglomerantes	22
3.1.2	Agregados miúdos	22
3.1.3	Blocos cerâmicos	22
3.2	MÉTODOS	22
3.2.1	Ensaio para caracterização da argamassa	22
3.2.2	Ensaio de caracterização dos blocos cerâmicos	25
3.2.3	Ensaio de cisalhamento	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	30
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS	30
4.3	ENSAIO DE CISALHAMENTO NOS PROTÓTIPOS	31
4.3.1	Protótipo de alvenaria convencional	31
4.3.2	Protótipo de alvenaria com juntas secas	35
4.3.3	Considerações	37

5	VIABILIDADE ECONOMICA.....	39
5.1	COMPOSIÇÕES DE SERVIÇOS UNITÁRIOS	39
5.2	COMPOSIÇÃO DE CONSUMO DE MATERIAS E MÃO DE OBRA	39
5.2.1	Protótipos	39
5.2.3	Mão de obra	47
5.3	COMPARAÇÃO DE CUSTOS	48
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE A – ENSAIO À COMPRESSÃO AXIAL DA ARGAMASSA	59
	APÊNDICE B – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS	61
	APÊNDICE C – INDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS BLOCOS	63
	APÊNDICE D – GRANULOMETRIA DA AREIA.....	65
	APÊNDICE E – PROFUNDIDADE DE ARGAMASSA DENTRO DOS FUROS DOS BLOCOS CERÂMICOS	67

1 INTRODUÇÃO

As primeiras construções em alvenarias datam mais de dez mil anos e apesar de serem construídas de maneira intuitiva, muitas delas ainda estão em pé. A princípio eram constituídas principalmente por pedras, tijolos de argila, rochas naturais, etc. (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2013). A evolução nos materiais utilizados e dos métodos de cálculo proporcionou facilidade e segurança para tal execução. Atualmente, um dos materiais mais utilizado para construção são os blocos cerâmicos. Apesar da tendência à substituição por outros métodos construtivos mais rápidos, a alvenaria ainda é uma das opções mais utilizadas no país.

A união dos blocos cerâmicos para construção das alvenarias é feita por meio da utilização de argamassa, responsável pela coesão e rigidez do conjunto. Entretanto, atualmente é possível observar a construção de alvenarias sem o preenchimento com argamassa nas juntas verticais, as quais também são conhecidas por alvenarias com juntas secas. Pouco se conhece sobre este método, o qual instiga interesse na verificação de algumas variáveis do comportamento.

Visto isso, o presente estudo terá embasamento nas alvenarias de vedação, as quais são responsáveis pela proteção do edifício contra possíveis impactos, chuvas, ventos, etc. Além disso, possuem vantagem por exercer bom isolamento térmico, acústico e ter boa resistência ao fogo (SABBATINI, 2001).

A metodologia aplicada neste estudo será por meio de ensaios de cisalhamento, a fim de comparar o comportamento mecânico da alvenaria de vedação com juntas secas e alvenaria convencional. Além disso, será acompanhada em obras a execução dos dois métodos construtivos, para assim, quantificar *in loco* os diferentes consumos de materiais em cada alvenaria, a fim de determinar a viabilidade da utilização da alvenaria objeto deste estudo, quanto ao desempenho técnico e relacionando com os consumos tanto de material quanto de mão de obra.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Gerais

Estudar o comportamento mecânico e verificar a viabilidade econômica para as alvenarias de vedação com juntas secas quando comparadas às alvenarias convencionais.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar ensaios para avaliar a resistência ao cisalhamento da alvenaria de vedação convencional e de juntas verticais secas;
- Caracterizar os blocos cerâmicos e argamassa de assentamento;
- Comparar os custos das composições unitárias para os dois métodos construtivos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A alvenaria consiste em um sistema construtivo de paredes, as quais podem exercer função estrutural ou não. Sabbatini (2001) descreve a alvenaria como componente conformado em obra, constituído por tijolos ou blocos unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso.

Atualmente é crescente a utilização de alvenarias de vedação com juntas verticais secas, motivo que desperta interesse quanto ao desempenho deste método construtivo comparado às alvenarias de vedação convencionais.

Além disso, é relevante analisar as técnicas construtivas e os custos envolvidos, para assim, verificar a viabilidade econômica da utilização de alvenarias de vedação. Os ensaios auxiliarão na validação da metodologia de avaliação, isto justifica a realização do presente trabalho.

Os ensaios serão realizados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco, a qual disponibiliza equipamentos necessários, conferindo viabilidade ao estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALVENARIA

A alvenaria é o método construtivo mais antigo utilizado pelo homem, porém, inicialmente os materiais disponíveis para tal execução eram rochas naturais, pedras, entre outros. Gomes *apud* Mota (2001) descreve que a alvenaria já era utilizada pelas civilizações persa e assíria por volta do ano 10.000 a.C., por volta de 3.000 a.C. já eram feitos tijolos de barro queimados em fornos, tornando o material mais resistente.

Com o decorrer dos anos, muitas obras de alvenaria foram construídas, algumas delas ainda permanecem edificadas e chamam atenção devido à beleza e grandiosidade, como as pirâmides do Egito e o Coliseu (MOTA, 2001).

De acordo com Yazigi (1999, p.409), a alvenaria é definida como “conjunto de paredes, muros e obras similares, composto de pedras naturais e/ou blocos ou tijolos artificiais, ligados ou não por argamassa”.

Para execução das alvenarias, há alguns cuidados que devem ser respeitados, Azeredo (1997) recomenda que antes de utilizado, os blocos cerâmicos estejam molhados para evitar absorção da água presente na argamassa. Também deve se evitar a superposição das juntas, que devem possuir espessura de 10 mm.

Segundo o código de práticas que descreve sobre alvenaria de vedação em blocos cerâmicos, estas devem suportar o próprio peso e possíveis cargas de utilização, além disso, necessitam apresentar adequada resistência às cargas advindas da atuação dos ventos, impactos acidentais e outras.

A resistência e comportamento das alvenarias dependem de vários fatores, como o tipo de bloco e suas propriedades, a argamassa de assentamento, as forças atuantes e ações externas, bem como a qualidade de execução.

2.1.1 Alvenarias com juntas secas

De acordo com Vitató *apud* Miranda (2012), a técnica das juntas secas foi introduzida ao mercado diante de uma pesquisa com convênio entre a USP

e a construtora ENCOL. Esta prática foi realizada em alvenarias estruturais e constatou que as juntas secas não causam comprometimento na resistência à compressão, entretanto, pode alterar a resistência ao cisalhamento.

Outras pesquisas foram realizadas para verificar a influência das juntas secas nas alvenarias estruturais, contudo, apresentam resultados conflitantes, principalmente quando se refere à resistência ao cisalhamento (MIRANDA, 2012).

O estudo das juntas secas é limitado às alvenarias estruturais. Isso deve ao fato de as alvenarias de vedação não proporcionarem riscos à construção, porém, o possível surgimento de patologias é um fator negativo. A Figura 1 apresenta uma alvenaria de vedação construída com juntas secas.



Figura 1 - Alvenaria com juntas secas
FONTE: Autora, 2015.

2.1.2 Alvenaria Convencional

No presente trabalho, o termo alvenaria convencional será denominado para alvenarias de vedação com preenchimento de argamassa de assentamento nas juntas horizontais e verticais.



Figura 2 - Alvenaria convencional
FONTE: Autora, 2015.

2.2 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

De acordo com a NBR 13281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p.2) a argamassa é definida como “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)”.

Sua função é unir os elementos da alvenaria e contribuir na distribuição uniforme das cargas atuantes na parede, é importante também para selar as juntas e melhorar a impermeabilização da água de chuvas (CARASEK, 2007).

Para um bom desempenho, a argamassa necessita ter boa trabalhabilidade em estado fresco, ou seja, consistência e plasticidade e ainda ter capacidade de retenção de água para garantir a hidratação do cimento, principalmente quando o bloco possui alto índice de absorção de água. Outra propriedade da argamassa é a capacidade de absorver deformações. (CARASEK, 2007).

A qualidade da argamassa depende dos seus constituintes. É importante que o cimento tenha sido fabricado recentemente e receba os devidos

cuidados quando estocados, já a areia deve ser livre de impurezas (RIPPER, 1995).

O amassamento da argamassa pode ser realizado manualmente ou mecanicamente, dependendo da quantidade necessária ou o método considerado mais vantajoso. Primeiramente são misturados os agregados até que adquiram uma coloração uniforme, após isso, é adicionado água, e então é realizado o amassamento contínuo até homogeneização. A utilização da argamassa é limitada há duas horas e meia após a mistura, posterior a isso, deve ser descartada (RIPPER, 1995).

Outra opção é a utilização de argamassa usinada, a qual normalmente é empregada em obras de grande porte ou conjuntos habitacionais. Também se pode lançar mão do uso da argamassa pronta, esta é adquirida em sacos e necessita apenas da adição de água (BORGES, 2009).

2.3 BLOCO CERÂMICO

A história das cerâmicas segundo Bauer (2010) é uma das mais antigas, devido a grande disponibilidade de matéria prima, o barro, o qual quando aquecido endurece e dá origem à cerâmica, largamente empregada na sociedade.

Os blocos cerâmicos de vedação são definidos por Yazigi (1999, p. 421) como “blocos que não tem a função de suportar outras cargas verticais além da do seu peso próprio e pequenas cargas de ocupação”.

2.3.1 Propriedades

A variedade de matrizes que fabricam blocos cerâmicos é muito grande, conseqüentemente as dimensões, número de furos, texturas das faces, espessuras das paredes e septos dos blocos diferem, conforme fabricante (BAUER, 2010). Além disso, é muito comum o empreendedor procurar o menor preço dos blocos cerâmicos, sem certificar a qualidade do mesmo, sendo assim, a NBR15270-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) estabelece requisitos para identificação dos blocos, podendo suspender o lote caso não esteja em concordância ao descrito na norma. Os blocos não

devem apresentar defeitos, superfícies irregulares, deformações ou estarem quebrados.

A norma ainda recomenda a determinação das características geométricas, tais como: medida das faces, espessura dos septos e paredes externas, desvio em relação ao esquadro, e ainda, planeza das faces.

2.3.2 Absorção de água

É de suma importância determinar o índice de absorção de água do bloco cerâmico, pois quando é elevada, o bloco absorve parte da água presente na argamassa e prejudica a hidratação do cimento, isto afeta a resistência da argamassa de assentamento. De acordo com a norma NBR 15270-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), o índice de absorção de água deve variar de 8% a 22%. A NBR 15270-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) prescreve os procedimentos para realização do ensaio e verificação do índice de absorção.

2.3.3 Resistência à compressão

A realização do ensaio para análise da resistência à compressão do bloco cerâmico de vedação é descrita na NBR 15270-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). De acordo com a NBR 15270-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), resistência à compressão mínima para blocos cerâmicos de vedação é 1,5 MPa.

2.4 ENSAIOS NAS ALVENARIAS

Existem ensaios aplicados às alvenarias de vedação com finalidade de conferir seu desempenho. A NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) – Edificações Habitacionais apresenta os requisitos que as alvenarias de vedação devem apresentar.

Os ensaios de corpo mole e corpo duro, por exemplo, verificam o comportamento da alvenaria quando solicitada à impactos acidentais ou de

utilização. Há também a verificação das alvenarias quanto à estanqueidade à água, desempenho térmico e acústico.

Neste trabalho, será realizado o ensaio dos protótipos de alvenarias quando submetidos ao esforço cisalhante, a fim de comparar o seu comportamento.

2.4.1 Ensaio de Cisalhamento

A alvenaria de vedação é muitas vezes sujeita a esforços que não são considerados em sua utilização. De acordo com Thomaz *apud* Lordsleem (1997, p.83) as “tensões de tração e cisalhamento são responsáveis pela quase totalidade dos casos de fissuração das alvenarias, sejam elas estruturais ou não”.

Segundo Vincenzo (2006), os materiais utilizados na construção estão sujeitos à dilatações e contrações térmicas diferenciadas. Destaca ainda, que as coberturas planas estão mais expostas à mudanças térmicas, quando comparada a outros elementos, proporcionando movimentos diferenciais. De acordo com Magalhães (2004), embora as alvenarias de vedação não sustentem as lajes, estão sujeitas a esforços cisalhantes decorrentes da movimentação térmica da estrutura, esse fator é mais frequente nos últimos pavimentos.

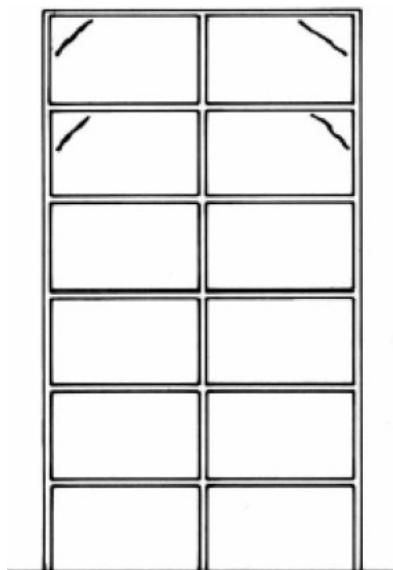


Figura 3 - Fissura de cisalhamento nas alvenarias de vedação
FONTE: Thomaz *apud* VINCENZO, 2006.

Outro fator que pode causar tensões de cisalhamento nas alvenarias são os recalques diferenciados. De acordo com Thomaz *apud* Lordsleem (1997) afirma que “em geral, há grande probabilidade das estruturas lineares desempenharem-se de maneira flexível, predominando nas paredes de fechamento (vedação) tensões de cisalhamento”.

A determinação da resistência ao cisalhamento para alvenaria estrutural é descrito na NBR 14321 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999): Paredes de alvenaria estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento. De acordo com a norma, as paredes são ensaiadas com aplicação de carga concentrada de compressão na diagonal. Entretanto de acordo com Roman *apud* Miranda (2012), há outros métodos de ensaio para determinação do cisalhamento, como mostrados na Figura 4.

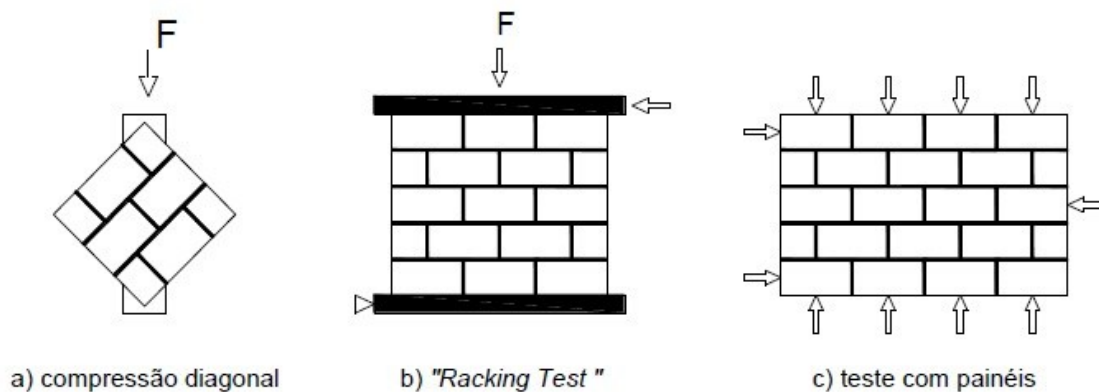


Figura 4 - Métodos de ensaio de cisalhamento
FONTE: Roman *apud* MIRANDA, 2012.

2.5 COMPOSIÇÕES UNITÁRIAS

Para Limmer (1996) “Um orçamento pode ser definido como a determinação dos gastos necessários para realização de um projeto, de acordo com o plano de execução previamente estabelecido, gastos esses traduzidos em quantitativos”.

Segundo Ávila, Lopes e Librelotto (2003) “Orçar é quantificar insumos, mão de obra, ou equipamentos necessários à realização de uma obra ou serviço bem como os respectivos custos e o tempo de duração dos mesmos”.

Com intuito de facilitar o orçamento, são criadas composições unitárias de serviços, onde cada insumo e mão de obra são quantificados por meio de coeficientes. Essas composições, conforme o serviço têm unidades em metro, metro quadrado, metro cúbico, mão de obra por hora, etc. (ÁVILA; LOPES; LIBRELOTTO, 2003).

Além do consumo de materiais é constatada a somatória de todos os custos com materiais, equipamentos e mão-de-obra para a realização de um serviço, considerando inclusive, todos os impostos e encargos sociais que incidirem sobre os produtos e operários (TISAKA, 2006).

As composições unitárias são fornecidas por alguns órgãos públicos. O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), por exemplo, fornece composições desenvolvidas pelo IBGE e

CAIXA, as quais pesquisam mensalmente os preços dos insumos da construção civil e os salários dos profissionais nas capitais de todos os estados brasileiros. Entretanto, algumas construtoras, com finalidade de tornar os coeficientes das composições mais exatos, desenvolvem as composições unitárias por meio do controle no próprio canteiro de obras.

3 MÉTODOS E MATERIAIS

3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados no ensaio de cisalhamento foram disponibilizados pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) ou adquiridos de fornecedores.

3.1.1 Aglomerantes

O cimento empregado foi o CP II-Z-32, o qual tem em sua composição a adição de material pozolânico. Este cimento é largamente utilizado em obras da região.

Foi utilizada também, cal hidratada CH-III.

3.1.2 Agregados miúdos

A areia utilizada foi disponibilizada pela Instituição UTFPR.

3.1.3 Blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos utilizados para realização deste trabalho possuem dimensões de 11,5x14x24cm, contendo seis furos.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Ensaio para caracterização da argamassa

A proporção do traço de argamassa adotado teve dosagem em volume de 1:1:6 (respectivamente para cimento: cal: areia). A relação água cimento (a/c) utilizada foi de 2,2.

Para caracterização da resistência à compressão axial da argamassa, seguiu-se a descrição da NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005): Argamassa para assentamento e revestimento

de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

Após o adensamento da argamassa, foram então moldados três corpos de prova prismáticos (Figura 5), sendo compostos por duas camadas de argamassa, devidamente compactadas.



Figura 5 - Corpos de prova prismáticos de argamassa
FONTE: Autora (2015).

Na Figura 6, podem-se observar os três corpos de prova já desmoldados, os quais permaneceram em cura por 28 dias.



Figura 6 - Corpos de prova prismáticos de argamassa desmoldados
FONTE: Autora (2015).

Após 28 dias os corpos de prova foram ensaiados à compressão como descrito na NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). Foi então aplicada carga de (500 ± 50) N/s em cada metade de corpo de prova. O ensaio foi realizado na máquina universal EMIC (Figura 7).



Figura 7 - Ensaio à compressão do corpo de prova de argamassa
FONTE: Autora (2015).

3.2.2 Ensaio de caracterização dos blocos cerâmicos

Inicialmente, foram determinadas as medidas das faces dos blocos cerâmicos, de acordo com o anexo A, prescrito na NBR15270-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005): Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio.

O índice de absorção de seis corpos de prova foi determinado seguindo o protocolo do Anexo B da NBR15270-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), onde os blocos cerâmicos utilizados como corpos de prova foram colocados na estufa a uma temperatura de 105°C, então foram pesados em intervalos de 1 hora até as pesagens atingirem estabilização, obtendo assim, a massa seca de cada um deles.

Posteriormente, os mesmos foram submersos em água na temperatura ambiente, onde permaneceram por 24 horas. Depois de retirados do tanque de água, removeu-se o excesso de água com o uso de um pano e então, os corpos de provas foram novamente pesados, obtendo-se então, a massa úmida de cada um. Com os dados disponíveis, foi possível calcular o índice de absorção dos corpos de prova.

Para o ensaio de compressão foram coletados 13 blocos cerâmicos para amostragem, os quais foram uniformemente capeados com pasta de cimento nas duas faces sujeitas ao esforço de compressão (Figura 8), como recomendado no Anexo C da NBR15270-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).



Figura 8 - Blocos cerâmicos capeados
FONTE: Autora (2015).

Após o endurecimento da pasta de cimento, os corpos de prova foram submersos em água por 6 horas, para atingirem o estado de saturação. Por fim, os blocos foram devidamente posicionados na máquina universal EMIC para realização do ensaio de compressão (Figura 9).



Figura 9 - Ensaio de resistência à compressão nos blocos cerâmicos
FONTE: Autora (2015).

3.2.3 Ensaio de cisalhamento

No ensaio ao cisalhamento nos protótipos de alvenarias, utilizou-se o teste com painéis, o qual é obtido com cargas laterais na base e topo e outra por compressão normal ao longo do comprimento da parede.

A aplicação da pré-compressão ao longo do comprimento influencia aumentando a resistência ao cisalhamento (OLIVEIRA et al, 2002). Entretanto, no ensaio realizado, não houve aplicação da pré-compressão e foi considerado apenas o esforço cisalhante.

Segundo o ensaio ao cisalhamento das alvenarias estruturais descrito na NBR 14321 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999), devem ser feitas no mínimo três amostras para ensaio.

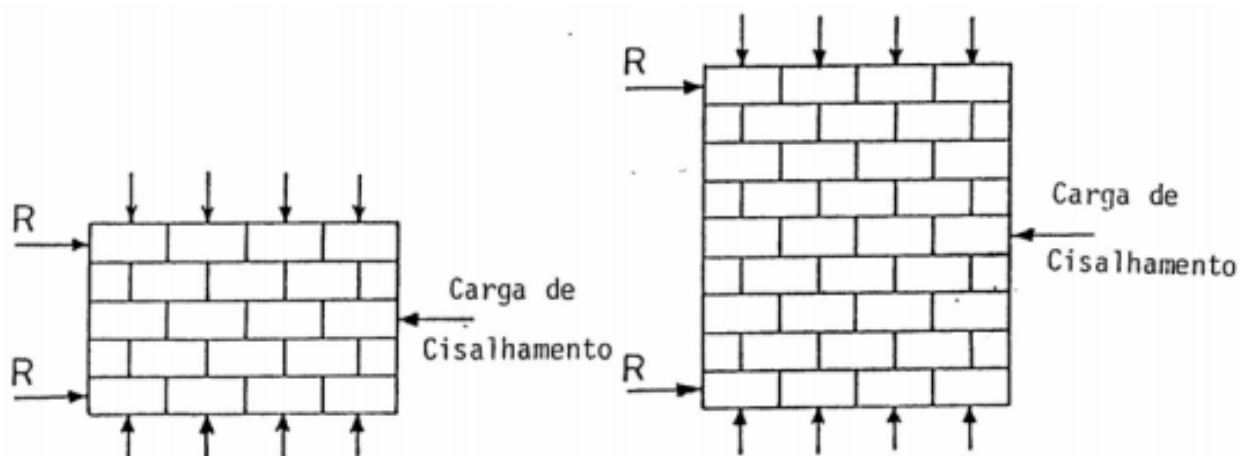


Figura 10 - Método de teste com painéis
 Fonte: Ghazali e Riddington *apud* Martins (2001).

Desse modo, foram construídos três protótipos com alvenaria de juntas verticais secas e outros três com o método construtivo convencional, ambas com cinco fiadas formadas por quatro blocos cerâmicos cada, a fim de comparar a resistência ao esforço cisalhante. Os mesmos foram construídos sobre uma chapa metálica para facilitar o transporte e posicionamento no pórtico. A Figura 11 apresenta o modelo de protótipo de alvenarias convencionais.



Figura 11 - Protótipo de alvenaria convencional
FONTE: Autora (2015).

Na Figura 12, pode-se observar o protótipo para alvenarias de vedação com juntas secas.



Figura 12 - Protótipo de alvenaria com juntas secas
FONTE: Autora (2015).

Após 28 dias da construção dos protótipos, estes foram ensaiados com esforços cisalhantes, utilizou-se peças de madeiras para exercer função de apoios laterais. A Figura 13, mostra o modo que os protótipos foram ensaiados.

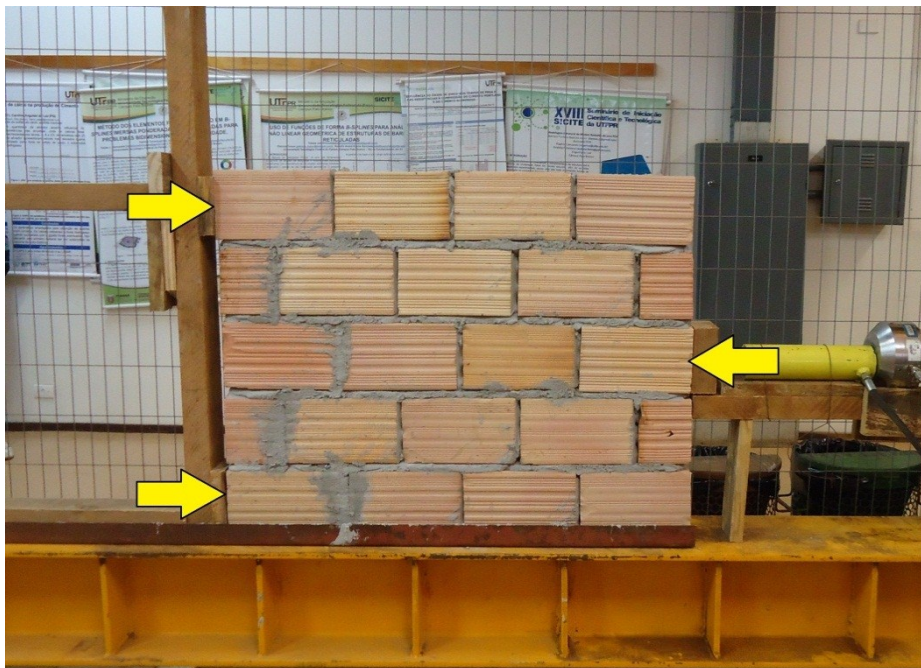


Figura 13 - Método de ensaio dos protótipos submetidos à esforços cisalhantes
FONTE: Autora (2015).

A velocidade das aplicações de carga foram controladas manualmente através de um macaco hidráulico, sendo que, as medições das cargas em função do tempo, foram fornecidas pelo *software CatmanEasy/Ap (version 3.0)*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Os resultados da resistência individual dos corpos de prova, estão disponíveis no Apêndice A. Os valores estatísticos estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 - 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)
1,456	0,094	6,465	0,116	1,34	1,465	1,57

FONTE: Autora (2015).

De acordo com a NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p.4), o desvio absoluto máximo dos corpos de prova é a “diferença entre a resistência média e a resistência individual que mais se afaste desta média para mais ou para menos”, O valor máximo aceito é de 0,50 Mpa.

Observando o coeficiente de variação, é possível constatar que a dispersão dos resultados foi baixa, o que permite considerar o ensaio válido.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS

Os 13 blocos cerâmicos utilizados como corpo de prova, após capeados e saturados foram submetidos ao ensaio de compressão, os valores individuais da resistência dos mesmos estão apresentados no Apêndice B, bem como as medidas das faces. Os resultados estatísticos da resistência à compressão estão disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado do ensaio de compressão dos blocos cerâmicos

Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo (MPa)	Mediana (MPa)	Máximo (MPa)
0,333	0,107	32,088	0,140	0,345	0,510

FONTE: Autora (2015).

Conforme apresentado na tabela, é possível verificar que houve uma alta variação nas resistências individuais dos blocos. Deve-se considerar ainda, que de acordo com a NBR 15270-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), a resistência mínima dos blocos de vedação deve ser 1,5 Mpa. É perceptível que os blocos cerâmicos utilizados possuem baixa resistência à compressão, sendo que até mesmo o bloco com maior resistência está distante da resistência exigida pela norma.

Alguns fatores possivelmente influenciaram na baixa resistência e nas variações dos resultados, como possíveis trincas observadas ou variação da queima dos blocos que proporciona diferente coloração entre eles. Vale ressaltar que foram utilizados blocos cerâmicos disponíveis na região, simulando assim, o que realmente acontece nas obras.

Seis blocos cerâmicos foram utilizados como corpo de prova, a fim de verificar o índice de absorção. Os resultados individuais estão disponíveis no Apêndice C, onde é possível perceber que o índice de absorção dos blocos está acima da determinação da NBR 15270-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), a qual recomenda um índice de absorção de 8% a 22%.

4.3 ENSAIO DE CISALHAMENTO NOS PROTÓTIPOS

4.3.1 Protótipo de alvenaria convencional

Os protótipos de alvenaria do método convencional apresentaram comportamento semelhante, ocorreram fissuras diagonais no bloco, acarretando em seu rompimento, ou ainda, o rompimento na horizontal devido o descolamento entre argamassa e bloco, possivelmente pela baixa aderência entre os materiais.

O primeiro protótipo ensaiado, apresentou rompimento diagonal do bloco cerâmico localizado no apoio. Na Figura 14.a está o protótipo antes do ensaio, em 14.b é possível visualizar o início da ruptura, a qual está destacada pela seta, em 14.c está apresentado o local de rompimento do protótipo.

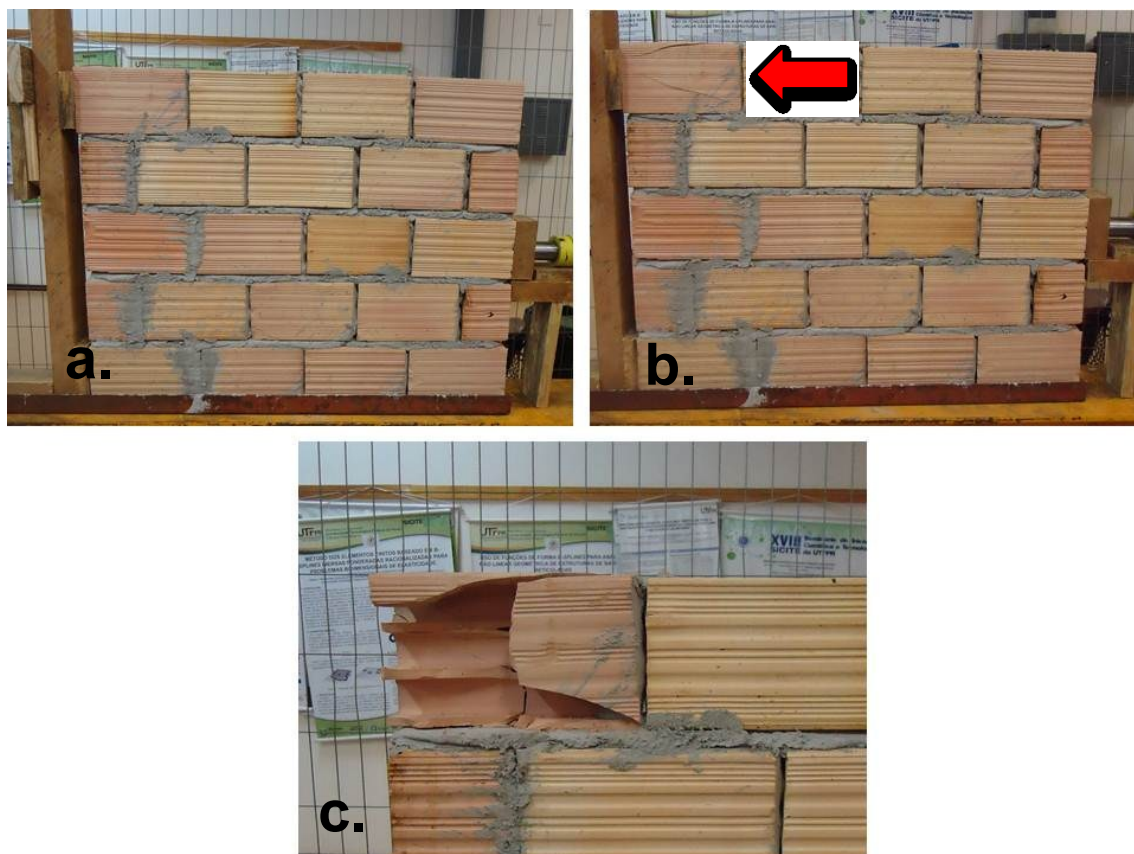


Figura 14 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria convencional 1
FONTE: Autora (2015).

No segundo protótipo sujeito ao esforço cisalhante, ocorreu a ruptura da argamassa e o descolamento entre argamassa e bloco. Na Figura 15.a está o protótipo antes da aplicação do esforço cisalhante, em 15.b é possível visualizar a abertura causada devido o descolamento da argamassa e bloco cerâmico e em 15.c apresenta a ruptura da argamassa.

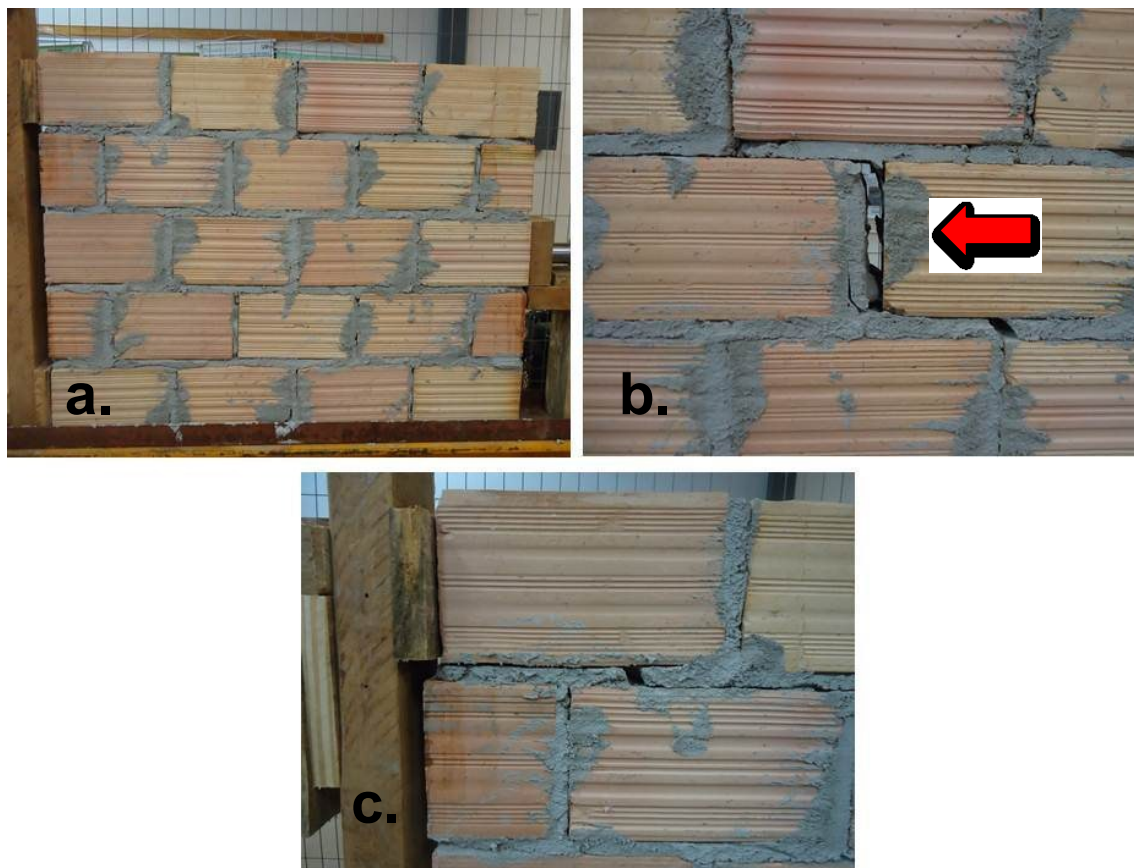


Figura 15 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria convencional 2
FONTE: Autora (2015).

No terceiro ensaio realizado, o protótipo teve ruptura do bloco de forma diagonal, e ainda ocorreu o descolamento entre bloco e argamassa. A Figura 16.a mostra o protótipo inicial e em 16.b apresenta a ruptura.

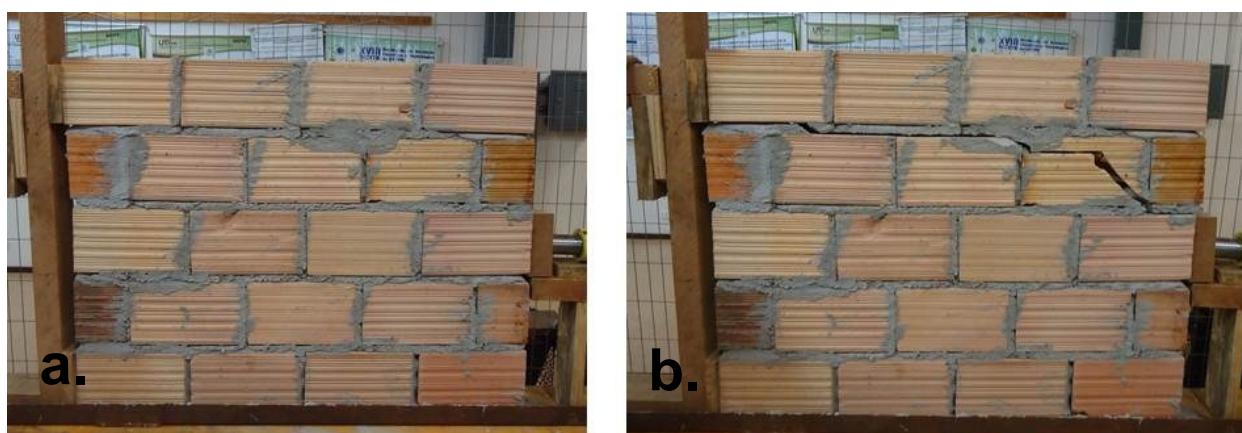


Figura 16 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria convencional 3
FONTE: Autora (2015).

Na Tabela 3 estão expostos os resultados estatísticos dos ensaios. Devido a grande quantidade de dados registrados pelo software, estes não foram detalhados.

Tabela 3 - Resultado do ensaio nos protótipos de alvenarias convencionais

Média (N)	Desvio Padrão (N)	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo (N)	Mediana (N)	Máximo (N)
7862,836	241,4558	3,071	7568,806	7859,482	8160,221

FONTE Autora (2015).

É possível observar pelo coeficiente de variação, que houve uma baixa diferença da carga de ruptura em relação à carga média.

O Gráfico 1 apresenta a variação de aplicação da carga em função do tempo. Além disso, estão disponíveis as diferenças das cargas de ruptura em cada ensaio, as quais serão comparadas com os resultados dos protótipos de alvenarias com juntas secas.

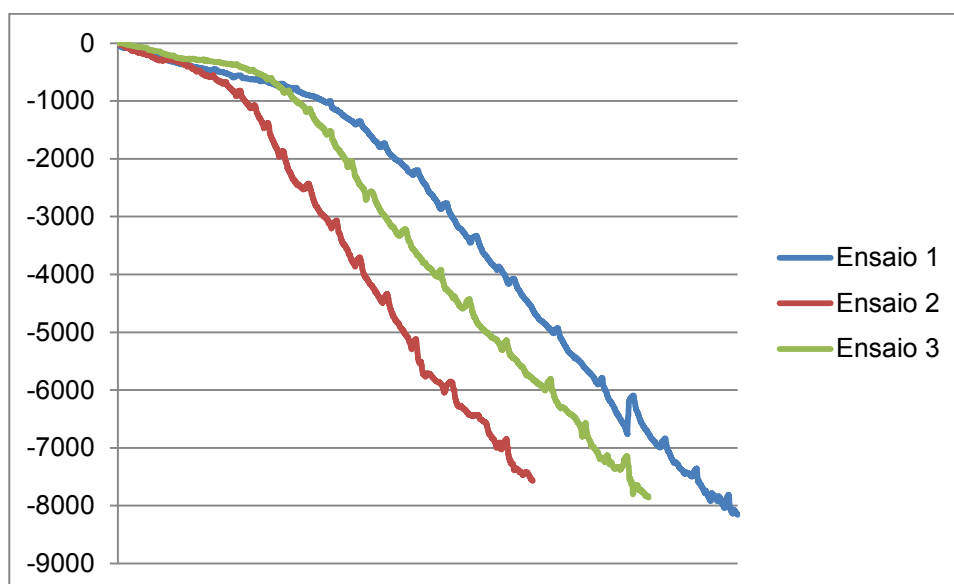


Gráfico 1 - Variação de aplicação da carga em função do tempo
FONTE: Autora (2015).

4.3.2 Protótipo de alvenaria com juntas secas

No primeiro ensaio de protótipo com juntas verticais secas, foi possível perceber fissuras diagonais no apoio conforme indicação da seta (Figura 17.b).

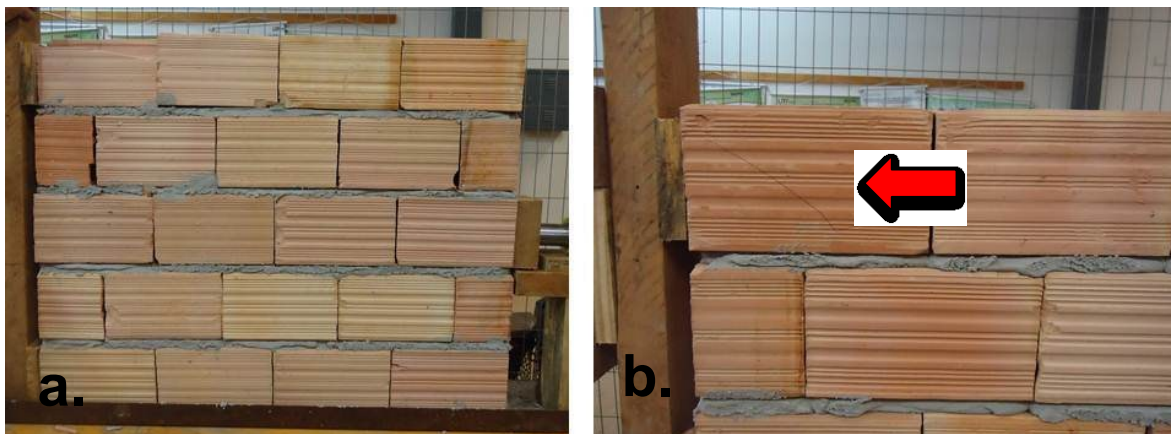


Figura 17 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria com juntas secas 1
FONTE: Autora (2015).

Já o segundo protótipo apresentou ruptura da argamassa, como pode ser observado com a indicação da seta (Figura 18.b).

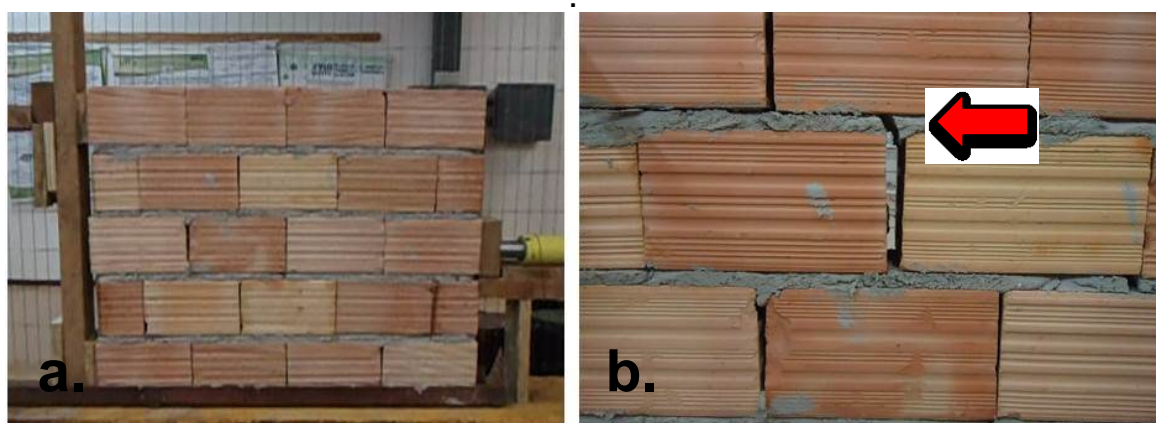


Figura 18 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria com juntas secas 2
FONTE: Autora (2015).

No último, o rompimento ocorreu no apoio, novamente caracterizando o efeito de cisalhamento e causando uma fissura diagonal, a seta mostra o local onde ocorreu o rompimento (Figura 19.b).

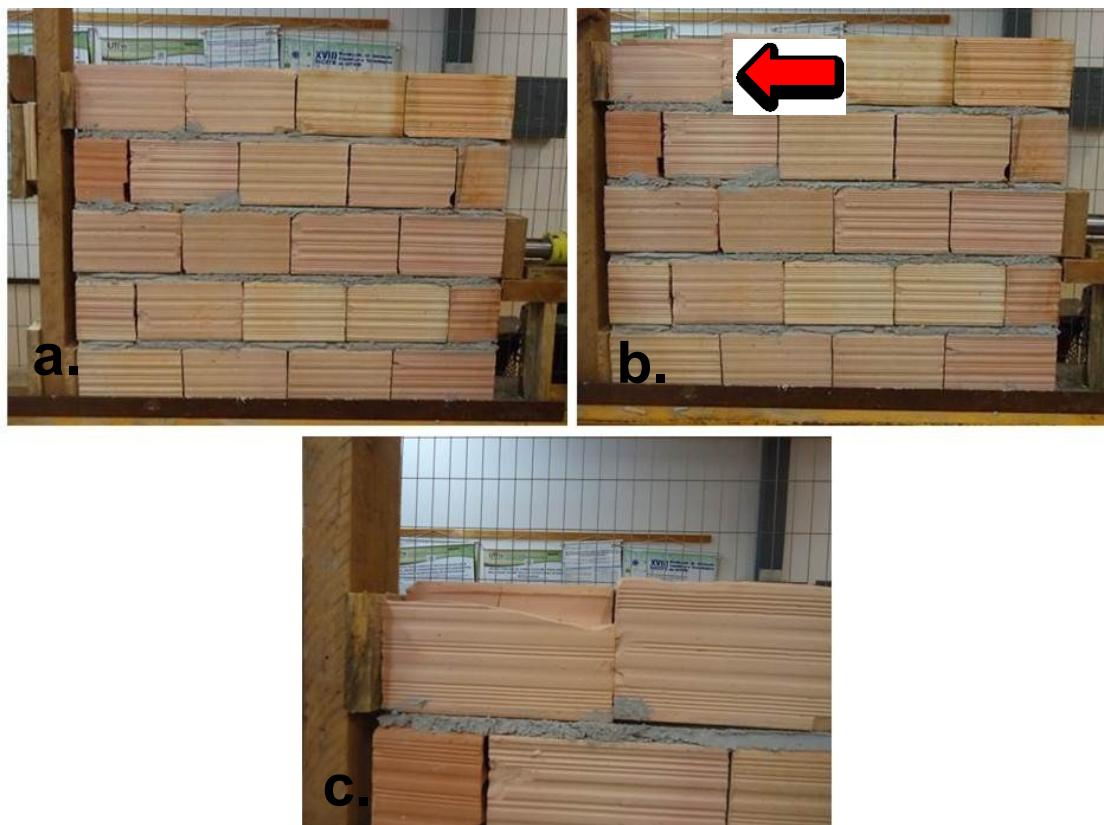


Figura 19 - Sequência do ensaio do protótipo de alvenaria com juntas secas 3
 FONTE: Autora (2015).

Os resultados estatísticos dos ensaios estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultado do ensaio nos protótipos de alvenarias com juntas secas

Média (N)	Desvio Padrão (N)	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo (N)	Mediana (N)	Máximo (N)
3165,563	691,3839	21,84	2257,856	3304,665	3934,168

FONTE: Autora (2015).

É possível observar através do coeficiente de variação, que as cargas de ruptura individuais apresentaram uma diferença significativa quando comparada com a carga de ruptura média.

No Gráfico 2, é possível visualizar a aplicação de carga em função do tempo nos protótipos de alvenaria com juntas secas, bem como as diferentes cargas de ruptura.

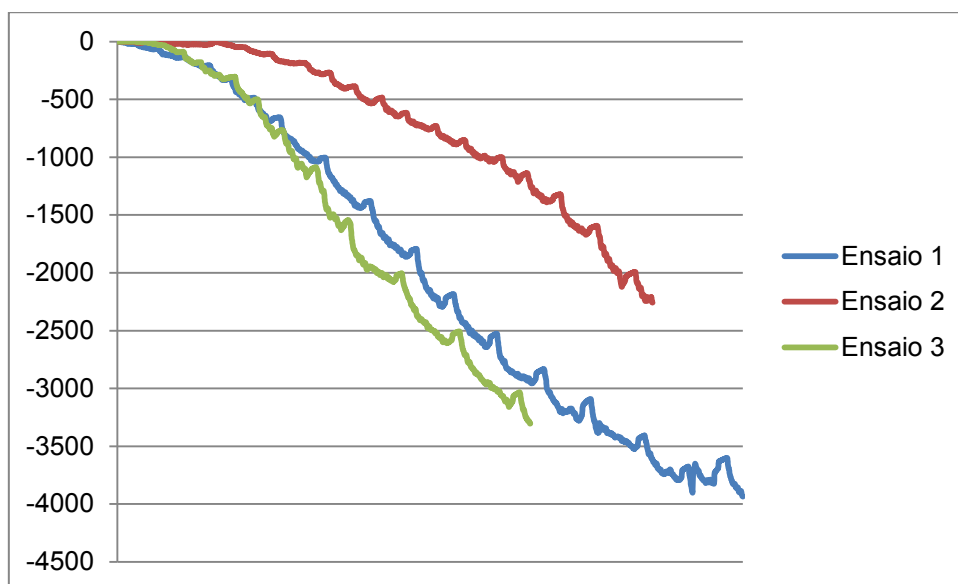


Gráfico 2 - Variação de aplicação da carga em função do tempo
FONTE: Autora (2015).

4.3.3 Considerações

Comparando os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4, nota-se que as alvenarias construídas com juntas verticais secas apresentaram menor resistência quando submetidas ao esforço de cisalhamento. Com isso, é possível constatar que a argamassa presente nas juntas verticais tem influência na resistência das alvenarias. Conforme Carasek (2007), a argamassa contribui para absorção das deformações e distribuição uniforme dos esforços por toda área resistente do bloco.

Vale ressaltar que os protótipos com juntas verticais secas, apresentaram maiores variações entre seu comportamento, que pode ser justificada pela heterogeneidade dos protótipos.

No Gráfico 3 é possível visualizar o carregamento médio necessário para ruptura e o desvio padrão para cada método construtivo.

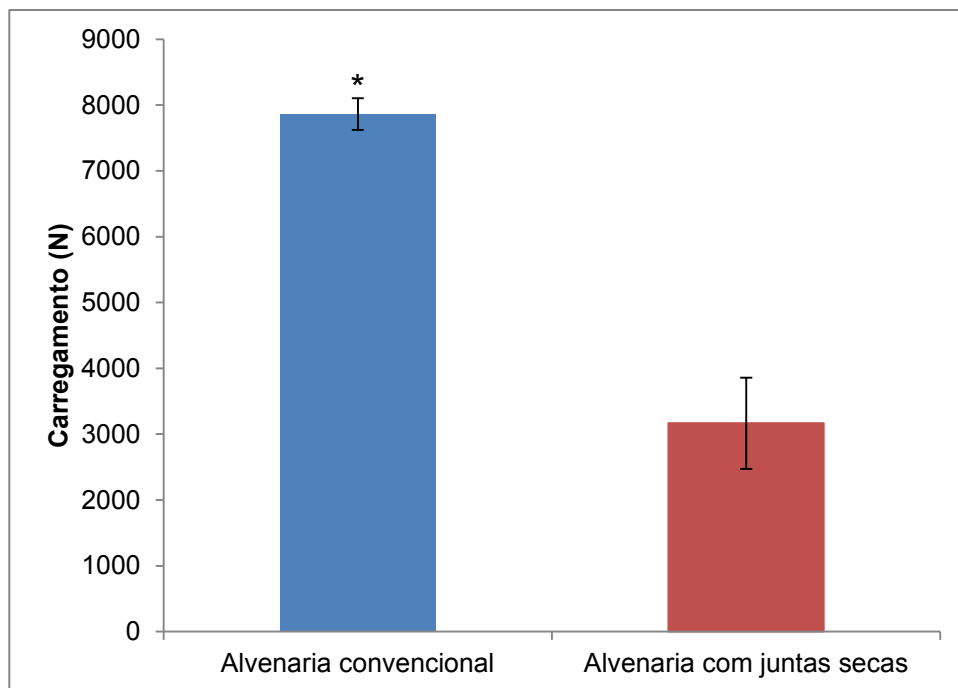


Gráfico 3 - Carregamento médio para ruptura
FONTE: Autora (2015)

Para comparar os dois métodos foi utilizado uma análise estatística, de modo que ocorreu uma diferença significativa para o teste F a 5% de probabilidade de erro no programa estatístico SAS v. 9.0.

Sendo assim, as diferenças entre as médias não são devido ao erro. A alvenaria de vedação convencional é mais resistente ao esforço de cisalhamento.

5 VIABILIDADE ECONOMICA

5.1 COMPOSIÇÕES DE SERVIÇOS UNITÁRIOS

As composições de serviços unitários são informações que auxiliam e servem de referência para elaboração de orçamentos. Quando se trata de alvenarias, essas composições fornecem coeficientes de mão de obra e materiais necessários para construir um metro quadrado de alvenaria.

Na Tabela 5, é possível observar a composição de alvenarias de vedação, segundo o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para o estado do Paraná.

Tabela 5 - Composições de serviços unitários - SINAPI

Código	Descrição	Unidade	Coeficiente	Custos
87499	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos (9x14x24cm) Espessura: 9cm	m ²		
87292	Argamassa	m ³	0,0106	258,97
88309	Pedreiro com encargos complementares	H	2,72	12,53
88316	Servente com encargos complementares	H	1,36	8,88
7267	Bloco cerâmico (9x14x19cm)	Um	37,24	0,26

FONTE: SINAPI (2015).

5.2 COMPOSIÇÃO DE CONSUMO DE MATERIAS E MÃO DE OBRA

5.2.1 Protótipos

Com finalidade de comparar o consumo de materiais entre os dois métodos construtivos, formaram-se composições utilizando as alvenarias anteriormente ensaiadas ao cisalhamento.

Inicialmente, foi verificada a média do volume de argamassa que se depositam nos furos dos blocos cerâmicos, para isso, foram obtidas as dimensões dos furos, possuindo os mesmos 3,5cm x 4,2cm, conforme observado na Figura 20.



Figura 20 - Medidas dos furos dos blocos cerâmicos
FONTE: Autora (2015).

Obtiveram-se também as medidas das profundidades de argamassa que entram nos blocos cerâmicos, para isso foram considerados 24 furos, os quais resultaram em uma profundidade média de 3,6cm. Os valores individuais estão dispostos no Apêndice E.

No entanto, como pode ser observada na Figura 21, a profundidade de argamassa é irregular, sendo assim, para cálculo do volume considerou-se a área dos furos multiplicada pela metade da profundidade média.



Figura 21 - Argamassa armazenada nos furos de blocos cerâmicos
FONTE: Autora (2015).

Com as medidas disponíveis é possível obter o volume médio de argamassa presente em cada furo e assim, considerando o bloco cerâmico utilizado, o qual possui seis furos e é preenchido por argamassa nas duas faces, obteve-se o volume total de argamassa no mesmo. Esses valores estão disponíveis na Tabela 6.

Tabela 6 - Volume de argamassa presente nos furos do bloco cerâmico

Volume em um furo (m ³)	Volume nos seis furos do bloco cerâmico (m ³)
0,000027	0,000324

FONTE: Autora (2015).

Posteriormente, foram verificadas as juntas de argamassa de assentamento, possuindo as mesmas, espessura média de 1,5 cm. Para cálculo de volume, foi considerado um bloco como modelo base, possuindo este, juntas horizontais e verticais (Figura 22), as cotas estão representadas em centímetros.

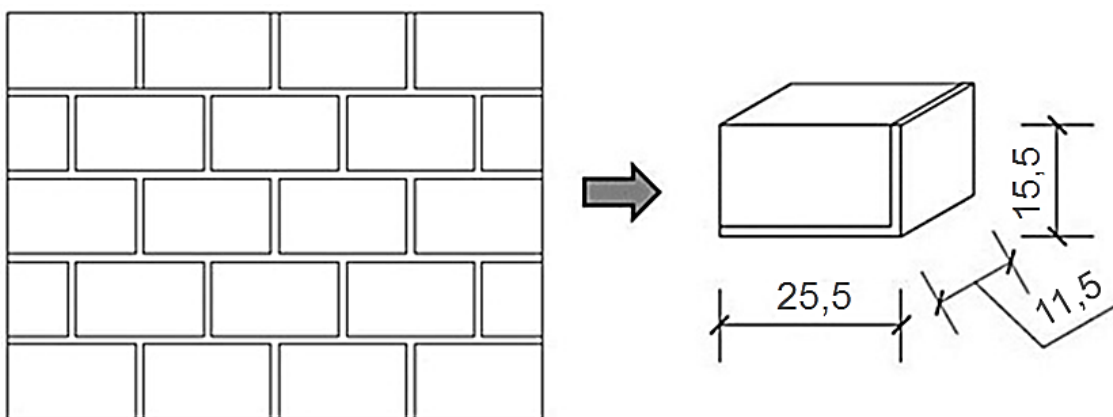


Figura 22 - Modelo base de bloco cerâmico com juntas verticais
FONTE: Autora (2015).

Com as dimensões do bloco e a espessura das juntas, obteve-se o volume de argamassa (m^3).

Do mesmo modo, foram verificadas as alvenarias construídas por juntas secas, sendo assim, considerou-se outro bloco como modelo base, tendo este apenas juntas horizontais de 1,5 cm (Figura 23).

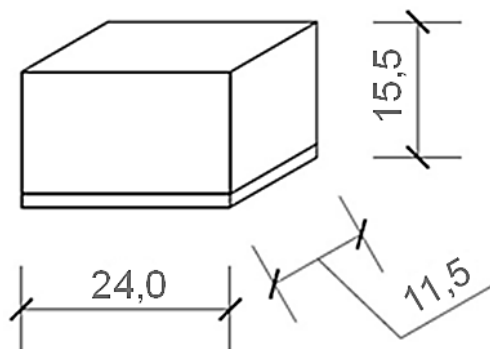


Figura 23 - Modelo base de bloco cerâmico sem juntas verticais
FONTE: Autora (2015).

A Tabela 7 apresenta os resultados dos volumes de argamassa para as juntas de assentamento calculados para os dois blocos usados como modelo base. Para os blocos com juntas verticais, foram somados o volume de argamassa presente nos furos.

Tabela 7 - Volume de argamassa das juntas de assentamento

Juntas horizontais, verticais e nos seis furos (m ³)	Juntas horizontais (m ³)
0,0010	0,000414

FONTE: Autora (2015).

Com os volumes disponíveis, foi determinado o coeficiente do volume de argamassa total necessário para construção de um metro quadrado de alvenaria convencional e também com juntas secas, a fim de comparar o consumo de argamassa e blocos cerâmicos, os resultados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Coeficiente de materiais necessários por m² de alvenaria

Método Construtivo	Componentes	Unidade de medida	Consumo
Convencional	Blocos cerâmicos	un	26
	Argamassa	m ³	0,0261
Com juntas verticais secas	Blocos cerâmicos	un	27
	Argamassa	m ³	0,0112

FONTE: Autora (2015).

No Gráfico 4 é possível visualizar o consumo de argamassa para um metro quadrado de alvenaria.

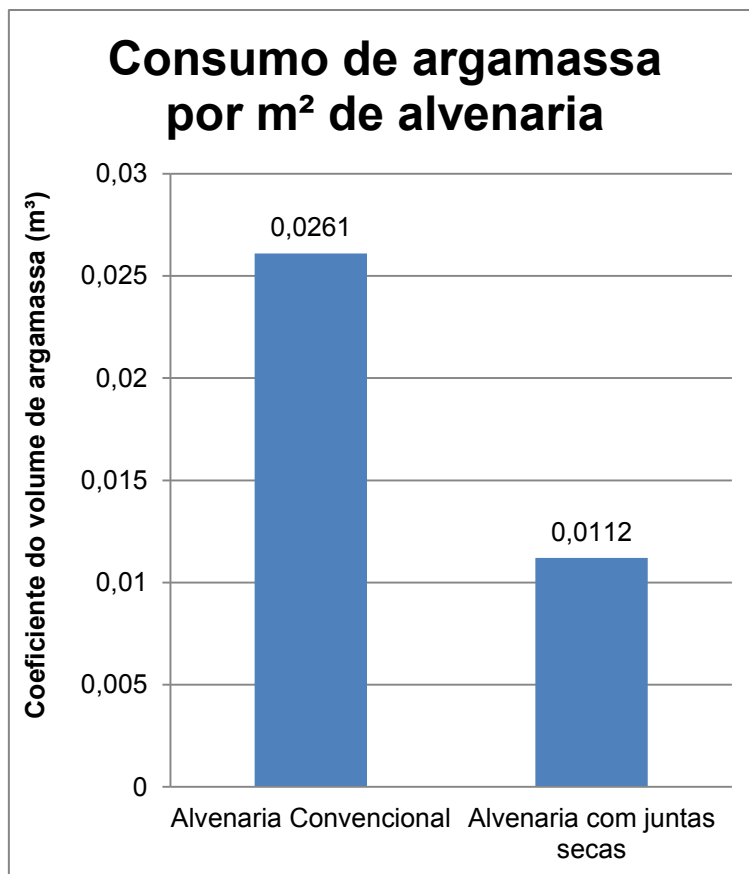


Gráfico 4 - Consumo de argamassa por m² de alvenaria
FONTE: Autora (2015).

5.2.2 In loco

O mesmo procedimento foi realizado *in loco*, a fim de verificar o consumo de argamassa em obra, portanto, foram conferidas as dimensões dos blocos cerâmicos, sendo 11,5x14x24cm, os quais possuem seis furos de 3,5x4,2cm. Posteriormente, obteve-se as profundidades de argamassa que entram em cada furo, conforme observado na Figura 24.



Figura 24 - Corpos de prova prismáticos de argamassa
FONTE: Autora (2015).

Foram obtidas seis medidas, as quais resultaram em uma profundidade média de 4,7cm, com isso foi possível verificar o volume médio de argamassa consumido em cada furo e no bloco cerâmico. A Tabela 9, apresenta esses volumes.

Tabela 9 - Volume de argamassa presente no bloco cerâmico

Volume em um furo (m ³)	Volume nos seis furos do bloco cerâmico (m ³)
0,0000345	0,000414

FONTE: Autora (2015).

Posteriormente, foi calculado o volume médio de argamassa das juntas de assentamento. Para estas foi novamente considerado 1,5 cm de espessura. Conforme anteriormente, esse volume foi calculado para um bloco, o qual serviu de modelo base. A Tabela 10, apresenta os volumes necessários para os dois métodos construtivos em estudo.

Tabela 10 - Volume de argamassa das juntas de assentamento

Juntas horizontais, verticais e furos (m ³)	Juntas horizontais (m ³)
0,00109	0,000414

FONTE: Autora (2015).

Novamente foi realizada uma composição a fim de verificar o consumo dos materiais para construção de um metro quadrado de alvenaria, os valores estão disponíveis na Tabela 11.

Tabela 11 - Coeficiente de materiais necessários por m² de alvenaria

Método Construtivo	Componentes	Unidade de medida	Consumo
Convencional	Blocos cerâmicos	un	26
	Argamassa	m ³	0,0284
Com juntas verticais secas	Blocos cerâmicos	un	27
	Argamassa	m ³	0,0112

FONTE: Autora (2015).

No Gráfico 5 é possível visualizar tal consumo de argamassa para um metro quadrado de alvenaria.

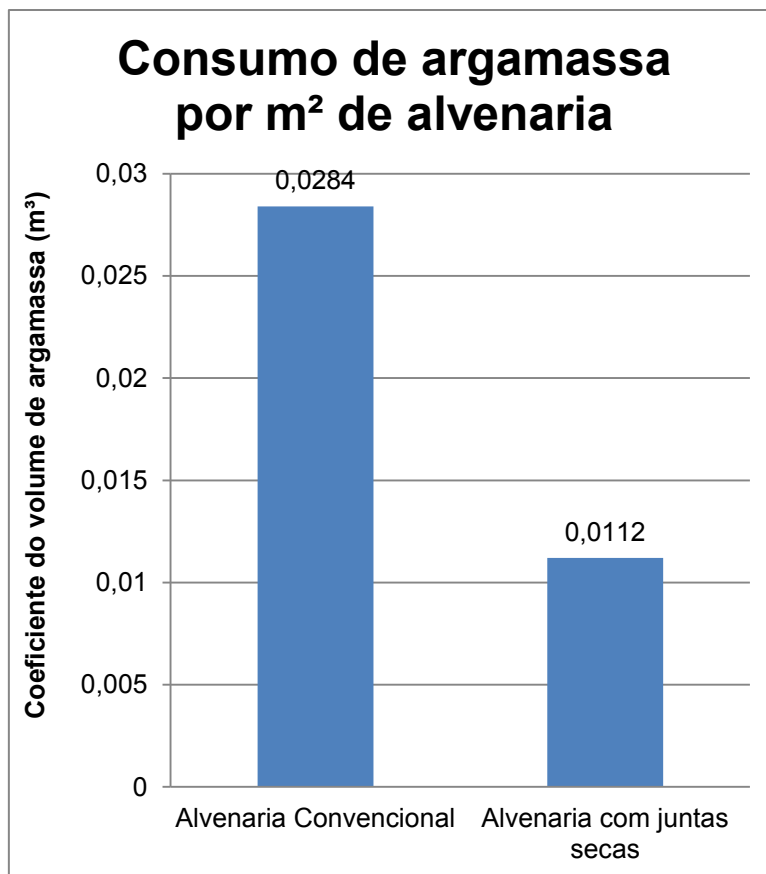


Gráfico 5 - Consumo de argamassa por m² de alvenaria
FONTE: Autora (2015).

5.2.3 Mão de obra

Além da verificação dos materiais, foi estudado o coeficiente de tempo necessário de mão de obra para construção de um metro quadrado de alvenaria.

Com os dados coletados em obra, constatou-se que um funcionário faz em média 12m² de alvenaria em 8 horas. Já considerando as alvenarias com juntas secas, segundo funcionários da obra, esse tempo pode diminuir em até 25%. Desse modo, a Tabela 12 apresenta os coeficientes de mão de obra.

Tabela 12- Composição de mão de obra por m² de alvenaria

Método Construtivo	Componentes	Unidade de medida	Consumo
Convencional	Pedreiro	h	0,67
	Servente	h	0,67
Com juntas verticais secas	Pedreiro	h	0,50
	Servente	h	0,50

FONTE: Autora (2015).

5.3 COMPARAÇÃO DE CUSTOS

Para verificar a diferença em custos, foi pesquisado o preço da argamassa usinada em uma empresa da região, a qual forneceu o valor de R\$ 265,00 por m³. Verificou-se também os preços do milheiro de blocos cerâmicos, sendo este em média de R\$ 650,00.

O custo da mão de obra foi adotado de acordo com o Sindicato da indústria da construção civil do Paraná (SINDUSCON-PR), sendo no mês de maio de 2015 o piso salarial de R\$4,73 para servente e R\$6,67 para o pedreiro. Os encargos sociais totalizaram em 88,52%, desse modo o custo de um servente é R\$ 8,92 e de um pedreiro, R\$ 12,57 por hora, resultando em um custo total de R\$ 21,49 com mão de obra por hora.

A Tabela 13 apresenta os custos unitários de cada insumo e mão de obra para construção de um metro quadrado de alvenaria, bem como o custo total.

Tabela 13 - Custos dos dois métodos construtivos por m² de alvenaria

Alvenarias	Método construtivo	Custo de argamassa	Custo dos blocos cerâmicos	Mão de Obra	Custo total
Protótipos	Convencional	R\$ 6,92	R\$ 16,90	R\$14,40	R\$ 38,22
	Com juntas secas	R\$ 2,97	R\$ 17,55	R\$10,75	R\$ 31,27
In loco	Convencional	R\$ 7,53	R\$ 16,90	R\$14,40	R\$ 38,83
	Com juntas secas	R\$ 2,97	R\$ 17,55	\$10,75	R\$ 31,27

FONTE: Autora (2015).

No Gráfico 6 é possível visualizar a diferença de custos relativos à argamassa para os dois métodos construtivos.

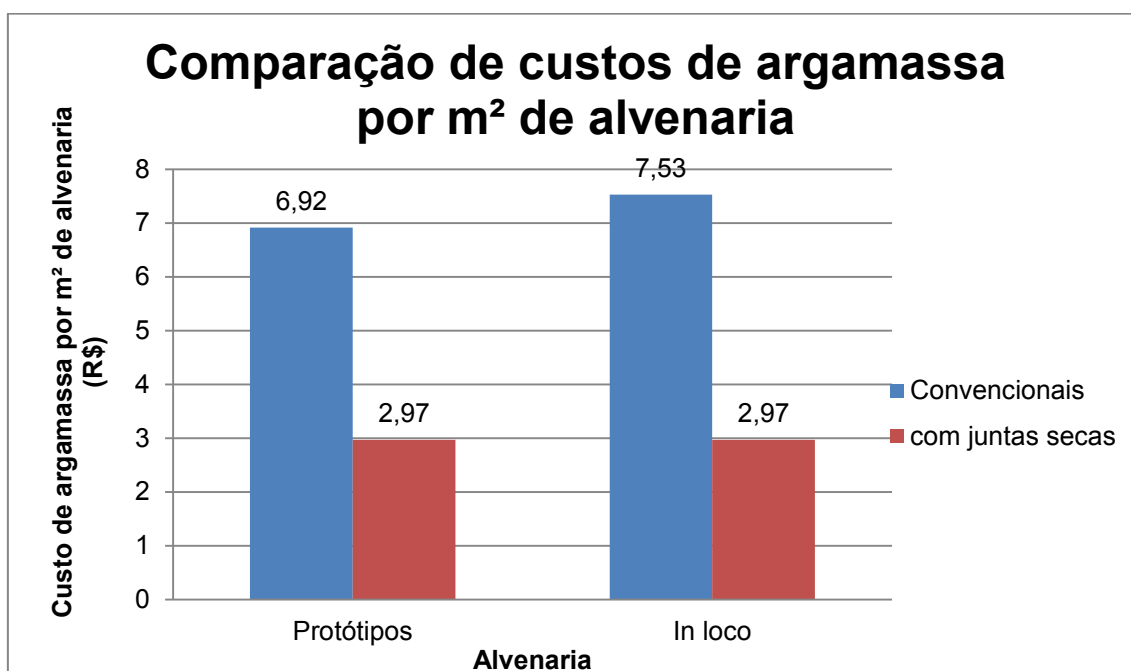


Gráfico 6 - Comparação de custos de argamassa por m² de alvenaria

FONTE: Autora (2015).

Com os dados disponíveis, verificou-se que nos protótipos o consumo de argamassa diminuiu em 57%, já *in loco*, essa diferença foi de 60,56%.

No Gráfico 7 é possível observar os custos referentes aos blocos cerâmicos para alvenarias convencionais e com juntas secas.

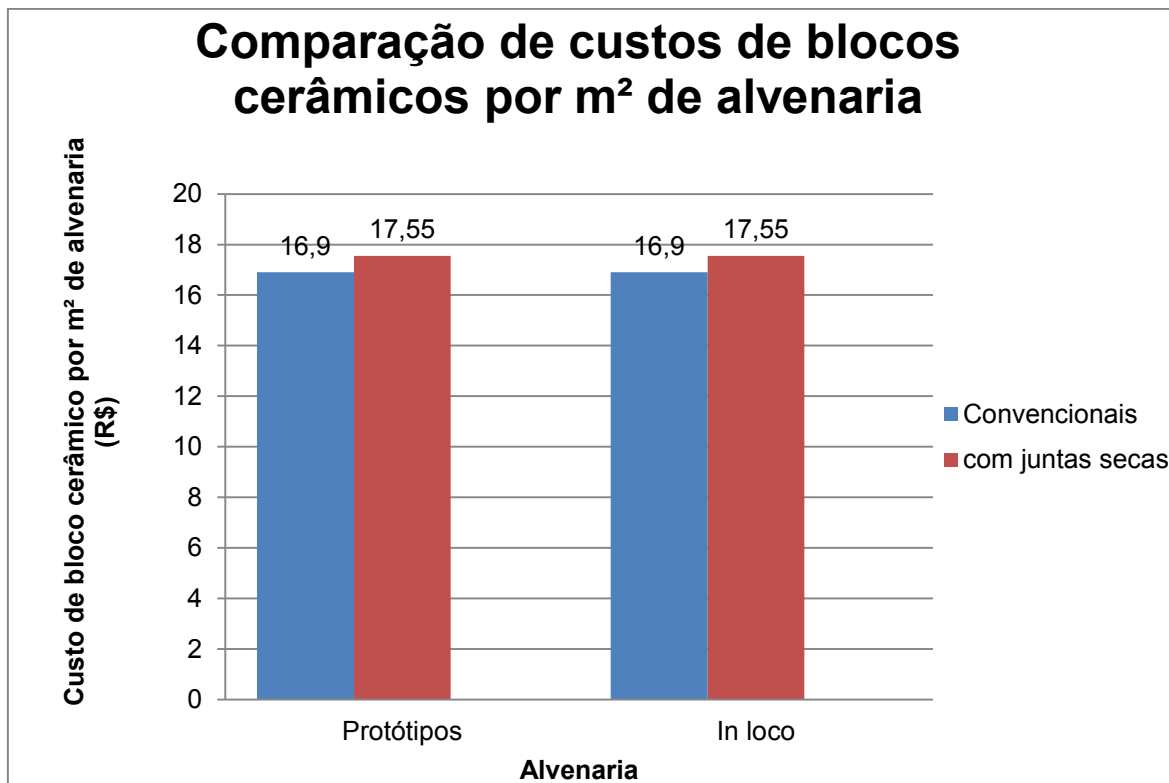


Gráfico 7 - Comparação de custos de blocos cerâmicos
FONTE: Autora (2015).

De acordo com os dados, as alvenarias com juntas secas, apresentaram um aumento de 3,70% no custo com blocos cerâmicos.

No Gráfico 8 é possível observar o custo total de materiais necessários para os dois métodos construtivos.

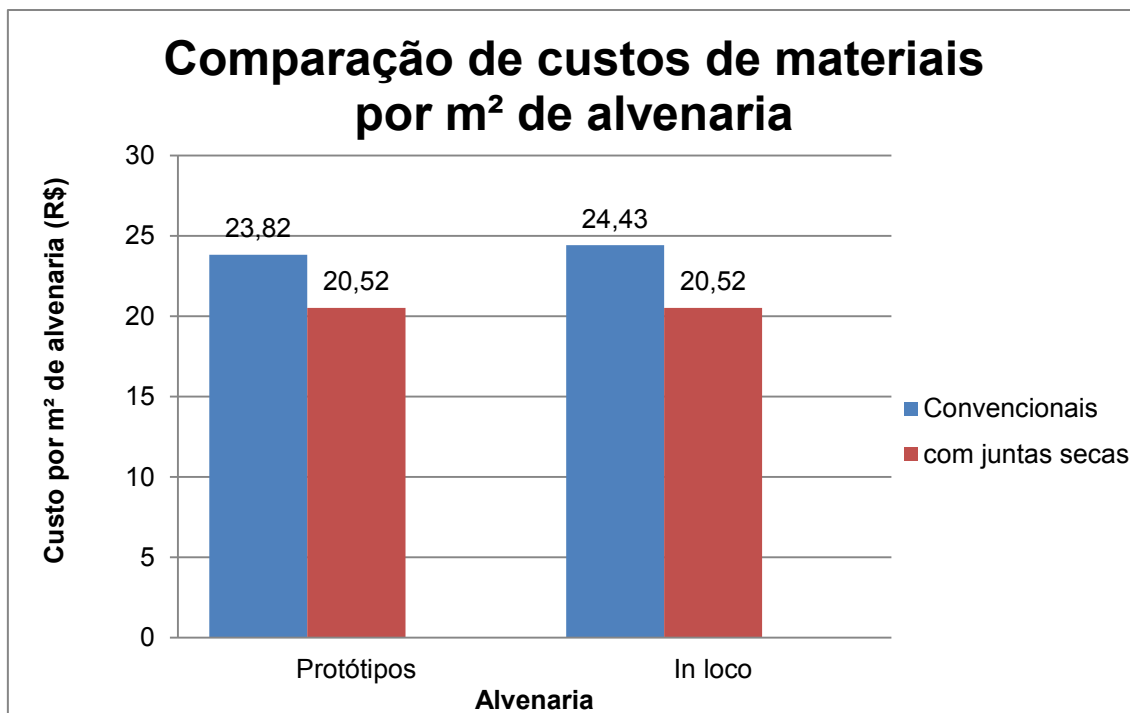


Gráfico 8 - Comparação de custos de materiais
FONTE: Autora (2015).

Desse modo, o consumo total de materiais utilizado nas alvenarias com juntas secas segundo os protótipos é em média de 13,85% menor quando comparado às alvenarias convencionais. Já no estudo realizado em obra, essa diferença sobe para 16%.

Acrescentando os custos com mão de obra, obtém-se o custo total para a construção de um metro quadrado de alvenaria (Gráfico 9).

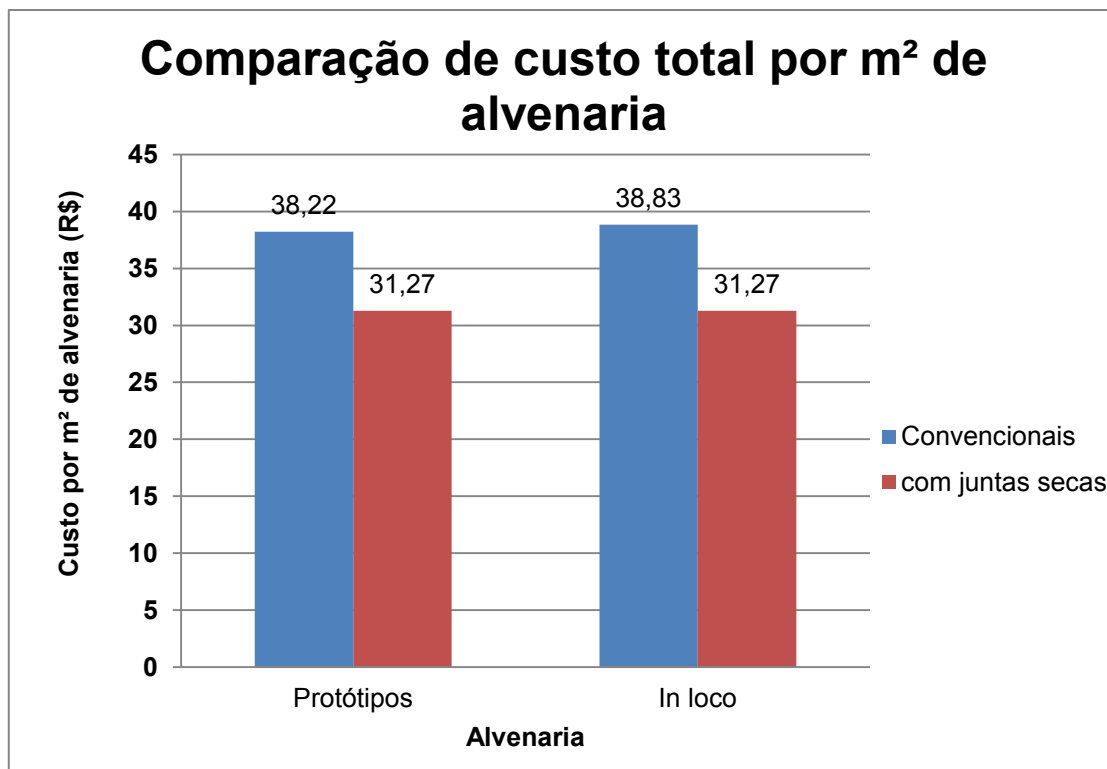


Gráfico 9 - Comparação de custo total
FONTE: Autora (2015).

Verifica-se, que de acordo com a composição dos protótipos de alvenaria, o custo total para construção de um metro quadrado de alvenaria com juntas secas é 18,18% menor se comparada à alvenaria convencional, já conforme as composições realizadas em obra, essa porcentagem aumenta para 19,47%.

5.3.1 Proporção sobre o orçamento global da obra

Segundo a Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, no ano de 2014 a cidade de Francisco Beltrão-PR, apresentou 234.144m² de área construída.

De acordo com o SINDUSCON-PR no mês de maio de 2015 o custo unitário básico por metro quadrado (CUB) é R\$1.138,70 e segundo Rodrigues (2013), as alvenarias representam em média de 5% do custo total de uma obra.

Desse modo, aplicando o preço do CUB para toda área construída em Francisco Beltrão, resultaria em um custo de R\$266.619.772,80 e com o percentual de 5% para alvenarias, estas custariam R\$13.330.988,64.

Conforme composições realizadas anteriormente *in loco*, as alvenarias com juntas secas proporcionam uma economia de 19,47% no custo total da alvenaria. Desse modo, para a cidade de Francisco Beltrão no ano de 2014, as alvenarias com juntas verticais secas custariam R\$10.735.445,15 proporcionando uma economia total de R\$2.595.543,49.

CONCLUSÃO

Atualmente, uma prática que está se abrangendo em muitas obras é a construção de alvenarias de vedação com juntas verticais secas, porém não há muitas referências que verificam se há possibilidade deste método causar efeitos negativos nas obras. Um dos motivos é o fato destas alvenarias não possuírem função estrutural e não proporcionarem riscos para edificação, porém, patologias nas alvenarias de vedação são efeitos muito indesejados ao consumidor.

Muitas vezes as alvenarias de vedação são submetidas a esforços resultantes da deformação da estrutura, ou ainda decorrentes de impactos, e cargas de utilização, os quais podem gerar patologias nas alvenarias.

Nos ensaios de cisalhamento realizados nas alvenarias no decorrer deste trabalho, mostraram que as constituídas por juntas verticais secas, possuem uma menor resistência se comparadas às alvenarias convencionais. Sabe-se que algumas patologias podem ser originadas devido aos esforços cisalhantes, podendo dessa maneira favorecer o surgimento dessas patologias nas alvenarias com juntas secas. Por outro lado, não há requisitos especificados para a resistência ao esforço cisalhante que uma alvenaria de vedação deve resistir, sendo assim, a verificação apenas da resistência ao cisalhamento não é suficiente para definir se as alvenarias com juntas verticais secas são eficientes ou não.

Considera-se também que para os ensaios realizados foram utilizados blocos cerâmicos com resistências bastante variáveis, proporcionando ao protótipo uma baixa resistência mecânica. Porém, sabe-se que em obras a resistência dos blocos cerâmicos não é levada em consideração, e ainda, a dosagem da argamassa de assentamento é pouco exata. Dessa maneira, a heterogeneidade dos protótipos é semelhante ao que ocorre nas obras.

Por outro lado, comparando a parte econômica, há uma grande diferença no consumo dos materiais, principalmente quando considerada a argamassa de assentamento, além disso, minimiza consideravelmente o tempo necessário de produção. As alvenarias com juntas secas resultam em uma economia significativa quando comparadas às alvenarias convencionais.

Portanto, o ideal é aplicar outros ensaios comparando os dois métodos construtivos, levando em consideração a estanqueidade à água, isolamento acústico, resistência a impactos, resistência ao fogo, para assim afirmar a eficiência ou não das alvenarias com juntas verticais secas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

_____ **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.

_____ **NBR15270-1:** Componentes cerâmicos parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação –Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____ **NBR15270-3:** Componentes cerâmicos parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação –Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

_____ **NBR14321:** Paredes de alvenaria estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento. Rio de Janeiro, 1999.

_____ **NBR15575:** Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. 2013.

ÁVILA, Antonio V.; LOPES, Oscar C.; LIBRELOTTO, Liziane I. **Orçamento de obras.** Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2003.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura.** 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 1997.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

BORGES, Alberto de Campos. **Prática das pequenas construções.** 9. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

CARASEK, Helena. **Materiais de construção civil: Argamassa**. Editor: Geraldo C. Isaia, IBRACON, (2007). Disponível em: <http://aquarius.ime.eb.br/~moniz/matconst2/argamassa_ibracon_cap26_apresentacao.pdf> Acesso em: 18 nov. 2014.

THOMAS, Ercio [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.

GOMES, N. S. **A resistência das paredes de alvenaria**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A., 1996.

LORDSLEEM JUNIOR, Alberto Casado. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 1997.

MAGALHÃES, Ernani Freitas de. **Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004.

MARTINS, Helga Ferreira. **Resistência ao cisalhamento de alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

MIRANDA, Larissa de Almeida. **Estudo do efeito do não preenchimento das juntas verticais e eficiência do graute na resistência da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. Dissertação Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

MOTA, J. A. R. **Influência da junta vertical na resistência à compressão de prismas em alvenaria estrutural de blocos de concreto e blocos de concreto celular autoclavado**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

OLIVEIRA, Juliana T.; LOURENÇO, Paulo B. e BARROS, Joaquim A. **Painéis de Alvenaria Cerâmica com Juntas de Concreto Submetidos a Ensaio de Cisalhamento**. Artigo – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Belo Horizonte, 2002.

PARSEKIAN, Guilherme A., HAMID Ahmad A. e DRYSDALE Robert G. **Comportamento e dimensionamento de Alvenaria Estrutural**. 2. ed. São Carlos: EduFSCar, 2013.

RIPPER, Ernesto. **Manual Prático de Materiais de Construção**. São Paulo: Pini, 1995.

RODRIGUES, Matheus de Luna. **Ganhos na construção com a adoção da alvenaria racionalizada**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2013.

SABBATINI, Fernando Henrique. Notas de aula: assunto: **Paredes de vedação em alvenaria**. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, 2001. Disponível em: <<http://www.demc.ufmg.br/dalmo/Apresenta%E7%E3oAlvenaria1.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2014.

SINDUSCON-PR, Sindicato da Indústria da Construção Civil no Paraná. Disponível em: <<http://www.sinduscon-pr.com.br>>. Acesso em: 28 mai. 2015.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na construção civil**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

VINCENZO, Daniela Souza de. **Análise de tensões em alvenarias de vedação**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2006.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 2. ed. São Paulo: Editora Pini, 1999.

APÊNDICE A – ENSAIO À COMPRESSÃO AXIAL DA ARGAMASSA

A Tabela 14 apresenta os valores parciais da resistência à compressão da argamassa.

Tabela 14 - Resultado do ensaio da resistência à compressão da argamassa.

Corpo de prova	Força Máxima (N)	Resistência à Compressão (Mpa)
1	2517	1,57
2	2408	1,51
3	2138	1,34
4	2227	1,39
5	2397	1,50
6	2289	1,43

FONTE: Autora (2015).

APÊNDICE B – ENSAIO À COMPRESSÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS

A Tabela 15 disponibiliza os valores individuais de ruptura em cada bloco quando submetidos ao ensaio de compressão, bem como as medidas geométricas de cada um.

Tabela 15 - Resultado do ensaio de resistência à compressão dos blocos.

Bloco	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Carregamento (N)	Ruptura (Mpa)
1	11,6	14,2	24,1	9909	0,36
2	11,5	13,9	24,3	10318	0,37
3	11,5	14,0	24,1	5324	0,19
4	11,6	13,9	24,3	9000	0,33
5	11,3	14,0	24,2	10738	0,39
6	11,4	14,0	24,2	7711	0,28
7	11,6	13,9	24,3	13055	0,47
8	11,5	14,1	24,2	3746	0,14
9	11,4	13,9	23,9	6443	0,23
10	11,6	13,9	23,9	11897	0,43
11	11,6	13,9	24,0	14024	0,51
12	11,6	14,0	24,1	8241	0,30
13	11,4	14,0	24,1	9140	0,33

FONTE: Autora (2015).

APÊNDICE C – INDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS BLOCOS

A Tabela 16 fornece os valores da massa seca (m_s), massa úmida (m_u) e ainda o índice de absorção de água referente a cada bloco utilizado como corpo de prova.

Tabela 16 - Índice de absorção de água dos blocos.

Bloco	Massa Seca (m_s)	Massa Úmida (m_u)	Absorção de água (%)
2	2748	3407	23,98
3	2722	3354,5	23,23
4	2735,5	3385	23.74
6	2698,5	3343,5	23,90
11	2676,5	3305,5	23,50
12	2705	3356	24,06

FONTE: Autora (2015).

APÊNDICE D – GRANULOMETRIA DA AREIA

Na Tabela 17 estão disponíveis as massas retidas nas peneiras para verificação da granulometria da areia.

Tabela 17 - Granulometria da areia natural

Peneiras (mm)	Amostra 1			Amostra 2			Média	
	Massa retida (g)	%Retida	%Retida acumulada	Massa retida (g)	%Retida	%Retida acumulada	%Retida	%Retida acumulada
4,8	0,43	0,08	0,08	0,11	0,02	0,02	0,05	0,05
2,4	5,05	0,91	0,99	4,01	0,79	0,81	0,85	0,90
1,2	28,32	5,09	6,08	27,18	5,37	6,18	5,23	6,13
0,60	95,57	17,19	23,27	95,09	18,80	24,98	18,00	24,13
0,30	254,80	45,83	69,1	241,37	47,73	72,71	46,78	70,91
0,15	152,05	27,35	96,45	127,05	25,12	97,83	26,23	97,14
Fundo	19,79	3,56	100	10,94	2,16	100	2,86	100
Total	556,01	100%	100%	505,75	100%	100%	100	100

FONTE: Autora (2015).

O módulo de finura da areia é determinado com a soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras, dividido por cem. Dessa maneira, o módulo de finura da areia utilizada é de 1,99.

**APÊNDICE E – PROFUNDIDADE DE ARGAMASSA DENTRO DOS FUROS
DOS BLOCOS CERÂMICOS**

Na Tabela 18 estão dispostos os valores individuais da profundidade de argamassa presente nos furos dos blocos cerâmicos

Tabela 18 - Profundidade de argamassa dentro dos furos dos blocos cerâmicos

Furos	Profundidade de argamassa (cm)
1	4,0
2	4,5
3	4,4
4	2,0
5	4,5
6	3,5
7	2,9
8	5,2
9	3,3
10	4,9
11	4,4
12	5,0
13	3,5
14	3,0
15	3,7
16	2,5
17	2,8
18	4,3
19	2,9
20	3,5
21	3,9
22	2,5
23	2,0
24	3,5

FONTE: Autora (2015).