



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANNA GABRIELA FECHINE LEITE

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DE PREENCHIMENTO DE JUNTAS DE
ARGAMASSA EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

João Pessoa - PB

Junho de 2016

ANNA GABRIELA FECHINE LEITE

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DE PREENCHIMENTO DE JUNTAS DE ARGAMASSA
EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de conclusão de curso submetido à Banca Examinadora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito obrigatório à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Leal Pimentel

João Pessoa – PB

2016

L533a

Leite, Anna Gabriela Fechine

Avaliação do efeito de preenchimento de juntas de argamassa em alvenaria estrutural. / Anna Gabriela Fechine Leite. - João Pessoa, 2016.

51f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Professor Doutor Roberto Leal Pimentel

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) / Centro de Tecnologia / Campus I / Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

1. Prismas 2. Juntas de Assentamento 3. Argamassa 4. Blocos Cerâmicos I. Título.

BS/UFPB

CDU(2.ed.): 691.53(043)

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANNA GABRIELA FECHINE LEITE

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DE PREENCHIMENTO DE JUNTAS DE ARGAMASSA
EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso em 03/06/2016 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Roberto Leal Pimentel
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Prof. Dr. Givanildo Alves de Azeredo
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Prof. Carlos Antônio Taurino de Lucena
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Prof^a. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga, DSc.
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Dedicatória:

*Dedico este trabalho a minha mãe, a minha irmã,
a minha avó Socorro e a toda minha família,
pois sem eles eu não teria chegado até aqui.*

*A vocês, que sempre me apoiaram e incentivaram
meus estudos, sendo os alicerces do meu sucesso.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minha mãe, aquela que sempre se dedicou inteiramente aos meus estudos e que sempre colocou a educação em primeiro lugar nas nossas vidas. Agradeço por ter me apoiado na escolha de cursar Engenharia Civil e por ter me acompanhado nessa jornada de cinco anos.

Agradeço a minha irmã por sempre estar ao meu lado nas minhas conquistas e também pela paciência e apoio durante esse tempo da graduação.

Agradeço ao meu pai, ao meu irmão e a toda minha família por todo apoio que me deram.

Agradeço aos meus avós por terem feito parte da minha criação e por terem sempre me incentivado a seguir pelo caminho certo.

Agradeço a minha tia Roberta por ter sido meu exemplo e inspiração.

Agradeço aos técnicos do Laboratório de Ensaios de Estruturas e Materiais (LABEME) por terem me auxiliado e se disponibilizado a participar dos ensaios necessários para este trabalho.

Agradeço ao professor Roberto por ter me aceitado como orientanda e por ter se empenhado a concluir nosso trabalho com resultado satisfatório.

Agradeço ao professor Givanildo e ao seu aluno de mestrado, Dimas, por ajudarem na compra dos materiais necessários aos ensaios.

Por fim, agradeço a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para o sucesso deste trabalho.

RESUMO

A execução de alvenaria estrutural tem registros em obras históricas, como as Pirâmides de Guizé, Farol de Alexandria, Catedral de Reims e outras. Até então, essas obras eram construídas com base em experiências e processos de erros e acertos. Foi no século XIX que se iniciaram as pesquisas de caráter científico acerca do assunto. No Brasil, apesar de um desenvolvimento lento e tardio, a alvenaria estrutural ganhou impulso tanto do ponto de vista de execução quanto do ponto de vista normativo. No processo executivo de estruturas de alvenaria estrutural, o preenchimento das juntas de argamassa pode ser fator determinante no rendimento da obra, bem como na resistência da estrutura. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo analisar comparativamente, com foco na resistência à compressão, os efeitos da execução de prismas de alvenaria com três tipos de configurações: com juntas de argamassa de assentamento totalmente preenchidas; com juntas parcialmente preenchidas (juntas longitudinais) e com juntas parcialmente preenchidas com adição de revestimento nos blocos. Foram montados 12 prismas de blocos cerâmicos de cada configuração que, após 28 dias, foram sujeitos a ensaios de compressão. Verificou-se que executar totalmente as juntas de assentamento reflete a maior resistência e que a diferença entre se executar parcialmente as juntas e parcialmente com revestimento é um acréscimo de apenas 5%. Portanto, o ganho de tempo em não se executar na totalidade as juntas de argamassa não é compensado pela aplicação do revestimento nos prismas, pois há perda considerável de resistência.

Palavras-chave: Prismas, Juntas de Assentamento, Argamassa, Blocos Cerâmicos.

ABSTRACT

The execution of structural masonry is recorded in historical buildings such as the Pyramids of Giza, Lighthouse of Alexandria and Notre-Dame Cathedral of Reims. Until then, those structures were built on the basis of experiments, mistakes and successes. First scientific researches on the subject were conducted in the 19th century. In Brazil, despite the slow and late development, structural masonry gained momentum in terms of execution and legislation. In the building process of structural masonry structures, filling the joints with mortar can be a determining factor for work efficiency and strength of the structure. In this vein, this work aims to carry out comparative analyses of the effects of executing masonry prisms in three different shapes, focusing on the compressive strength. The three shapes are: mortar joints fully filled; mortar joints partially filled (longitudinal joints) and mortar joints partially filled in masonry prisms with coating application. Twelve masonry prisms were casted for each shape and, at the age of 28 days, they were subject to compressive strength test. It has been shown that completely filled joints provide higher strength to the prisms, while the difference between partially filled joints and partially filled joints in coated prisms is the gain of 5% in compressive strength. Therefore, saving time in the partial filling of joints is not offset by coating application, because there is considerable loss in strength.

Key words: Masonry prisms, Mortar joints, Mortar, Ceramic Blocks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pirâmides de Guizé	4
Figura 2 – Farol de Alexandria.....	5
Figura 3 – Catedral de Reims	5
Figura 4 - Primeiros edifícios de alvenaria estrutural (a) Com 04 pavimentos (b) Com 12 pavimentos.....	7
Figura 5 - Blocos cerâmicos estruturais (a) De paredes vazadas (b) De paredes maciças (c) Perfurados.....	9
Figura 6 - Planta do bloco estrutural com paredes vazadas.....	10
Figura 7 - Planta do bloco estrutural com paredes maciças	11
Figura 8 - Esquema de ensaio de resistência à tração indireta do bloco	12
Figura 9 - Modelos de prismas utilizados experimentalmente	14
Figura 10 – Configurações ilustrativas dos prismas que foram estudados (a) Tipo 1 (b) Tipo 2 (c) Tipo 3	17
Figura 11 - Configurações reais dos prismas que foram estudados (a) Tipo 1 (b) Tipo 2 (c) Tipo 3	18
Figura 12 - Dimensões do bloco cerâmico 15 x 30.....	19
Figura 13 - Blocos para experimento	19
Figura 14 - Areia para experimento.....	20
Figura 15 - Aglomerantes para experimento (a) Cimento (b) Cal hidratada.....	20
Figura 16 - Ferramentas utilizadas na montagem dos prismas (a) Palheta (b) Colher de pedreiro (c) Prumo de face.....	21
Figura 17 - Ferramentas utilizadas na confecção de argamassa (a) Carro de mão e pá (b) Betoneira.....	21
Figura 18 - Bancada para montagem dos prismas	22
Figura 19 - Prensa utilizada no rompimento dos prismas	22
Figura 20- Etapas de montagem dos prismas	23
Figura 21 - Capeamento dos prismas	24
Figura 22 - Ensaio de compressão (a) Prismas tipo 1 (b) Prismas tipo 2 (c) Prismas tipo 3 ..	25
Figura 23 - Fator de eficiência estimado dos prismas	29
Figura 24 - Fator diferença entre os prismas	30
Figura 25 - Fissuras no rompimento dos prismas tipo 1	32
Figura 26 – Fissuras no rompimento dos prismas tipo 2.....	33

Figura 27 – Fissuras no rompimento dos prismas tipo 3	35
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tolerâncias dimensionais para blocos cerâmicos estruturais	10
Tabela 2 - Características mecânicas e físicas para blocos cerâmicos estruturais.....	11
Tabela 3 - Valores de ϕ em função da quantidade de corpos de provas (prismas)	16
Tabela 4 - Quantitativo de blocos cerâmicos.....	20
Tabela 5 – Resultados do ensaio de compressão dos prismas tipo 1.....	26
Tabela 6 - Resultados do ensaio de compressão dos prismas tipo 2	27
Tabela 7- Resultados do ensaio de compressão dos prismas tipo 3 (calculado sobre a área total)	27
Tabela 8 - Resultados do ensaio de compressão dos prismas tipo 3 (calculado sobre a área do bloco).....	28
Tabela 9 - Resistência característica à compressão da alvenaria.....	31

LISTA DE SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

AA Absorção de Água

LABEME Laboratório de Ensaios de Estruturas e Materiais

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – OBJETIVOS.....	3
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 – Breve histórico.....	4
3.2 – Definições básicas.....	8
3.3 – Blocos cerâmicos.....	8
3.4 – Argamassa.....	12
3.5 – Prismas.....	13
3.6 – Resistência à compressão na alvenaria.....	15
4 - METODOLOGIA.....	17
4.1 – Montagem dos prismas.....	17
4.2 – Materiais.....	19
4.3 – Aparelhagem.....	21
4.4 – Execução.....	23
5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
5.1 – Ensaio de compressão.....	26
5.2 – Resistência à compressão da alvenaria.....	31
5.3 – Padrão de Fissuração observado.....	32
6 – CONCLUSÃO.....	35
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

1 – INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é uma tecnologia construtiva utilizada desde muito tempo atrás e que deixa suas marcas até os dias de hoje. Apesar de um desenvolvimento um tanto lento e tardio, a alvenaria estrutural atualmente ganhou impulso no Brasil, o que pode ser evidenciado principalmente com aumento de empresas que fabricam os blocos, tanto de concreto quanto blocos cerâmicos.

Os avanços normativos também pesaram para o maior avanço da alvenaria estrutural no país. Recentemente, a ABNT, através do Comitê Brasileiro de Construção (ABNT/CB-02) publicou duas novas normas referentes a projeto, controle e execução de obras de alvenaria estrutural. São elas: a ABNT NBR 15961-1:2011 - Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1 e a ABNT NBR 15961-2:2011 – Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2. Em 2010, também vieram as normas para blocos cerâmicos: a ABNT NBR 15812-1:2010 - Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1 e a ABNT NBR 15812-2:2010 – Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2: Execução e controle de obras.

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual a parede atua como elemento resistente da estrutura e como vedação. As paredes são compostas por blocos (unidades) unidos por juntas de argamassa e preenchidos ou não por graute, podendo conter armadura com função estrutural ou com função apenas construtiva. Juntos, esses componentes são capazes de resistir a cargas além de seu peso próprio.

O método de executar com alvenaria estrutural apresenta vantagens quando comparado aos modelos tradicionais de construção, principalmente pela sua simplicidade e por proporcionar a racionalização do processo. Segundo Mata (2006, p. 7) “é possível se obter uma economia global de até 30% em comparação com os sistemas construtivos convencionais”. Outras características importantes são estética, solidez, durabilidade, baixa manutenção, versatilidade, boas características acústicas e proteção ao fogo.

A resistência à compressão é a característica chave dentro do conceito de alvenaria estrutural. Uma das maneiras de se avaliar tal resistência é através de ensaios experimentais de prismas ou mini-paredes sob compressão axial, nos quais é utilizada a mesma composição do que será aplicado na obra.

De acordo com a ABNT NBR 15812-1 (2010), prismas são corpos de provas obtidos pela superposição de blocos unidos por junta de assentamento, grauteados ou não. Já mini-paredes são um conjunto de unidades de alvenaria ligadas por argamassa, onde os blocos são dispostos alternadamente, utilizando-se também meio-bloco.

No procedimento de construção, o preenchimento das juntas de argamassa pode ser fator determinante na produtividade da obra, bem como na resistência da estrutura. O argamassamento parcial, ou seja, execução apenas das juntas longitudinais, é também utilizado, pois promove maior rapidez no processo de execução. Para executar as juntas transversais, o operário necessita trocar o tipo de ferramenta utilizada, saindo da colher de pedreiro para a palheta, tornando o serviço mais lento.

Nesse sentido, existe a preocupação com a possibilidade de haver uma perda de resistência devido a não execução das juntas transversais que pode ser ou não compensada quando se faz o revestimento nas paredes de alvenaria estrutural.

2 – OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar e comparar o efeito da execução de prismas de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos com juntas de argamassas preenchidas totalmente, parcialmente e parcialmente com revestimento, do ponto de vista de resistência à compressão.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Breve histórico.

A execução de alvenaria estrutural é representada por obras históricas. Um dos grandes exemplos são as Pirâmides de Guizé. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), as pirâmides foram construídas em blocos de pedra que datam aproximadamente 2600 anos antes de Cristo. Foram utilizados aproximadamente 2,3 milhões de blocos, com peso médio de 25kN, porém, do ponto de vista estrutural, não há nada de muito inovador. Os blocos foram sendo colocados uns sobre os outros de modo a constituírem o formato das pirâmides.

Uma obra também marcante no sentido estrutural foi o Farol da Alexandria, pois equivalia a um prédio de 45 pavimentos, no entanto foi destruída por um terremoto no século XIV, restando apenas sua fundação.

Outro exemplo de obras utilizando estruturas comprimidas é a Catedral de Reims. De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), essa obra é um grande conceito de estruturas de alvenaria com interiores que conferem sensação de amplitude e grandeza.

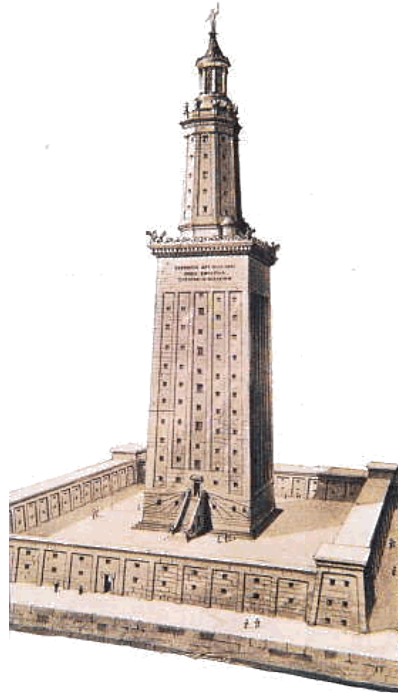
As imagens a seguir estão representando os monumentos históricos acima citados.

Figura 1 – Pirâmides de Guizé



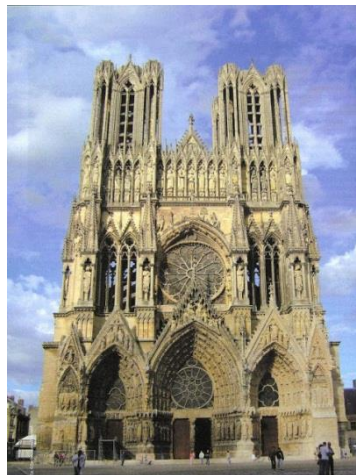
Fonte: <http://orgonites.com.br/piramide-gize/>

Figura 2 – Farol de Alexandria



Fonte: <http://www.fascinioegito.sh06.com/farolale.htm>

Figura 3 – Catedral de Reims



Fonte: <http://catedraismedievais.blogspot.com.br/2010/06/catedral-de-nossa-senhora-de-reims.html>

Outro ponto que merece destaque na linha do tempo da história da alvenaria é a Revolução Industrial, pois com ela técnicas manuais tradicionais foram substituídas pelo uso de máquinas. De acordo com Elliot (1992 apud MATA, 2006) foi nesse período que a indústria

de tijolos sofreu grande avanço devido à introdução do forno em 1858, permitindo que todos os estágios da queima pudessem ser realizados ao mesmo tempo.

Até então, sabe-se que essas obras sempre foram construídas com base na experiência, de forma empírica, através de conhecimentos passados de geração em geração e por tentativas, num processo de erros e acertos. Foi no século XIX que iniciaram pesquisas de caráter científico com objetivos e métodos bem definidos acerca do assunto. Com isso, obras de grande porte passaram a ser realizadas utilizando a alvenaria como elemento estrutural.

No início do século XX, com o surgimento do concreto e aço no mercado da construção civil, juntamente com o aparecimento de novos materiais capazes de erguerem obras de maior porte, a alvenaria deu um passo para trás e passou a ser bastante utilizada apenas como elemento de vedação.

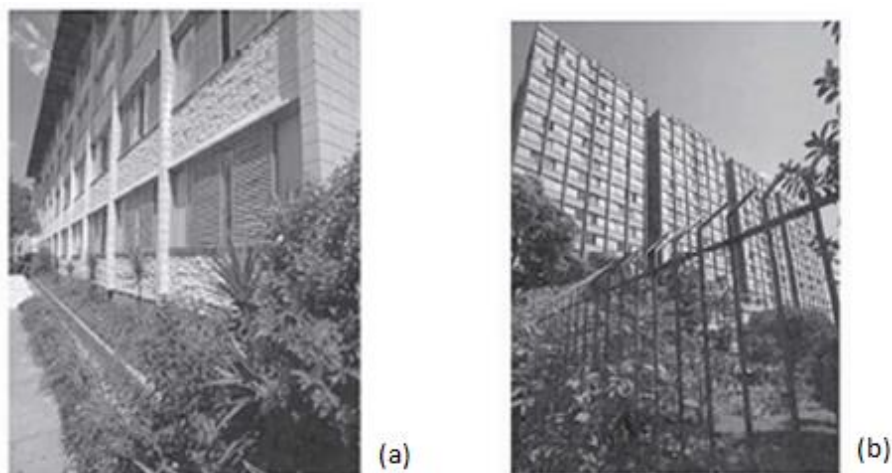
Já na metade do século XX, surgiu a necessidade do mercado em implementar novas técnicas alternativas de construção, visando modelos racionais. Assim, a alvenaria com função estrutural voltou a ser utilizada e dessa vez acompanhada de estudos científicos e criação de normas.

No Brasil, uso de alvenaria como sistema construtivo é utilizado desde o século XVI, quando os portugueses aqui desembarcaram. Porém, a alvenaria como elemento estrutural demorou um pouco a ser introduzida como técnica construtiva.

As primeiras obras de alvenaria estrutural no Brasil ocorreram em São Paulo, no ano de 1966 e foram edifícios de cerca de quatro pavimentos construídos com blocos vazados estruturais, conforme está mostrado na figura 4(a).

Mais tarde, em 1972, também em São Paulo, foram construídas edificações mais elevadas, como por exemplo, o condomínio Central Parque Lapa com 12 pavimentos de blocos de concreto armados (figura 4(b)).

Figura 4 - Primeiros edifícios de alvenaria estrutural (a) Com 04 pavimentos (b) Com 12 pavimentos



Fonte: Ramalho e Corrêa (2003)

Um pouco mais tarde veio o edifício Muriti, em São José dos Campos, com 16 pavimentos também utilizando blocos estruturais de concreto em alvenaria armada.

Somente em 1977 surgiram registros de edifícios em alvenaria não armada, com nove pavimentos. Segundo Ramalho e Corrêa (2003, p. 5), “essas edificações foram executadas com blocos sílico-calcáreos, com 24 cm de espessura para as paredes estruturais”.

Atualmente, no Brasil, o sistema construtivo em alvenaria estrutural tem apresentado um grande avanço, o que pode ser evidenciado principalmente com aumento de empresas que fabricam os blocos, tanto de concreto quanto blocos cerâmicos. A concorrência tem feito com que um número crescente de empresas passe a se preocupar mais com os custos, acelerando as pesquisas e a utilização de novos materiais.

Porém, construções mais rebuscadas de alvenaria estrutural ainda são escassas, o que pode ser explicado pela dificuldade de se competir, no que diz respeito a normas, com materiais como concreto e aço. Ainda há uma carência de estudos e modelos matemáticos que expliquem bem o comportamento de blocos, argamassa e juntas atuando como um sistema único. Uma outra dificuldade encontrada é a formação de engenheiros especializados no assunto, pois ainda não é fácil de se encontrar universidades e institutos que trazem o foco que o conteúdo merece.

3.2 – Definições básicas.

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual a alvenaria atua como elemento resistente e como elemento de vedação. É constituída de um conjunto de unidades chamadas de blocos as quais são unidas entre si por juntas de argamassa e preenchidas ou não com graute, podendo conter armadura com função estrutural ou não.

A primeira característica que vem à tona quando se trata de alvenaria estrutural é a transferência de cargas através de tensões de compressão. Embora também possam existir tensões de tração, estas geralmente não apresentam valores muito elevados e, caso apresentem, tornariam o sistema economicamente inviável.

Conforme Nessralla (2013), existem quatro maneiras de determinar a resistência à compressão de alvenarias: ensaios em unidades (blocos), ensaios de prismas, ensaios em pequenas paredes, mas em escala real; e ensaios em paredes na escala real.

Para a realização desses ensaios, deve-se levar em conta a disponibilidade de materiais, equipamentos, relação custo-benefício e precisão nos resultados. Além disso, uma mão-de-obra especializada é crucial para todos os ensaios.

Nas construções em alvenaria estrutural, por suas vantagens frente aos sistemas construtivos tradicionais e sua simplicidade, encontra-se um vasto campo para trabalhar no sentido do aumento da racionalização, nível de industrialização, produtividade e qualidade, o que resulta em um aumento de produtividade no decorrer da obra.

3.3 – Blocos cerâmicos.

Blocos são as unidades básicas que constituem a alvenaria estrutural responsáveis por proporcionar a resistência ao sistema.

Segundo Nessralla (2013), o tipo de bloco mais utilizado em alvenaria estrutural no Brasil é o bloco cerâmico. De acordo com Fonseca e Roman (1994 e 1983 apud NESSRALLA, 2013), há vários motivos pelos quais é mais vantajoso optar pelo bloco cerâmico, a saber:

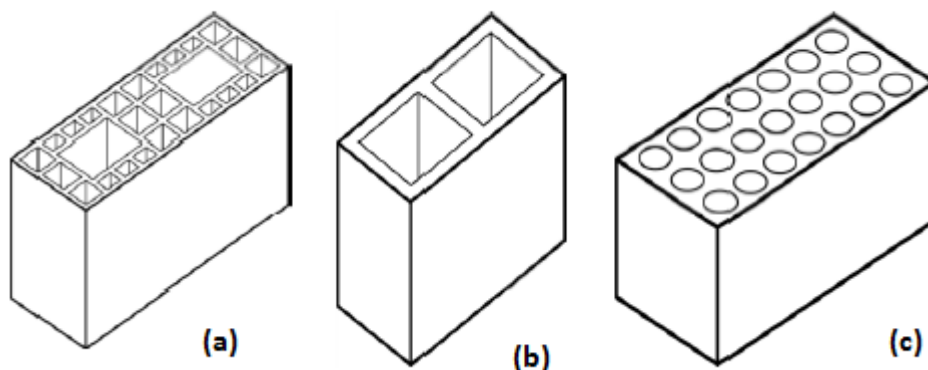
- Facilidade na qualificação da mão-de-obra;

- Boa aderência às argamassas e colas, permitindo o uso de qualquer tipo de revestimento;
- Excelente durabilidade, exigindo pequena ou nenhuma manutenção;
- Alta resistência à chama;
- Fácil transporte e fácil manuseio para o pedreiro;
- Boas características de isolamento térmico e acústico.

Os blocos cerâmicos provêm da argila, portanto todas as suas propriedades são influenciadas pela composição e fabricação dessa matéria-prima. Segundo Rizzati (2003 apud NASCIMENTO, 2015, p. 35), “a argila para a fabricação de blocos deve ter plasticidade quando misturada com água, de maneira que possa ser moldada e, ainda, deve ser capaz de fundir as partículas quando queimada a altas temperaturas”. Conforme Gomes (1983 apud NASCIMENTO, 2015, p. 35), “a produção de blocos cerâmicos deve reunir a experiência estrutural e a tecnologia das argilas, de forma que estes componentes apresentem resistência e durabilidade necessária e proporcionem o conforto ambiental desejado”.

De acordo com a ABNT NBR 15270-2 (2005), bloco cerâmico é o componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm. Eles podem ser de paredes vazadas, de paredes maciças ou perfurados, conforme é mostrado na figura 5.

Figura 5 - Blocos cerâmicos estruturais (a) De paredes vazadas (b) De paredes maciças (c) Perfurados



Fonte: ABNT NBR 15270-2 (2005)

As unidades são consideradas maciças quando possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total. Caso contrário, as unidades são consideradas como vazadas. Essas definições fazem menção à tensão no que se refere às áreas relativas ao bloco. A tensão que se

refere à área total da unidade, desconsiderando-se os vazios, é chamada tensão em relação à área bruta. Já a tensão calculada descontando-se a área de vazios é chamada de tensão em relação à área líquida.

Segundo a ABNT NBR 15270-2 (2005), área bruta é a área da seção de assentamento delimitado pelas arestas do bloco, sem desconto das áreas dos furos; e área líquida é a área da seção de assentamento delimitado pelas arestas do bloco, com desconto das áreas dos furos.

A ABNT NBR 15270-2 (2005) fixa tolerâncias com relação às dimensões dos blocos, conforme é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Tolerâncias dimensionais para blocos cerâmicos estruturais

Grandezas Controladas	Tolerância (mm)
Largura (L)	± 3*
Altura (H)	
Comprimento (C)	
Planeza das faces (F)	< 3
Desvio em relação ao esquadro (D)	< 3
Nota: *Tolerâncias dimensionais em relação à média das dimensões efetivas.	

Fonte: ABNT NBR 1527-2 (2005).

Com relação à espessura dos septos e paredes externas, a norma ABNT NBR 15270-2 (2005) contempla exigências para os blocos de paredes vazadas e de paredes maciças. Os valores estão mostrados nas figuras 6 e 7.

Figura 6 - Planta do bloco estrutural com paredes vazadas

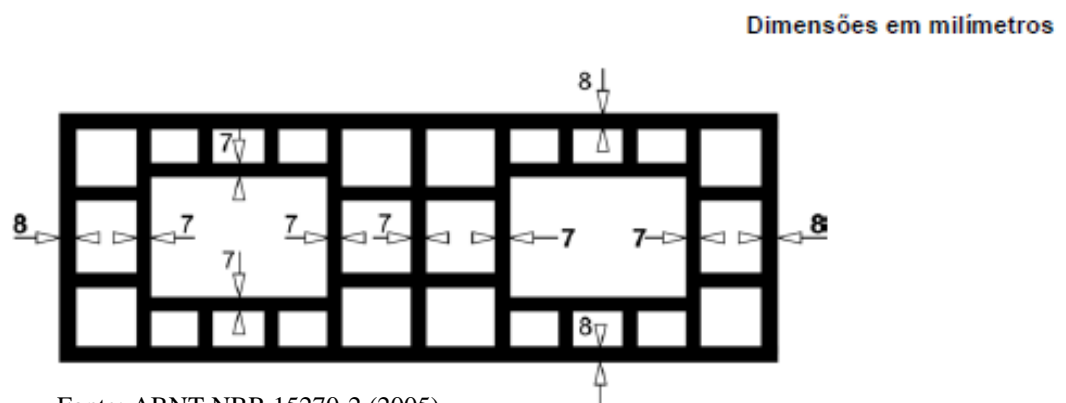
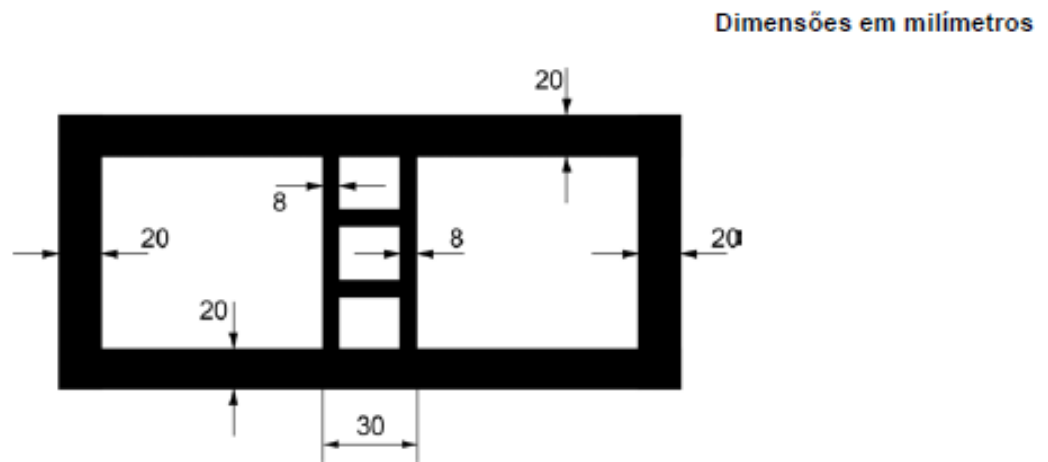


Figura 7 - Planta do bloco estrutural com paredes maciças



Fonte: ABNT NBR 15270-2 (2005)

Quanto às características físicas e mecânicas, a mesma norma determina alguns valores para índice de absorção de água (AA) e resistência característica à compressão (f_{bk}), indicados na Tabela 2.

Tabela 2 - Características mecânicas e físicas para blocos cerâmicos estruturais

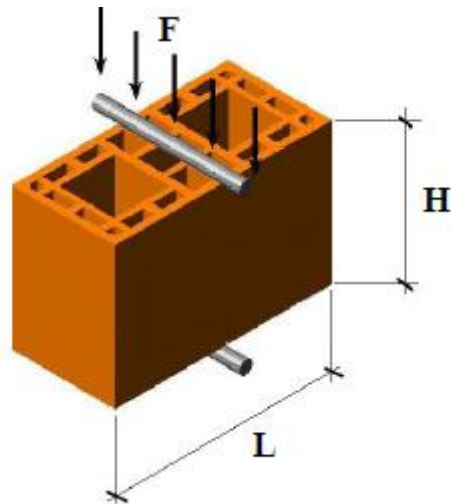
Resistência característica à compressão, na área bruta – f_{bk} (MPa)	Índice de absorção de água - AA (%)
> 3,0	$8 < AA < 22$

Fonte: ABNT NBR 1527-2 (2005).

Outra característica mecânica importante do bloco é sua resistência à tração. Apesar de na alvenaria atuar predominantemente esforços de compressão, podem surgir tensões de tração nos blocos, tornando importante a determinação da sua resistência à tração.

A determinação desta propriedade pode ser realizada de forma indireta por meio de ensaio de compressão, similar ao ensaio de compressão diametral realizado em corpos-de-prova de concreto. No ensaio, para a aplicação da carga de compressão, são posicionadas barras de aço de seção transversal cilíndrica com diâmetro entre 1/12 a 1/8 da altura da amostra e com comprimento maior que a largura do bloco, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Esquema de ensaio de resistência à tração indireta do bloco



Fonte: Nascimento (2015)

3.4 – Argamassa.

A argamassa de assentamento tem a função de unir os blocos, transmitir e uniformizar as tensões entre as várias unidades da alvenaria. Além disso, absorve pequenas deformações e impede a entrada de água e vento nas edificações. São comumente constituídas por areia, cimento, cal e água.

A resistência à compressão não é primordial quando se trata de argamassas de assentamento. Esta deve ser suficiente para resistir os esforços cuja parede está submetida e não deve ser superior à resistência da própria parede. Para desempenhar corretamente as funções que lhes cabem, devem apresentar boas características de trabalhabilidade, plasticidade, resistência e durabilidade.

Hendry (2001 apud NESSRALLA, 2013) diz que a argamassa corresponde a 7% do volume total da construção, mas sua influência nas características finais supera significativamente este valor.

A norma ABNT NBR 15812-1 (2010) especifica que argamassas de assentamento, quando utilizadas em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, devem apresentar resistência à

compressão com valor mínimo de 1,5 MPa e máximo igual a 70% da resistência característica à compressão do bloco (f_{bk}), referida na área líquida.

Quanto à trabalhabilidade, a norma ABNT NBR 8798 (1985) indica o valor de 230 ± 10 mm com relação ao ensaio de consistência pelo método da ABNT NBR 7215 (1996). Essa propriedade é medida no máximo após 15 minutos do amassamento com a quantidade máxima de água a ser empregada para a consistência das argamassas de assentamento, quando utilizadas em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.

O valor ideal para espessura da junta de assentamento da argamassa é de 1 cm, pois a espessura da junta pode interferir nas propriedades da parede. Valores menores são capazes de aumentar a resistência, mas não conseguem absorver as imperfeições que ocorrem nas unidades.

Segundo Mata (2006), as argamassas podem ser classificadas com relação ao tipo de aglomerante empregado como: argamassa de cal; argamassas de cimento Portland com aditivos e sem aditivos; argamassas com cimentos de alvenaria e argamassas de cimento e cal (mistas).

As argamassas de cimento Portland com aditivos comumente usam aditivos plastificantes, geralmente incorporadores de ar, com a finalidade de melhorar as características de trabalhabilidade e retenção de água. No Brasil, esse tipo de argamassa não é habitualmente utilizado, pois perde em relação à custo para as argamassas tradicionais de cal e cimento. Além disso, qualquer dosagem errada dos aditivos pode trazer sérias consequências.

O tipo mais adequado de argamassa para alvenaria estrutural é a mista de cal e cimento. A cal tem alta retenção de água, baixa resistência à compressão, boa trabalhabilidade e deformabilidade. Já o cimento, apresenta elevada resistência à compressão. Portanto, há um encaixe perfeito de propriedades entre os dois aglomerantes utilizado.

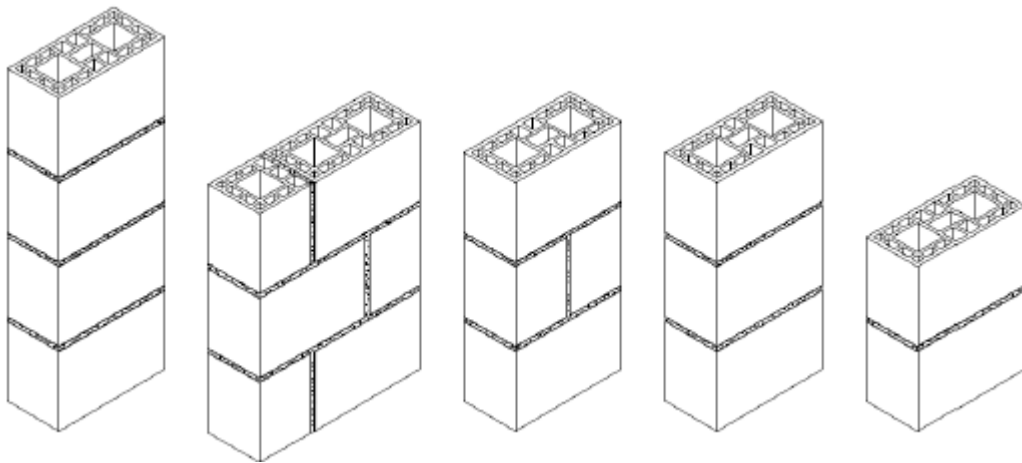
Os demais tipos de argamassas não são indicados para uso em alvenaria estrutural.

3.5 – Prismas.

Prismas de alvenaria são a forma mais simples e econômica para a verificação das propriedades mecânicas de uma parede de alvenaria estrutural. De acordo com a ABNT NBR 15812-1 (2010), prismas são corpos de provas obtidos pela superposição de blocos unidos por junta de assentamento, grauteados ou não.

Os prismas podem ter formas, tamanhos e modos de assentamento diferentes, conforme figura 11. Os prismas são compostos por dois ou mais blocos estruturais, assentados com argamassa na superfície total ou apenas na face lateral da seção transversal dos blocos. E conforme solicitação de projeto, os prismas podem ser grauteados ou não.

Figura 9 - Modelos de prismas utilizados experimentalmente



Fonte: Nascimento (2015)

O tipo de assentamento pode alterar a resistência dos prismas, pois a não execução das juntas transversais na face de assentamento dos blocos provoca concentrações de tensões nas paredes laterais dos blocos, ocasionando a redução da resistência do prisma ou da parede. É essa problemática, juntamente com a possibilidade do aumento de resistência pelo revestimento, que está sendo investigada nesse trabalho.

Os prismas tem geralmente uma unidade de largura, uma unidade de comprimento e altura variando entre 1,5 e 5 vezes a espessura. Na maioria das vezes são construídos com junta a prumo, mas podem ter junta amarrada, que representa melhor as condições da obra.

Para que a junta possa acomodar as pequenas deformações do conjunto, absorver imperfeições da unidade e reter água suficiente à sua hidratação, é necessário que ela tenha uma espessura mínima. Recomenda-se o valor de 10mm para esta espessura.

Os corpos de prova de prismas representam o índice de qualidade da peça estrutural (alvenaria), pois normalmente tais corpos-de-prova rompem com tensões maiores do que as tensões reais de ruptura das peças estruturais em ensaios à compressão.

Segundo Cheema e Klingner (1986 apud CASALI, 2003), os modos de ruptura dos prismas não grauteados são:

- Ruptura por tração, onde a tensão de tração principal no bloco é maior que a sua resistência à tração;
- Ruptura por esmagamento, onde a tensão principal de compressão no bloco é maior que a sua resistência à compressão;
- Ruptura por esmagamento da argamassa, onde a tensão de compressão axial na argamassa é maior que a resistência da argamassa confinada.

3.6 – Resistência à compressão na alvenaria.

Segundo a ABNT NBR 15812-1 (2010), a resistência das paredes equivale aproximadamente a 70% da resistência dos prismas, tanto para blocos de concreto quanto para blocos cerâmicos. No entanto, se as juntas tiverem argamassamento parcial, ou seja, argamassa apenas nas juntas longitudinais, a resistência à compressão da alvenaria deve ser corrigida por um fator 1,15 vezes a razão da área de argamassamento parcial pela área de argamassamento total.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a relação entre os prismas de blocos estruturais cerâmicos e os próprios blocos é determinada por um coeficiente de eficiência que varia entre 0,5 e 0,9.

A resistência característica dos prismas, obtida nos ensaios, deve ser igual ou superior à resistência característica especificada pelo projetista estrutural. De acordo com a ABNT NBR 15812-2 (2010), para amostragem menor do que 20 e maior do que 06 corpos de prova, a resistência característica é calculada de acordo com a equação 01 abaixo:

$$f_{ek, est} = 2 \left[\frac{f_{e(1)} + f_{e(2)} + \dots + f_{e(i-1)}}{i-1} \right] - f_{ei} \text{ (MPa) Eq. (01)}$$

Onde,

$i = n/2$, se n for par;

$i = (n-1)/2$, se n for ímpar;

$f_{ek} \geq \emptyset f_{e(1)}$, onde \emptyset é tabelado (tabela 3);

$f_{ek} \leq 0,85 f_{em}$;

f_{em} é a média dos resultados da amostra;

$f_{e(1)}$, $f_{e(2)}$..., $f_{e(i)}$ são os valores de resistência à compressão dos corpos de prova ordenados crescentemente;

$f_{ek, est}$ é a resistência característica estimada da amostra em MPa;

n é o número de corpos de provas.

Tabela 3 - Valores de \emptyset em função da quantidade de corpos de provas (prismas)

Nº de elementos	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
\emptyset	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99

Fonte: ABNT NBR 15812-2 (2010).

4 - METODOLOGIA

Antes de tudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema em questão, procurando aprofundar os conhecimentos técnicos através de artigos, dissertações, livros, publicações, sites, etc.

As normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) serviram de base para execução dos procedimentos presentes nesse trabalho, bem como foram fundamentais para o entendimento de vários conceitos relacionados ao assunto.

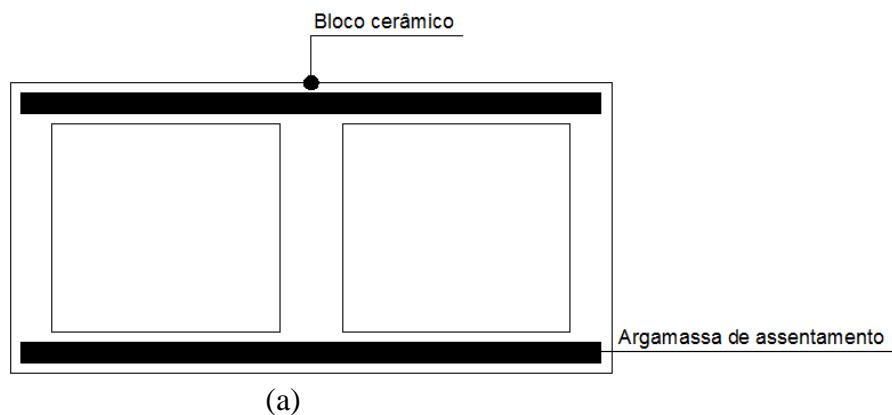
De posse de todas as informações técnicas necessárias, procedeu-se para a parte prática do trabalho.

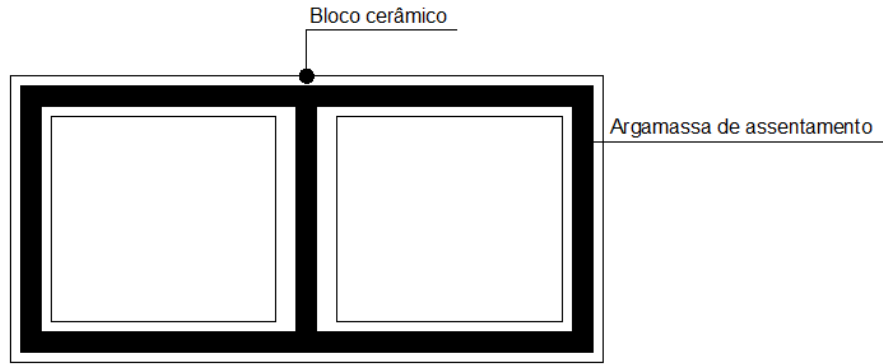
4.1 – Montagem dos prismas.

A avaliação do efeito do posicionamento das juntas de argamassa foi contemplada através da análise de três configurações de prismas não grauteados (figuras 10 e 11), que foram submetidos a ensaios de resistência à compressão.

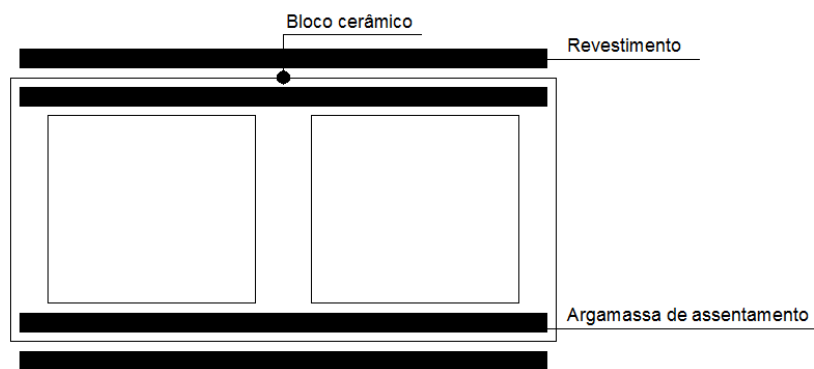
Nos prismas tipo 1, não foram executadas as juntas transversais, apenas as longitudinais; nos prismas tipo 2 todas as juntas foram executadas; e nos prismas tipo 3 foi realizado o revestimento em conjunto com as juntas longitudinais.

Figura 10 – Configurações ilustrativas dos prismas que foram estudados (a) Tipo 1 (b) Tipo 2 (c) Tipo 3





(b)



(c)

Figura 11- Configurações reais dos prismas que foram estudados (a) Tipo 1 (b) Tipo 2 (c) Tipo 3



(a)



(b)

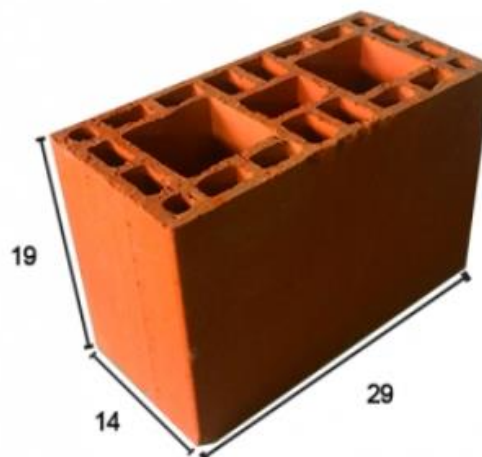


(c)

4.2 – Materiais.

Os prismas foram executados com blocos cerâmicos estruturais da família 15x30, cujas dimensões estão exemplificadas na figura 12. Foi realizada a verificação dimensional dos blocos e as medidas estavam todas conformes.

Figura 12 - Dimensões do bloco cerâmico 15 x 30



Fonte: <http://www.ceramicamatieli.com.br/>

Os blocos cerâmicos estruturais usados no experimento (figura 13) deste trabalho foram adquiridos no depósito Shalon, localizado na rua Juarez Távora, no bairro da Torre – João Pessoa/PB. O fabricante dos blocos é a Cerâmica Cincera.

Figura 13 - Blocos para experimento



A ABNT NBR 15812-2 (2010) recomenda que sejam utilizados 12 corpos de provas de prisma para o ensaio de resistência à compressão, sendo cada prisma composto por dois blocos. A tabela 4 abaixo resume a quantidade de blocos que foi utilizada nesse trabalho.

Com relação à argamassa para assentamento das juntas, foi utilizado o traço (em volume) 1:1:5 (cimento, cal e areia) e para a argamassa de revestimento, o traço (em volume) 1:2:9 (cimento, cal e areia), configurando juntas de espessura 10 ± 3 mm.

Tabela 4 - Quantitativo de blocos cerâmicos

Esquema	Qtd. de CP de prismas	Qtd. de blocos por prisma	Qtd. Total de blocos
Tipo 1	12	2	24
Tipo 2	12	2	24
Tipo 3	12	2	24
*CP = corpo de prova Total geral =			72

A areia (figura 14) foi disponibilizada pelo próprio laboratório onde ocorreram os experimentos: LABEME (Laboratório de Ensaio de Estruturas e Materiais). Os aglomerantes (figura 15), assim como os blocos, foram adquiridos no depósito Shalon. O cimento utilizado foi da marca Cimpor e especificação CII-Z-32 e a cal hidratada, da marca Rebocal.

Figura 14 - Areia para experimento



Figura 15 - Aglomerantes para experimento (a) Cimento (b) Cal hidratada



(a)

(b)

4.3 – Aparelhagem.

Na montagem dos prismas, foram utilizadas as seguintes ferramentas: colher de pedreiro, palheta e prumo de face. (figura 16). Para a confecção da argamassa, utilizou-se pá, carro de mão e betoneira (figura 17).

**Figura 16 - Ferramentas utilizadas na montagem dos prismas (a) Palheta
(b) Colher de pedreiro (c) Prumo de face**



**Figura 17 - Ferramentas utilizadas na confecção de argamassa
(a) Carro de mão e pá (b) Betoneira**



(a)



(b)

Os prismas foram montados numa bancada, conforme mostrado na figura 18.

Figura 18 - Bancada para montagem dos prismas



Para os ensaios de resistência à compressão foi utilizada uma prensa (figura 19), cuja capacidade máxima é de 1000 kN, recentemente calibrada.

Figura 19 - Prensa utilizada no rompimento dos prismas



A norma ABNT NBR 15812-2 (2010) recomenda que a altura mínima disponível na prensa seja igual ao dobro da altura de fabricação dos blocos, mais a espessura da argamassa de assentamento e dos capeamentos das faces, acrescida de 1 cm.

4.4 – Execução.

O primeiro passo foi a execução dos prismas, de acordo com os esquemas apresentados na seção 3.1, seguindo também o correto traço e espessuras da argamassa e revestimento. Para garantir a exata espessura exigida para a junta de argamassa foram utilizadas formas de madeira com 1,5 cm.

A figura 19 apresenta as etapas de montagem dos prismas: (a) colocação da argamassa no primeiro bloco com auxílio da palheta, (b) assentamento do segundo bloco sobre a argamassa utilizando a forma de espessura de 1,5cm, (c) utilização do prumo de face para garantir a planicidade do prisma e (d) acabamento das juntas.

Figura 20- Etapas de montagem dos prismas



(a)



(b)



(c)



(d)

A montagem dos prismas ocorreu em três dias. No dia 07/04/2016 foi a montagem dos prismas tipo 1, no dia 08/04/2016 foi a dos prismas tipo 2 e nos dias 11/04/2016 e 12/04/2016 foram as montagens do tipo 3. Um dia após cada montagem, foi realizado o capeamento das duas faces dos prismas, conforme mostrado na figura 21.

Figura 21 - Capeamento dos prismas



Após 28 dias, executou-se os ensaios de compressão (figura 22), regulando os comandos da prensa de forma que o carregamento foi aplicado a qualquer velocidade constante até 50% da carga de ruptura prevista, e depois ocorreu a uma velocidade que permitiu que a ruptura acontecesse entre 1 e 2 minutos. O tempo médio de rompimento dos prismas foi de 3 a 4 minutos.

Figura 22 - Ensaio de compressão (a) Prismas tipo 1 (b) Prismas tipo 2 (c) Prismas tipo 3



(a)

(b)

(c)

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 – Ensaio de compressão.

Os ensaios de compressão aconteceram para cada tipo de montagem de prismas. Os valores de carga de rompimento estão presentes nas tabelas 5, 6, 7 e 8. Notar que sobre o valor da carga lida, inicialmente em kg, foi descontado do valor da aferição mais o peso da máquina para obter-se a carga de ruptura (em kg). Em seguida, multiplicando esta por 10, foi obtida a carga em N, e dividindo pela área da seção, obteve-se o valor de resistência do prisma. A área da seção varia para os três tipos de prismas:

$$A_{\text{tipo 1}} = A_{\text{tipo 2}} = 0,29 * 0,14 = 0,0406 \text{ m}^2 \quad \text{Eq. (02)}$$

$$A_{\text{tipo3}} = 0,29 * 0,17 = 0,0493 \text{ m}^2 \quad \text{Eq. (03)}$$

Tabela 5 – Resultados do ensaio de compressão dos prismas tipo 1

Prisma	Aferição + peso da máquina (kg)	Valor de ruptura da máquina (Kg)	Carga de ruptura (Kg)	Carga de ruptura (N)	Área da seção (m ²)	Resistência (MPa)	fe(i)
1	1144	10255	9111	91110	0,0406	2,24	fe(2)
2	1182	13680	12498	124980	0,0406	3,08	-
3	1145	11489	10344	103440	0,0406	2,55	fe(3)
4	1164	12206	11042	110420	0,0406	2,72	-
5	1170	13079	11909	119090	0,0406	2,93	-
6	1164	12419	11255	112550	0,0406	2,77	-
7	1161	12126	10965	109650	0,0406	2,70	fe(6)
8	1164	12382	11218	112180	0,0406	2,76	-
9	1164	12424	11260	112600	0,0406	2,77	-
10	1190	9614	8424	84240	0,0406	2,07	fe(1)
11	1183	12147	10964	109640	0,0406	2,70	fe(5)
12	1164	11714	10550	105500	0,0406	2,60	fe(4)
Média	1165,93	11455,50	10289,57	102895,71	0,0406	2,66	-

Tabela 6 - Resultados do ensaio de compressão dos prismas tipo 2

Prisma	Aferição + peso da máquina (kg)	Valor de ruptura da máquina (Kg)	Carga de ruptura (Kg)	Carga de ruptura (N)	Área da seção (m ²)	Resistência (MPa)	fe(i)
1	1159	14879	13720	137200	0,0406	3,38	fe(3)
2	1164	24467	23303	233030	0,0406	5,74	-
3	1183	15573	14390	143900	0,0406	3,54	fe(4)
4	1161	20637	19476	194760	0,0406	4,80	-
5	1149	19570	18421	184210	0,0406	4,54	-
6	1187	20013	18826	188260	0,0406	4,64	-
7	1164	19423	18259	182590	0,0406	4,50	-
8	1157	16500	15343	153430	0,0406	3,78	fe(5)
9	1164	20413	19249	192490	0,0406	4,74	-
10	1148	17540	16392	163920	0,0406	4,04	fe(6)
11	1164	13359	12195	121950	0,0406	3,00	fe(1)
12	1167	14271	13104	131040	0,0406	3,23	fe(2)
Média	1163,92	18053,75	16889,83	168898,33	0,0406	4,16	-

Tabela 7- Resultados do ensaio de compressão dos prismas tipo 3 (calculado sobre a área total)

Prisma	Aferição + peso da máquina (kg)	Valor de ruptura da máquina (Kg)	Carga de ruptura (Kg)	Carga de ruptura (N)	Área da seção (m ²)	Resistência (Mpa)	fe(i)
1	1164	13546	12382	123820	0,0493	2,51	fe(4)
2	1166	15631	14465	144650	0,0493	2,93	-
3	1188	16484	15296	152960	0,0493	3,10	-
4	1193	16950	15757	157570	0,0493	3,20	-
5	1186	14286	13100	131000	0,0493	2,66	fe(6)
6	1164	17541	16377	163770	0,0493	3,32	-
7	1177	10417	9240	92400	0,0493	1,87	fe(2)
8	1187	14213	13026	130260	0,0493	2,64	fe(5)
9	1164	12967	11803	118030	0,0493	2,39	fe(3)
10	1164	10709	9545	95450	0,0493	1,94	fe(1)
11	1194	15702	14508	145080	0,0493	2,94	-
12	1187	18712	17525	175250	0,0493	3,55	-
Média	1177,83	14763,17	13585,33	135853,33	0,0493	2,76	-

Tabela 8 - Resultados do ensaio de compressão dos prismas tipo 3 (calculado sobre a área do bloco)

Prisma	Aferição + peso da máquina (kg)	Valor de ruptura da máquina (Kg)	Carga de ruptura (Kg)	Carga de ruptura (N)	Área da seção (m ²)	Resistência (Mpa)	fe(i)
1	1164	13546	12382	123820	0,0406	3,05	fe(4)
2	1166	15631	14465	144650	0,0406	3,56	-
3	1188	16484	15296	152960	0,0406	3,77	-
4	1193	16950	15757	157570	0,0406	3,88	-
5	1186	14286	13100	131000	0,0406	3,23	fe(6)
6	1164	17541	16377	163770	0,0406	4,03	-
7	1177	10417	9240	92400	0,0406	2,28	fe(2)
8	1187	14213	13026	130260	0,0406	3,21	fe(5)
9	1164	12967	11803	118030	0,0406	2,91	fe(3)
10	1164	10709	9545	95450	0,0406	2,35	fe(1)
11	1194	15702	14508	145080	0,0406	3,57	-
12	1187	18712	17525	175250	0,0406	4,32	-
Média	1177,83	14763,17	13585,33	135853,33	0,0406	3,35	-

A análise foi feita igualmente para os três tipos: dos 12 corpos de provas de cada amostra, os 06 menores valores (fe(i)), organizados em ordem crescente, foram utilizados para o cálculo da resistência à compressão da amostra (fek, est), de acordo com a equação 01. Este valor deve atender aos seguintes critérios:

$$fek \geq \emptyset fe(1), \text{ onde } \emptyset = 0,98 \quad \text{Eq.(04)}$$

$$fek \leq 0,85 fem \quad \text{Eq. (05)}$$

Onde, fem é a média da resistência à compressão dos 12 corpos de prova.

De acordo com a tabela 5, para a amostra de prismas tipo 1, o valor de fek, est calculado foi de 2,17 MPa, conforme equação 01, e as condições referentes às equações 04 e 05 foram atendidas, conforme segue abaixo.

$$fek \geq \emptyset fe(1) \rightarrow 2,17 \text{ MPa} > 2,03 \text{ e } fek \leq 0,85 fem \rightarrow 2,17 < 2,26.$$

Observando a tabela 6, na montagem de prismas tipo 2, o fek,est determinado foi de 2,74 MPa, porém a primeira condição não foi atendida.

$$f_{ek} \geq \emptyset f_{e(1)} \rightarrow 2,74 \text{ MPa} < 2,94 \text{ e } f_{ek} \leq 0,85 f_{em} \rightarrow 2,74 < 3,54.$$

Nesse caso, então, o valor de f_{ek} , est a ser considerado para os prismas tipo 2 será de 2,94 MPa.

Para os prismas tipo 3, duas análises foram feitas. A primeira (tabela 7) foi considerando a área da seção de aplicação da carga como sendo a área total (bloco + reboco) e na segunda análise (tabela 8) levou-se em conta apenas a área do bloco, onde:

$$A_{\text{total}} = A_{\text{tipo 3}} \quad \text{Eq.(06)}$$

$$A_{\text{bloco}} = A_{\text{tipo 1}} = A_{\text{tipo 2}} \quad \text{Eq.(07)}$$

O f_{ek} , est para a primeira análise do tipo 3 resultou em 1,89 MPa. Na segunda análise, o valor da resistência foi de 2,30 MPa.

Diante desses valores, observou-se que pelo fato de o revestimento ser constituído de uma argamassa de capacidade inferior a do bloco, considerar a área total no cálculo da resistência significa enfraquecer o conjunto como um todo. Por outro lado, considerando que o revestimento seja interpretado como algo extra, que está presente na estrutura, mas não faz parte dos cálculos, a tensão é calculada em relação apenas à área do bloco e será essa a utilizada para caracterizar os prismas tipo 3. Sendo assim, o valor de 2,30 MPa também satisfaz as equações 04 e 05:

$$f_{ek} \geq \emptyset f_{e(1)} \rightarrow 2,30 \text{ MPa} = 2,30 \text{ e } f_{ek} \leq 0,85 f_{em} \rightarrow 2,30 < 2,84.$$

Para os prismas tipo 2, nos quais o assentamento da argamassa foi total, o valor característico da resistência à compressão do prisma deve variar entre 0,5 e 0,9 da resistência característica do bloco, intervalo que representa o fator de eficiência (figura 23). Ou seja, a resistência do prisma deve ser, no mínimo, 3 MPa, considerando que o bloco possua resistência de 6MPa, conforme informação do fabricante. O valor experimental (2,94 MPa) está bem próximo, portanto, do limite inferior da faixa.

O fator de eficiência estimado para os prismas tipo 1 e tipo 3, comparando com o bloco de 6 MPa são 0,36 e 0,38, respectivamente. São valores bem próximos, representando a pouca variação de resistência entre as montagens 1 e 3, mas abaixo da eficiência dos prismas tipo 2.

Figura 23 - Fator de eficiência estimado dos prismas

Comparando os prismas tipo 1, onde a argamassa foi colocada apenas longitudinalmente, com os prismas tipo 2, obteve-se a seguinte relação:

$$\frac{f_{ek,est}(\text{tipo 2})}{f_{ek,est}(\text{tipo 1})} = \frac{2,94}{2,17} = 1,36. \quad \text{Eq. (08)}$$

Agora, comparando com os prismas tipo 3, obtemos:

$$\frac{f_{ek,est}(\text{tipo 3})}{f_{ek,est}(\text{tipo 1})} = \frac{2,30}{2,17} = 1,05. \quad \text{Eq. (09)}$$

Por fim, fazendo a comparação entre os prismas tipo 2 e tipo 3, temos:

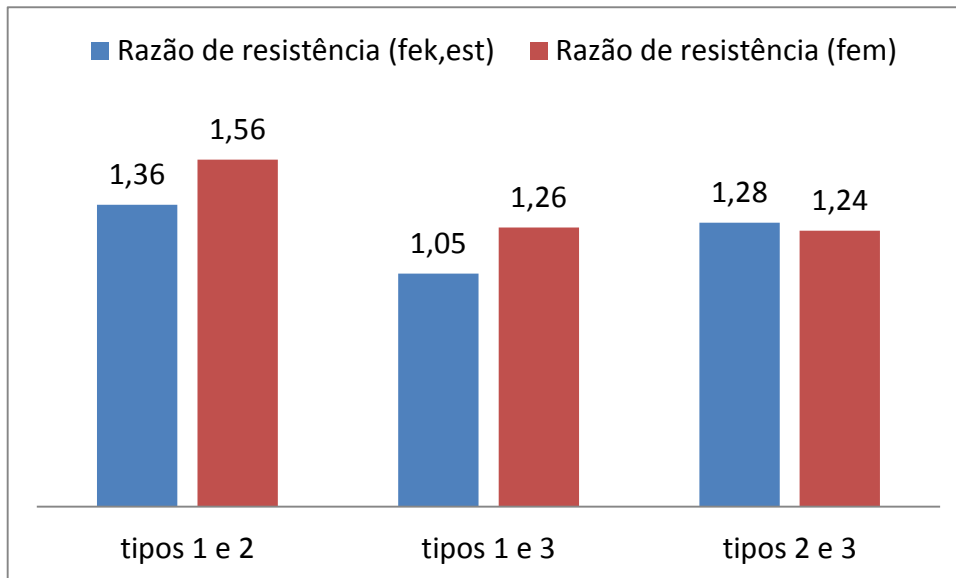
$$\frac{f_{ek,est}(\text{tipo 2})}{f_{ek,est}(\text{tipo 3})} = \frac{2,94}{2,30} = 1,28. \quad \text{Eq. (10)}$$

Observando as equações 08, 09 e 10, percebemos que a razão de resistência entre os prismas tipo 1 e 3 é representada por um fator de apenas 1,05. Já quando se comparou as amostras tipo 1 e 2 e tipo 2 e 3, a razão variou de 1,36 para 1,28, respectivamente. Isto é, o prisma tipo 3 aproximou-se em capacidade resistente do prisma tipo 1.

Considerando as médias dos ensaios, a razão de resistência para os tipos 1 e 3, 1 e 2 e 2 e 3 é de, respectivamente, 1,26, 1,56 e 1,24.

A figura 24 abaixo resume os dados referentes à razão resistência.

Figura 24 – Razão de resistência entre os prismas



5.2 – Resistência à compressão da alvenaria.

Para a resistência à compressão da alvenaria, os valores encontram-se na tabela 9.

Tabela 9 - Resistência característica à compressão da alvenaria

Prisma	fek, est (MPa)	Aarg, parcial (m ²)	Aarg, total (m ²)	fk (MPa)
tipo 1	2,17	0,023	-	1,46
tipo 2	2,94	-	0,0276	2,06
tipo 3	2,29	0,023	-	1,54

Aarg, parcial = área de argamassamento parcial

Aarg, total = área de argamassamento total

fk = resistência característica à compressão da alvenaria

Para os prismas tipo 2, o fk foi simplesmente obtido multiplicando o fek, est por 70%. No caso dos prismas tipo 1 e 3, além dos 70%, foi utilizado um fator de correção de 1,15 da razão entre a área de argamassa parcial e a área de argamassa total.

Vale chamar atenção para o fato de que, sem a correção de 1,15, a razão entre as resistências características dos prismas 1 e 2 e 3 e 2 seria de aproximadamente 0,8. Este valor é o que está presente na norma ABNT NBR 15961 – 2 (2011) para blocos de concreto e representa justamente a diferença entre os dois padrões de assentamento de argamassa (total e parcial). Isto significa que o valor 1,15 altera essa relação quando se trata de blocos cerâmicos.

As áreas de argamassa foram obtidas no AutoCAD, prevendo para o bloco estudado as áreas contendo ou não argamassa.

5.3 – Padrão de Fissuração observado.

De um modo geral, a diferença nas propriedades de deformabilidade entre o bloco e a argamassa induz o aparecimento de tensões laterais que provocam a ruptura do material. Quando o prisma é submetido à compressão, a argamassa, por ser mais flexível que o bloco, tende a se deformar mais. Porém, o atrito bloco/argamassa reduz essa deformação, ocasionando o surgimento de tensões de compressão na argamassa e, para manter o equilíbrio, surgem tensões de tração no bloco.

Na figura 25 que segue, há quatro imagens que representam as fissuras que ocorreram nos ensaios de compressão dos prismas tipo 1. Pode-se observar a ocorrência de fissuração vertical nas duas primeiras fotos, devido às tensões de tração; e fissuração nas juntas de argamassa, devido às tensões de compressão, nas imagens de baixo. O fato de as juntas transversais não conterem argamassa também contribui para o surgimento das fissuras verticais, pois o bloco fica mais susceptível à ruptura.

A figura 26 traz a representação das fissuras do rompimento dos prismas tipo 2. Nesse caso, as juntas transversais foram executadas e pode-se observar que a presença de fissuração vertical é menor que no caso dos prismas tipo 1. A predominância de ruptura na junta de argamassa é observada e nota-se também um despedaçamento maior do bloco. Isso se deve ao fato de as juntas terem sido todas preenchidas, tornando a junta mais resistente e o bloco mais vulnerável à ruptura.

Na figura 27 estão representadas as fissuras dos prismas tipo 3. Nota-se que o revestimento é realmente o ponto fraco, pois as rupturas aconteceram nele, e em praticamente todas as amostras. Fissuração vertical também foi observada em alguns prismas, se assemelhando ao padrão de ruptura dos prismas tipo 1, devido ao argamassamento nos dois casos terem sido parciais.

Figura 25 - Fissuras no rompimento dos prismas tipo 1

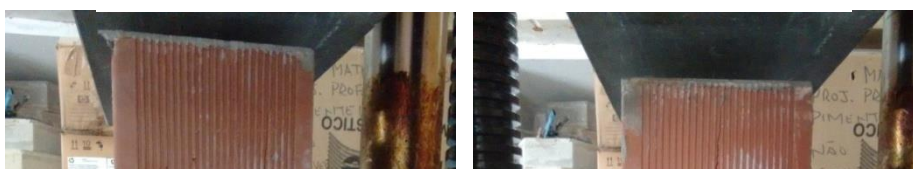




Figura 26 – Fissuras no rompimento dos prismas tipo 2



Figura 27 – Fissuras no rompimento dos prismas tipo 3



6 – CONCLUSÃO

Dos valores de f_{ek} , est calculados para os três tipos de prismas, bem como dos valores de resistência característica da alvenaria, conclui-se que a melhor montagem, do ponto de vista de resistência é a que utilizou junta de argamassa total, ou seja, a configuração dos prismas tipo 2, conforme esperado. Os fatores diferença entre os tipos 1 e 2 e 3 e 2, considerando tanto o f_{ek} , est quanto o f_{em} caracterizam a superioridade resistente dos prismas tipo 2 em relação aos outros.

Essa vantagem dos prismas tipo 2 também pode ser evidenciada pelo fator de eficiência que apresentou-se superior aos valores dos tipos 1 e tipos 3.

Comparando as montagens 1 e 3, a razão de resistência demonstrou que não houve ganho de resistência apreciável ao acrescentar o revestimento no prisma, sendo o acréscimo de apenas 5%. Fica nítida uma proximidade de resistência entre os dois tipos de prismas quando observa-se o fator de eficiência, pois os valores são praticamente iguais.

Ficou claro, portanto, que a montagem tipo 2 é realmente tida como a melhor configuração para se executar um projeto de alvenaria estrutural. O acréscimo de 5% na capacidade resistente do prisma 1 devido ao acréscimo da argamassa de revestimento não supre, do ponto de vista de projeto e execução, as perdas devido a ausência das juntas transversais de assentamento.

Conclui-se que a ruptura por tração foi predominante no rompimento dos primas tipos 1 e 3 e a ruptura por esmagamento do bloco ficou mais evidenciada nos prismas tipo 2.

Portanto, o tipo de assentamento é um fator que pode alterar a resistência do prisma. A ausência de argamassa nas juntas transversais da face de assentamento dos blocos provoca concentrações de tensões nas paredes laterais. Essa situação causa a redução na resistência do prisma ou parede, que não é compensada quando se acrescenta a execução de um revestimento.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MATA, Rodrigo Carvalho da. **Influência do padrão de argamassamento na resistência à compressão de prismas e mini-paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural.** 1ª ed. São Paulo: Pini, 2003.

NESSRALLA, Maria Aparecida. **Resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural: bloco cerâmico de 44cm.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

NASCIMENTO, Márcio Rogério do. **O uso de argamassa de assentamento como preenchimento de alvenaria estrutural cerâmica.** 2015. Tese (doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

CASALI, Juliana Machado. **Estudo comparativo do comportamento de diferentes tipos de argamassas de assentamento para alvenaria estrutural de blocos de concreto.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

MOTA, João Manoel de Freitas. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão axial em prismas de alvenaria resistente de blocos cerâmicos.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco.

MOHAMAD, G.; NETO, A.B. da S.S.; PELISSER, F.; LOURENÇO, P.B.; ROMAN, H.R. **Caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural – previsão e modo de ruptura.** Revista matéria, Rio de Janeiro, v.14, n.2, p. 824 – 844, 2009.

VIAPIANA, Rafael. **Análise da resistência de prismas de blocos cerâmicos e de blocos de concreto com função estrutural.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

NETO, Gilberto de Araújo. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão em prismas de alvenaria resistente de blocos de concreto.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Pró-Reitoria de Ensino e Extensão, Universidade Católica de Pernambuco.

FILHO, José Américo Alves Salvador. **Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas.** 2007. Tese (doutorado), Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

NONATO, Luiz Fernando Costa. **Alvenaria estrutural e suas implicações.** 2013. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

FREIRE, Bruno Siqueira. **Sistema construtivo em alvenaria estrutural de bloco de concreto.** 2007. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Anhembi Morumbi.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. **Alvenaria estrutural: sistema construtivo.** 2007. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco.

FREITAS, Lilia Pereira de.; SCHNEIDER, Robson Thyago Moreira. **Ensaio n° 5 – Determinação da Resistência Característica de Blocos Cerâmicos Estruturais.** 2009. Relatório apresentado como requisito parcial da disciplina de Materiais de Construção Civil do Curso de Engenharia Civil.

KALIL, Silva Maria Baptista. **Alvenaria Estrutural.** PUCRS. Disponível em: http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf. Acesso em 06/03/2016 às 10:29.

DÉSIR, Jean Marie. **Alvenaria estrutural – Traço de argamassas.** Disponível em: http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/tracos_de_argamassa.php. Acesso em 07/03/2016 às 15:16.

DINIZ, Fábio Karklis. **Traço de argamassa: 3 pontos de atenção para escolha na sua obra.** Disponível em: <http://engenheironocanteiro.com.br/traco-de-argamassa/>. Acesso em 08/03/2016 às 15:15.

