

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LAÍSSE ALVES MENDONÇA

**INFLUÊNCIA DAS ESPESSURAS DAS JUNTAS DE
ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA
ALVENARIA ESTRUTURAL**

ANÁPOLIS / GO

2017

LAÍSSE ALVES MENDONÇA

**INFLUÊNCIA DAS ESPESSURAS DAS JUNTAS DE
ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA
ALVENARIA ESTRUTURAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO

ANÁPOLIS / GO: 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

MENDONÇA, LAÍSSE ALVES.

Influência das espessuras das juntas de assentamento na resistência à compressão da alvenaria estrutural.

57P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Alvenaria Estrutural

2. Juntas de Argamassa

3. Blocos de Concreto

4. Compressão Axial

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MENDONÇA, Laísse Alves. Influência das espessuras das juntas de assentamento na resistência à compressão da alvenaria estrutural. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 57p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Laísse Alves Mendonça.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Influência das espessuras das juntas de assentamento na resistência à compressão da alvenaria estrutural.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2017

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Laísse Alves Mendonça

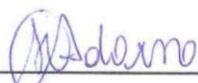
E-mail: laissemeal@gmail.com

LAÍSSE ALVES MENDONÇA


**INFLUÊNCIA DAS ESPESSURAS DAS JUNTAS DE
ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA
ALVENARIA ESTRUTURAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)**



**FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**ISA LORENA SILVA BARBOSA, Mestra (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 01 de dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que me concedeu durante todo esse período força e persistência para o desenvolvimento deste trabalho.

A minha avó Sebastiana da Silva Ribeiro (*in memoriam*) e ao meu avô Getúlio Alves Ribeiro (*in memoriam*), aqueles a quem a vida não deu oportunidade de partilhar comigo essa vitória.

Agradeço a minha mãe Andréa Karla Alves e ao meu padrasto Marcos Antônio Cândido, que lutaram para que eu conquistasse boas oportunidades, pelo carinho e ensinamento, por todas as orações e pensamentos positivos para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Aos meus irmãos Georg Webber Alves Mendonça, Júlia Alves Cândido e Valentina Alves Cândido, que não deixaram de me incentivar, por menor que fosse a contribuição, por terem paciência comigo nos momentos de dificuldade, e me alegrar.

Ao meu namorado Geisiel Sardinha da Silva, que sempre apoiou minha vontade, pelo companheirismo e incentivo quando a caminhada se tornava complicada demais.

A minha orientadora Prof^ª. Dra. Ana Lúcia Carrijo Adorno, pela sabedoria e determinação com que me orientou no decorrer deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcus Vinícius Silva Cavalcanti, por toda paciência, compreensão e contribuição na minha formação acadêmica.

A todos os professores que me orientaram a realizar essa pesquisa, por transmitirem seus conhecimentos, meus sinceros agradecimentos.

Aos técnicos do Centro Tecnológico da UniEvangélica, pela contribuição nos ensaios experimentais.

A todos aqueles que tiveram paciência comigo nos momentos de tensão e de empenho, e que me ajudaram para que este sonho tornasse realidade.

Láisse Alves Mendonça

*“ A conquista é um acaso que talvez
dependa mais das falhas dos vencidos
do que do gênio do vencedor. ”*

(Madame de Staël)

RESUMO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo tradicional, que teve sua disseminação a partir dos anos 60. Com o progresso desse tipo de modelo estrutural nas construções, é vista a grande necessidade de estudos voltados para essa área. O presente trabalho tem a finalidade de analisar a influência da junta de espessura de argamassa que une os blocos no momento da ruptura à compressão da alvenaria estrutural. Inicialmente foram caracterizados os elementos isoladamente, blocos de concreto de 14 cm x 19 cm x 39 cm, e a argamassa de assentamento com o traço de 1:0,4:1,23:4,64 (cimento: cal: areia fina: areia média) em peso. Após esse procedimento foram montados 40 prismas de blocos de concreto com espessuras de argamassas distintas: 6,3 mm, 8 mm, 10 mm e 15 mm. Estes prismas foram submetidos a ensaios de compressão axial, para posteriormente serem feitos estudos comparativos das diferentes juntas de argamassa que unem esses prismas, considerando a carga de ruptura máxima suportada por eles. Esse estudo mostrou que a espessura de junta de argamassa igual a 8 mm, é a que apresentou melhor resistência, no conjunto bloco/argamassa, para o sistema construtivo em análise, e que o aumento da espessura da junta, diminuiu consideravelmente a resistência dos prismas. Ao final, o estudo fala da importância da espessura da junta de argamassa na resistência do conjunto, apontando assim a necessidade real de serem desenvolvidas pesquisas no que se trata deste sistema construtivo em grande crescimento.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural. Juntas de Argamassa. Blocos de Concreto. Compressão Axial.

ABSTRACT

The structural masonry is a traditional constructive system, which had its dissemination from years 60. With the progress of this type of structural model in constructions, is seen the great need for studies focused on this area. The present work has the purpose to analyze the influence of the seal thickness of mortar that binds the blocks at the moment of rupture compression of structural masonry. Initially they were characterized the elements in isolation, concrete blocks of 14 cm x 19 cm x 39 cm, and the mortar of settlement with the trace of 1:0.4:1.23:4.64 (cement: cal: fine sand: sand average) in weight. After this procedure were assembled 40 prisms of concrete blocks with different thicknesses of mortars: 6,3 mm, 8 mm, 10 mm and 15 mm. These prisms were submitted to axial compression tests, in order to subsequently be made comparative studies of different mortar joints that unite these prisms, whereas the maximum breaking load supported by them. This study showed that the thickness of mortar equal to 8 mm, it is the one that presented better resistance in the whole block/mortar, for the constructive system in analysis, and that the increase in the thickness of the gasket, considerably reduces the resistance of the prisms. In the end, the study talks about the importance of the gasket thickness of mortar on the resistance of the assembly, thus pointing to the real need to be developed in research that deals with this constructive system in great growth.

Keywords: Structural Masonry. Mortar Joints. Concrete Blocks. Axial Compression.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coliseu, Roma.....	14
Figura 2 - Taj Mahal, Índia.....	14
Figura 3 - Catedral de Reims, França.....	15
Figura 4 - Muralha da China.....	15
Figura 5 - Edifício Monadnock, Chicago.....	16
Figura 6 - Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa.....	17
Figura 7 - Residencial Torres do Mirante.....	18
Figura 8 - Prismas de Três e Dois Blocos.....	32
Figura 9 - Caracterização dos Blocos de Concreto.....	34
Figura 10 - Média das Características Geométricas (mm) dos Blocos.....	35
Figura 11 - Regularização do Bloco de Concreto.....	35
Figura 12 - Alguns Materiais Utilizados.....	36
Figura 13 - Corpos de Prova de 5 cm x10 cm.....	37
Figura 14 - Slump Test.....	37
Figura 15 – Prismas com Gabarito de Aço.....	38
Figura 16 - Prismas Moldados.....	39
Figura 17 - Prisma na Prensa.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resistência à Compressão da Argamassa	42
Gráfico 2 – Resistência à Compressão dos Prismas com Diferentes Juntas de Argamassa.....	46
Gráfico 3 - Comparativo entre Estudos de Alguns Autores	48
Gráfico 4 - Comparativo Souza e Nunes (2015) e este Trabalho	48
Gráfico 5 - Comparativo Rodrigues e Silva (2016) e este Trabalho	49
Gráfico 6 - Comparativo Francisco e Soares (2016) e este Trabalho.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resistência à Compressão e Absorção dos Blocos	27
---	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Dimensões Nominais.....	26
Tabela 2 - Exigências Mecânicas para Argamassas	29
Tabela 3 - Ensaio de Resistência à Compressão dos Blocos	40
Tabela 4 - Resistência à Compressão dos Blocos de Concreto	41
Tabela 5 - Requisitos para Resistência Característica à Compressão	41
Tabela 6 - Ensaio da Resistência à Compressão da Argamassa	42
Tabela 7 - Resistência à Compressão da Argamassa.....	43
Tabela 8 - Resistência à Compressão dos Prismas com Junta de Argamassa de 6,3 mm	44
Tabela 9- Resistência à Compressão dos Prismas com Junta de Argamassa de 8 mm	44
Tabela 10- Resistência à Compressão dos Prismas com Junta de Argamassa de 10 mm	45
Tabela 11- Resistência à Compressão dos Prismas com Junta de Argamassa de 15 mm	45
Tabela 12 - Comparativo dos Prismas com Junta de 8 mm e 6,3 mm de Espessura.....	46
Tabela 13 - Comparativo dos Prismas com Junta de 8 mm e 10 mm de Espessura.....	47
Tabela 14 - Comparativo dos Prismas com Junta de 8 mm e 15 mm de Espessura.....	47

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro, unidade de medida linear;
cm ²	Centímetro quadrado, unidade de área;
kg	Quilograma, unidade de medida de massa;
ml	Mililitro, unidade de medida de volume;
f_{arg}	Resistência à compressão da argamassa;
f_{mb}	Resistência média à compressão do bloco de concreto;
f_{bk}	Resistência à compressão característica dos blocos de concreto;
f_{ck}	Resistência característica à compressão do concreto;
f_{ma}	Resistência média à compressão da argamassa;
f_{pk}	Resistência à compressão característica dos prismas;
f_{pm}	Resistência média à compressão dos prismas;
m	Metro, unidade de medida linear;
mm	Milímetro, unidade de medida linear;
MPa	Megapascal, unidade de medida de tensão;
S_d	Desvio padrão;
kgf	Quilograma força, unidade de medida de força;
T	Tonelada, unidade de medida de massa.

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CP	Corpo-de-prova
CP II Z	Cimento Portland Composto com Pozolana
CH III	Cal Hidratada Dolomítica
NBR	Norma Brasileira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	18
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo geral	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 METODOLOGIA	19
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2 ALVENARIA ESTRUTURAL.....	21
2.1 TERMINOLOGIAS USUÁIS	22
2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	23
2.3 MODULAÇÃO.....	24
2.4 COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL	25
2.4.1 Blocos de concreto	25
2.4.1.1 Característica geométrica do bloco de concreto	26
2.4.1.2 Característica mecânica e física do bloco de concreto.....	27
2.4.2 Argamassa de assentamento.....	28
2.4.3 Graute.....	30
2.4.4 Armadura.....	31
2.5 ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	31
2.5.1 Ensaio em prismas	31
2.5.2 Ensaio em paredes	32
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	34
3.1 INTRODUÇÃO	34
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	34
3.2.1 Blocos de concreto	34
3.2.2 Argamassa.....	36
3.3 MOLDAGEM E ENSAIO DOS PRISMAS	38
4 RESULTADOS	40
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO.....	40
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA	41
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PRISMAS	43
4.4 COMPARATIVO DE RESULTADOS COM OUTROS AUTORES	47

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O sistema construtivo de alvenaria estrutural é muito tradicional, utilizado desde a pré-história, sendo assim, um dos mais antigos sistemas de construção da humanidade. As primeiras alvenarias eram feitas por meio do empilhamento simples de blocos feitos de argila, rochas e outros, esse sistema seguia regras intuitivas e empíricas. As obras que foram realizadas, desafiaram o tempo e chegaram até nossos dias, com uma grande importância histórica (NONATO, 2013).

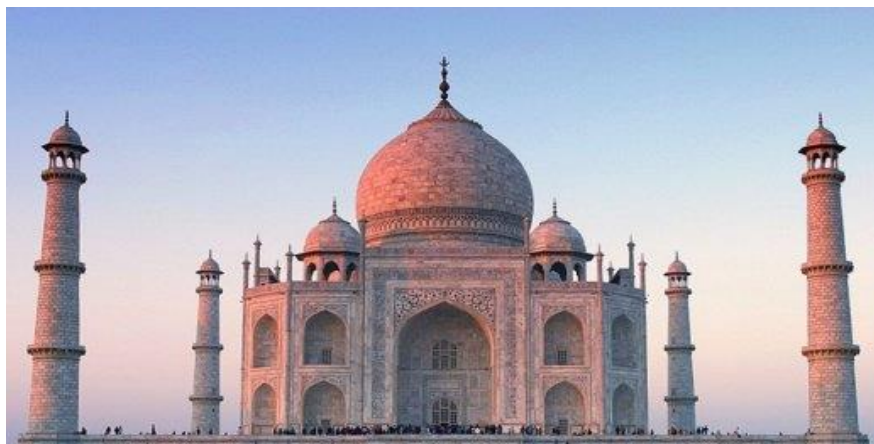
Como exemplos pode-se citar o Coliseu, em Roma (Figura 1), o Taj Mahal, na Índia (Figura 2) e a Catedral de Reims, na França (Figura 3), como eram obras executadas com os conhecimentos empíricos de dimensionamento, acabaram resultando em paredes que possuem grandes espessuras.

Figura 1 - Coliseu, Roma



Fonte: Imperius, 2011.

Figura 2 - Taj Mahal, Índia



Fonte: Obvious Mag, 2003.

Figura 3 - Catedral de Reims, França



Fonte: Tourist Link, 2017.

Com a descoberta da possibilidade de execução de arcos, por meio do arranjo entre as unidades, puderam ser executadas pontes e outras importantes obras. Como exemplo deste tipo de construção pode ser citada a Muralha da China (Figura 4), construída no período de 1368 a 1644 (KALIL, 2007).

Figura 4 - Muralha da China



Fonte: Adventure Club, 2017.

A disseminação da alvenaria estrutural ocorreu a partir dos anos 60. Houve então uma intensificação das pesquisas na área, e os esforços dos engenheiros e projetistas para grandes construções com esse modelo estrutural e um grande progresso na fabricação dos materiais e de técnicas de execução (FRANCO, 2004).

Para Franco (2004), no início dos anos 80, a alvenaria estrutural foi disseminada com a construção de conjuntos habitacionais, por ser considerada uma técnica eficiente e racional, e um processo para população de baixa renda. No início dos anos 90, começaram os esforços para normalização desse processo construtivo e o começo de um desenvolvimento tecnológico, formando novos centros de pesquisa. Inicia-se, no entanto, a produção de edifícios de padrão médio, com alvenaria armada de até 24 pavimentos, e alvenaria não armada de até 13 pavimentos.

Em 1899, foi construído o Edifício Monadnock, em Chicago (Figura 5), que foi a primeira construção a utilizar a alvenaria estrutural como ela é empregada hoje. É um edifício com 16 pavimentos e 65 metros de altura e paredes que possuem 1,80 metros de espessura na base do edifício.

Figura 5 - Edifício Monadnock, Chicago



Fonte: Somos 2d Viaje, 2017.

No ano de 1966, foi construído, no Brasil, o Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa, em São Paulo (Figura 6), e no ano de 1972, foram construídos 4 edifícios com 12 pavimentos cada, no mesmo conjunto, marcando a utilização deste sistema construtivo no Brasil.

Figura 6 - Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa



Fonte: Comunidade da Construção, 2017.

A alvenaria estrutural é definida como uma técnica construtiva que emprega uma menor diversidade de elementos/materiais, com uma execução simplificada e uma agilidade no cronograma de execução. Deve-se, no entanto, tomar cuidados na concepção, projeto e execução (BAUER, 2013).

De acordo com Kalil (2007), as vantagens da alvenaria estrutural comparada com os processos tradicionais de construção são: rapidez e facilidade de construção, redução de mão-de-obra, como carpinteiros, economia no uso de madeira (que seria utilizada para as formas), isolamento térmico-acústico, entre outros fatores. No entanto, as desvantagens são: restrição no projeto arquitetônico, limitação de vãos e não pode haver remoção de paredes sem que haja uma substituição adequada com elemento de função equivalente.

Em Anápolis – GO, muitas construtoras têm usado a alvenaria estrutural, por ser um sistema economicamente viável, de rápida execução e que inclui habitações tanto populares, quanto de classe média, como o Residencial Torres do Mirante (Figura 7), que possui 5 blocos com 12 pavimentos cada, localizado no bairro Jaiara.

Figura 7 - Residencial Torres do Mirante



Fonte: Construtora Emisa, 2017.

1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem, como principal justificativa dar continuidade a uma linha de pesquisa desenvolvida na UniEvangélica, por Souza e Nunes (2015), Rodrigues e Silva (2016) e Francisco e Soares (2016), que investiga a influência das juntas de espessura e do traço de argamassa, na resistência à compressão da alvenaria estrutural. Para que se possa então, contribuir com novos dados na área.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do estudo é verificar a influência das espessuras das juntas de assentamento na resistência à compressão da alvenaria estrutural, e determinar a melhor espessura da junta para um definido bloco e traço de argamassa.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Caracterização do bloco de concreto;
- b) Caracterização da argamassa;
- c) Verificar a resistência à compressão de prismas com 3 blocos de concreto, unidos por juntas de assentamento de 6,3 mm, 8 mm, 10 mm e 15 mm;
- d) Comparar os resultados das diferentes espessuras de juntas de argamassa ensaiadas, para otimização da espessura das juntas;

1.3 METODOLOGIA

O presente estudo inicia-se com a revisão bibliográfica, seguido de familiarização com os procedimentos experimentais. Depois disso, a elaboração de um programa experimental, o qual buscou a caracterização dos blocos de concreto 14 cm x 19 cm x 39 cm, e caracterização da argamassa de assentamento, com o traço de 1:0,4:1,23:4,64 (cimento: cal: areia fina: areia média) em peso.

Analisou-se a resistência dos prismas, utilizando 40 prismas cada um com 3 blocos de concreto, distribuídos com distintas juntas de 6,3 mm, 8 mm, 10 mm e 15 mm, capeados com uma fina camada de gesso nas laterais e uma lâmina de cortiça de 3 mm nas faces superior e inferior.

Depois dos ensaios à compressão, analisou-se os resultados, comparando-os com os resultados obtidos nos trabalhos que o precederam, para assim se proceder uma análise geral desses resultados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em 5 capítulos. No capítulo 1, é apresentada uma breve introdução sobre a alvenaria estrutural e seu contexto histórico, além de objetivos, justificativa, metodologia e a divisão dos capítulos desse trabalho.

Os conceitos de alvenaria estrutural são apresentados no capítulo 2, onde se determina alguns significados de termos que estão relacionados com esse modelo estrutural.

No capítulo 3, é descrito o programa experimental dos elementos isolados e dos prismas.

E no capítulo 4 são feitas as análises dos resultados obtidos nesse trabalho, e comparação com os resultados de trabalhos anteriores.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e considerações finais.

2 ALVENARIA ESTRUTURAL

A busca por economia, industrialização e racionalização, na construção civil, tem contribuído para a disseminação da alvenaria estrutural como sendo um processo construtivo de grande importância, cuja a utilização proporciona vantagens quando comparado com os processos construtivos tradicionais (MEDEIROS; SABBATINI, 1993).

Uma construção em alvenaria estrutural consiste basicamente em unidades (blocos) dispostos uns sobre os outros, unidos com argamassa, formando desta forma um conjunto coeso e rígido, gerando uma estrutura resistente o suficiente para suportar a solicitação de cargas (PASTRO, 2007).

Para Roman e Parizotto (2006), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo em que as paredes de alvenaria funcionam como parte estrutural, fazendo a substituição das vigas e pilares, que são utilizados em processos construtivos tradicionais. Nesse sistema, as paredes formam os subsistemas de vedação e estrutura, fato este que torna o processo mais simples do ponto de vista de construção, com um maior nível de racionalização e com capacidade de resistir as cargas oriundas da laje, sobrecarga e o peso próprio.

Segundo Balduino (2016), na alvenaria estrutural a vedação e a estrutura são executadas simultaneamente. Como neste sistema se dispensa o uso de pilares e vigas, os blocos estruturais ficam responsáveis pela função portante da estrutura. As paredes não têm apenas função de vedação e de dividir ambientes, desempenham também papel de estrutura na edificação.

Uma parede de alvenaria pode suportar grandes cargas verticais paralelas ao seu plano, mas é comparativamente pouco resistente às cargas horizontais que atuam perpendicularmente ao seu plano. As paredes também podem suportar cargas verticais provenientes do peso próprio e das cargas de ocupação, e as cargas laterais, como a ação do vento, sendo que estas são absorvidas pelas lajes e depois transmitidas às paredes estruturais (ROMAN; PARIZOTTO, 2006).

Camacho (2006) explica, que a alvenaria estrutural pode ser classificada quanto ao processo construtivo empregado, quanto ao tipo de unidades ou ao material utilizado em:

- Alvenaria estrutural armada: é o processo construtivo em que, por necessidade estrutural, os blocos possuem uma armadura passiva de aço. Essas armaduras são dispostas nos vazados verticais dos blocos e depois envolvidas com o graute;

- Alvenaria estrutural não armada: neste processo construtivo as armaduras são colocadas apenas com a finalidade de evitar problemas patológicos, como fissuras localizadas e concentração de tensão;
- Alvenaria estrutural parcialmente armada: é aquela em que algumas paredes seguem regras da alvenaria estrutural armada, e as demais seguem as regras da alvenaria estrutural não armada. Esta definição é empregada apenas no Brasil.

2.1 TERMINOLOGIAS USUAIS

Para padronizar os termos e uniformizar a linguagem referente ao estudo da alvenaria estrutural, são estabelecidas definições conforme as normas NBR 15961-2 (ABNT, 2011), NBR 13281 (ABNT, 2001), NBR 6136 (ABNT, 2014), NBR 15270-2 (ABNT, 2005) e NBR 6118 (ABNT, 2014):

- a) Área bruta: área da seção perpendicular aos eixos dos furos de um componente ou elemento, considerando as suas dimensões externas, desprezando a existência dos vazados;
- b) Área líquida: área média da seção perpendicular aos eixos dos furos de um componente ou elemento, com desconto das áreas dos vazados;
- c) Argamassa: mistura homogênea de agregado(s): miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada);
- d) Armadura ativa: armadura constituída por barras, fios isolados ou cordoalhas, destinada à produção de forças de protensão, isto é, na qual se aplica um pré-alongamento inicial;
- e) Armadura passiva: qualquer armadura que não seja usada para produzir forças de protensão, isto é, que não seja previamente alongada;
- f) Bloco: componente básico da alvenaria;
- g) Bloco cerâmico estrutural: componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm;
- h) Bloco vazado de concreto simples: componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta;

- i) Componente: menor parte constituinte dos elementos da estrutura. Os principais são: bloco, junta de argamassa, graute e armadura;
- j) Elemento: parte da estrutura suficientemente elaborada constituída da reunião de dois ou mais componentes;
- k) Graute: componente utilizado para preenchimento de espaços vazios de blocos com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade resistente.
- l) Junta de argamassa: componente utilizado na ligação dos blocos;
- m) Parede estrutural: toda parede admitida como participante da estrutura;
- n) Parede não-estrutural: toda parede não admitida como participante da estrutura;
- o) Prisma: corpo de prova obtido pela superposição de blocos unidos por junta de argamassa, grauteados ou não.

2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Quando a alvenaria estrutural de blocos de concreto for realizada de forma adequada, gera vantagens significativas por ser um sistema racionalizado se comparado com os outros sistemas tradicionais utilizados. Desta forma, Camacho (2006) cita e explica as seguintes vantagens técnicas e econômicas da alvenaria estrutural:

- a) Redução de custos: está intimamente ligada a aplicação de técnicas de projeto e execução, podendo chegar a 30% de redução, cuja porcentagem está relacionada a simplificação das técnicas de execução e economia de formas e escoramentos;
- b) Menor diversidade de materiais empregados: relacionado a redução do risco de atraso no cronograma de execução em função de falta de materiais, equipamentos ou mão-de-obra, e menor número de empreiteiras na obra;
- c) Redução da diversidade de mão-de-obra especializada: existe a necessidade de mão-de-obra especializada somente na execução da alvenaria, diferentemente do que ocorre nas estruturas de concreto armado e aço;
- d) Maior rapidez de execução: vantagem esta que é evidente neste tipo de construção, proveniente principalmente da simplificação das técnicas construtivas, permitindo um retorno do capital empregado com maior agilidade;
- e) Robustez estrutural: pelas características da estrutura, que acaba resultando em uma maior resistência aos danos patológicos decorrentes de movimentações.

Por se tratar de um sistema racionalizado, respeitando os projetos na obra não haverá desperdício de materiais, porque os blocos não podem ser quebrados. O único desperdício provável pode ser no transporte ou no manuseio do mesmo, e assim não tendo perdas, cortes ou rearranjos é um fator que contribui para uma obra racionalizada. As instalações são feitas por dentro das células vazias dos blocos ou na parte externa da alvenaria, em shafts, a consequência disso é uma obra econômica e que reduz bastante o custo para o empreendedor (PASTRO, 2007).

Ainda segundo Camacho (2006), os principais inconvenientes da alvenaria estrutural é a limitação do projeto arquitetônico pela concepção estrutural, o que não permite construções arrojadas, além da impossibilidade de adaptação da arquitetura para novos usos.

Araújo (2009) cita em seu trabalho fatores que fazem com que a alvenaria estrutural possua desvantagens quando comparado com os sistemas convencionais, como:

- a) A exigência de uma fiscalização intensa nas etapas da construção, com controle rigoroso em todos os processos;
- b) Exigência de qualificação da mão-de-obra, fator esse que implica no treinamento de operários;
- c) Construção que limita projetos arquitetônicos, ligados à dimensão de vãos e posição de paredes;
- d) Ocorre limitação na altura total do edifício.

2.3 MODULAÇÃO

Pastro (2007) fala que para projetar um edifício em alvenaria estrutural é necessário um estudo de modulação, juntamente com o projeto arquitetônico. A modulação consiste em encaixar os blocos uns nos outros, respeitando todas as amarrações, formando um prisma.

Modular significa acertar as dimensões em planta e o pé-direito da construção, por meio das dimensões dos blocos, com o intuito de diminuir os cortes na construção da parede. Existem dois tipos de modulação: a horizontal, que é a medida da largura do bloco mais 1 centímetro de espessura da junta de argamassa; e a vertical, que ajusta a distância do piso até o teto, sendo essa distância múltipla do módulo vertical adotado (KALIL, 2007).

O projetista deve levar em consideração, além das dimensões dos componentes, o processo construtivo, afirma Machado (1999), para que se possa, então, atender requisitos de ordem estrutural, sem comprometer a produtividade na execução da alvenaria. A modulação

leva a necessidade de se trabalhar com uma precisão, que se por um lado parece ser uma desvantagem, na verdade esse esforço adicional decorrente do aumento da precisão é amplamente compensado pela diminuição dos desperdícios provocados pelos imprevistos.

Segundo Favretto (2014), por meio da técnica de modulação se consegue evitar vários trabalhos de ajuste no canteiro, que representaria uma perda de material, tempo e mão de obra. Assim, a alvenaria estrutural só é considerada um sistema racionalizado quando existir uma perfeita modulação das paredes, de acordo com as dimensões dos blocos.

2.4 COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL

2.4.1 Blocos de concreto

Pastro (2007) afirma que a alvenaria estrutural é considerada um assunto muito amplo, porque qualquer unidade que seja ligada com argamassa de assentamento, formando uma estrutura prismática, pode ser considerada uma alvenaria estrutural. Neste tipo de estrutura podem existir diversos tipos de materiais para serem usados, como o bloco de concreto, que é o foco deste trabalho.

A explicação de Marinoski (2011) é que os blocos de concreto são peças retangulares, fabricadas com cimento, agregados (areia, pedriscos, pó de pedra) e água e a proporção do traço é em função da resistência que se espera do material. São blocos vazados no sentido da altura e com uma maior resistência à compressão neste sentido. Ele ainda trata das vantagens dos blocos de concreto, que são:

- a) Possuir um melhor acabamento e uniformidade das faces;
- b) Redução da quantidade de argamassa de assentamento;
- c) Economia de mão-de-obra, por demandar menos tempo no assentamento.

Para que se possa garantir as vantagens do bloco de concreto, Pasto (2007) fala que alguns fatores, como a absorção de água pelo bloco, devem ser considerados, porque o bloco não pode absorver muita água da argamassa de assentamento e, ao mesmo tempo, não pode ser impermeável, por causa da aderência da argamassa com o bloco. Portanto, é necessário existir um equilíbrio na absorção de água.

Apesar das características vantajosas dos blocos de concreto, citadas por Marinoski (2011), ele também trata das desvantagens do material, como:

- a) Não permitir cortes;
- b) Dificultar o encunhamento das faces inferiores de lajes e vigas;
- c) Em dias chuvosos, pela diferença de absorção de umidade do bloco e da argamassa de assentamento, o desenho do bloco aparece na alvenaria externa.

2.4.1.1 Característica geométrica do bloco de concreto

De acordo com Favretto (2014), usar a modulação permite que se tenha uma obra racionalizada e econômica. Para que isso ocorra, também é necessário a observação das características geométricas dos blocos.

Pastro (2007) diz que as medidas dos blocos devem ser múltiplas, para facilitar a modulação, por isso a divisão dos blocos de concreto em duas famílias: a família 29 e a família 39. No entanto, é necessária muita atenção para a variação das dimensões dos blocos nos lotes, pois se ocorrer muita variação, gera problemas na modulação.

A Tabela 1 apresenta as dimensões nominais dos blocos vazados de concreto, conforme classificação da NBR 6136 (ABNT, 2014).

Tabela 1 - Dimensões Nominais

Família	20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Largura	190	140		115			90		65	
Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
	Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
	Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
	Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2014).

Segundo a NBR 6136 (ABNT, 2014) as dimensões dos blocos, indicadas na Tabela 1, são dimensões reais, e possuem tolerâncias permitidas de 2 mm, para mais ou para menos, na largura, e de 3 mm, para mais ou para menos, na altura e no comprimento.

2.4.1.2 Característica mecânica e física do bloco de concreto

Os blocos são os principais responsáveis pelas características resistentes da estrutura. Assim, de acordo com as normas brasileiras, os blocos de concreto são classificados em: blocos vazados de concreto simples, para alvenaria sem função estrutural, chamados de blocos de vedação (NBR 7173, ABNT, 1982); e os blocos vazados de concreto simples, para alvenaria estrutural, chamados de blocos estruturais (NBR 6136, ABNT, 2014).

Os blocos vazados de concreto simples, para alvenaria estrutural, são especificados quanto à resistência característica à compressão e à absorção, resultados obtidos aos 28 dias, como mostra a Quadro 1, conforme NBR 6136 (ABNT, 2014).

Quadro 1 - Resistência à Compressão e Absorção dos Blocos

Tipo de Bloco	Resistência à Compressão	Absorção
Estrutural	f_{ck} superior a 4,5 MPa dividido em classes de resistência	menor ou igual a 10%
Vedação	média de 2,5 MPa, mínima individual de 2,0 MPa	média menor ou igual a 10%, máxima individual de 15%

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2014).

Silva (2007) cita e explica as principais propriedades mecânicas dos blocos, que são: resistência à compressão e tração, módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson. As explicações da autora para essas propriedades são expostas a seguir.

A resistência à compressão é o fator que contribui para a resistência da alvenaria de forma global. Lembrando sempre que, o aumento da resistência do bloco não aumenta a resistência da alvenaria, apenas faz com que aumente a diferença entre a resistência do bloco e da argamassa. A resistência à compressão ocorre quando a alvenaria é submetida a carregamento axial, os blocos sofrem as tensões de compressão e a argamassa sofre o confinamento.

Para a determinação do módulo de elasticidade dos blocos de concreto, não existem ensaios que sejam normatizados, alguns autores sugerem equações para a quantificação desse módulo. Não existe também ensaios normalizados para determinar o coeficiente de Poisson,

ele é a razão entre deformação lateral e axial dentro do intervalo elástico. Usa-se para esse coeficiente o valor de 0,20, que é o coeficiente de Poisson do concreto.

2.4.2 Argamassa de assentamento

Outro item importante do sistema de alvenaria estrutural é a argamassa de assentamento, pois ela é responsável de distribuir toda a carga para os blocos que estão ligados a ela, existindo um componente estrutural, ou seja, o bloco em cima e outro embaixo, por isso ela se torna uma emenda entre os componentes, tendo que suportar as cargas solicitadas e unir os componentes do prisma. A resistência da argamassa é de 70% da resistência do bloco de concreto (PASTRO, 2007).

Costa (2016) define a argamassa como sendo uma ligação da alvenaria, tendo como funções:

- a) Unir os componentes (blocos);
- b) Transmitir as tensões para os blocos;
- c) Prevenir a entrada de água;
- d) Fazer a compensação das variações dimensionais dos blocos.

Deve-se observar, segundo Costa (2006), as espessuras das juntas. O ideal é que a junta tenha 1 cm, podendo variar com tolerância de 3 mm. Se a junta de argamassa for menor que 1 cm, a face de um bloco pode encostar na outra. Se a junta for maior que 1 cm, a resistência da parede diminui. Deve-se, portanto, controlar essa junta e respeitar sempre a resistência da argamassa exigida.

A argamassa possui propriedades que se diferenciam do estado fresco e do estado endurecido, gerando o resultado final da resistência da alvenaria. Costa (2006) explana sobre essas propriedades:

- Estado Fresco

Trabalhabilidade: uma argamassa de boa trabalhabilidade se espalha facilmente, sua consistência permite ao bloco um perfeito alinhamento e não provoca escorregamento nas fiadas antecedentes. Essa trabalhabilidade depende de fatores como: qualidade do agregado, quantidade de água, tempo de preparação, fluidez entre outros.

Retentividade: é a capacidade de retenção de água da argamassa. Esse problema normalmente é devido a granulometria do agregado (agregados muito grandes) ou escolha de um cimento inadequado.

Endurecimento: decorre da reação química entre o cimento e a água. Se a argamassa endurecer muito rápido, causa problemas no assentamento dos blocos, se demorar muito para endurecer, atrasa o tempo de construção, pela demora para se dar continuidade ao trabalho.

- Estado Endurecido

Aderência: a resistência a aderência é a capacidade de ligação entre bloco e argamassa absorver as tensões. Os fatores que influenciam a aderência da argamassa são a trabalhabilidade da argamassa, retenção de água, taxa de absorção do bloco, quantidade de cimento, entre outros.

Resistência à compressão: a argamassa deve ser resistente para suportar os esforços que a parede irá suportar, no entanto, a resistência à compressão da argamassa não deve exceder a resistência dos blocos, para que as fissuras devido à expansão térmica ou movimentos na parede ocorram na junta de argamassa. Importante é salientar que resistência alta à compressão da argamassa não significa aumento da resistência da parede.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio de um conjunto de ensaios, estabelece requisitos para cada característica, que deve ser controlada por procedimentos normativos. A Tabela 2 trata das exigências mecânicas para argamassas, de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2001).

Tabela 2 - Exigências Mecânicas para Argamassas

Características	Identificação	Limites	Método
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I	entre 0,1 e 4,0	NBR 13279
	II	entre 4,0 e 8,0	
	III	maior que 8,0	
Capacidade de retenção de água (%)	Normal Alta	entre 8,0 e 9,0 maior que 9,0	NBR 13277
Teor de ar incorporado (%)	a	menor que 8,0	NBR 13278
	b	entre 8,0 e 18,0	
	c	maior que 18,0	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2001).

2.4.3 Graute

O graute pode ser definido como um tipo especial de concreto, conforme NBR 8798 (ABNT, 1985), sendo composto da mistura de cimento, agregados miúdos e aditivos com diversas funções.

De acordo com Watanabe (2008), após ser misturado com água, é desejável que o graute possua fluidez, consistência, baixa ou nenhuma retração, trabalhabilidade e resistência à compressão. A fluidez é fundamental para que os furos dos blocos de concreto sejam totalmente preenchidos. No Brasil, o termo graute é usado para designar os materiais que possuem elevada fluidez e trabalhabilidade. Serve principalmente para:

- Preenchimento de blocos canaletas (U ou J);
- Formar cintas, vergas e contravergas;
- Preenchimento de furos em regiões com elevadas cargas concentradas, ou com cargas distribuídas em vãos curtos, ajudando no aumento da resistência da parede;
- Preenchimento de furos que possuam armaduras, para manter a barra no meio do furo e unir a armadura com a parede.

Um artigo da *Téchne* escrito por Tula, Ferreira e Oliveira (2011), enumera algumas vantagens do graute como: facilidade de preencher vazios e cavidades com alta taxa de armaduras, sem deixar vazios, ou seja, com um preenchimento total da seção; proteção contra corrosão, por causa da baixa permeabilidade; rápida liberação de formas e da estrutura grauteada, o que permite agilidade no processo construtivo.

Suas funções são aumentar a resistência das paredes, absorvendo um pouco dos esforços verticais, proporcionar estabilidade ao conjunto, com o aumento da rigidez, unir a armadura a estrutura. Sua utilização é imprescindível na execução de obras em alvenaria estrutural (WATANABE, 2008).

A NBR 8798 (ABNT, 1985) divide os grautes em finos e grossos, de acordo com a dimensão dos agregados utilizados na preparação. O graute fino possui agregado com dimensão máxima de 4,8 mm. O graute grosso é constituído com agregado de dimensão superior a 4,8 mm.

2.4.4 Armadura

As barras de aço, que são utilizadas no sistema construtivo de alvenaria estrutural, são as mesmas utilizadas em estruturas de concreto armado, mas neste sistema, as barras são envolvidas com o graute, para que ocorra um trabalho em conjunto quando a alvenaria for solicitada. A função das armaduras é de absorver os esforços, seja de tração ou compressão (CAMACHO, 2006).

Junior (1992) cita que além de ajudar a alvenaria a absorver os esforços de compressão e resistir aos esforços de tração, ainda trabalha como travamento e combate à retração. As barras de aço devem possuir diâmetro igual ou superior a 5 mm.

Ramalho e Corrêa (2003) falam que existe a exceção de que, para as barras de aço que são colocadas na junta de argamassa, é necessário que elas possuam um diâmetro mínimo de 3,8 mm, e não devem exceder a metade da espessura da junta de argamassa.

2.5 ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os procedimentos utilizados para estimativa da resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural são:

2.5.1 Ensaios em prismas

Segundo Viapiana (2009) o prisma é um corpo de prova da alvenaria, constituído da superposição de um certo número de blocos. Normalmente, para ensaios, são usados prismas com dois ou três blocos, unidos por uma junta de argamassa, e destinados ao ensaio de compressão axial, para que se caracterize previamente a alvenaria. Esse é o processo adotado pela NBR 10837 (ABNT, 1989).

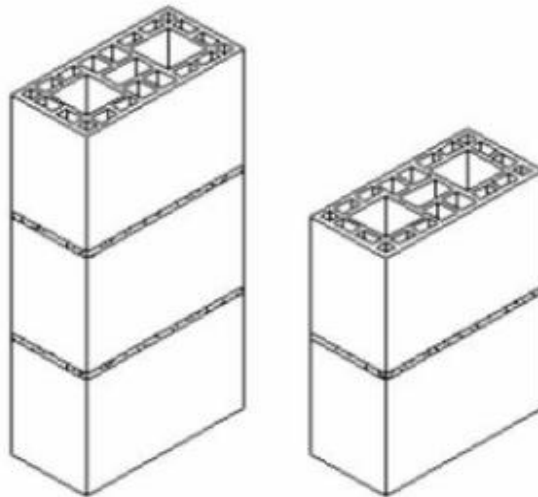
Viapiana (2009) afirma que para o procedimento é recomendado que se use prismas com três blocos, pois o bloco do meio fica livre do efeito de confinamento, representando melhor a ruptura da alvenaria. Os prismas de dois blocos não são muito indicados, apesar de serem mais fáceis de realizar os ensaios, porém os valores de resistência à compressão acabam sendo superiores aos reais da alvenaria.

É importante, de acordo com Camacho (2006), que os prismas possuam todas as características reais das alvenarias na obra, como: o tipo de argamassa empregada, o tipo de bloco usado, a espessura das juntas de argamassa, a forma de assentamento, entre outros. Os

ensaios com prismas geralmente fornecem melhores resultados e valores maiores da resistência da alvenaria, quando comparados com os ensaios feitos com blocos e argamassas, isoladamente.

A Figura 8 mostra o esquema de prismas de três e dois blocos.

Figura 8 - Prismas de Três e Dois Blocos



Fonte: Silva, Mota E Barbosa, 2013.

2.5.2 Ensaio em paredes

A alvenaria é um componente constituído por blocos, unidos por uma junta de argamassa, formando um conjunto coeso e rígido. Sua funções são de vedação, proporcionar conforto térmico e acústico, resistir ao fogo, absorver e transmitir os esforços do edifício. No sistema de alvenaria estrutural, as paredes são os elementos estruturais mais importantes, responsáveis por absorver as ações verticais e horizontais, além de peso próprio e a ação do vento (JÚNIOR, 1992).

De acordo com Camacho (2006), os ensaios em alvenaria não são muito convenientes para se estimar a resistência, eles são utilizados para pesquisas em laboratórios em verificação de métodos analíticos e de comparação com a resistência de blocos e prismas. Os ensaios com paredes são padronizados pela NBR 8949 (ABNT, 1985) e aplicados em blocos de concreto, cerâmicos ou tijolos. A norma determina que deve ser estimada uma resistência média após o ensaio, com no mínimo três corpos de prova.

A NBR 10837 (ABNT, 1989), segundo o mesmo autor, permite que neste tipo de ensaio seja majorada as tensões admissíveis em 43%, em alvenarias não armadas, e 27%, em alvenarias armadas.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as características dos elementos que foram utilizados na análise da resistência à compressão dos prismas de blocos de concreto, com o objetivo de contribuir com novas informações no estudo da alvenaria estrutural.

Foram feitas análises dos elementos que compõem a estrutura dos prismas e alvenarias, para entender o comportamento de cada um isoladamente. Realizou-se a caracterização da argamassa e dos blocos de concreto, depois a moldagem e rompimento dos prismas. Todos os ensaios foram feitos no Laboratório de Materiais, Estrutura e Solos do Centro Tecnológico da UniEvangélica – Centro Universitário de Anápolis.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

3.2.1 Blocos de concreto

Para o ensaio foram utilizados blocos de concreto da Família 39, com 14 cm x 19 cm x 39 cm, segundo a NBR 6136 (ABNT, 2014), com resistência nominal de 4,5 MPa. Os blocos de concreto usados no ensaio foram doados pela Vibracon, empresa de Anápolis-GO.

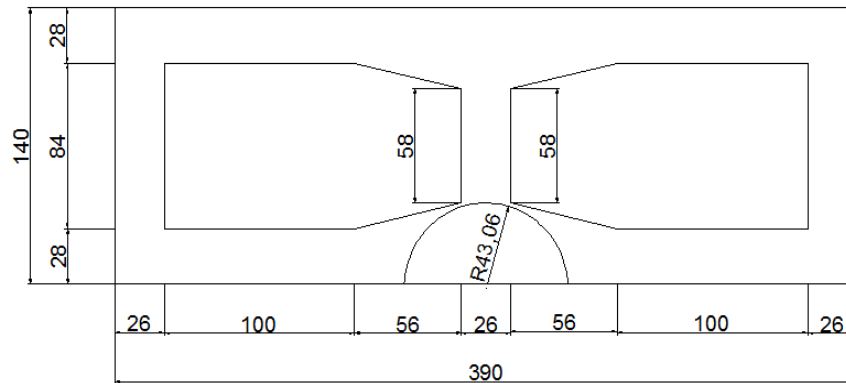
De acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2014) são permitidas variações de ± 2 mm de largura e ± 3 mm de altura e comprimento, na caracterização dos blocos de concreto (Figura 9). A Figura 10 apresenta a média das características geométricas dos blocos de concreto.

Figura 9 - Caracterização dos Blocos de Concreto



Fonte: Própria autora, 2017.

Figura 10 - Média das Características Geométricas (mm) dos Blocos



Fonte: Própria autora, 2017.

A área líquida média foi obtida na caracterização de 20 blocos de concreto e, com o auxílio do software AutoCad 2013 (*AutoDesk*©), foram determinadas:

Área de um furo: 123,76 cm²

Área bruta: 546 cm²

Área líquida: 298,48 cm²

Após o procedimento de caracterização física dos blocos, fez-se um processo com gesso nas extremidades dos mesmos, denominado de capeamento (Figura 11). Esse processo é necessário para que haja uniformidade de tensões dissipadas no bloco, no momento do rompimento.

Figura 11 - Regularização do Bloco de Concreto



Fonte: Própria autora, 2017.

Utilizou-se aproximadamente 3 mm de gesso na área de interação entre o bloco e a prensa. Foram ensaiados um total de 8 blocos.

3.2.2 Argamassa

O traço de argamassa utilizado foi de 1:0,4:1,23:4,64 (cimento: cal: areia fina: areia média) em peso, respectivamente, sendo esse traço o definido por Francisco e Soares (2016). A Figura 12 mostra alguns dos materiais utilizados: cimento CII-Z-32, da Ciplan; cal hidratada CHIII, da Itaú; areia natural e aditivo plastificante Vedalit.

Figura 12 - Alguns Materiais Utilizados



a) Cimento CII-Z-32

Fonte: Própria autora, 2017.

b) Cal Hidratada

c) Aditivo Plastificante

Foram utilizados instrumentos, como recipientes para os materiais, colher de pedreiro e 24 corpos de prova de 5 cm x 10 cm (Figura 13). Empregou-se também 1,25 litros de água, para cada quilo de cimento e 100 ml de aditivo plastificante, para cada 50 kg de cimento.

Figura 13 - Corpos de Prova de 5 cm x10 cm



Fonte: Própria autora, 2017.

Realizou-se o slump test (Figura 14) e obteve-se um valor de 100 mm (± 20 mm), resultado satisfatório, conforme as tolerâncias para o slump da NBR 7212 (ABNT, 2012), que garante a trabalhabilidade da argamassa.

Figura 14 - Slump Test



Fonte: Própria autora, 2017.

Moldou-se assim os corpos de prova, e estes foram rompidos aos 7, 14, 21 e 28 dias de idade, obtendo-se os valores da resistência à compressão da argamassa.

3.3 MOLDAGEM E ENSAIO DOS PRISMAS

Para o ensaio dos prismas, foram moldados 40 prismas, cada um formado por 3 blocos unidos por juntas de argamassa. Foram 10 prismas de cada espessura de juntas analisadas: 6,3 mm, 8 mm, 10 mm e 15 mm. As extremidades dos blocos (parte superior e inferior), que fica em contato com a prensa, foram regularizadas com gesso, afim de proporcionar uniformidade na distribuição de tensões aplicadas no momento do ensaio de compressão. E para garantir que as juntas de argamassa ficassem corretas, foram usados gabaritos de aço (Figura 15), na moldagem dos prismas, após a retirada do gabarito o vazio foi preenchido com argamassa.

Figura 15 – Prismas com Gabarito de Aço



Fonte: Própria autora, 2017.

Assim foram moldados prismas com espessuras distintas de 6,3 mm, 8 mm, 10 mm e 15 mm, cada uma das espessuras compostas por 10 prismas para análise (Figura 16). Os

prismas foram ensaiados em prensa da marca Contenco Pavitest, com capacidade máxima de 100 T (Figura 17).

Figura 16 - Prismas Moldados



Fonte: Própria autora, 2017.

Figura 17 - Prisma na Prensa



Fonte: Própria autora, 2017.

4 RESULTADOS

Neste capítulo é apresentado todos os resultados obtidos nos ensaios que foram realizados, conforme recomendações das Normas Brasileiras.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO

A caracterização dos blocos de concreto seguiu recomendações da NBR 12118 (ABNT, 2013), norma referente a blocos de concreto, com a qual obteve-se a tensão de ruptura para a área líquida (298,48 cm²) dos blocos, que foi obtida na caracterização de 20 blocos do total do lote utilizado.

Foram utilizados 8 blocos para a caracterização mecânica. A Tabela 3 mostra os valores de resistência à compressão axial dos blocos ensaiados, onde pode ser observado que todos os blocos ensaiados obtiveram tensões acima de 4,5 MPa, que é o indicado pelo fabricante.

Tabela 3 - Ensaio de Resistência à Compressão dos Blocos

BLOCO	CARGA DE RUPTURA (kgf)	TENSÃO (MPa)
1	34.590	11,59
2	35.850	12,01
3	33.280	11,15
4	43.930	14,72
5	30.030	10,06
6	29.390	9,85
7	29.160	9,77
8	37.150	12,45

Fonte: Própria autora, 2017.

Na Tabela 4 encontram os valores da resistência média à compressão do bloco de concreto (f_{mb}), que é a média entre as tensões de ruptura; a resistência à compressão característica dos blocos de concreto (f_{bk}), que é calculada pela média das tensões inferiores à resistência média; e o desvio padrão (S_d), que é dado pela diferença entre a resistência média à

compressão do bloco de concreto (f_{mb}) e a resistência à compressão característica dos blocos de concreto (f_{bk}).

Tabela 4 - Resistência à Compressão dos Blocos de Concreto

f_{mb} (MPa)	11,45
S_d	1,24
f_{bk} (MPa)	10,21

Fonte: Própria autora, 2017.

Seguindo os critérios da NBR 6136 (ABNT, 2014), Tabela 5, sobre a resistência característica à compressão dos blocos, e com o resultado de f_{bk} obtido nos ensaios, pode-se classificar os blocos de concreto como sendo da Classe A.

Tabela 5 - Requisitos para Resistência Característica à Compressão

CLASSIFICAÇÃO	CLASSE	RESISTÊNCIA A CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO AXIAL (MPa)
Com Função Estrutural	A	$f_{bk} > 8,0$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$
Com ou Sem Função Estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2014).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

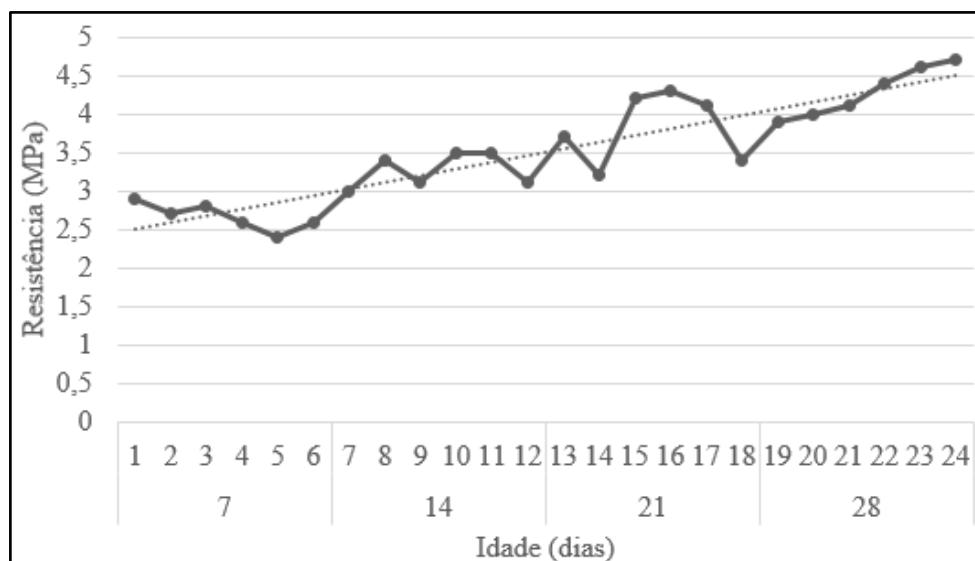
Foram moldados 24 corpos de prova cilíndricos de 5 cm x 10 cm, para serem rompidos aos 7, 14, 21 e 28 dias e determinar a resistência à compressão da argamassa.

O traço da argamassa foi de 1:0,4:1,23:4,64 (cimento: cal: areia fina: areia média) em peso, traço definido por Francisco e Soares (2016), alterado a quantidade de água para 1,25 litros de água, para cada quilo de cimento, para melhor trabalhabilidade da argamassa e 100 ml de aditivo plastificante, para cada 50 kg de cimento. Os resultados estão apresentados na Tabela 6. O Gráfico 1, apresenta a resistência à compressão da argamassa obtida ao longo dos dias.

Tabela 6 - Ensaio da Resistência à Compressão da Argamassa

Idade (dias)	Corpo de Prova	Resistência (MPa)
7	01	2,9
	02	2,7
	03	2,8
	04	2,6
	05	2,4
	06	2,6
14	07	3,0
	08	3,4
	09	3,1
	10	3,5
	11	3,5
	12	3,1
21	13	3,7
	14	3,2
	15	4,2
	16	4,3
	17	4,1
	18	3,4
28	19	3,9
	20	4,0
	21	4,1
	22	4,4
	23	4,6
	24	4,7

Fonte: Própria autora, 2017.

Gráfico 1 - Resistência à Compressão da Argamassa

Fonte: Própria autora, 2017.

Na Tabela 7 encontram os valores da resistência média à compressão da argamassa (f_{ma}), que é a média entre as resistências obtidas no ensaio, a resistência à compressão da argamassa (f_{arg}), que é calculada pela média das resistências inferiores à resistência média, e o desvio padrão (S_d), que é dado pela diferença entre a resistência média à compressão da argamassa (f_{ma}) e a resistência à compressão da argamassa (f_{arg}).

Tabela 7 - Resistência à Compressão da Argamassa

Aos 7 dias de idade	f_{ma} (MPa)	2,67
	S_d	0,14
	f_{arg} (MPa)	2,53
Aos 14 dias de idade	f_{ma} (MPa)	3,27
	S_d	0,20
	f_{arg} (MPa)	3,07
Aos 21 dias de idade	f_{ma} (MPa)	3,82
	S_d	0,39
	f_{arg} (MPa)	3,43
Aos 28 dias de idade	f_{ma} (MPa)	4,28
	S_d	0,28
	f_{arg} (MPa)	4,00

Fonte: Própria autora, 2017.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PRISMAS

As Tabelas 8, 9, 10 e 11 apresentam os resultados do ensaio de resistência a compressão axial dos prismas, usando a área líquida dos blocos de concreto e os valores da resistência média à compressão dos prismas (f_{pm}), a resistência à compressão característica dos prismas (f_{pk}), e o desvio padrão (S_d).

Foram moldados 10 prismas de cada espessura, porém usados os valores obtidos em apenas 8 prismas de cada espessura de junta, pois foram desconsiderados o menor e o maior valor que foram obtidos nos ensaios.

Tabela 8 - Resistência à Compressão dos Prismas com Junta de Argamassa de 6,3 mm

Prisma	Área Líquida (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Tensão Individual (MPa)	Tensão Média (MPa)
1	298,48	34.980	6,3	5,7
2		29.000	5,2	
3		30.350	5,5	
4		35.260	6,3	
5		33.950	6,1	
6		33.550	6,0	
7		23.970	4,3	
8		32.440	5,8	
f_{pm} (MPa)		5,7		
S_d		0,7		
f_{pk} (MPa)		5,0		

Fonte: Própria autora, 2017.

Tabela 9- Resistência à Compressão dos Prismas com Junta de Argamassa de 8 mm

Prisma	Área Líquida (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Tensão Individual (MPa)	Tensão Média (MPa)
1	298,48	33.350	6,0	5,79
2		27.720	5,0	
3		31.650	5,7	
4		26.770	4,8	
5		42.670	7,7	
6		27.630	5,0	
7		32.250	5,8	
8		35.180	6,3	
f_{pm} (MPa)		5,79		
S_d		0,66		
f_{pk} (MPa)		5,13		

Fonte: Própria autora, 2017.

Tabela 10- Resistência à Compressão dos Prismas com Junta de Argamassa de 10 mm

Prisma	Área Líquida (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Tensão Individual (MPa)	Tensão Média (MPa)
1	298,48	38.640	6,9	4,44
2		30.250	5,4	
3		15.640	2,8	
4		19.680	3,5	
5		23.590	4,2	
6		16.830	3,0	
7		25.500	4,6	
8		28.210	5,1	
		f_{pm} (MPa)	4,44	
		S_d	1,06	
		f_{pk} (MPa)	3,38	

Fonte: Própria autora, 2017.

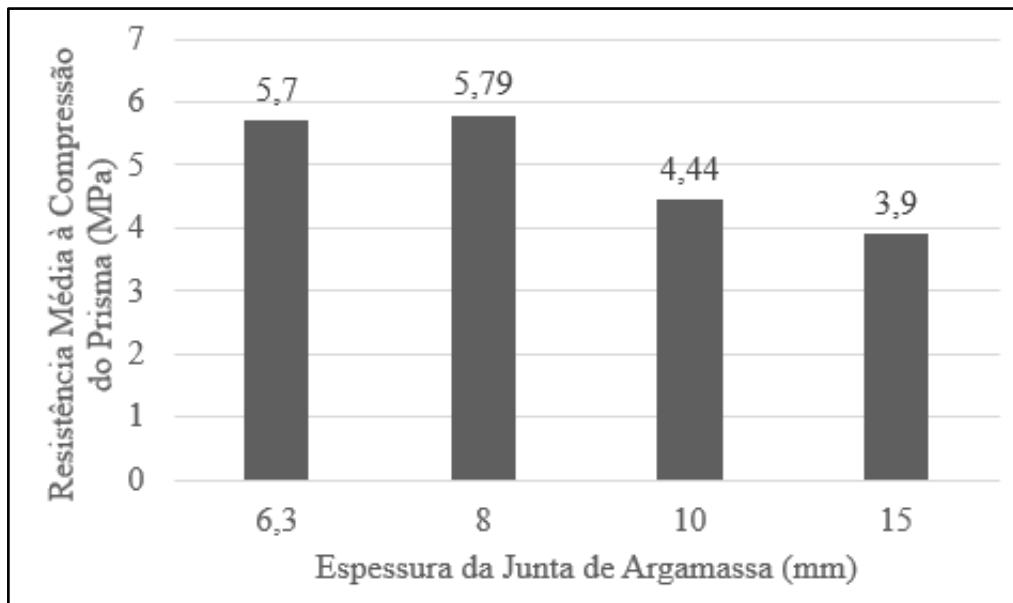
Tabela 11- Resistência à Compressão dos Prismas com Junta de Argamassa de 15 mm

Prisma	Área Líquida (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Tensão Individual (MPa)	Tensão Média (MPa)
1	298,48	23.620	4,2	3,9
2		14.890	2,7	
3		15.090	2,7	
4		21.980	3,9	
5		20.620	3,7	
6		21.620	3,9	
7		24.090	4,3	
8		32.190	5,8	
		f_{pm} (MPa)	3,9	
		S_d	0,87	
		f_{pk} (MPa)	3,03	

Fonte: Própria autora, 2017.

O Gráfico 2 mostra o comparativo, da resistência à compressão dos prismas que foram ensaiados, com suas respectivas espessuras de juntas de argamassa. Podendo verificar nitidamente que, de acordo com que se aumenta a espessura da junta de argamassa, diminui a resistência à compressão do prisma.

Gráfico 2 – Resistência à Compressão dos Prismas com Diferentes Juntas de Argamassa



Fonte: Própria autora, 2017.

Foram feitas comparações entre os prismas de 8 mm de espessura de argamassa e os de demais espessura analisadas nesse trabalho. A espessura de 8 mm foi usada como parâmetro comparativo, apesar de não ser considerada a medida padrão, conforme NBR 15.961-2 (ABNT, 2011), página 16, que considera a espessura ótima de 10 mm, mas foi a que apresentou melhor resistência no fim dos ensaios. As Tabelas 12, 13 e 14 mostram os ganhos ou perdas de resistência nas comparações das juntas.

Tabela 12 - Comparativo dos Prismas com Junta de 8 mm e 6,3 mm de Espessura

	Espessura de 8 mm	Espessura de 6,3 mm	Ganho de Resistência (%)
f_{pm} (MPa)	5,79	5,7	1,55 %
S_d	0,66	0,7	-
f_{pk} (MPa)	5,13	5,0	2,53 %

Fonte: Própria autora, 2017.

Tabela 13 - Comparativo dos Prismas com Junta de 8 mm e 10 mm de Espessura

	Espessura de 8 mm	Espessura de 10 mm	Ganho de Resistência (%)
f_{pm} (MPa)	5,79	4,44	23,32 %
S_d	0,66	1,06	-
f_{pk} (MPa)	5,13	3,38	34,11 %

Fonte: Própria autora, 2017.

Tabela 14 - Comparativo dos Prismas com Junta de 8 mm e 15 mm de Espessura

	Espessura de 8 mm	Espessura de 15 mm	Ganho de Resistência (%)
f_{pm} (MPa)	5,79	3,9	32,64 %
S_d	0,66	0,87	-
f_{pk} (MPa)	5,13	3,03	40,94 %

Fonte: Própria autora, 2017.

Os resultados apontam que a espessura da junta de argamassa de 8 mm apresenta maior resistência, além de menor consumo de argamassa, porém não é normalmente utilizada nas construções.

Na comparação entre a espessura da junta de argamassa de 8 mm e 6,3 mm, o ganho de resistência é de apenas 1,55%, o que não diferencia na escolha dessas espessuras, pela dificuldade de se garantir essas espessuras em obra.

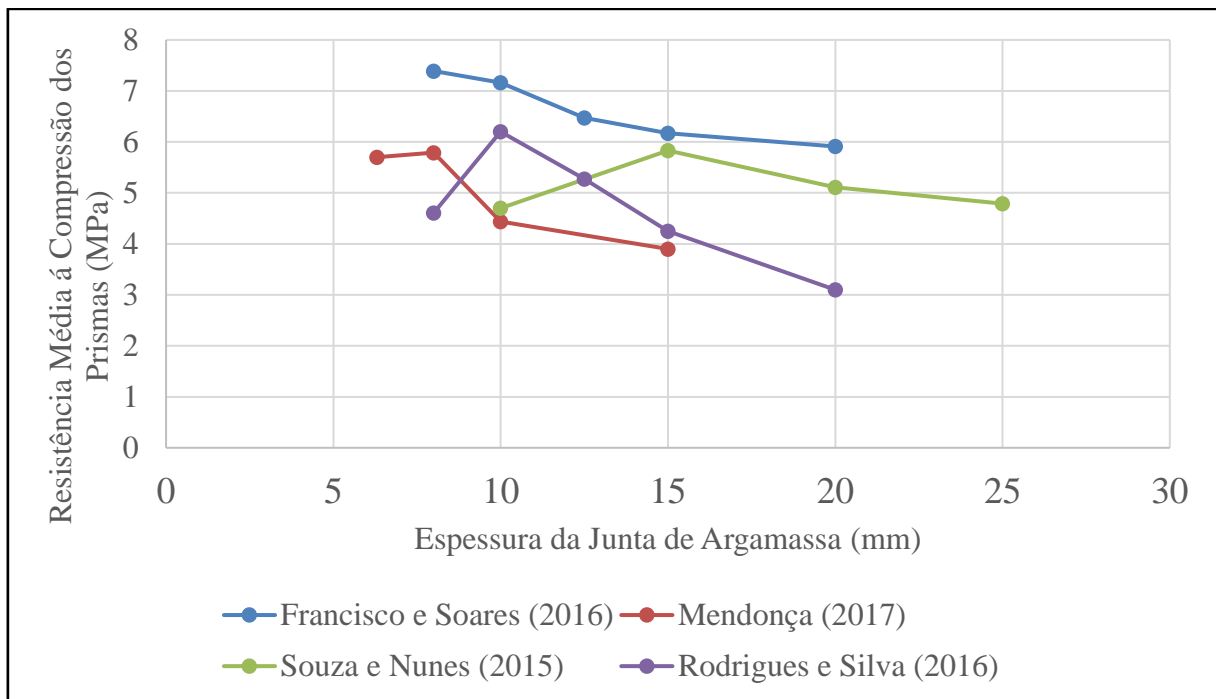
Na comparação entre a espessura da junta de argamassa de 8 mm e 10 mm, observa-se um ganho de 23,32% na resistência da junta de 8 mm, no entanto isso não descarta a utilização mais comum da junta de 10mm.

Na comparação entre a espessura da junta de argamassa de 8 mm e 15 mm, há uma perda de 32,64% de resistência com a utilização de espessuras de 15 mm, além de um grande consumo de material. Com esses resultados nota-se que o aumento da espessura da junta de argamassa faz com que a resistência à compressão diminua.

4.4 COMPARATIVO DE RESULTADOS COM OUTROS AUTORES

Os resultados apresentados no Gráfico 3, são obtidos dos trabalhos de Francisco e Soares (2016), Rodrigues e Silva (2016), Souza e Nunes (2015) e este trabalho.

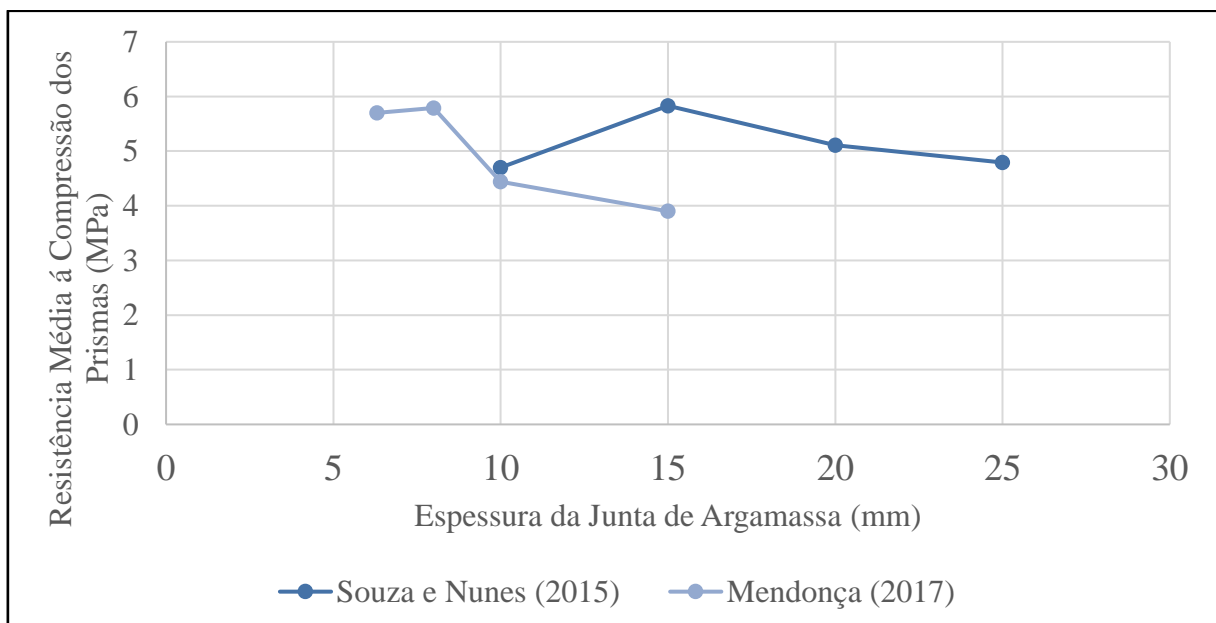
Gráfico 3 - Comparativo entre Estudos de Alguns Autores



Fonte: Própria autora, 2017.

Todos os trabalhos, exceto o de Francisco e Soares (2016), apresentam em suas curvas um ponto de inflexão, que indica que existem valores superiores e inferiores a espessura ótima de junta de argamassa. Todos os trabalhos não analisaram a espessura de 6,3 mm, o que foi feito neste trabalho, e o trabalho de Souza e Nunes (2015) não analisou a espessura de 8 mm.

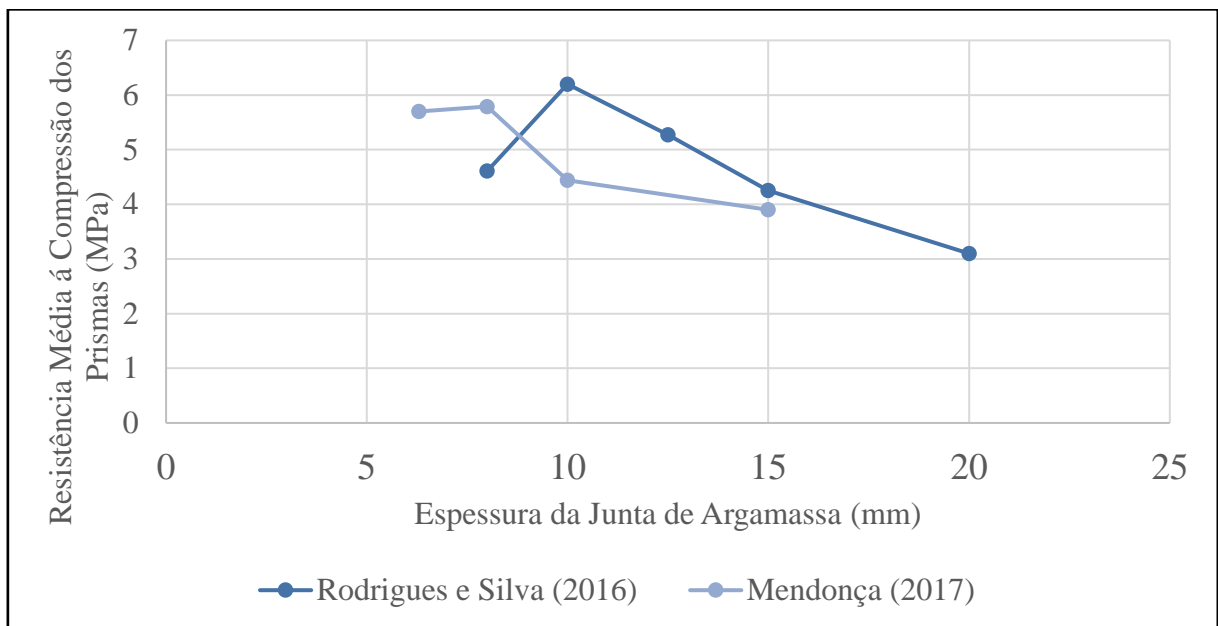
Gráfico 4 - Comparativo Souza e Nunes (2015) e este Trabalho



Fonte: Própria autora, 2017.

O Gráfico 4 apresenta as resistências obtidas por Souza e Nunes (2015), que determinam uma espessura ótima de 15 mm, porém indicam que em um cenário hipotético, a mais eficiente seria a espessura de 10 mm, ou seja, a recomendada pela norma. A diferença na determinação da espessura ótima pode ter sido por, Souza e Nunes (2015) ter usado blocos de concreto de 14 cm x 19 cm x 29 cm, distinto desse trabalho e, o traço de argamassa também ser diferente.

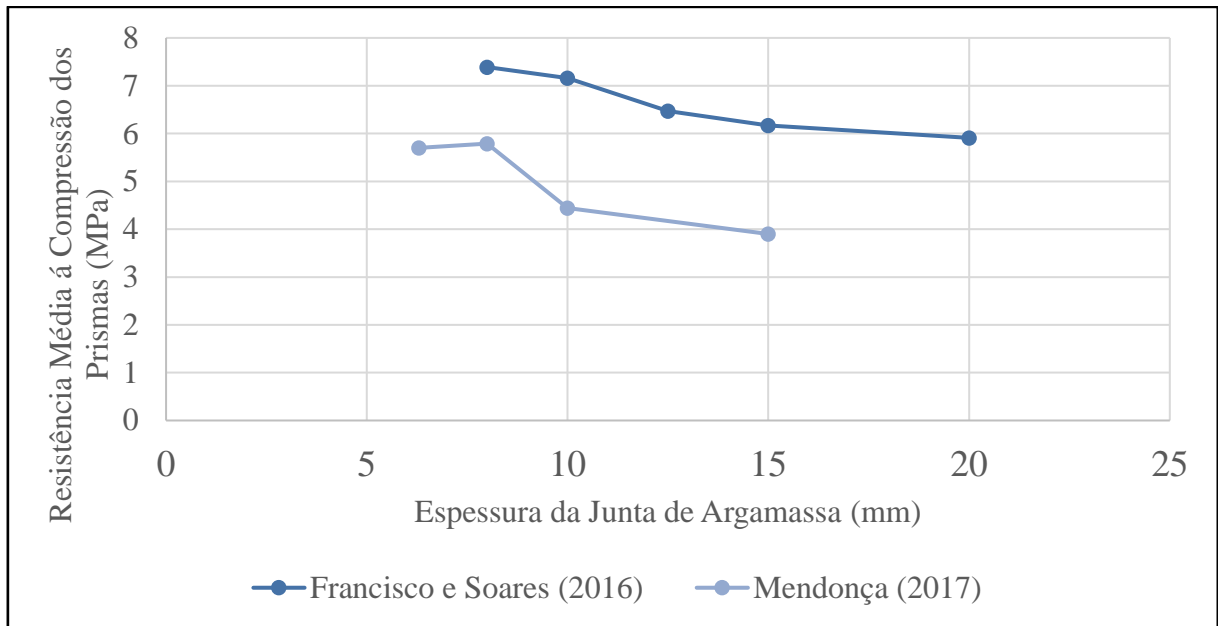
Gráfico 5 - Comparativo Rodrigues e Silva (2016) e este Trabalho



Fonte: Própria autora, 2017.

O trabalho de Rodrigues e Silva (2016), determina uma espessura ótima de 10 mm, que é o recomendado pela NBR 15.961-2 (ABNT,2011), sendo assim, o trabalho atende as expectativas da norma. A divergência com o presente estudo, mostrada no Gráfico 5, pode ter ocorrido pelo fato de que, o traço de argamassa utilizado nos dois trabalhos em questão foi diferente.

Os estudos do trabalho de Francisco e Soares (2016) é apresentado no Gráfico 6, e mostra que, a espessura ótima é a de 8 mm, o que coincide com o resultado desse trabalho. A curva apresentada por Francisco e Soares (2016) é decrescente, visto que a menor espessura analisada foi a de 8 mm, e não analisou-se uma espessura inferior.

Gráfico 6 - Comparativo Francisco e Soares (2016) e este Trabalho

Fonte: Própria autora, 2017.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados apresentados, os blocos de concreto apresentaram valores de resistência bem superior ao fornecido pelo fabricante, que é de 4,5 MPa, o que garante a boa resistência do material. Segundo a NBR 6136 (ABNT, 2014), os blocos de concreto usados são classificados com Classe A, com função estrutural, ou seja, resistência característica à compressão superior a 8 MPa.

Dentre as quatro espessuras analisadas, a espessura da junta de argamassa de 8 mm foi a que apresentou melhor resistência, sendo também a mais eficaz do ponto de vista econômico. As outras espessuras superiores a 8 mm apresentaram uma resistência à compressão menor, o que comprova que o aumento da espessura da junta de argamassa diminui a resistência do conjunto prisma.

Conseguiu-se atingir os objetivos propostos neste trabalho, visto que se comprova que existe uma grande influência da espessura da junta de argamassa na resistência final do prisma.

Existem ainda muitos estudos que podem ser realizados para esse sistema construtivo, buscando aperfeiçoar esses resultados. Recomenda-se utilizar, para os próximos ensaios, paredes de blocos de concreto, para conseguir fazer uma comparação entre os resultados de espessura ótima, obtidos com o ensaio dos prismas, com os resultados que se obterão no ensaio com as paredes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-2: **Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: Execução e Controle de Obras**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. NBR 13281: **Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 12118: **Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 6136: **Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 7173: **Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria sem Função Estrutural**. Rio de Janeiro, 1982.

_____. NBR 10837: **Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto**. Rio de Janeiro, 1989.

_____. NBR 15270-2: **Componentes Cerâmicos – Parte 2: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural – Terminologia e Requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 7212: **Execução de Concreto Dosado em Central**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 8798: **Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto**. Rio de Janeiro, 1985.

_____. NBR 8949: **Paredes de Alvenaria Estrutural – Ensaio à Compressão Simples**. Rio de Janeiro, 1985.

_____. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ARAÚJO, José Milton. **Alvenaria Estrutural - FURG**. Rio Grande, 2009.

BALDUINO, Gabriel Mônaco. **Comparativo Econômico entre os Sistemas Construtivos Estrutura Aporticada de Concreto Armado com Fechamento em Blocos Cerâmicos e Alvenaria Estrutural com Blocos Vazados de Concreto – Estudo de Caso – TCC/UFOP**. Ouro Preto, 2016.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural – UNESP**. Ilha Solteira – SP, 2006.

Catedral de Reims, França. Tourist Link, 2017. Disponível em:

<<http://www.touristlink.com.br/França/catedral-de-reims/overview.html>>. Acesso em: 28 de maio, 2017.

Coliseu, Roma. Imperius, 2011. Disponível em: <<http://imperius.forumeiros.com/t85-coliseu-de-roma>>. Acesso em: 02 de novembro, 2017.

Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa. Comunidade da Construção, 2017. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/banco-obras/1/alvenaria-estrutural>>. Acesso em: 28 de maio, 2017.

COSTA, Marianne R. M. Maron. **Tecnologia de Argamassas – Parte I – UFPR.** Paraná, 2016.

DIAS, J. N. **Avaliação da Resistência da Alvenaria de Solo-Cimento.** TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 88 p. 2015.

FAVRETTO, Júlia Machado. **Diretrizes para Projetos em Alvenaria Estrutural – Modulação e Detalhamentos.** Rio Grande do Sul, 2014.

Edifício Monadnock, Chicago. Somos 2d Viaje, 2016. Disponível em: <<http://www.somos2dviaje.com/main/diarios-de-viaje/chicago-costa-este-21-dias-millennium-park-loop-crucero/>>. Acesso em: 28 de maio, 2017.

FAVRETTO, Julia Machado. **Diretrizes Para Projetos em Alvenaria Estrutural – Modulação e Detalhamentos- UFSM.** Santa Maria, 2014.

FRANCISCO, A. M. X.; SOARES, H. A. B.. **Estudo da Influência das Espessuras das Juntas de Argamassa de Blocos de Concreto em Alvenaria Estrutural.** TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 81p. 2016.

FRANCO, Luiz Sérgio. **PCC 2515 – Alvenaria Estrutural – Conceitos Básicos – Escola Politécnica da USP.** São Paulo, 2004.

JUNIOR, Valdir Oliveira. **Recomendações para Projeto de Edifícios em Alvenaria Estrutural.** São Paulo, 1992.

KALIL, Silvia Maria Baptista. **Alvenaria Estrutural – PUC/RS.** Rio Grande do Sul, 2007.

MACHADO, Sofia Laurindo. **Sistemática de Concepção e Desenvolvimento de Projetos Arquitetônicos para Alvenaria Estrutural.** Florianópolis, 1999.

MARINOSKI, Deivis. **Alvenarias: conceitos, alvenaria de vedação e processo construtivo - UFSC.** Florianópolis, 2011.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Alvenaria Estrutural não Armada de Blocos de Concreto: Produção de Componentes e Parâmetros de Projeto – EPUSP.** São Paulo, 1993.

Muralha da China. Adventure Club, 2017. Disponível em: <<http://www.adventureclub.com.br/blog/dicas-de-viagem/conheca-a-historia-e-curiosidades-da-grande-muralha-da-china/>>. Acesso em: 14 de março, 2017.

NONATO, Luiz Fernando Costa. **Alvenaria Estrutural e Suas Implicações – UFMG**. Belo Horizonte, 2013.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. **Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural – TCC/USF**. Itatiba, 2007.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo, 2003.

Residencial Torres do Mirante. Construtora Emisa, 2017. Disponível em: <<http://construtoraemisa.com.br/empreendimentos/torres-do-mirante/>>. Acesso em: 15 de março, 2017.

RODRIGUES, D. M.; SILVA, D. G. **Otimização da Espessura das Juntas de Argamassa e Análise da Influência no Comportamento da Alvenaria Estrutural**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 81p. 2016.

ROMAN, Humberto; PARIZOTTO, Sérgio Filho. **Manual de Alvenaria Estrutural com Blocos Cerâmicos – Desenvolvimento de Material Didático ou Institucional – Capacitação Técnica**. 2006.

SILVA, Ana Flávia. **Avaliação da Resistência à Compressão da Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira, 2007.

SILVA, Ângelo Just da Costa; MOTA, João Manoel de Freitas; BARBOSA, Fred Rodrigues. **Avaliação da Influência da Argamassa de Revestimento na Capacidade Mecânica de Prismas de Blocos Cerâmicos Estruturais**. Fortaleza, 2013.

SOUZA, A. G.; NUNES, P. P. **Análise da Resistência de Prismas de Blocos de Concreto com Variação da Espessura das Juntas de Argamassa em Alvenaria Estrutural**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 68 p. 2015.

Taj Mahal, Índia. Obvious Magazine, 2003. Disponível em: <http://obviousmag.org/archives/2005/08/taj_mahal.html>. Acesso em: 28 de maio, 2017.

TULA, Leonel; FERREIRA, Paulo Sérgio Oliveira; OLIVEIRA, Roberto R. **Artigo Técnico – Grautes**. São Paulo, 2011.

VIAPIANA, Rafael. **Análise da Resistência de Prismas de Blocos Cerâmicos e de Blocos de Concreto com Função Estrutural**. Ijuí, 2009.

WATANABE, Paula Sumie. **Concretos Especiais – Propriedades, Materiais e Aplicações**. Bauru –SP, 2008.