

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

MARIANE OLIVEIRA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS  
CERÂMICOS E DE CONCRETO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

MARIANE OLIVEIRA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS  
CERÂMICOS E DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fabiana Goia Rosa de Oliveira

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

### AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS CERÂMICOS E DE CONCRETO

por

**Mariane Oliveira dos Santos**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14:30 do dia 14 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado

**Prof. Me. Adalberto L. R. de Oliveira**

( UTFPR )

**Prof<sup>ª</sup>. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes**

( UTFPR )

**Prof. Dr<sup>ª</sup>. Fabiana Goia Rosa de Oliveira**

(UTFPR)

**Orientadora**

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

**Prof. Dr. Marcelo Guelbert**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me acompanhar, proteger e guiar ao longo de toda essa jornada.

Aos meus pais, Gerson e Maria, que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado. Agradeço por acreditarem em meu sonho e contribuírem para que ele se realizasse.

À minha irmã Ana Paula, que mesmo longe sempre esteve junto de mim durante essa caminhada, me incentivando e apoiando.

À minha orientadora, professora Fabiana pelo suporte, dedicação, correções, broncas e incentivos que me levaram ao fechamento do meu TCC.

Ao meu namorado Guilherme, por toda ajuda e paciência na moldagem dos corpos de prova e por sua amizade e companheirismo nesses últimos anos de faculdade.

Agradeço aos meus amigos: Ana Cláudia, Beatriz, Emanuelli (in memoriam), Francielle, Giorgie, Giovanna, Heloa, Mayara, Matheus, Priscilla e Renan e aos colegas de curso, com quem enfrentei as maiores dificuldades da vida acadêmica, mas que com quem compartilhei as maiores alegrias e com quem espero continuar compartilhando os bons e difíceis momentos da vida.

Agradeço ao professor José Wilson, que abriu as portas do laboratório da Universidade Estadual de Maringá e permitiu que esse trabalho pudesse ser concluído, ao laboratorista Valter por toda atenção e suporte durante a execução dos ensaios. Agradeço também ao laboratorista Fábio que fez além de sua função e que foi fundamental para que esse trabalho pudesse ser realizado.

E por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa trajetória e me ajudaram a concretizar esse sonho, muito obrigada.

## RESUMO

DOS SANTOS, Mariane Oliveira. Avaliação da resistência à compressão de prismas de bloco cerâmicos e de concreto. 2016. 60 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo antigo e que hoje é bastante utilizado no Brasil, principalmente em empreendimentos habitacionais de larga escala. O bloco é o principal elemento da alvenaria estrutural, resiste aos esforços de compressão, cargas acidentais e garante isolamento térmico e acústico. No Brasil os tipos de blocos mais utilizados em edificações em alvenaria estrutural são os cerâmicos e os de concreto. Pesquisas relacionadas ao comportamento e interação dos materiais constituintes da alvenaria estrutural quando submetidos à esforços de compressão e tração são de grande valia para um melhor entendimento e aproveitamento deste sistema construtivo. A resistência à compressão é o parâmetro de resistência mais relevante para a alvenaria estrutural, visto que essa é a principal ação que a alvenaria está sujeita. A estimativa da resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural através de ensaio de prisma é extremamente interessante devido à fácil fabricação dos corpos de prova e aos resultados serem satisfatórios. O objetivo principal deste trabalho é analisar os ensaios de compressão em prismas formados por diferentes tipos de bloco estrutural, comparando o comportamento mecânico dos corpos de prova. Para os ensaios foram moldados 12 prismas de 2 unidades, sendo 6 constituídos por blocos cerâmicos e 6 por blocos de concreto, além dos prismas, 6 blocos de cada tipo também foram submetidos à ensaio de compressão. Com as análises dos resultados pode-se concluir que o bloco cerâmico estrutural, quando comparado ao bloco de concreto estrutural foi o que apresentou melhor comportamento quando submetidos à esforços de compressão.

**Palavras-chave:** Resistência à compressão. Prisma. Alvenaria estrutural.

## ABSTRACT

DOS SANTOS, Mariane Oliveira. Evaluation of the compressive strength of ceramic and concrete block prisms. 2016. 60 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

Structural masonry is an old constructive system which nowadays is largely used in Brazil, mainly in large scale housing projects. The block is the main element of the structural masonry; it resists to the compression stresses and accidental loads and, also, ensures thermal and acoustic insulation. In Brazil, the main used blocks types in buildings in structural masonry are the ceramic and the concrete ones. Research related to the behaviour and interaction of the constituent materials of the structural masonry when subjected to compression and traction stresses are of great value to a better understanding and exploitation of this constructive system. The compressive strength is the most relevant strength parameter to the structural masonry, since this is the main action in which the masonry is subjected to. The estimation of the compressive strength of the structural walls through the prism test is extremely interesting due to its easy manufacturing of the specimens and to the outcomes being satisfactory. The main objective of this paper is to analyse the compression specimens in prisms constituted by different types of structural blocks, by comparing the mechanic behaviour of the specimens. For the tests, it was moulded 12 prisms of 2 units, in which 6 are constituted by ceramic blocks and 6 by concrete blocks; also, beyond the prisms, 6 blocks of each type were subjected to compressive tests. With the results analysis it can be concluded that the structural ceramic block, when compared to the structural concrete block, presented the best behaviour when subjected to compressive stresses.

**Keywords:** Compressive strength. Prism. Structural Masonry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas. ....	16
Figura 2- Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (com paredes internas maciças).....	17
Figura 3 - Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (com paredes internas vazadas).....	17
Figura 4 - Bloco cerâmico estrutural perfurado. ....	18
Figura 5- Dimensões do bloco de concreto.....	20
Figura 6 – Prisma de bloco cerâmico com duas unidades.....	29
Figura 7 - Bloco cerâmico. ....	31
Figura 8 - Ensaio de compressão.....	32
Figura 9 - Bloco de concreto. ....	33
Figura 10 - Retifica dos blocos de concreto. ....	34
Figura 11 - Ensaio de compressão.....	35
Figura 12 - Argamassa utilizada.....	36
Figura 13 - Prisma Cerâmico.....	37
Figura 14 - Verificação da Espessura de Assentamento.....	38
Figura 15 - Travamento para transporte.....	39
Figura 16 - Prisma cerâmico submetido à ensaio de compressão.....	40
Figura 17 - Prisma de concreto. ....	41
Figura 18 - Verificação do prumo. Fonte: Autoria própria.....	41
Figura 19- Prisma de concreto submetido à ensaio de compressão.....	43
Figura 20 - Ruptura do bloco cerâmico. ....	45
Figura 21- Ruptura do bloco de concreto .....	47
Figura 22 - Modo de ruptura: prismas cerâmicos.....	50
Figura 23 – Modo de ruptura: prismas de concreto.....	52

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resistência obtida x resistência esperada. ....	45
Gráfico 2 - Resistência obtida x resistência esperada.....	47
Gráfico 3 - Resistência à compressão: bloco cerâmico x bloco de concreto.....	48
Gráfico 4 - Resistência à compressão: prisma cerâmico x prisma de concreto.....	53
Gráfico 5 - Resistência à compressão: bloco cerâmico x prisma cerâmico.....	54
Gráfico 6 - Resistência à compressão: bloco de concreto x prisma de concreto. ....	54
Gráfico 7 - Eficiência prisma/bloco .....	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Requisitos para resistência característica a compressão, absorção e retração. ....	21
Quadro 2 - Dimensões reais. ....	22

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Blocos Cerâmicos.....	32
Tabela 2 - Blocos de Concreto .....	34
Tabela 3 - Prismas Cerâmicos .....	39
Tabela 4 - Prismas de Concreto.....	42
Tabela 5 - Resistência à compressão atingida pelos blocos cerâmicos. ....	44
Tabela 6 - Resistência à compressão atingida pelos blocos de concreto.....	46
Tabela 7- Resistência à compressão atingida pelos prismas cerâmicos.....	49
Tabela 8 - Resistência à compressão atingida pelos prismas de concreto.....	51

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>14</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
4.1 BLOCOS .....	15
4.2 BLOCO CERÂMICO .....	16
4.3 BLOCO DE CONCRETO.....	19
4.4 ALVENARIA ESTRUTURAL.....	22
4.4.1 Histórico .....	24
4.4.2 Argamassa .....	25
4.4.3 Argamassa de assentamento .....	26
4.4.4 Ensaio de caracterização.....	28
<b>5 MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>31</b>
5.1 BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS .....	31
5.2 BLOCOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO .....	33
5.3 ARGAMASSA .....	35
5.4 PRISMAS CERÂMICOS.....	36
5.5 PRISMAS DE CONCRETO .....	40
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>44</b>
6.1 BLOCOS CERÂMICOS .....	44
6.2 BLOCOS DE CONCRETO .....	46
6.3 PRISMAS CERÂMICOS.....	49
6.4 PRISMAS DE CONCRETO .....	51
6.5 EFICIÊNCIA .....	55
<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo antigo, sendo utilizado desde as primeiras construções, como pirâmides, coliseus e catedrais. Antigamente utilizavam-se blocos de baixa resistência e os cálculos eram feitos de maneira empírica, o que resultava em edificações bem mais robustas do que as encontradas hoje. Com o passar dos anos as técnicas construtivas foram sendo aperfeiçoadas com o emprego de materiais mais resistentes e o desenvolvimento de pesquisas nessa área. (FELICIANO et al., 2009).

Hoje o sistema é amplamente utilizado em todas as regiões do Brasil, é comum observar o uso da alvenaria estrutural, especialmente em empreendimentos habitacionais de larga escala, nos quais as exigências de racionalização, planejamento, custo, agilidade e controle são melhor atingidas com essa técnica. (PARSEKIAN e SOARES, 2010)

Os principais componentes da alvenaria estrutural são os blocos, as argamassas, os grautes e as armaduras, cada material com características, comportamentos e funções diferentes na formação da alvenaria estrutural.

A unidade (bloco) é o principal elemento, resiste aos esforços de compressão, cargas acidentais, esforços provocados por carregamento horizontal e também garantem isolamento térmico e acústico. A argamassa tem como funções, unir as unidades, absorver deformações, transmitir esforços e promover estanqueidade. Os grautes tem como funções solidarizar e transmitir esforços entre bloco e armadura, aumentar a massa e a inércia da parede e aumentar a área líquida resistente. As armaduras são empregadas em regiões de reforços e de ligação entre as paredes e para resistir à esforços de tração na alvenaria, quando o rearranjo geométrico dos elementos não consegue combater essas cargas. (LEÃO, 2008).

Pesquisas relacionadas ao comportamento e interação entre os materiais componentes da alvenaria estrutural, quando solicitados à esforços de compressão e tração, são primordiais para o entendimento e uso de todo o potencial desse sistema construtivo.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar o comportamento mecânico de prismas confeccionados com blocos cerâmicos e de concreto, quando solicitados à esforços de compressão.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar ensaios de compressão em blocos estruturais de concreto e cerâmicos de acordo com a NBR 12118/2010 e a NBR 15270-3/2005 respectivamente e comparar os resultados obtidos.
- Realizar ensaios de compressão em prismas de concreto e cerâmicos de acordo com a NBR 15961-2/2010 e NBR 15812-2/2010 respectivamente.
- Verificar o modo de ruptura de prismas confeccionados com dois tipos de blocos estruturais e verificar a eficiência de cada tipo de bloco relativamente ao respectivo tipo de prisma.
- Comparar a resistência à compressão obtida nos ensaios de prismas, conforme a NBR 15961-2/2010, constituídos de blocos estruturais cerâmicos e de concreto.

### 3 JUSTIFICATIVA

A alvenaria estrutural ocupa posição de destaque no mercado brasileiro de construção habitacional, principalmente como uma solução para habitações de interesse popular para a classe média, pois o déficit habitacional ainda é grande no país e o governo cria programas de incentivo à obtenção da casa própria.

O processo construtivo em alvenaria estrutural é uma opção interessante nesse aspecto, pois quando o sistema é bem projetado e executado proporciona eficiência construtiva, minimiza o desperdício e aumenta a velocidade da obra.

A resistência à compressão é o parâmetro de resistência mais importante para a alvenaria estrutural, pois é a principal ação que a alvenaria está sujeita.

O ensaio com paredes conduz a um dimensionamento mais realista da alvenaria, mas apresentam custo elevado e são de difícil execução. Portanto, o ensaio adotado como parâmetro básico para o projeto em alvenaria estrutural é o ensaio de prismas.

A estimativa da resistência à compressão de paredes através do ensaio de prismas é extremamente interessante, visto que esses elementos são de fácil manuseio, são fabricadas rapidamente e necessitam de menos recursos e tempo no laboratório. É importante que os prismas sejam confeccionados nas mesmas condições verificadas nas obras, devem ser mantidos materiais e mão-de-obra, para que se possa ter resultados representativos do que realmente ocorre durante o processo de execução.

A resistência do prisma é sempre maior que a resistência da parede, pois o aumento do número de juntas que se encontram na parede, inclusive as juntas verticais que não aparecem nos prismas, faz com que a resistência da parede seja menor.

Os dois tipos blocos mais utilizados no Brasil para edificações em alvenaria estrutural são: unidades de concreto e unidades cerâmicas. Neste contexto, o estudo proposto justifica-se pela importância do tema e portanto, pela relevância de se conhecer melhor o comportamento desses dois tipos de blocos.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 BLOCOS

Os blocos são as unidades básicas para a formação de paredes, sendo um dos principais componentes da alvenaria estrutural. Portanto, sua resistência possui relação direta com a resistência das paredes e conseqüentemente com a resistência da construção (GROHMANN, 2006).

De acordo com Hendry (2001), existem características físicas e propriedades mecânicas que são relevantes para nos blocos e construção de paredes, tais como:

- Cor;
- Textura da superfície;
- Peso;
- Absorção e poros;
- Condutividade térmica;
- Resistência ao fogo;
- Resistência à compressão e tração.

Os blocos representam cerca de 80% do volume da alvenaria e são determinantes para grande parte das características da parede, tais como: resistência à compressão, estabilidade e precisão dimensional, resistência ao fogo e à penetração de chuva e isolamento térmico e acústico (PARSEKIAN, SOARES, 2010).

A resistência mecânica do bloco é o fator mais importante para definir a resistência da alvenaria, portanto seu estudo é de extrema importância. Entretanto, o aumento da resistência do bloco não significa um aumento proporcional da resistência da alvenaria (SCHANKOSKI, 2012). Segundo Hendry (1990), alvenaria apresenta uma resistência média à compressão proporcional à raiz quadrada da resistência média do bloco pela qual ela foi constituída.

Segundo Sabbatini (1986), a resistência da parede de alvenaria é geralmente inferior à do bloco, isso se dá pela presença da junta de argamassa e pela esbeltez dos elementos ensaiados que altera o modo de ruptura.

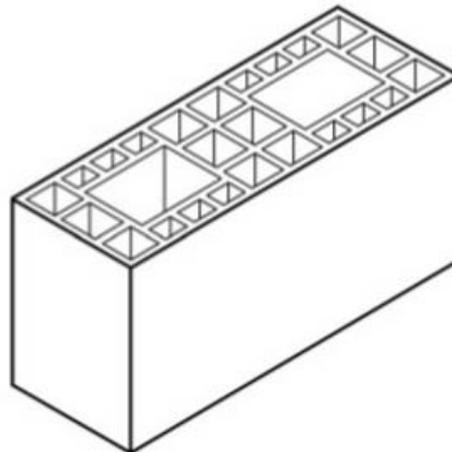
Outro fator que influencia diretamente o comportamento estrutural da alvenaria são as dimensões dos blocos, principalmente o que diz respeito aos tipos de amarração entre as fiadas, número de juntas horizontais e à esbelteza das paredes resistentes.

#### 4.2 BLOCO CERÂMICO

Segundo a NBR 15270-2/2005, os blocos cerâmicos devem ser classificados de acordo com sua função, ou seja, para alvenaria estrutural ou alvenaria de vedação.

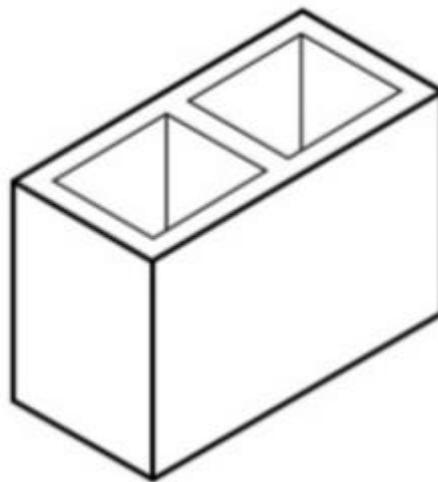
De acordo com a NBR 15270-2/2005, bloco cerâmico estrutural é o “componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contém.” A norma divide os blocos cerâmicos estruturais em três tipos:

- Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas: Componente da alvenaria estrutural com paredes vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida, conforme a figura 1.

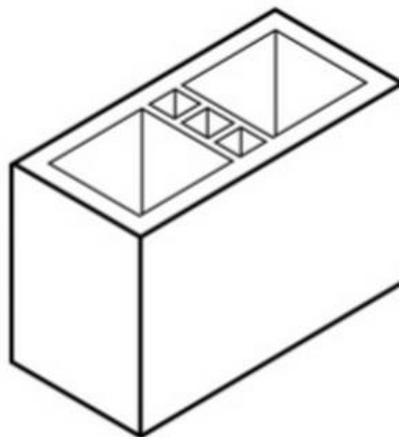


**Figura 1- Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas.**  
**Fonte: NBR 15270-2/2005.**

- Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças: Componente da alvenaria estrutural cujas paredes externas são maciças e as internas podem ser paredes maciças ou vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida, conforme representado nas figuras 2 e 3.

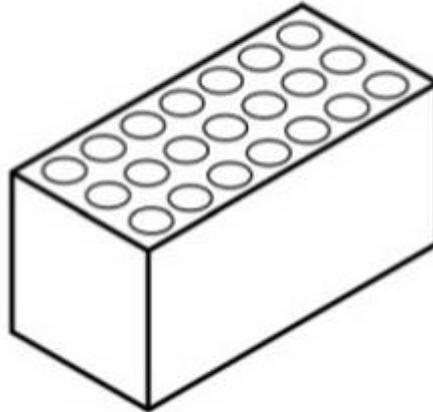


**Figura 2- Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (com paredes internas maciças).**  
Fonte: NBR 15270-2/2005.



**Figura 3 - Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (com paredes internas vazadas).**  
Fonte: NBR 15270-2/2005.

- Bloco cerâmico estrutural perfurado: Componente da alvenaria estrutural cujos vazados são distribuídos em toda a sua face de assentamento, empregado na alvenaria estrutural não armada, conforme figura 4.



**Figura 4 - Bloco cerâmico estrutural perfurado.**  
**Fonte: NBR 15270-2/2005.**

De acordo com a NBR 15270-2/2005 esse tipo de bloco deve ser fabricado por conformação plástica da matéria-prima argilosa, podendo conter ou não aditivos e deve ser queimado em elevadas temperaturas. Quanto à identificação o bloco cerâmico estrutural deve trazer, obrigatoriamente, gravado em uma das suas faces externas, as seguintes informações:

- Identificação da empresa;
- Dimensões de fabricação na sequência: largura (L), altura (H) e comprimento em centímetros;
- As letras EST (indicação de sua condição estrutural)
- Indicação de rastreabilidade (permite ao fabricante identificar o lote ao qual o bloco pertence)

Quanto às características visuais o bloco não deve apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam seu emprego na função especificada.

Segundo Fonseca et al (1994) e Roman (1983), os produtos de cerâmica vermelha como os tijolos e blocos possuem uma demanda cada vez maior, devido às vantagens que apresentam como:

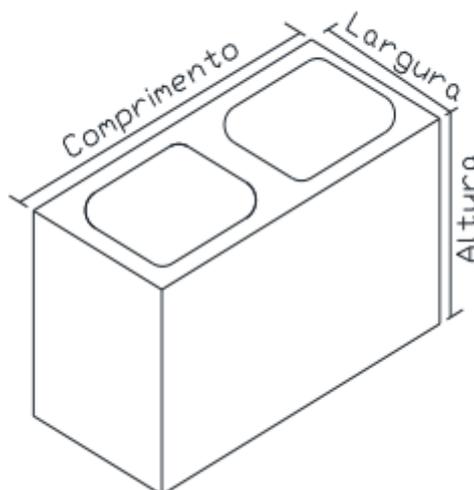
- Exercem menor carga nas fundações do que outros componentes de alvenaria;
- São encontrados facilmente em todo o país e em variedade de tipos;

- A mão de obra é facilmente qualificada para trabalhar com esse tipo de material;
- Fácil transporte e fácil manuseio para os trabalhadores;
- Boa aderência às argamassas e colas;
- Bom isolamento térmico e acústico;
- Alta resistência à chama, sendo mais refratários que outros materiais como o concreto armado comum, pedra granítica, madeira e aço;
- Grande durabilidade exigindo pequena ou nenhuma manutenção.

### 4.3 BLOCO DE CONCRETO

Segundo Medeiros (1993), o bloco de concreto como hoje se conhece, surgiu por volta de 1900 nos Estados Unidos, sendo que a primeira máquina semi-automática para produção desses blocos data de 1904. Já no Brasil a fabricação dos blocos de concreto teve início no final dos anos 50, mas somente nos anos 70 após grande divulgação das primeiras obras de alvenaria estrutural que essas unidades se consolidaram.

A NBR 6136 (2007) define bloco vazado de concreto como elemento de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta (figura 5). Área bruta é a área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem desconto das áreas dos vazios e a área líquida a área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios.



**Figura 5- Dimensões do bloco de concreto.**  
**Fonte: NBR 6136/2006.**

Segundo Medeiros (1993), os principais insumos empregados na fabricação dos blocos de concreto são:

- Para a fração grossa: pedra britada de graduação zero e pedregulho natural;
- Para a fração fina: areia natural e areia artificial;
- Aglomerante: cimento Portland;
- Aditivos: redutores de água e plastificantes;
- Água.

De acordo com a NBR 6136/2007, os blocos devem ser fabricados e curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto suficientemente homogêneo e compacto, de modo a atender a todas as exigências da norma. Os lotes devem ser identificados pelo fabricante segundo sua procedência e transportados e manipulados com as devidas precauções, para não terem sua qualidade prejudicada. Além disso, os blocos devem possuir arestas vivas e sem a presença de trincas, fraturas ou outros defeitos que possam trazer prejuízos no assentamento ou afetar a resistência e durabilidade da construção, sendo proibido qualquer reparo que oculte defeitos existentes no bloco.

A NBR 6136/2007 classifica os blocos de concreto em quatro classes sendo elas:

Classe A– Com função estrutural p/ uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;

Classe B – Com função estrutural p/ uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;

Classe C – Com função estrutural p/ uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;

Classe D – Sem função estrutural p/ uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo

Os blocos devem atender aos limites de resistência, absorção e retração por secagem encontrados no Quadro 1.

Classe	Resistência Característica fbk MPa	Absorção média em %		Retração (facultativo) %
		Agregado Normal	Agregado Leve	
A	≥6,0	≤10,0%	≤3,0%	≤0,065%
B	≥4,0		(média)	
C	≥3,0		≤16,0%	
D	≥2,0		(individual)	

**Quadro 1 - Requisitos para resistência característica a compressão, absorção e retração.**  
Fonte: NBR 6136/2007.

Quanto as dimensões dos blocos estruturais de concreto a NBR 6136/2007 define dois tipos:

- Dimensões Nominais: dimensões comerciais dos blocos, indicadas pelos fabricantes, múltiplas do módulo M= 10cm e seus submódulos M/2 e M/4.
- Dimensões Reais: aquelas contidas ao medir cada bloco, equivalentes as dimensões nominais diminuídas em 1cm, que correspondem a espessura média da junta da argamassa.

Segundo a NBR 6136/2007 as dimensões reais dos blocos vazados de concreto, modulares e sub-modulares devem corresponder as dimensões constantes no Quadro 2.

Família de Blocos											
Designação	Nominal	20	15		12,5			10			7,5
	Módulo	M-20	M-15		M-12,5			M-10			M-7,5
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	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	10 x 30	7,5 x 40
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40

**Quadro 2 - Dimensões reais.**

**Fonte: NBR 6136/2007.**

#### 4.4 ALVENARIA ESTRUTURAL

De acordo com Franco (1992), a alvenaria estrutural trata-se de um processo construtivo caracterizado principalmente pela utilização de paredes como estrutura suporte da edificação sendo dimensionadas segundo métodos de cálculo coerentes. Não existem pilares ou vigas convencionais, os esforços são suportados por toda a parede.

Segundo Kato (2002), o sistema em alvenaria estrutural não utiliza as paredes apenas como elementos de vedação, mas também como elementos resistentes às cargas verticais de lajes, ocupação, peso próprio, cargas resultantes

da ação do vento e desvios de prumo. As paredes estruturais devem: resistir às cargas verticais, resistir às cargas do vento, resistir à impactos e cargas de ocupação, isolar acústica e termicamente os ambientes, prover estanqueidade à água da chuva e do ar e apresentar bom desempenho a ação do fogo.

Segundo a NBR 15812-1/2010, a alvenaria estrutural deve ser projetada para estar apta a receber qualquer tipo de influência ambiental e ação que produzam efeitos significativos sobre a estrutura, tanto na sua construção quanto durante a sua vida útil de projeto, além disso também deve suportar ações excepcionais como impactos e explosões, sem apresentar danos desproporcionais às suas causas.

Correa e Ramalho (2003) citam como principais benefícios da alvenaria estrutural, quando comparadas às estruturas convencionais, a redução da espessura dos revestimentos, redução nos desperdícios, tanto de material quanto mão de obra e a economia de formas

Roman (1996) cita as principais vantagens da alvenaria estrutural:

- Ser apropriado a uma grande variedade de usos funcionais;
- Concorrer com estruturas em aço em concreto, tanto economicamente quanto tecnicamente;
- Apresentar facilidades de projeto e detalhamento;
- Ser usualmente mais fácil de construir que prédio de concreto ou aço;
- Reduzir o número de subcontratados e tipos de material na obra;
- Facilitar supervisão em obra
- Ser extremamente durável, exigindo pequena manutenção;
- Bom isolamento térmico e acústico.

ROMAN, MUTI e ARAÚJO (1999) acrescentam afirmando que a alvenaria estrutural é geralmente mais econômica que edificações de aço e concreto.

Segundo Nessralla (2013) para a construção de paredes de alvenaria estrutural de qualidade a mão de obra treinada é um fator crucial, pois as paredes devem ficar alinhadas, aprumadas e com a disposição dos elementos de acordo com o projeto executivo. Hendry (1990) cita fatores relativos à mão de obra que trazem consequências no desempenho estrutural da alvenaria, tais como:

- Proporção e mistura incorretos da argamassa de assentamento;
- Ajuste incorreto da taxa de sucção dos blocos e tijolos;

- Execução incorreta das juntas horizontais e verticais;
- Vibração dos blocos após o assentamento;
- Prumo, nivelamento e alinhamento incorreto das paredes estruturais;
- Proteção incorreta da alvenaria recém-construída.

#### 4.4.1 Histórico

De acordo com Hendry (2001), por volta do século XVII é que a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia de construção civil, nesse período os princípios de estatística foram aplicados para a investigação da estabilidade de arcos e domos. Entre os séculos XIX e XX, testes de resistência dos elementos da alvenaria estrutural já haviam sido realizados em vários, mas ainda assim os projetos de alvenaria estrutural eram elaborados de acordo com métodos empíricos de cálculo, gerando assim ainda grandes limitações e exageros, edifícios construídos nesse sistema acabavam possuindo espessuras excessivas de paredes, sendo que as de base em alguns casos chegavam a possuir em torno de 1,80m. Após o término da segunda guerra mundial, houve grande escassez de materiais de construção, em especial o aço, com isso o interesse pela alvenaria estrutural aumentou, estimulando sua expansão, e o de indústrias de blocos (cerâmico e de concreto) em várias partes do mundo.

Segundo Mohamad (2015) no Brasil a alvenaria estrutural surge como uma técnica construtiva em 1960, antes disso era considerada como uma “alvenaria resistente”, fruto somente de conhecimento empírico, inexistiam regulamentos com critérios de dimensionamento e segurança dos elementos estruturais, de forma a relacionar as diferentes tensões atuantes à resistência do elemento. Grande parte das edificações possuía quatro pavimentos e tanto a execução como o dimensionamento eram baseados na experiência do construtor. Geralmente nos três primeiros andares as paredes eram compostas por unidades cerâmicas maciças e no último eram utilizadas unidades vazadas, com furos na direção do assentamento da parede.

Mohamad (2015) segue afirmando que a construção do conjunto habitacional Central Park Lapa, em São Paulo no ano de 1966 foi o marco inicial do uso do bloco

de concreto em alvenarias estruturais armadas no Brasil. A obra possuía quatro pavimentos e paredes com espessura de 19cm. No mesmo conjunto habitacional seis anos mais tarde foram construídos quatro prédios de 12 pavimentos. Já o ano de 1977 foi o marco para a alvenaria não armada no Brasil, com a construção do edifício Jardim Prudência, a edificação possuía nove pavimentos, com paredes de 24 cm de espessura em blocos de concreto de silicocalcário.

Segundo Mohamad (2015) somente na década de 1980 que os blocos cerâmicos começaram a ser usados nas obras em alvenaria não armadas ou armadas, com a introdução no mercado da construção civil de blocos com dimensões modulares e furos na vertical que permitissem a passagem de instalações elétricas sem os cortes que normalmente são feitos em obras. Atualmente o edifício residencial “Solar dos Alcântaras” construído em 1990 é a maior edificação em alvenaria estrutural armada no Brasil, possuindo 21 andares e paredes com blocos de concreto com 14 cm de espessura do primeiro ao último andar.

#### 4.4.2 Argamassa

Segundo a NBR 13281/2005 argamassa é a 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).

A argamassa é um material muito utilizado na construção civil, suas principais aplicações em uma edificação são assentamento de alvenaria, revestimentos primários, contrapisos e no assentamento e rejuntamento de revestimento cerâmicos (DOS SANTOS; PRUETER, SADULA,2013).

A principal função da argamassa, do ponto de vista estrutural, é possibilitar a transferência uniforme das tensões entre as unidades de alvenaria, além disso, deve unir solidamente as unidades e ajuda-las a resistir aos esforços laterais. (ROMAN,1996)

Segundo Hendry (2001) no volume total da construção a argamassa corresponde a 7%, porém suas influências nas características finais são mais significativas do que este valor.

Não só os materiais são importantes para a qualidade da argamassa, a qualidade das argamassas fabricada em obra depende diretamente da qualidade e cuidado da mão de obra. (SABBATINI,1986).

A espessura da junta é outro fator importante quanto se fala em argamassa de assentamento, que deve ser de aproximadamente um centímetro, variações significativas nessa espessura, causam diminuição da resistência da parede e da capacidade de acomodar deformações (GROHMANN,2006).

A resistência da parede também é afetada pelo preenchimento das juntas, paredes que não possuem juntas verticais e horizontais transversais apresentam menor resistência a esforços de cisalhamento e flexão, já para resistência à compressão possui pouca influência. As juntas verticais são de grande importância para a permeabilidade à água e conforto térmico e acústico das paredes, portanto mesmo que com acréscimo no custo, principalmente devido à mão-de-obra, recomenda-se o preenchimento de todas as juntas de argamassa (GROHMANN,2006).

A falta de aderência entre a argamassa e o bloco prejudicam propriedades da parede, tais como: resistência à compressão, resistência ao cisalhamento, resistência à flexão, estabilidade dimensional, propriedades térmicas, resistência à transmissão sonora, resistência ao fogo, resistência à penetração de água e resistência a agentes agressivos (SABBATINI,1984).

Sabbatini (1984) enfatiza a diferença entre o concreto, que é mais resistente aos esforços mecânicos e argamassa, que possui outras características como trabalhabilidade, aderência e deformabilidade.

#### 4.4.3 Argamassa de assentamento

A utilização de argamassas de assentamento vem dos primórdios da civilização. As primeiras experiências com alvenaria de pedras buscavam um material que unisse e promovesse coesão aos elementos. O barro foi o primeiro

material utilizado na produção da argamassa, na qual a argila era o material ligante (CARASEK,2007).

A principal função da argamassa de assentamento é unir as unidades de alvenaria e distribuir as tensões uniformemente. A argamassa de assentamento representa uma pequena porcentagem quando comparado ao total da alvenaria, porém exerce significativa influencia no seu comportamento, inclusive quanto a ruptura (BARBOSA, 2004).

Segundo Penteado (2003), a argamassa une as unidades de alvenaria como um adesivo e serve para transferir esforços e acomodar pequenas deformações inerentes à alvenaria.

Sabbatini (1984) lista as principais funções desse tipo de argamassa:

- Unir as unidades da alvenaria e melhorar a resistência aos esforços laterais;
- Dissipar pequenas deformações naturais da alvenaria;
- Distribuir uniformemente todos os esforços da parede em toda a superfície resistente do bloco;
- Isolar a edificação contra penetração da água das chuvas e ventos.

Para que a argamassa possa exercer as funções esperadas da maneira mais eficiente existem características que são desejáveis, de acordo com Cavalheiro et al (1997) para o estado plástico da argamassa as características desejáveis são: trabalhabilidade, capacidade de retenção de água e velocidade de endurecimento. Já para o estado endurecido é desejável: boa aderência, boa resiliência, adequada resistência à compressão, geometria das juntas uniformes e pouca retração na secagem.

Algumas características construtivas interferem no desempenho da alvenaria estrutural, como o tipo de argamassamento utilizado (total ou parcial) e a espessura da junta.

O argamassamento parcial nas juntas horizontais promove um aumento na produção e no rendimento da obra, portanto vem sendo muito utilizado. Esse tipo de argamassa é utilizada usualmente dos Estados Unidos por aumentar consideravelmente a produtividade (DA MATA, 2009).

Da Mata et al. (2007) estudaram a influência do modo de argamassamento na distribuição de tensões em prismas de blocos de concreto com submetidos à esforços de compressão, o resultado foi que a carga de ruptura média dos prismas

argamassados parcialmente foi cerca de 20% menor à do prisma com argamassamento total. Outro resultado observado foi que as primeiras fissuras surgem com valores pequenos de carga nos prismas de argamassamento parcial, enquanto que nos prismas com argamassamento total as fissuras começam a surgir somente próximo da ruptura.

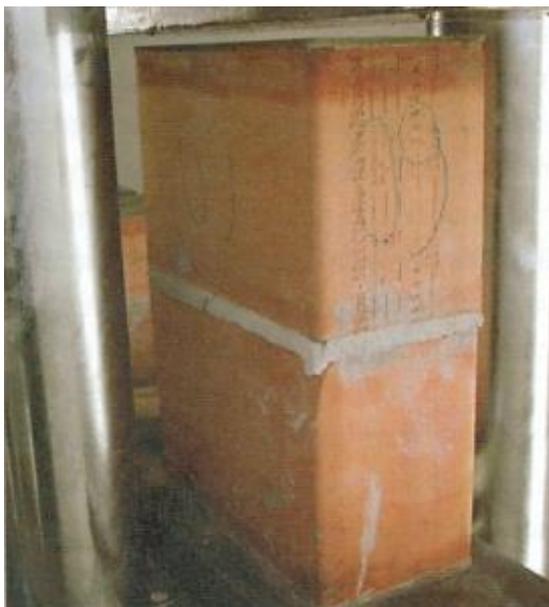
#### 4.4.4 Ensaio de caracterização

A resistência à compressão é a propriedade que melhor caracteriza o desempenho estrutural das paredes. Segundo Nessralla (2013) existem quatro formas básicas normatizadas de se encontrar a resistência à compressão da alvenaria:

- Ensaio em unidades;
- Ensaio em prismas;
- Ensaio em pequenas paredes na escala natural;
- Ensaio em paredes na escala natural.

O ensaio de compressão é de ampla importância para a avaliação do desempenho estrutural da alvenaria, pois é a principal ação que está sujeita, devido ao peso da laje, das próprias paredes e em alguns casos dos andares superiores. Esse tipo de ensaio deve levar em conta fatores como, tensão de ruptura, medidas de deformação e o aparecimento de fissuras (NESSRALLA,2013).

Segundo Parsekian e Soares (2010) prisma é o corpo de prova resultante da superposição de blocos unidos por argamassa, grauteados ou não, o qual será submetido a ensaio de compressão. Esse elemento oferece informação essencial sobre a resistência à compressão da alvenaria, sendo um parâmetro fundamental para projeto e controle da obra.



**Figura 6 – Prisma de bloco cerâmico com duas unidades.**  
**Fonte: Parsekian e Soares (2010).**

Segundo Nessralla (2013) os prismas são elementos muito utilizados em ensaios, devido ao fácil manuseio, menor tempo de fabricação, menor recurso e tempo laboratorial, além de que quando comparadas às paredes em escala real, o mesmo é capaz de fornecer resultados satisfatórios, e uma boa estimativa quanto a resistência da parede.

Segundo Mendes (1998) os prismas são a simulação mais simples e viável economicamente para realização de ensaios de compressão. De acordo com Hendry (1984), testes em pequenas amostras de alvenaria são uma interessante opção e frequentemente feitos quando se deseja obter as propriedades estruturais da alvenaria, de modo prático e economicamente viável, além de oferecer um resultado razoável em termos de representação da alvenaria.

Os prismas podem ter tamanhos, formas e modos de assentamento diferentes, argamassa de assentamento somente das faces externas longitudinais do bloco ou em toda a superfície, ser preenchido com graute ou oco. O número de fiadas também pode variar, o que interfere no resultado devido ao confinamento dos pratos na prensa (NESSRALLA,2013).

Segundo Nessralla (2013) há outros fatores que podem interferir na resistência do prisma, tais como, a resistência do bloco e da argamassa, a mão de obra, o tipo de material utilizado, as condições laboratoriais e a geometria do bloco.

Na execução dos prismas, a mão de obra é um fator muito importante na resistência à compressão, pois uma junta mal preenchida pode esconder ou ressaltar a influência de determinada variável.

Segundo Grohmann (2006) as análises de prismas são um modo empírico de verificar a resistência da alvenaria estrutural e essas análises são a base dos projetos estruturais, visto que a correlação prisma/parede é mais próxima do que a relação bloco/parede.

Segundo a NBR 15961-2/2011 a alvenaria estrutural deve ter a resistência a compressão controlada pelo ensaio de prisma, que pode ser padrão ou otimizado. Os prismas devem ser moldados, armazenados e transportados de acordo com os procedimentos especificados nesta norma. O controle para as paredes não grauteadas e grauteadas deve ser feito separadamente, com o objetivo de aumentar a resistência à compressão.

No controle-padrão, cada pavimento de cada edificação constitui um lote para coleta de amostras, sendo que o número de amostras de cada lote é sempre constituído de no mínimo 12 prismas, seis para ensaio e seis para eventual contraprova.

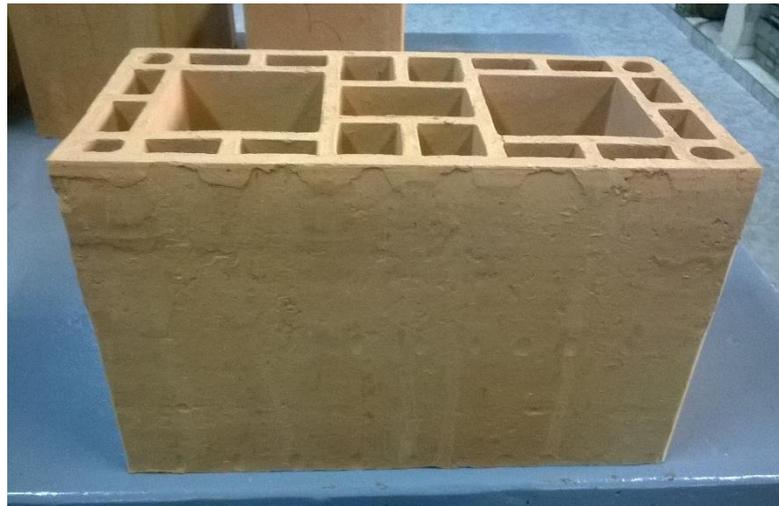
Já o controle otimizado deve ser feito em função do tipo de empreendimento, sendo os tipos: edificação isolada e conjunto de edificações iguais, edificações iguais são aquelas que fazem parte de um único empreendimento, têm o mesmo projetista estrutural, têm as mesmas resistências de projeto especificadas e utilizam os mesmos materiais e procedimentos para a execução.

A relação entre as resistências à compressão de bloco, prisma e parede é designada eficiência. No Brasil, os blocos cerâmicos apresentam valores de eficiência entre 0,3 e 0,6, com relação a prismas (Corrêa e Ramalho, 2003). Já para os blocos de concreto, Medeiros (1993) afirma que este fator varia entre 0,25 e 0,70.

## 5 MATERIAIS E MÉTODO

### 5.1 BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS

Foram submetidos à ensaio de compressão 6 blocos cerâmicos com dimensão nominal 14X19X29cm (LxAxC) e resistência à compressão de 6 MPa, de acordo com a NBR 15270-3/2005, na figura 7 mostra-se o tipo de bloco utilizado.



**Figura 7 - Bloco cerâmico.**  
Fonte: A autoria própria.

As duas faces dos blocos foram retificadas como substituição ao capeamento, após esse procedimento os blocos foram medidos e pesados, os valores obtidos estão descritos na tabela 1.

**Tabela 1 – Blocos Cerâmicos.**

Nº do corpo de prova	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Peso (kg)
CP1	28,8	13,7	4,78
CP2	28,6	13,9	4,81
CP3	28,9	13,8	4,92
CP4	28,9	13,8	4,91
CP5	28,8	13,8	4,85
CP6	29,2	13,8	5,12

Fonte: Autoria própria.

Após medição e pesagem os blocos foram submetidos ao ensaio de compressão, conforme é mostrado na figura 8.



Figura 8 - Ensaio de compressão.

Fonte: Autoria própria.

## 5.2 BLOCOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO

Foram submetidos à ensaio de compressão 6 blocos de concreto com dimensão nominal 14X19X34cm (LxAxC) e resistência à compressão de 4 MPa, de acordo com a NBR 12118/2013 (figura 9).



**Figura 9 - Bloco de concreto.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Em substituição ao processo de capeamento, as duas faces dos blocos de concreto também foram retificadas, como é mostrado na figura 10.



**Figura 10 - Retífica dos blocos de concreto.**  
**Fonte: Autorial própria.**

Após o processo de retifica os blocos foram medidos e pesados, tais valores estão descritos na tabela 2.

**Tabela 2 - Blocos de Concreto**

Nº do corpo de prova	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Peso (kg)
CP1	34,1	14,1	10,51
CP2	34,0	14,3	10,71
CP3	34,1	14,2	10,65
CP4	34,1	14,1	10,52
CP5	34,0	14,2	10,66
CP6	34,1	14,1	10,52

**Fonte: Autorial própria.**

Posteriormente, os corpos blocos de concreto foram submetidos à ensaio de compressão, conforme é mostrado na figura 11.



**Figura 11 - Ensaio de compressão.**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 5.3 ARGAMASSA

Utilizou-se apenas um tipo de argamassa para a moldagem de todos os corpos de prova. A argamassa utilizada foi a industrializada que é indicada para revestir paredes e tetos em áreas internas e externas, assentar blocos de concreto, cerâmicos e silicocalcários e tijolos de barro maciço. A preparação da argamassa foi feita conforme recomenda o fabricante. Na figura 12 apresenta-se o tipo de argamassa utilizado.



Figura 12 - Argamassa utilizada.  
Fonte: Autoria própria.

#### 5.4 PRISMAS CERÂMICOS

Conforme a NBR 15812-2/2010, foram moldados e ensaiados 6 prismas cerâmicos constituídos por duas unidades (figura 13).



**Figura 13 - Prisma Cerâmico**  
**Fonte: Aatoria própria.**

A moldagem dos corpos de prova cerâmicos foi feita em obra, o assentamento foi feito sobre superfície plana de concreto. Os blocos utilizados para a moldagem dos corpos de prova foram retificados em uma de suas faces, tal procedimento foi feito em substituição ao capeamento.

O assentamento dos blocos foi feito a prumo, e as juntas de argamassa foram mantidas com espessura constante de  $10 \pm 3$  mm em todos os prismas, como é ilustrado na figura 14 e recomendado pela norma. Os prismas cerâmicos moldados são do tipo oco, ou seja, não sofreram processo de grauteamento.



**Figura 14 - Verificação da Espessura de Assentamento.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Após 28 dias, os prismas foram transportados do canteiro de obras para o laboratório da Universidade Estadual de Maringá e submetidos ao ensaio de compressão, para minimizar qualquer alteração nos resultados que o transporte pudesse causar, foi colocado uma peça de madeira na base e outra no topo do prisma, que foram amarradas por arame, como é ilustrado na figura 15, para evitar movimentações excessivas dos corpos de prova, conforme é recomendado pela norma.



**Figura 15 - Travamento para transporte.**  
**Fonte: Aatoria própria.**

Antes de serem submetidos ao ensaio de compressão os corpos de prova foram pesados e medidos, tais valores encontram-se na tabela 3.

**Tabela 3 - Prismas Cerâmicos**

<b>N° do corpo de prova</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>
CP1	28,8	13,8	11,42
CP2	28,6	13,8	11,32
CP3	29,2	13,9	11,80
CP4	28,9	13,8	11,36
CP5	28,9	13,8	11,44
CP6	29,0	13,8	11,48

**Fonte: Aatoria própria.**

Após medição e pesagem os prismas foram submetidos ao ensaio de compressão (figura 16).



**Figura 16 - Prisma cerâmico submetido à ensaio de compressão.  
Fonte: Autoria própria.**

## 5.5 PRISMAS DE CONCRETO

Conforme a NBR 15961-2, foram moldados e ensaiados 6 prismas de concreto constituídos por duas unidades. Na figura 17 ilustra-se o prisma de concreto moldado.



**Figura 17 - Prisma de concreto.**  
**Fonte: Autoria própria.**

O mesmo procedimento de moldagem do prisma cerâmico foi seguido para o prisma de concreto. O assentamento dos blocos também foi feito a prumo, conforme é ilustrado na figura 18, e as juntas de argamassa também foram mantidas com espessura constante de  $10 \pm 3$  mm em todos os prismas de concreto. Os prismas de concreto moldados, assim como os cerâmicos são do tipo oco.



**Figura 18 - Verificação do prumo.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Os prismas de concreto também foram submetidos ao ensaio de compressão após 28 dias da moldagem dos corpos de prova. O transporte dos corpos de prova de concreto do canteiro de obras para a Universidade Estadual de Maringá foi feito da mesma maneira dos prismas cerâmicos, seguindo o que é recomendado pela norma.

Anteriormente ao ensaio de compressão os corpos de prova foram pesados e medidos, os valores obtidos encontram-se na tabela 4.

**Tabela 4 - Prismas de Concreto**

<b>N° do corpo de prova</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Largura (cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>
CP1	33,8	13,8	21,18
CP2	33,9	13,9	22,04
CP3	33,9	14,0	22,40
CP4	34,1	14,0	22,96
CP5	33,9	13,8	21,96
CP6	33,9	13,9	22,32

**Fonte: Autoria própria.**

Posteriormente, os prismas de concreto foram submetidos ao ensaio de compressão (figura 19).



**Figura 19- Prisma de concreto submetido à ensaio de compressão.**  
**Fonte: Autoria própria.**

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 BLOCOS CERÂMICOS

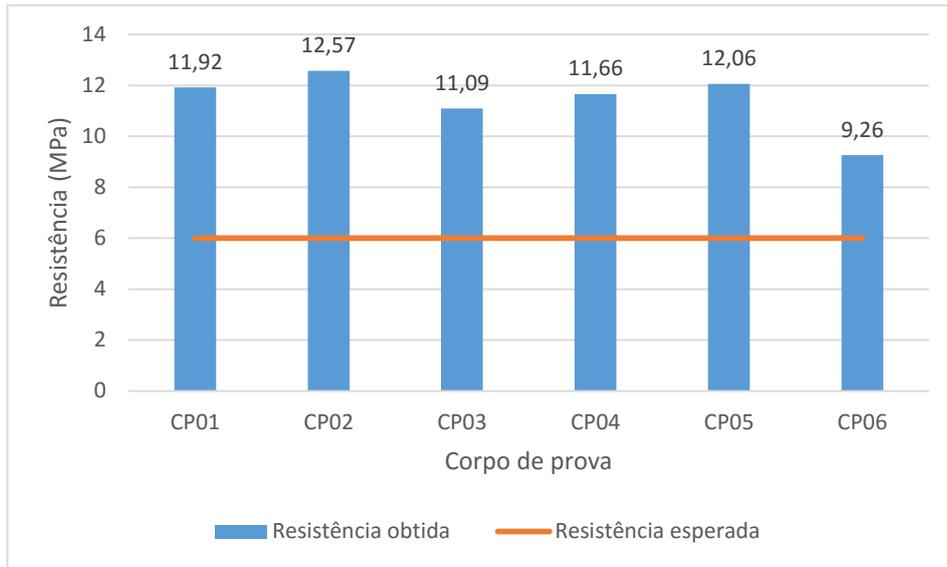
Na tabela 5 mostra-se a resistência à compressão atingida pelos 6 blocos cerâmicos rompidos em laboratório.

**Tabela 5 - Resistência à compressão atingida pelos blocos cerâmicos.**

Nº do corpo de prova	Carga aplicada (kN)	Resistência (MPa)
CP1	477,2	11,92
CP2	492,4	12,57
CP3	445,8	11,09
CP4	468,5	11,66
CP5	483,0	12,06
CP6	377,4	9,26
Média	377,4	11,42
Coeficiente de variação (%)		10,2

**Fonte: Autoria própria.**

Todos os blocos cerâmicos apresentaram resultado satisfatório quanto a resistência à compressão, pois todos superaram o valor de 6 MPa assegurado pelo seu fabricante, alguns chegando a alcançar o dobro da resistência esperada. A média de resistência verificada nos ensaios é cerca de 90% maior que a resistência prevista. Os resultados obtidos são facilmente identificados no gráfico 1.



**Gráfico 1 - Resistência obtida x resistência esperada.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Os blocos cerâmicos apresentaram ruptura brusca, de maneira explosiva e na maioria vezes emitindo estalos antes de romper. O mesmo tipo de ruptura foi verificado para todos os blocos ensaiados, conforme é ilustrado na figura 20.



**Figura 20 - Ruptura do bloco cerâmico.**  
**Fonte: Autoria própria.**

## 6.2 BLOCOS DE CONCRETO

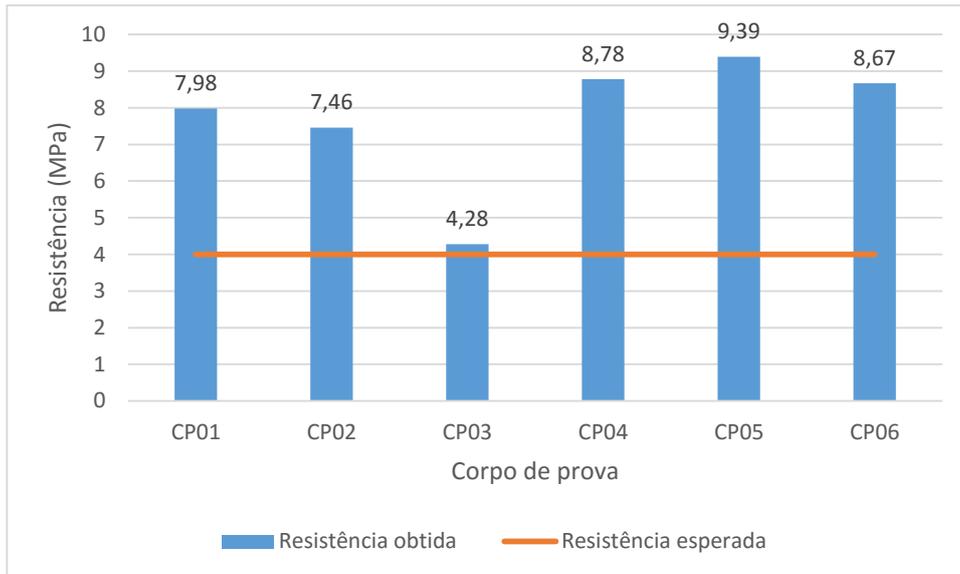
Na tabela 6 verifica-se a resistência à compressão alcançada pelos 6 blocos de concreto rompidos em laboratório.

**Tabela 6 - Resistência à compressão atingida pelos blocos de concreto.**

Nº do corpo de prova	Carga aplicada (kN)	Resistência (MPa)
CP1	385,1	7,98
CP2	356,8	7,46
CP3	207,4	4,28
CP4	419,6	8,78
CP5	456,2	9,39
CP6	411,6	8,67
Média	372,78	7,76
Coeficiente de variação (%)		23,5

Fonte: Autoria própria.

Todos os blocos de concreto apresentarem resultado acima do esperado quanto a resistência à compressão, superando a resistência de 4 MPa garantida por seu fabricante. A média de resistência verificada mostrou-se certa de 94% maior que a resistência esperada. Verifica-se que apenas CP03 apresentou valor de resistência significativamente inferior aos demais corpos de prova, mas ainda acima da resistência mínima prevista. Essa diferença encontrada pode ser caracterizada por falhas durante o manuseio do corpo de prova ou durante execução do ensaio. Percebe-se que a amostra apresentou um coeficiente de variação de 23,5%, valor este considerado alto, e que deve-se principalmente a essa suposta falha durante o procedimento de ensaio. No gráfico 2 ilustram-se os resultados alcançados pelos blocos de concreto.



**Gráfico 2 - Resistência obtida x resistência esperada**

Fonte: Autoria própria.

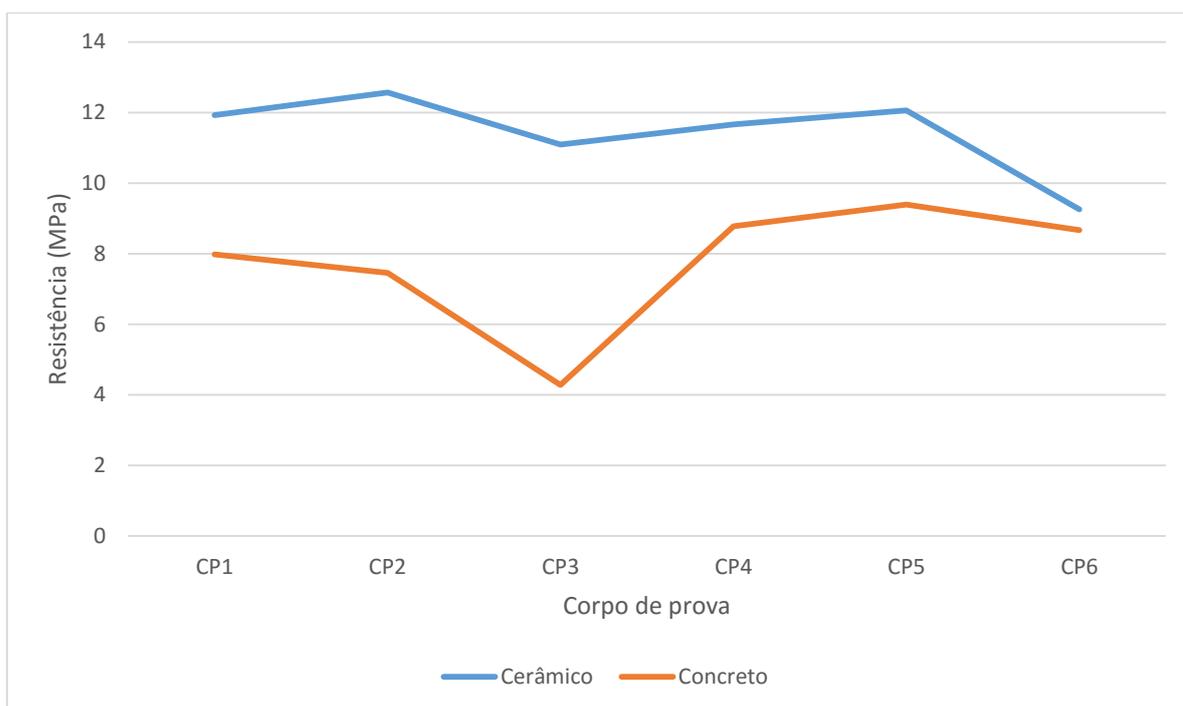
A ruptura do bloco de concreto deu-se de maneira distinta do bloco cerâmico, ocorrendo de maneira silenciosa e com pouco desprendimento de material. O mesmo tipo de ruptura foi verificado para todos os blocos de concreto, conforme ilustra a figura 10.



**Figura 21- Ruptura do bloco de concreto**

Fonte: Autoria própria.

Comparando-se os resultados obtidos nos ensaios com os dois tipos de blocos, pode-se afirmar que blocos cerâmicos foram os que atingiram os melhores resultados quando submetidos à esforços de compressão, tal resultado é facilmente observado no gráfico 3.



**Gráfico 3 - Resistência à compressão: bloco cerâmico x bloco de concreto**  
**Fonte: Autoria própria.**

Diferentemente do que ocorreu neste estudo Corrales et al (2011) relata em seu trabalho comparativo entre bloco de concreto, bloco cerâmico e parede de concreto, que os blocos de concreto foram os que apresentaram melhores resultados quando submetidos à esforços de compressão, chegando a alcançar 25MPa, em seu estudo o valor de resistência esperado era de 6 MPa para os dois tipos de blocos.

### 6.3 PRISMAS CERÂMICOS

Na tabela 7 mostra-se a resistência à compressão atingida pelos 6 prismas cerâmicos rompidos em laboratório.

**Tabela 7- Resistência à compressão atingida pelos prismas cerâmicos.**

Nº do corpo de prova	Carga aplicada (kN)	Resistência (MPa)
CP1	207,9	5,23
CP2	219,7	5,56
CP3	227,5	5,61
CP4	203,0	5,09
CP5	188,3	4,72
CP6	176,5	4,71
Média	203,8	5,15
Coeficiente de variação (%)		7,5

**Fonte: Autoria própria.**

O modo de ruptura verificado nos prismas cerâmicos não foi o mesmo para todos os corpos de prova, alguns corpos de prova apresentaram ruptura da junta de assentamento, surgindo fissuras ao longo dos blocos (CP 04, CP 01 e CP 06), outros ruptura explosiva (CP 05 e CP 03) e outro ainda apresentou ruptura por fendilhamento (CP 02), tais resultados podem ser verificados na figura 22. Era esperado que ocorresse o mesmo tipo de ruptura em todos os prismas, devido à utilização de um único tipo de argamassa e um único tipo de bloco cerâmico,



Figura 22 - Modo de ruptura: prismas cerâmicos.  
Fonte: Autoria própria.

Leão (2008) relata diferentes tipos de ruptura em prismas cerâmicos em seu estudo sobre a resistência de blocos estruturais cerâmicos quando submetidos a esforços de compressão e tração, mas em seu trabalho os prismas eram constituídos por diferentes tipos de argamassa, os corpos de prova com mesmo tipo de argamassa tiveram rupturas parecidas.

## 6.4 PRISMAS DE CONCRETO

Mostra-se na tabela 8 a resistência à compressão atingida pelos 6 prismas de concreto rompidos em laboratório.

**Tabela 8 - Resistência à compressão atingida pelos prismas de concreto.**

Nº do corpo de prova	Carga aplicada (kN)	Resistência (MPa)
CP1	210,8	4,52
CP2	216,7	4,59
CP3	222,1	4,68
CP4	227,5	4,76
CP5	201,0	4,29
CP6	214,8	4,55
Média	215,5	4,56
Coeficiente de variação (%)		3,5

Fonte: Autoria própria.

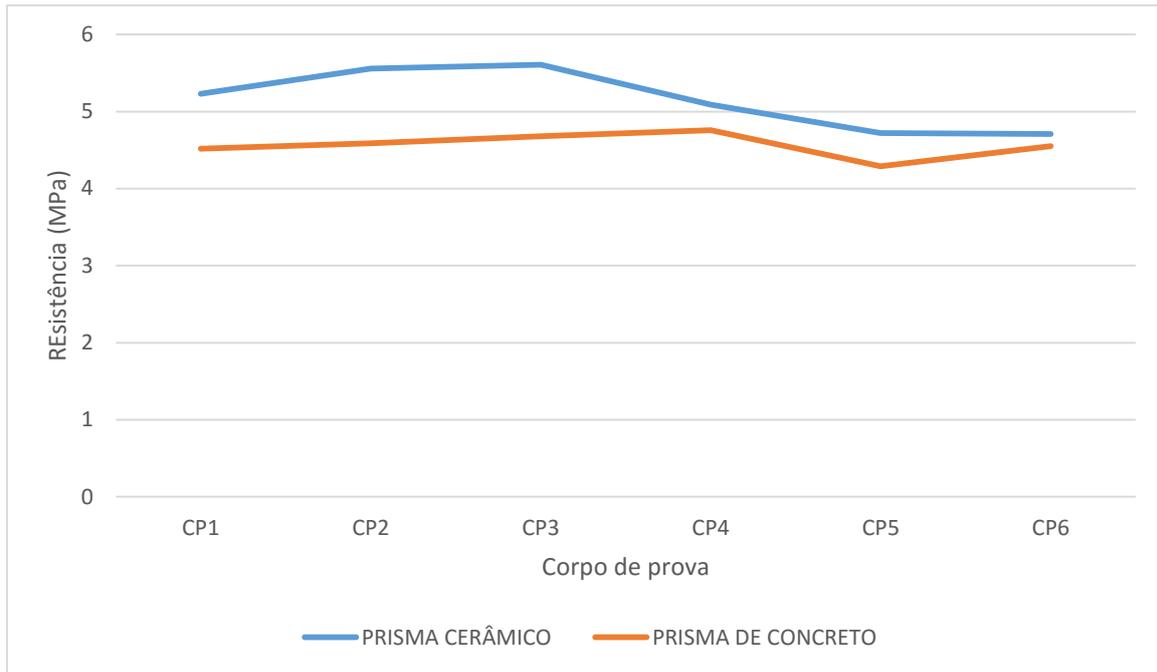
Diferentemente do que ocorreu com os prismas cerâmicos o modo de ruptura dos 6 prismas de concreto ocorreu de maneira semelhante, todos os corpos de prova tiveram ruptura por esmagamento da junta de assentamento com o aparecimento de fissuras ao longo dos blocos como é mostrado na figura 23.



**Figura 23 – Modo de ruptura: prismas de concreto**  
**Fonte: Autoria própria.**

O mesmo tipo de ruptura verificada neste trabalho é relatado por Santos et al (2013) em seu estudo que compara a resistência à compressão de prismas de concreto confeccionados com diferentes tipos de argamassa, no qual prismas de concreto com argamassa convencional industrializada tiveram ruptura na junta de assentamento.

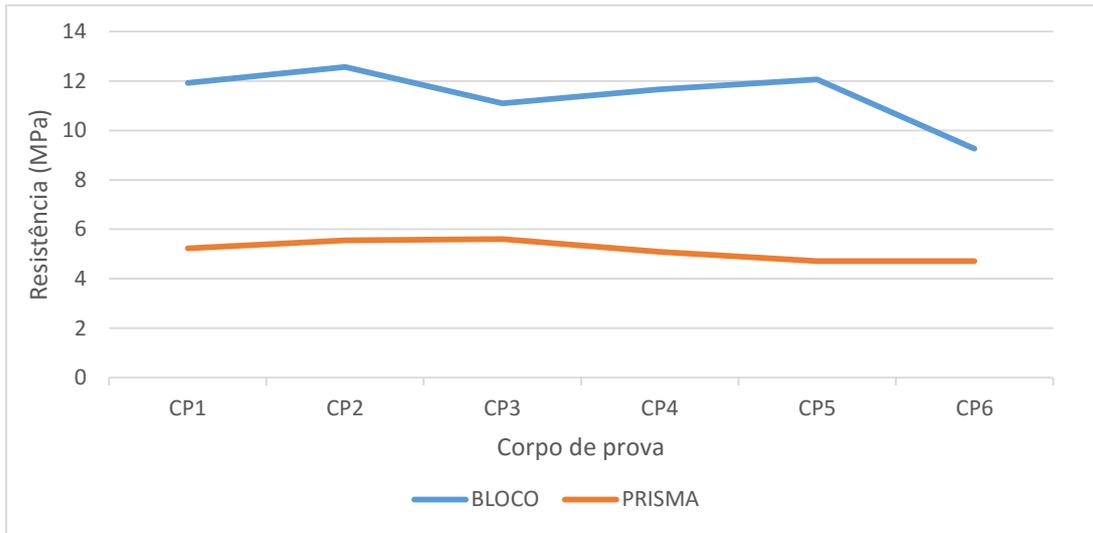
Conforme mostrado no gráfico 4, os prismas construídos por bloco de cerâmico, apresentaram resistência superior à dos prismas confeccionados com bloco de concreto.



**Gráfico 4 - Resistência à compressão: prisma cerâmico x prisma de concreto.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Assim como os blocos cerâmicos atingiram maiores resistências à compressão, os prismas cerâmicos também alcançaram os melhores resultados, mas não ocorreu uma diferença tão grande no valor da resistência como ocorrido no caso dos blocos.

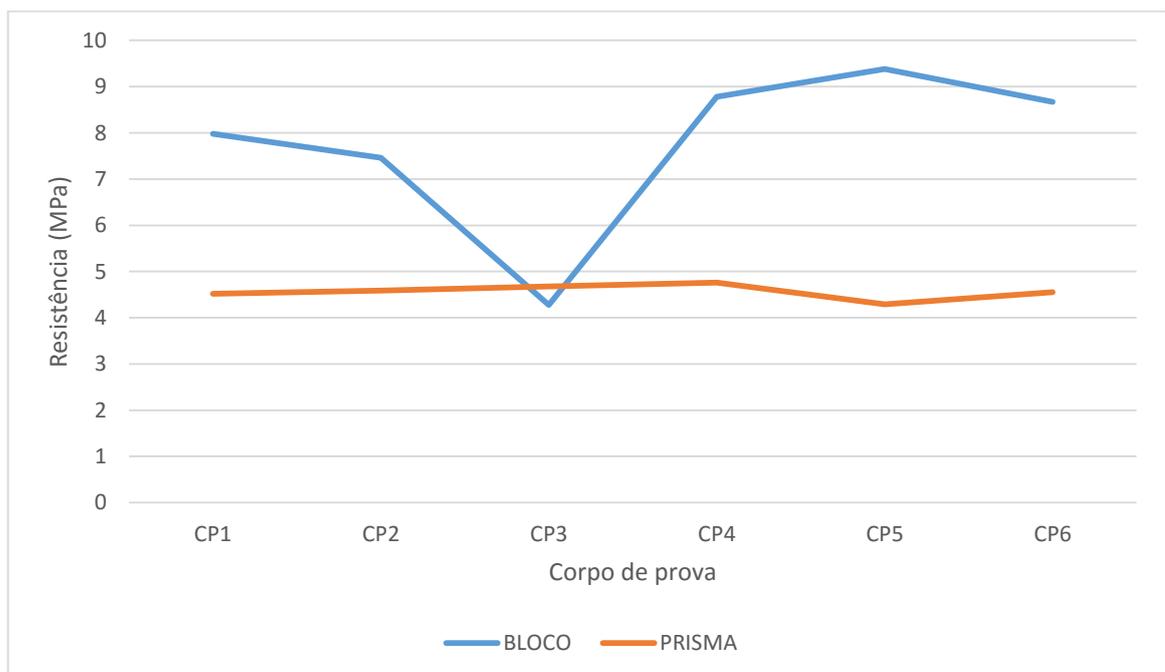
No gráfico 5 apresenta-se um comparativo entre a resistência do bloco cerâmico e a resistência do prisma cerâmico.



**Gráfico 5 - Resistência à compressão: bloco cerâmico x prisma cerâmico.**  
**Fonte: Autoria própria.**

A resistência do prisma cerâmico mostrou-se mais de 50% menor do que a resistência do bloco cerâmico.

No gráfico 6 apresenta-se um comparativo entre a resistência à compressão do prisma de concreto e do bloco de concreto.

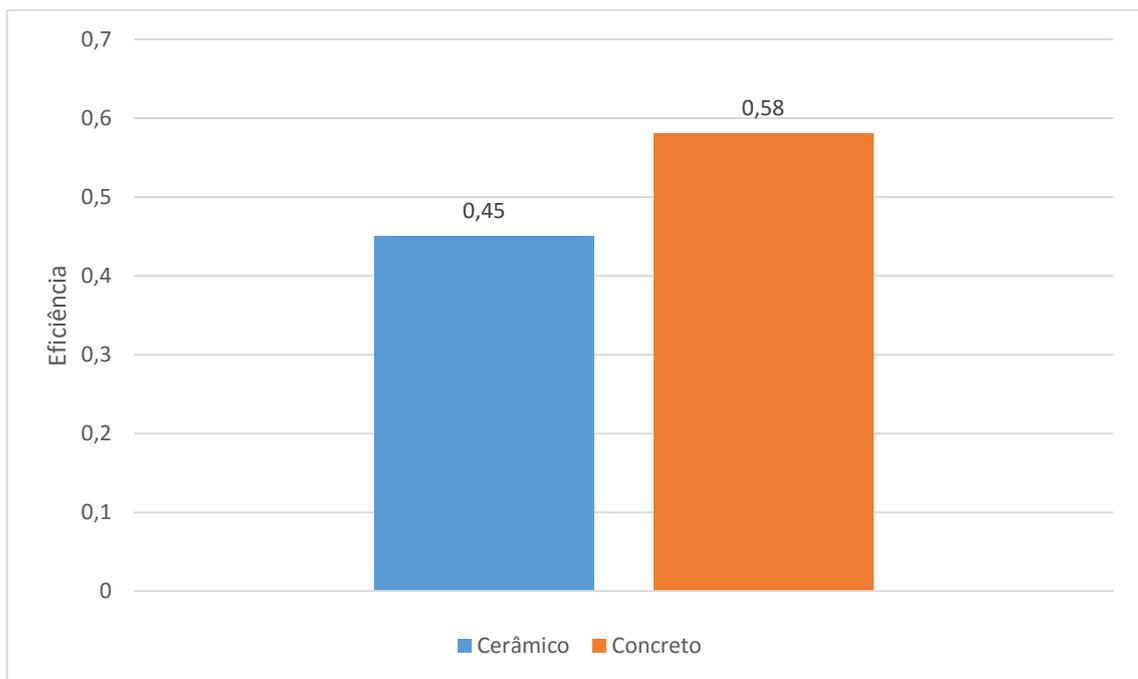


**Gráfico 6 - Resistência à compressão: bloco de concreto x prisma de concreto.**  
**Fonte: Autoria própria.**

O prisma de concreto mostrou-se cerca de 40% menos resistente que o bloco cerâmico, em apenas um caso a resistência do bloco foi menor do a resistência do prisma.

## 6.5 EFICIÊNCIA

Verificou-se uma melhor eficiência entre o bloco e o prisma de concreto. A eficiência prisma/bloco da amostra é apresentada no gráfico 7, levando-se em conta os valores médios de resistência encontrados.



**Gráfico 7 - Eficiência prisma/bloco**  
**Fonte: Autoria própria.**

Garcia (2010) através de ensaios em alvenaria estrutural cerâmica em sua dissertação de mestrado, encontrou valores de eficiência prisma/bloco situados entre 0,51 e 0,65, valores que estão acima do constatado nesse estudo.

Juste (2001) em sua dissertação de mestrado sobre a resistência e deformabilidade de blocos de concreto, obteve valores de eficiência variando entre 0,40 e 0,70, valores estes que condizem com os verificados nesse trabalho.

## 7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos com os ensaios de compressão, pode-se concluir que:

- Analisando-se os dois tipos de blocos utilizados nesse trabalho, os mesmos apresentaram resultados satisfatórios, alcançando valores resistências significativamente superiores ao assegurado pelo fabricante;
- Comparando-se os valores de resistência alcançados pelos dois tipos de bloco, o cerâmico foi que apresentou os melhores resultados quando submetidos à esforços de compressão chegando a atingir o dobro da resistência esperada;
- Comparando-se os dois tipos de prisma estudados nesse trabalho, o prisma cerâmico foi o que atingiu os melhores resultados;
- Observando-se os valores de eficiência prisma/ bloco verificados nos ensaios realizados, o melhor resultado foi alcançado pelo prisma de concreto;
- Analisando-se o modo de ruptura verificado nesse estudo, os blocos e prismas de concreto apresentaram modo de ruptura esperado, ocorrendo basicamente ruptura silenciosa, com pouco desprendimento de material e na junta de assentamento, no caso dos prismas. No caso dos blocos cerâmicos o modo de ruptura também ocorreu conforme o esperado havendo desprendimento considerável de material, estalos antes da ruptura e ocorrendo de maneira brusca, já no caso dos prismas cerâmicos ocorreram modo de ruptura diferentes, algo que não era esperado devido à utilização do mesmo tipo de argamassa e bloco.

De modo geral pode-se concluir que os resultados alcançados com esse estudo foram satisfatórios, tanto para os blocos quanto para os prismas quando submetidos à esforços de compressão.

## 8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **15961-2**: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras Rio de Janeiro, 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural – Especificação. Rio de Janeiro, 2007

BARBOSA, S. C.; **Resistência e deformabilidade de blocos vazados de concreto e suas correlações com as propriedades mecânicas do material constituinte**. 2004. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2004

CARASEK, H. **Argamassas**. In: ISAIS, G. C. (Ed) Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais. Ipsis Gráfica e Editora, São Paulo, 2007. Cap. 26. p. 863 – 904.

CAVALHEIRO, O. P.; ROMAN, H. R.; SINHA, B. P.; PEDRESCHI, R. F. **Curso internacional de alvenaria estrutural**. [S.l.] Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 145 p.

CORRALES, G. A.; PENTEADO, F. S. Q.; ROBUSTI, H. R.; FILHO, J. C. C. R. **Estudo comparativo entre blocos de concreto, blocos cerâmicos e parede de concreto**. 2011. 77f. TCC ( Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2011.

CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003

DA MATA, R. C. **Efeito do padrão de argamassamento nas distribuições de tensões da alvenaria pelo MEF**. Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto. Curitiba, PR – 2009.

DA MATA, R.C.; LA ROVERE, H. L.; PRUDÊNCIO JR. **Influência do padrão de argamassamento na distribuição de tensões de prismas de bloco de concreto submetidos à compressão**. Anais do 49º Congresso Brasileiro do Concreto. Bento Gonçalves, RS-2007.

DOS SANTOS, Jaqueline C. P.; PRUETER, Luiz G.; SADULA, Tatyana. **Estudo comparativo da resistência à compressão de prismas de argamassa química e argamassa convencional industrializada**. 2013. 74f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013

FELICIANO, F.M.H., FERREIRA, L.T.S, FERREORA, K.I.I. – **Alvenaria estrutural através de uma analogia com o concreto armado**. Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto. Curitiba, PR – 2009

FONSECA. J. F.; FERNÁNDEZ, T. H.; BERNARDIN, A. M. **Manual para a produção de cerâmica vermelha**. Florianópolis: UFSC/SEBRAE, 1994, 81 f.

FRANCO, L. S. **O desenvolvimento de processos construtivos em alvenaria estrutural**. Escola Politécnica da universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. 10 p.

GARCIA, P.D. **Contribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos**. 2000. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2000

GROHMANN, Leandro Zampieri. **Análise do comportamento de prismas grauteados de alvenaria estrutural cerâmica**. 2006. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006

HENDRY, A. W. **Masonry Walls: materials and construction**. Elsevier: **Constrution and Building Materials**, Edinburgh, v. 15, n. 8, p. 323-330, junho 2001

HENDRY, A. W. **Structural brickwork**. London: Macmillan Press, 1990

JUSTE, A. E. **Estudo da resistência e da deformabilidade da alvenaria de blocos de concreto submetida a esforços de compressão.** 2001. 255 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2001

KATO, R. B. **Comparação entre o sistema construtivo convencional e o sistema construtivo em alvenaria estrutural segundo a teoria da construção enxuta.** 2002. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LEÃO, T.C. – **Resistência de prismas de blocos estruturais cerâmicos submetidos à esforços de compressão e tração na flexão.** 2008. 188 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MEDEIROS, J. S. **Alvenaria estrutural não-armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** 1993. 449 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MENDES, R. J. K. **Resistência à compressão de alvenaria de blocos cerâmicos estruturais.** 1998. 185p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998

MOHAMAD, Gihad et al. **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho.** 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2015.

NESSRALLA, M. A. **Resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural: bloco cerâmico de 44cm.** 2013. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. **Alvenaria Estrutural em Bloco Cerâmico Projeto, execução e controle.** São Paulo. Editora Nome da Rosa. 2010

PENTEADO, A.F. **Gestão da produção do sistema construtivo em alvenaria estrutural.** 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade federal de Campinas, Campinas-SP, 2003.

ROMAN, H. R. **Alvenaria estrutural.** Revista TÉCNICA. Ficha Técnica, Ano 4, n. 24. Set/Out. 1996.

ROMAN, H. R. **Determinação das características físicas e análise estatística da capacidade resistente de tijolos cerâmicos maciços.** 1983. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1983.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural.** Editora da UFSC, Florianópolis, SC, 1999.

SABBATINI, F. H. **Argamassa de assentamento para paredes de alvenaria resistente.** Boletim Técnico- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 26 p. 1986

SCHANKOSKI, R. A. **Influência do tipo de argamassa nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto de alta resistência.** 2012. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012