

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**FATOR DE EFICIÊNCIA DA RESISTÊNCIA  
PRISMA/BLOCO CERÂMICO DE  
PAREDES VAZADAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Rafael Pires Portella**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

# **FATOR DE EFICIÊNCIA DA RESISTÊNCIA PRISMA/BLOCO CERÂMICO DE PAREDES VAZADAS**

**Rafael Pires Portella**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Área de Concentração em Materiais de Construção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**Orientador: Prof. Dr. Gihad Mohamad**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Portella, Rafael Pires

Fator de eficiência da resistência prisma/bloco cerâmico de paredes vazadas. / Rafael Pires Portella.- 2015.

95 f.; 30cm

Orientador: Gihad Mohamad

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2015

1. Resistência à compressão 2. Blocos cerâmicos de paredes vazadas 3. Fator de eficiência I. Mohamad, Gihad II. Título.

---

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Rafael Pires Portella. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: portellarafael@hotmail.com

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**FATOR DE EFICIÊNCIA PRISMA/BLOCO  
CERÂMICO DE PAREDES VAZADAS**

elaborada por  
**Rafael Pires Portella**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Gihad Mohamad, Prof. Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Emil de Souza Sánchez Filho, Prof. Dr. (UFF)**  
Examinador Externo

---

**Eduardo Rizzatti, Prof. Dr. (UFSM)**  
Examinador Interno

Santa Maria, 22 de Janeiro de 2015.

**“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.”**

Mahatma Gandhi

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu pai, Leonardo Portella, por todo o ensinamento e exemplo de vida que sempre foi.

À minha mãe, Claudia Pires Portella, pelo apoio dispensado sempre que se fez necessário.

À minha irmã, Luiza Pires Portella, pelos anos de amizade e companheirismo.

À minha noiva, Fabiane de Campos, por ser, em todos os momentos, uma pessoa indispensável e estar sempre presente apoiando.

Aos meu orientador, prof. Dr. Gihad Mohamad, pelos conselhos, ensinamentos e tempo doado para o auxílio na elaboração dessa dissertação, e ao prof. Dr. Eduardo Rizzatti pela oportunidade dada a mim de crescimento profissional e intelectual.

A secretária do PPGECC Marília, que se mostrou incansável na hora de ajudar a resolver o que precisasse.

A todas as pessoas que de uma maneira ou outra auxiliaram para a formação de quem sou hoje.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria

### **FATOR DE EFICIÊNCIA DA RESISTÊNCIA PRISMA/BLOCO CERÂMICO DE PAREDES VAZADAS**

Autor: Rafael Pires Portella  
Orientador: Gihad Mohamad  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 22 de Janeiro de 2015.

A Construção Civil no Brasil apresentou nos últimos anos um grande aumento na área tecnológica, aumentando com isso a competitividade no mercado de trabalho. Para poderem se manter atuais e cumprindo com os requisitos de normas, as empresas da área da construção necessitam se aprimorar, tanto no quesito mão de obra como no quesito dos materiais utilizados. O método construtivo de alvenaria estrutural obteve um crescimento muito importante nos últimos anos, aumentando assim a necessidade de se desenvolver estudos e melhorar cada vez mais as normas que regem tal método. A resistência à compressão é o fator mais importante na alvenaria estrutural, logo um estudo e conhecimento aprofundado do tema se faz necessário para os projetistas poderem conseguir realizar os projetos da melhor maneira possível. Para a utilização de blocos cerâmicos, a NBR 15812-1 preconiza que o fator de eficiência parede/prisma que se deve utilizar é de 0,70, porém, não existe um valor normatizado para o fator de eficiência prisma/bloco, deixando apenas para o projetista a escolha desse valor. Para o projeto ser bem especificado, com os componentes escolhidos da maneira mais condizente com o cenário, o fator de eficiência prisma/bloco têm função determinante, visto que apesar de o projetista calcular a resistência de projeto do prisma, ele precisa especificar a resistência à compressão média da argamassa como a resistência característica à compressão de blocos e, quando necessário, grautes. Com a ajuda do Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria, que disponibilizou os seus ensaios dos anos de 2007 até 2014, foi realizado um estudo para se calcular o fator de eficiência/prisma bloco em diferentes faixas de resistência dos blocos. Após este estudo, foram feitas análises para tentar prever o comportamento do fator de eficiência frente à resistência à compressão dos blocos e poder se chegar em um valor usual para as condições dos componentes ensaiados. Apenas blocos cerâmicos de parede vazada e não grauteados foram abordados no estudo pois eram em uma quantidade maior, fornecendo uma maior confiabilidade aos resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Resistência à compressão. Blocos cerâmicos de paredes vazadas. Fator de eficiência.

## **ABSTRACT**

M.Sc. Dissertation  
Graduate Program in Civil Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **STRENGTH EFFICIENCY FACTOR FOR CERAMIC HOLLOW BLOCKS MASONRY PRISMS**

Author: Rafael Pires Portella

Supervisor: Gihad Mohamad

Date and venue of presentation: Santa Maria, January 22<sup>nd</sup>, 2015.

The Brazilian civil construction showed in the last few years a large increase in technology, thus increasing the competitiveness in the labor market. In order to remain in compliance with the standard requirements, builders need to improve, both in workmanship as in materials used questions. The masonry had an important growth in the last few years, thus increasing the need to develop studies and constantly improve the National Standards. The compressive strength is the most important factor in structural masonry, than a study and deep knowledge of the subject is necessary for designers can accomplish the projects in the best possible manner. For the use of ceramic block, NBR 15812-1 recommends that the efficiency factor walls/prism that must be used is 0,70, but there is no standardized value for the efficiency factor prism/block, leaving only to designer the choice of this value. For the project to be well specified, with the components selected as best as possible, the efficiency factor prism block have decisive role, as thought the designer calculate the prism designer strength, he must specify the mean compressive strength of mortar as the characteristic compressive strength of blocks and, if necessary, grout. With the aid of the Building Construction Material Laboratory of the Federal University of Santa Maria, which provided its tests results of the years 2007 to 2014, a study was conducted to calculate the efficiency factor of prism/block in different strength ranges of the blocks. Following this study, analyzes were made to try to predict behavior of efficiency factor due to the compressive strength of the block and be able to get a usual value for the conditions of the tested components. Only ceramic hollow blocks with no grout were approached in this study because they were in a large amount, providing greater reliability to the results.

**Key-words:** Compressive strength. Ceramic hollow block. Efficiency factor.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modo de ruptura dos prismas grauteados e não grauteados.....	20
Figura 2 – Blocos de concreto e de Sílico-Calcário.....	22
Figura 3 – Blocos cerâmicos.....	22
Figura 4 – Tipologia de blocos cerâmicos.....	23
Figura 5 – Dimensões mínimas dos septos nos blocos cerâmicos.....	24
Figura 6 – Esquema de um prisma de dois blocos de altura.....	28
Figura 7 – Gráfico com relação da resistência à compressão da alvenaria e de blocos.....	32
Figura 8 – Gráfico com relação da resistência à compressão da alvenaria e de argamassas.....	33
Figura 9 – Esquema de argamassamento parcial (a) e total (b).....	34
Figura 10 – Exemplo de tabela contida nos relatórios de prisma.....	39
Figura 11 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 6,0 MPa até 8,5 MPa aos 7 dias.....	44
Figura 12 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 6,0 MPa até 8,5 MPa aos 7 dias.....	45
Figura 13 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 8,5 MPa até 10,0 MPa aos 7 dias.....	47
Figura 14 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 8,5 MPa até 10,0 MPa aos 7 dias.....	47
Figura 15 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 10,0 MPa até 12,0 MPa aos 7 dias.....	49
Figura 16 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 10,0 MPa até 12,0 MPa aos 7 dias.....	50
Figura 17 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 12,0 MPa até 15,0 MPa aos 7 dias.....	52
Figura 18 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 12,0 MPa até 15,0 MPa aos 7 dias.....	52
Figura 19 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco acima de 15,0 MPa aos 7 dias.....	54
Figura 20 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco acima de 15,0 MPa aos 7 dias.....	55
Figura 21 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 6,0 MPa até 8,5 MPa aos 28 dias.....	57
Figura 22 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 6,0 MPa até 8,5 MPa aos 28 dias.....	57
Figura 23 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 8,5 MPa até 10,0 MPa aos 28 dias.....	59
Figura 24 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 8,5 MPa até 10,0 MPa aos 28 dias.....	59

Figura 25 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 10,0 MPa até 12,0 MPa aos 28 dias .....	61
Figura 26 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 10,0 MPa até 12,0 MPa aos 28 dias .....	62
Figura 27 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 12,0 MPa até 15,0 MPa aos 28 dias .....	64
Figura 28 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 12,0 MPa até 15,0 MPa aos 28 dias .....	64
Figura 29 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco acima de 15,0 MPa aos 28 dias .....	66
Figura 22 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco acima de 15,0 MPa aos 28 dias.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.....	23
Tabela 2 – Tolerâncias dimensionais.....	24
Tabela 3 – Valores de $\emptyset$ em função da quantidade de blocos.....	25
Tabela 4 – Número de blocos dos lotes e da amostragem .....	26
Tabela 5 – Número de unidades mínimas para aceitação ou rejeição do lote .....	26
Tabela 6 – Número de unidades mínimas para aceitação ou rejeição do lote .....	27
Tabela 7 – Número de unidades mínimas para aceitação ou rejeição do lote .....	27
Tabela 8 – Valores dos coeficientes de ponderação das resistências .....	29
Tabela 9 – Valores de Y em função da quantidade de prismas .....	31
Tabela 10 – Relações prisma/bloco .....	35
Tabela 11 –Dimensões das amostras para ensaios de resistência à compressão ...	36
Tabela 12 –Faixas de resistência e quantidade de ensaios.....	40
Tabela 13 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos.....	43
Tabela 14 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas.....	44
Tabela 15 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	45
Tabela 16 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos.....	46
Tabela 17 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas.....	46
Tabela 18 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	48
Tabela 19 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos.....	48
Tabela 20 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas.....	49
Tabela 21 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	50
Tabela 22 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos.....	51
Tabela 23 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas.....	51
Tabela 24 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	53

Tabela 25 –Resistência média e resistência característica dos blocos.....	53
Tabela 26 –Resistência média e resistência característica dos prismas .....	54
Tabela 27 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	55
Tabela 28 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos.....	56
Tabela 29 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas.....	56
Tabela 30 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	58
Tabela 31 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos.....	58
Tabela 32 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas.....	58
Tabela 33 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	60
Tabela 34 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos.....	61
Tabela 35 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas.....	61
Tabela 36 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	62
Tabela 37 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos.....	63
Tabela 38 –Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas.....	63
Tabela 39 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	65
Tabela 40 –Resistência média e resistência característica dos blocos.....	66
Tabela 41 –Resistência média e resistência característica dos prismas .....	66
Tabela 42 –Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência.....	67
Tabela 43 –Fator de eficiência médio e característico de ensaios aos 7 dias.....	68
Tabela 44 –Fator de eficiência médio e característico de ensaios aos 28 dias.....	68

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos fatores e autores estudados no experimento de SARHAT e SHERWOOD (2014).....	75
Quadro 2 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 6,0 MPa até 8,5 MPa.....	77
Quadro 3 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 8,5 MPa até 10,0 MPa.....	77
Quadro 4 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 10,0 MPa até 12,0 MPa.....	80
Quadro 5 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 12,0 MPa até 15,0 MPa.....	84
Quadro 6 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência acima de 15,0 MPa .....	85
Quadro 7 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 6,0 MPa até 8,5 MPa.....	87
Quadro 8 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 8,5 MPa até 10,0 MPa.....	87
Quadro 9 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 10,0 MPa até 12,0 MPa.....	89
Quadro 10 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 12,0 MPa até 15,0 MPa.....	93
Quadro 11 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência acima de 15,0 MPa .....	95

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	17
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	17
1.2.1	Objetivo Geral.....	17
1.2.2	Objetivos Específicos .....	18
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do trabalho</b> .....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Desenvolvimento histórico</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>Materiais componentes da alvenaria estrutural</b> .....	20
2.2.1	Blocos de concreto e sílico-calcário.....	21
2.2.2	Blocos cerâmicos.....	22
2.2.3	Especificações normativas das unidades cerâmicas .....	23
2.2.4	Resistência característica à compressão .....	24
2.2.5	Argamassa de assentamento .....	27
<b>2.3</b>	<b>Compressão simples</b> .....	28
2.3.1	Ensaio de prisma .....	28
2.3.2	Resistência de cálculo em alvenarias.....	29
2.3.3	Valor característico para prismas .....	30
2.3.4	Fatores que influenciam na resistência do prisma.....	31
2.3.4.1	Efeito da resistência do bloco.....	32
2.3.4.2	Efeito da resistência da argamassa.....	33
2.3.4.3	Disposição da argamassa de assentamento .....	33
2.3.4.4	Proporção altura/espessura do prisma .....	34
2.3.5	Razões da resistência prisma/blocos .....	35
<b>2.4</b>	<b>Caracterização das alvenarias segundo o EUROCODE 6 (2002)</b> .....	36
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	38
<b>3.1</b>	<b>Relatórios de ensaios no LMCC</b> .....	38
<b>3.2</b>	<b>Faixas de resistência</b> .....	39
<b>3.3</b>	<b>Resistência da argamassa</b> .....	41
<b>3.4</b>	<b>Metodologia de cálculo</b> .....	41
3.4.1	Média e desvio padrão por faixa de resistência.....	41
3.4.2	Fator de eficiência médio e característico .....	42
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	43
<b>4.1</b>	<b>Resultados – Ensaio aos 7 dias</b> .....	43
4.1.1	Faixa de resistência de 6,0 MPa até 8,5 MPa .....	43
4.1.2	Faixa de resistência de 8,5 MPa até 10,0 MPa .....	46
4.1.3	Faixa de resistência de 10,0 MPa até 12,0 MPa .....	48
4.1.4	Faixa de resistência de 12,0 MPa até 15,0 MPa .....	50
4.1.5	Faixa de resistência acima de 15,0 MPa .....	53
<b>4.2</b>	<b>Resultados – Ensaio aos 28 dias</b> .....	55
4.2.1	Faixa de resistência de 6,0 MPa até 8,5 MPa .....	56
4.2.2	Faixa de resistência de 8,5 MPa até 10,0 MPa .....	58
4.2.3	Faixa de resistência de 10,0 MPa até 12,0 MPa .....	60
4.2.4	Faixa de resistência de 12,0 MPa até 15,0 MPa .....	63
4.2.5	Faixa de resistência acima de 15,0 MPa .....	65

<b>4.3</b>	<b>Resultados – Fatores de eficiência médio e característico aos 7 e 28 dias .....</b>	<b>68</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>69</b>
<b>5.1</b>	<b>Fator de eficiência e os ensaios aos 7 dias .....</b>	<b>69</b>
<b>5.2</b>	<b>Fator de eficiência e os ensaios aos 28 dias .....</b>	<b>69</b>
<b>5.3</b>	<b>Fator de eficiência e ensaios de prismas .....</b>	<b>70</b>
<b>5.4</b>	<b>Recomendações para trabalhos futuros .....</b>	<b>70</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os avanços obtidos na engenharia civil ao longo dos anos ocorreram sempre em função de estudos e observações. A história antiga mostra isso por meio de inúmeras construções erguidas há milhares de anos e que ainda hoje conservam-se em pé, a exemplo disso as pirâmides do Egito, o Coliseu em Roma e algumas catedrais pela Europa. Em sua maioria essas construções eram estruturas em alvenaria, construídas de maneira empírica, baseada apenas no conhecimento dos construtores da época.

Com a chegada de novas metodologias de cálculos e o advento da tecnologia, a construção civil evoluiu, tanto no aspecto da mão de obra como no aspecto de novos materiais. A melhor maneira de se obter uma diminuição dos custos de uma obra sem prejudicar a sua qualidade é utilizando-se de projetos bem feitos e materiais especificados corretamente.

Por ser formada de diferentes componentes, o “material alvenaria” tem um comportamento não-linear e requer muito conhecimento para se conseguir especificar da melhor maneira possível os materiais adequados para cada situação de projeto. Os componentes da alvenaria estrutural são os blocos, argamassas e, quando for necessário, graute para enchimento dos furos dos blocos. Esses materiais respondem de maneira diferente e têm uma composição diferente, por isso o comportamento não linear da alvenaria estrutural.

As normas brasileira para alvenaria, tanto de blocos de concreto quanto de blocos cerâmicos, preveem que o ensaio a ser realizado para se monitorar a qualidade dos componentes à compressão é o ensaio prisma. A especificação de cada componente se dá através da sua resistência à compressão, sendo o bloco e o graute com a resistência à compressão característica e a argamassa com a resistência à compressão média, pois os dois primeiros têm a função de suportar as cargas e a argamassa tem como principal função garantir monolitismo e solidez bem como uniformizar a distribuição das cargas.



## **1.1 Justificativa**

A resistência à compressão é a principal característica das unidades (blocos) e do graute, sendo também muito importante para a argamassa, logo um projeto bem especificado passa pelo conhecimento do engenheiro projetista sobre o assunto.

Para se ter uma obra que atenda a normativa brasileira, as unidades devem ter a sua resistência à compressão característica igual ou maior do que a especificada em projeto, porém, deve-se evitar que ela seja muito maior do que a especificada para se conseguir diminuir o custo. O ensaio de prisma de dois blocos é o mais utilizado para se garantir a qualidade dos componentes bem como o controle de qualidade de uma construção.

Sendo assim, o fator de eficiência da resistência prisma/bloco é um dos mais importantes para se conseguir uma especificação adequada de materiais. Essa razão mostra a eficiência do prisma em relação ao bloco na questão da resistência à compressão. O fator de eficiência varia muito, pois depende do tipo de material empregado, da qualidade da mão-de-obra tanto na execução dos prismas quanto na execução dos ensaios.

Portanto, este trabalho vem ao encontro de uma necessidade de se conhecer melhor o comportamento dos materiais constituintes da alvenaria no quesito da resistência à compressão, podendo-se assim conseguir melhores especificações, diminuindo-se os custos sem prejudicar a qualidade de um projeto.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo da presente pesquisa consiste na avaliação do fator de eficiência da resistência prisma/bloco, em prismas moldados com blocos cerâmicos de parede vazada e não grauteados.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Após o entendimento da proposta geral do trabalho são apresentados os objetivos específicos da pesquisa, conforme dispostos nos tópicos a seguir.

- Avaliar o comportamento da relação prisma/bloco com o aumento da resistência à compressão dos blocos.
- Sugerir, ao final do estudo, um fator de eficiência para cada faixa de resistência de bloco.
- Analisar o acréscimo de resistência dos prismas com ensaios aos 7 e aos 28 dias.
- Avaliar fator de eficiência e ensaios de prismas.

### 1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, descritos a seguir.

- O capítulo 1 introduz a importância do tema pesquisado, apresentando objetivos e as justificativas para abordar o estudo sobre fator de eficiência da resistência prisma/bloco cerâmico de parede vazada.
- No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica, abordando as características dos componentes da alvenaria bem como as normas para controle de qualidade e normas internacionais para alvenaria.
- No capítulo 3 apresentam-se a metodologia utilizada para a separação de todos os ensaios fornecidos, e a metodologia de cálculo para o fator de eficiência;
- No capítulo 4 são apresentados os resultados da metodologia de cálculo e uma breve análise para cada faixa de resistência.
- No capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões sobre o fator de eficiência e as sugestões para trabalhos futuros.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo apresenta uma breve explanação sobre as propriedades da alvenaria estrutural e de seus componentes. A revisão abrange as normas brasileiras e a britânica para alvenaria, ensaios de prisma e bloco à compressão e correlações entre os diversos materiais que compõem o sistema de alvenaria como um todo.

### **2.1 Desenvolvimento histórico**

Uma das mais importantes características para a performance estrutural das construções em alvenaria é a sua resistência à compressão. Entretanto, a determinação desta resistência é muito difícil devido ao comportamento não-uniforme dos componentes das estruturas em alvenaria.

Ao longo dos anos, inúmeros estudos vêm sendo realizados para avaliar o comportamento e a resistência da alvenaria e seus componentes à compressão. Mohamad (1998) realizou estudos experimentais em prismas de três blocos de concreto não grauteados. Dependendo da resistência da argamassa, os prismas apresentavam diferentes formas de ruptura. As características visuais do modo de ruptura durante os ensaios permitiram concluir que aparecessem tensões laterais nos blocos devido a argamassa.

Romagna (2000) também avaliou o comportamento mecânico dos prismas de bloco de concreto de dois furos à compressão, porém com a inclusão de prismas grauteados. Na maioria das vezes, as fissuras ocorreram na intersecção das paredes transversais e longitudinais dos blocos. Os prismas grauteados apresentaram fissuras na direção vertical, devido à expansão do graute.

No experimento conduzido por Romagna (2000), foram estudadas diferentes composições entre blocos, argamassa e graute, avaliando a influência da resistência de cada um dos componentes no conjunto. Com os resultados experimentais verificou-se a importância de se especificar adequadamente os componentes e suas resistências, pois isso pode afetar significativamente os resultados da resistência à compressão dos prismas.

Ensaio similares, porém com blocos cerâmicos estruturais de parede maciça, foram realizados por Kuerten (1998). O experimento foi realizado com prismas de três blocos cerâmicos grauteados e não grauteados, e ensaiados à compressão. Nos estudos de Kuerten (1998) foram empregados diferentes resistências de cada componente.

Na figura 1 pode-se notar a geometria e os modos de ruptura dos prismas grauteados e não grauteados. Observa-se, nos prismas não grauteados, que o início das trincas começa com o esmagamento da junta de argamassa, gerando concentração de tensões no bloco e o fendilhamento da sua superfície no contato com a argamassa. Para argamassas mais resistentes, o tipo de ruptura foi brusco, e nas argamassas de resistências mais baixas foi por meio de “descascamento”. Nos prismas grauteados houve uma separação de toda a parede do bloco cerâmico, provocada pela expansão lateral do graute. Em vista disso, novamente ficou claro a necessidade de compatibilização das resistências dos diferentes componentes da alvenaria estrutural.



Ruptura prisma não-grauteado

Ruptura prisma grauteado

Figura 1 – Modo de ruptura dos prismas grauteados e não grauteados.

## 2.2 Materiais componentes da alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é composta de diferentes materiais. Os principais componentes são blocos (cerâmico, concreto e sílico-calcário), argamassa e graute. Devido a diversidade de materiais, os projetistas encontram dificuldades para especificar os diferentes componentes para obter o melhor resultado possível para fins estruturais e de desempenho da edificação.

Devido ao presente trabalho ter sido realizado analisando-se prismas de blocos cerâmicos, sem suas juntas terem sido preenchidas com graute, será apresentada uma breve explicação apenas sobre blocos de concreto e sílico-calcário, argamassas e graute, tendo ênfase maior na definição das propriedades dos blocos cerâmicos.

### 2.2.1 Blocos de concreto e sílico-calcário

Os blocos de concreto surgiram no Brasil em meados da década de 1970. Esses blocos são constituídos de areia, pedra, cimento água e aditivos que aumentam a coesão da mistura fresca. São produzidos por vibrocompactação e curados ao ar ou em câmaras úmidas com aquecimento, visando acelerar o processo. O processo de cura ao ar leva, aproximadamente, um mês para se conseguir alcançar a resistência para uso estrutural, enquanto na cura em câmaras úmidas podem ter o seu tempo reduzido para apenas três dias. Porém, devido ao fenômeno da retração os blocos só podem ser usados em obras após 14 dias. Os blocos têm de dois a três furos, com formato cônico para facilitar a desforma após a compactação.

Os blocos de concreto apresentam uma faixa de resistência que varia entre 4,0 até 20,0 MPa. O aumento da resistência é obtido por meio do aumento do teor de cimento na mistura, pela carga de compactação, número de vibrações e baixo fator água/cimento. Têm diversos tipos, tamanhos e funções, e apresentam modulação de 7,5 cm, 10 cm, 15 cm e 20 cm, de acordo com a malha definida em projeto.

Os blocos de sílico-calcário são produzidos por meio da prensagem e posterior cura por vapor a alta pressão. São unidades não muito comum nas obras de alvenaria, pois sua produção está restrita à algumas regiões do país. O resultado garante um bloco pouco poroso, bastante compacto e um bom acabamento superficial, que é usado com uma camada fina de revestimento. São encontrados com várias resistências, porém, sua aplicação necessita técnicas corretas, pois apresentam alta retração na secagem.

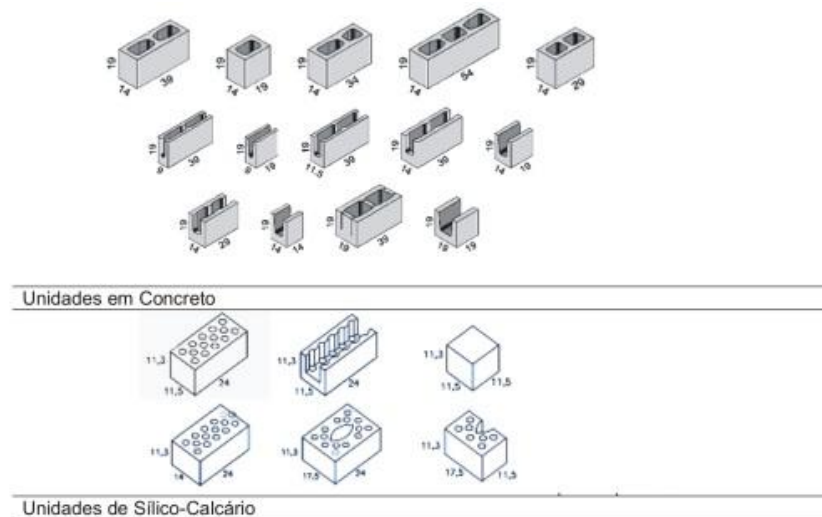
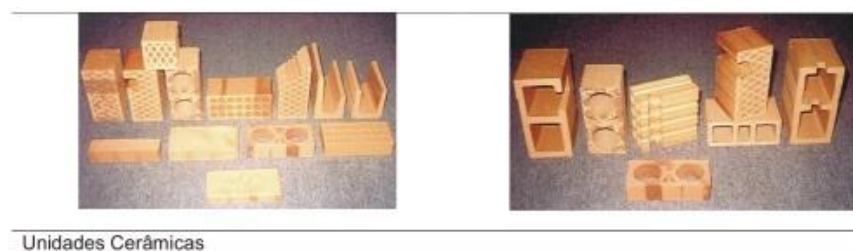


Figura 2 – Blocos de concreto e de sílico-calcário.

### 2.2.2 Blocos cerâmicos

O ingrediente básico das unidades cerâmicas é a argila, que é composta de sílica, silicato de alumínio e variadas quantidades de óxidos ferrosos, podendo ser calcária ou não calcária. A argila apropriada para a fabricação de unidades cerâmicas precisa ter plasticidade quando misturada com água para que possa ser moldada, uma suficiente resistência à tração para, depois de moldada, manter o formato e também precisa ser capaz de fundir as partículas quando queimada a altas temperaturas.

Quando queimada a altas temperaturas a argila se retrai, que necessita ser tratada corretamente para se obter um padrão de dimensões, homogeneidade na cor e acabamento superficial regular. Uma desvantagem do bloco cerâmico em relação ao de concreto e o de sílico-calcário é uma maior absorção de água inicial.



Unidades Cerâmicas

Figura 3 – Blocos cerâmicos.

### 2.2.3 Especificações normativas das unidades cerâmicas

Os blocos cerâmicos estruturais têm furos prismáticos perpendiculares à face que os contém, e devem ser assentados com os furos na vertical. São classificados em: (a) bloco cerâmicos estrutural de parede vazada; (b) bloco cerâmico estrutural de parede maciça; (c) bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (com as paredes internas vazadas) e (d) bloco cerâmico estrutural perfurado, conforme mostra a figura 4.

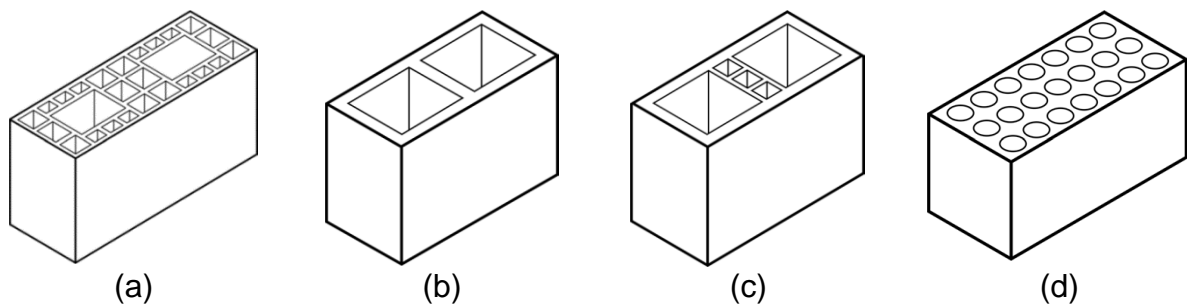


Figura 4 – Tipologia de blocos cerâmicos.

Os blocos cerâmicos devem ter a forma de um prisma reto, e suas dimensões de fabricação devem respeitar as especificações da Tabela 1.

Tabela 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais

Dimensões (L x H x C) Módulo dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação (cm)					
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)			
			Bloco principal	½ Bloco	Amarração (L)	Amarração (T)
(5/4)M x (5/4)M x (5/2)M	11,5	11,5	24	11,5	–	36,5
(5/4)M x (2)M x (5/2)M		19	24	11,5	–	36,5
(5/4)M x (2)M x (3)M		19	29	14	26,5	41,5
(5/4)M x (2)M x (4)M		19	39	19	31,5	51,5
(3/2)M x (2)M x (3)M	14	19	29	14	–	44
(3/2)M x (2)M x (4)M			39	19	34	54
(2)M x (2)M x (3)M	19	19	29	14	34	49
(2)M x (2)M x (4)M			39	19	-	59

Bloco L – bloco para amarração em paredes em L. Bloco T – bloco para amarração em paredes em T.

As unidades cerâmicas devem apresentar propriedades físicas, como aspecto, dimensão, esquadro, planeza e absorção de água, de acordo com as recomendações mínimas normativas. É importante também que tenham as

tolerâncias de fabricação apresentadas na Tabela 2 e as propriedades de sucção inicial e de resistência à compressão definidas posteriormente. Conforme a NBR 15270-2:2005, o índice de absorção inicial de água nos componentes cerâmicos não deve ser inferior a 8% e nem superior a 22%.

Tabela 2 – Tolerâncias dimensionais

Dimensão	Tolerâncias dimensionais relacionadas às medições individuais (mm)	Tolerâncias dimensionais relacionadas à média (mm)
Largura (L)	$\pm 5$	$\pm 3$
Altura (H)	$\pm 5$	$\pm 3$
Comprimento (C)	$\pm 5$	$\pm 3$
Desvio em relação ao esquadro (D)		3
Planeza das faces ou flecha (F)		3

Os blocos cerâmicos de parede vazada devem ter septos internos com espessura mínima de 7 mm e paredes externas de, no mínimo, 8 mm. Para os blocos cerâmicos de parede maciça a espessura mínima das paredes externas deve ser de 20 mm, podendo as paredes internas apresentar vazados, desde que sua espessura total seja maior ou igual a 30 mm, sendo 8 mm a espessura mínima para os septos.

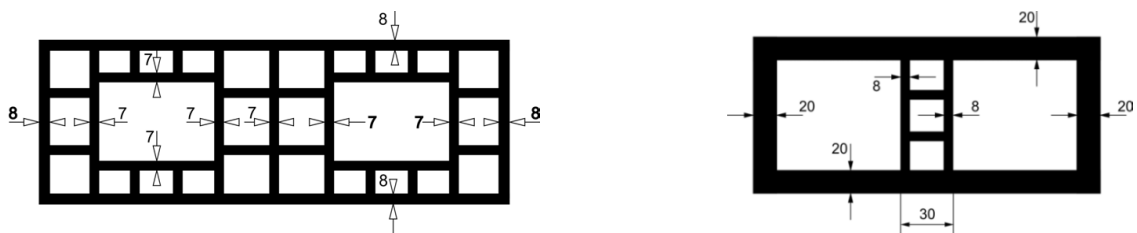


Figura 5 – Dimensões mínimas dos septos nos blocos cerâmicos.

#### 2.2.4 Resistência característica à compressão

A principal característica das unidades para uso em alvenaria estrutural é a sua resistência à compressão, que deve atingir os requisitos mínimos que a norma especifica, e também as exigências do projeto estrutural. A resistência característica à compressão dos blocos estruturais deve ser referida à área bruta. De acordo com



a norma (NBR 15270-2:2005), a resistência característica à compressão ( $f_{bk}$ ) dos blocos cerâmicos estruturais deve ser considerada a partir de 3,0 MPa.

A estimativa da resistência à compressão da amostra dos blocos é o valor estipulado por:

$$f_{bk,est} = 2 \cdot [(f_{b(1)} + f_{b(2)} + f_{b(3)} + \dots + f_{b(i-1)}) / (i - 1)] - f_{bi} \quad (2.1)$$

onde

$f_{bk,est}$  = resistência característica estimada da amostra, em MPa;

$f_{b(1)}, f_{b(2)}, \dots, f_{b(i)}$  = valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, ordenados de forma crescente;

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

$i = (n - 1)/2$ , se  $n$  for ímpar;

$n$  = é a quantidade de blocos da amostra.

Após o cálculo do  $f_{bk,est}$ , deve-se proceder com a seguinte análise:

(a) se o valor do  $f_{bk,est} > f_{bm}$  (média da resistência à compressão de todos os corpos de prova da amostra), adota-se  $f_{bm}$  como a resistência característica do lote ( $f_{bk}$ );

(b) se o valor do  $f_{bk,est} < \emptyset \cdot f_{b(1)}$  (menor valor da resistência à compressão de todos os corpos de prova da amostra), adota-se a resistência característica à compressão ( $f_{bk}$ ) determinada pela expressão  $\emptyset \cdot f_{b(1)}$ , sendo o valor de  $\emptyset$  indicado na Tabela 2.

(c) caso o valor calculado de  $f_{bk,est}$  esteja entre os limite mencionados anteriormente, adota-se este valor como a resistência característica à compressão.

Tabela 3 – Valores de  $\emptyset$  em função da quantidade de blocos

Quantidade de blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	$\geq 18$
$\emptyset$	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Para a execução da inspeção geral adota-se a amostragem simples para a identificação. Obrigatoriamente deve ser gravada em uma das suas faces a identificação da empresa, dimensões de fabricação em centímetros, as letras EST e indicação de rastreabilidade. Adota-se dupla amostragem para as verificações das características visuais, em que não devem ser verificados defeitos sistemáticos, tais

como quebras, superfícies irregulares ou ainda deformações que impeçam seu emprego na função específica, de acordo com os dados da Tabela 4.

Tabela 4 – Número de blocos dos lotes e da amostragem

Lote	Número de Blocos	
	1ª amostragem ou amostragem simples	2ª amostragem
1.000 à 100.000	13	13

Para os ensaios que determinam características geométricas e para o ensaio de determinação da resistência característica à compressão, cada amostra é constituída de 13 corpos de prova. Utilizam-se seis corpos de prova na amostra para a determinação do índice de absorção de água.

Com relação à aceitação ou rejeição, o lote fica condicionado aos seguintes aspectos:

- o não atendimento em qualquer corpo de prova da amostra dos aspectos a seguir é o suficiente para a rejeição do bloco: identificação da empresa; dimensões de fabricação em centímetros, na sequência largura (L), altura (H) e comprimento (C), na forma (L x H x C); as letras indicativas da sua condição estrutural EST; indicação de rastreabilidade;
- os critérios para definição da aceitação ou rejeição do lote das características visuais como quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam o seu emprego nas funções especificadas devem atender à Tabela 5:

Tabela 5 – Número de unidades mínimas para aceitação ou rejeição do lote

Nº de blocos constituintes		Unidades não conformes			
		1ª amostragem		2ª amostragem	
1ª amostragem	2ª amostragem	Número de aceitação	Número de rejeição	Número de aceitação	Número de rejeição
13	13	2	5	6	7

- Para aceitação ou rejeição do lote das características geométricas, o critério deve atender ao disposto na Tabela 6.

Tabela 6 – Número de unidades mínimas para aceitação ou rejeição do lote

Nº de blocos constituintes	Unidades não conformes	
	Nº para aceitação do lote	Nº para rejeição do lote
Amostragem simples		
13	2	3

Nota: Esta tabela não se aplica aos itens área bruta e área líquida.

- O critério para definição da aceitação ou rejeição do lote das características físicas, devem atender ao disposto na Tabela 7.

Tabela 7 – Número de unidades mínimas para aceitação ou rejeição do lote

Nº de blocos constituintes	Unidades não conformes	
	Nº para aceitação do lote	Nº para rejeição do lote
Amostragem simples		
6	1	2

- Na inspeção por ensaios referentes à resistência à compressão, a aceitação ou rejeição do lote fica condicionada à resistência característica à compressão ( $f_{bk}$ ) ser maior ou igual à resistência especificada pelo comprador, que deve ser igual ou maior que a do projeto estrutural.

### 2.2.5 Argamassa de assentamento

É importante destacar o comportamento da argamassa de assentamento para alvenaria estrutural, pois é por meio dessa que se obtém o monolitismo e a solidez que a parede necessita. A principal função é transmitir todas as ações verticais e horizontais atuantes de forma a solidarizar as unidades, criando-se assim uma estrutura única. As argamassas também exercem outras funções, como assimilar as deformações e compensar irregularidades causadas pelas variações dimensionais das unidades.

As argamassas são compostas, normalmente, por uma mistura de cimento, cal, areia e água, em quantidades suficientes para produzir uma mistura plástica de boa trabalhabilidade, podendo a cal ser substituída por saibro, caulim ou barro. As principais características mecânica das argamassas é a transmissão das cargas verticais através das unidades e acomodar as deformações concentradas, evitando assim o surgimento de fissuras.

## 2.3 Compressão simples

Com o aumento da resistência dos materiais utilizados, diminuição das espessuras, a resistência à compressão torna-se ainda mais importante para a alvenaria estrutural. Para a determinação da capacidade resistente de uma parede, e também para o controle de obras, o ensaio de resistência à compressão de prismas é o mais utilizado. Essa importância fez do ensaio de prisma um dos principais temas de pesquisa, além das razões das suas resistência com as resistências de blocos e paredes.

O ensaio de prisma é o principal utilizado em detrimento do ensaio de paredes ou pequenas paredes devido a algumas limitações em máquinas de ensaios, tanto em relação à sua capacidade máxima e também quanto às suas dimensões, ou mesmo limitações práticas

### 2.3.1 Ensaio de prisma

A NBR 15812-2:2010, no seu anexo A, traz especificações para determinação da resistência à compressão e do módulo de elasticidade de prismas de dois blocos. Como mostrado na figura 6, um prisma geralmente tem a dimensão de um bloco de largura e comprimento, e pode ser construído com diversas alturas, de duas a cinco fiadas. Apesar de o tipo de amarração e a forma da disposição da argamassa variarem nas obras e influenciarem na resistência final, o prisma normalmente é padronizado.

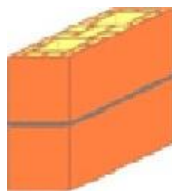


Figura 6 – Esquema de um prisma de dois blocos de altura

Para a determinação da resistência à compressão a normativa brasileira padroniza o prisma de dois blocos sobrepostos e argamassamento em toda a face do bloco, independente de como será executado o argamassamento na edificação.

Prismas de cinco blocos de altura são usados para ensaios de flexão, que não são o objeto de estudo desta dissertação.

Outro importante ponto nos ensaios de prismas é o mecanismo de carregamento do topo e da base do corpo de prova, incluindo-se o tipo de capeamento utilizado e rigidez da placa de carregamento. Geralmente as máquinas de ensaio à compressão têm uma rótula esférica de diâmetro de 200 a 250 mm, o suficiente para cobrir a largura de um bloco, mas inferior ao comprimento deste bloco. A normalização brasileira não faz especificações quanto à espessura mínima da placa de carregamento para o ensaio de prisma, sendo recomendado por Parsekian (2012) seguir as mesmas especificações da NBR 12118:2013.

### 2.3.2 Resistência de cálculo em alvenarias

A NBR 15812-1:2010 define que a força resistente de cálculo das paredes de alvenaria estrutural deve ser obtido de acordo com a seguinte equação:

$$N_{rd} = f_d \cdot A \cdot R \quad (2.2)$$

onde

$N_{rd}$  – é a força normal resistente de cálculo;

$f_d$  – é a resistência à compressão de cálculo da alvenaria;

$A$  – é a área da seção resistente;

$R$  – é o coeficiente redutor devido à esbeltez da parede.

O coeficiente redutor  $R$  é obtido com:

$$R = [ 1 - (\lambda/40)^3 ] \quad (2.3)$$

A resistência à compressão de cálculo da alvenaria é obtida dividindo-se a resistência à compressão característica pelo coeficiente de ponderação das resistências, apresentado na Tabela 8, que são adequados para obras executadas de acordo com a ABNT NBR 15812-2:2010.

Tabela 8 – Valores dos coeficientes de ponderação das resistências

<b>Combinações</b>	<b>Alvenaria</b>	<b>Graute</b>	<b>Aço</b>
Normais	2,0	2,0	1,15
Especiais ou de construção	1,5	1,5	1,15
Excepcionais	1,5	1,5	1,0

### 2.3.3 Valor característico para prismas

A NBR 15812-1:2010 especifica que a resistência característica à compressão da alvenaria  $f_k$  deve ser determinada com base no ensaio de paredes, ou pode ser estimada como sendo 70% da resistência à compressão característica de prisma  $f_{pk}$ , ou ainda como sendo 85% da resistência da pequena parede  $f_{ppk}$ . Quando as juntas horizontais contarem apenas com argamassamento parcial, a resistência característica à compressão da alvenaria deve ser corrigida multiplicando-a pela razão entre a área do argamassamento parcial e a área do argamassamento total.

A mesma norma determina ainda que a caracterização da alvenaria deve ser realizada por meio de ensaios de prisma (12 unidades), ou pequena parede (6 unidades), ou paredes (3 unidades), executados com blocos, argamassa e grautes de mesma origem e característica dos que serão utilizados em obra.

A resistência à compressão do prisma é obtida com seu valor característico, apesar de que muitas vezes normas internacionais adotarem como referência o valor médio. Como exemplo, nos Estados Unidos é comum considerar a referência do prisma a ser adotado em projeto como 80% do valor médio obtido em ensaios, o que equivale a um coeficiente de variação da amostra de ensaio de cerca de 12%. O roteiro para cálculo do  $f_{pk}$  (resistência característica à compressão de prismas) é o mesmo utilizado para calcular a resistência característica dos blocos  $f_{bk}$ , porém, a única diferença é o limite de 0,85 da média, imposto como valor máximo. Segue roteiro de cálculo para amostras com até 20 corpos de prova.

$$f_{pk,est.} = 2 \cdot [(f_{p(1)} + f_{p(2)} + f_{p(3)} + \dots + f_{p(i-1)}) / (i - 1)] - f_{pi} \quad (2.4)$$

onde

$f_{pk,est.}$  = resistência característica estimada da amostra, em MPa;

$f_{p(1)}, f_{p(2)}, \dots, f_{p(i)}$  = valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, ordenados de forma crescente;

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

$i = (n - 1)/2$ , se  $n$  for ímpar;

$n$  = é a quantidade de prismas da amostra.

O valor de  $f_{pk}$  não deve ser inferior a  $\Psi \cdot f_{p(1)}$ , sendo o valor de  $\Psi$  fornecido na Tabela 9. Assim se  $f_{pk,est.} < \Psi \cdot f_{p(1)}$ , então  $f_{pk} = \Psi \cdot f_{p(1)}$ ; caso contrário  $f_{pk} = f_{pk,est.}$  (não se adotando  $f_{pk,est.}$  Maior que 85% da média  $f_{pm}$ ).

Tabela 9 – Valores de  $\Psi$  em função da quantidade de prismas

Número de elementos	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16/17	18/19
$\Psi$	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Para os ensaios de parede com  $n < 6$ , a resistência característica deve ser calculada conforme segue:

$$f_{pk} = \Psi \cdot f_{p(1)} \quad (2.5)$$

Para ensaios com  $n \geq a 20$ :

$$f_{pk} = f_{pm} - 1,65 \cdot S_n \quad (2.6)$$

onde

$f_{pm}$  – resistência média da amostra

$S_n$  – desvio padrão da amostra.

#### 2.3.4 Fatores que influenciam na resistência do prisma

Existem diversos fatores que influenciam na resistência à compressão de prismas. Sarhat e Sherwood (2014) realizaram um estudo para prever a resistência à compressão da alvenaria não grauteada tendo como referência a resistência do bloco e da argamassa.

Para o desenvolvimento do estudo eles tomaram como base uma gama muito grande de testes realizados anteriormente por diversos autores, que realizaram ensaios dos mais variados, levando em conta diversos fatores e alguns estudos específicos. Um resumo de o que foi estudado por cada autor é apresentado no Quadro 1 Anexo A.

A revisão feita por Sarhat e Sherwood (2014) mostrou que diversos parâmetros, tanto nos materiais como nos ensaios, afetam a resistência à compressão dos prismas de alvenaria não grauteados. Entre estes fatores, a resistência do bloco, a disposição da argamassa de assentamento, a resistência da argamassa e a proporção altura/espessura foram os fatores de maior influência.

#### 2.3.4.1 Efeito da resistência do bloco

Como mostrado na Quadro 1 Anexo A, diversos pesquisadores fizeram estudos com relação a resistência à compressão de prismas e concluíram que com o aumento da resistência à compressão do bloco a resistência do prisma também aumenta.

Nas faixas de resistência usuais de blocos, até 30,0 MPa, a razão entre a resistência do prisma e resistência do bloco, ambas à compressão, é praticamente toda linear, fato esse confirmado com os estudos de Drysdale e Hamid (2005). Entretanto, para resistências maiores de bloco, essa razão passa a ser não-linear.

Devido ao mecanismo de ruptura de prismas ser diferente do de um bloco, alguns outros fatores como resistência à tração e geometria influenciam nessa razão de resistência, podendo-se observar no gráfico da figura 7 alguma dispersão de resultados.

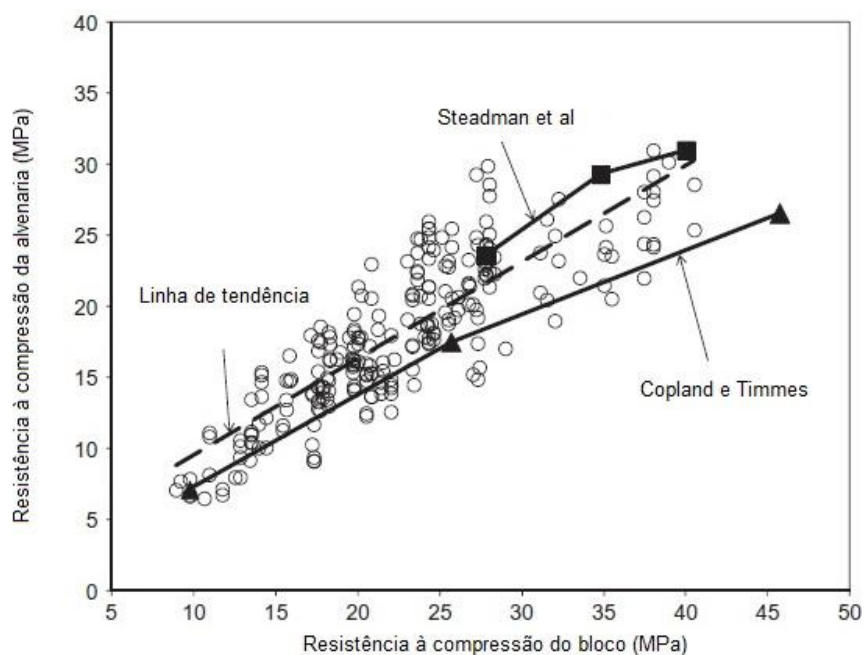


Figura 7 – Gráfico com a resistência à compressão da alvenaria e de blocos.



### 2.3.4.2 Efeito da resistência da argamassa

Os resultados dos ensaios apresentados na figura 8 mostram como argamassas de baixa resistência à compressão proporcionam também prismas com baixa resistência à compressão. O aumento da resistência da argamassa leva também a um aumento da resistência do prisma, porém esse aumento não é tão acentuado, e diminui a medida que a resistência vai aumentando.

Em geral, indica-se que a resistência da argamassa seja a menor possível de acordo com o seu uso, sendo recomendável resistências entre 1,5 MPa até 70% da resistência característica do bloco referida na área líquida.

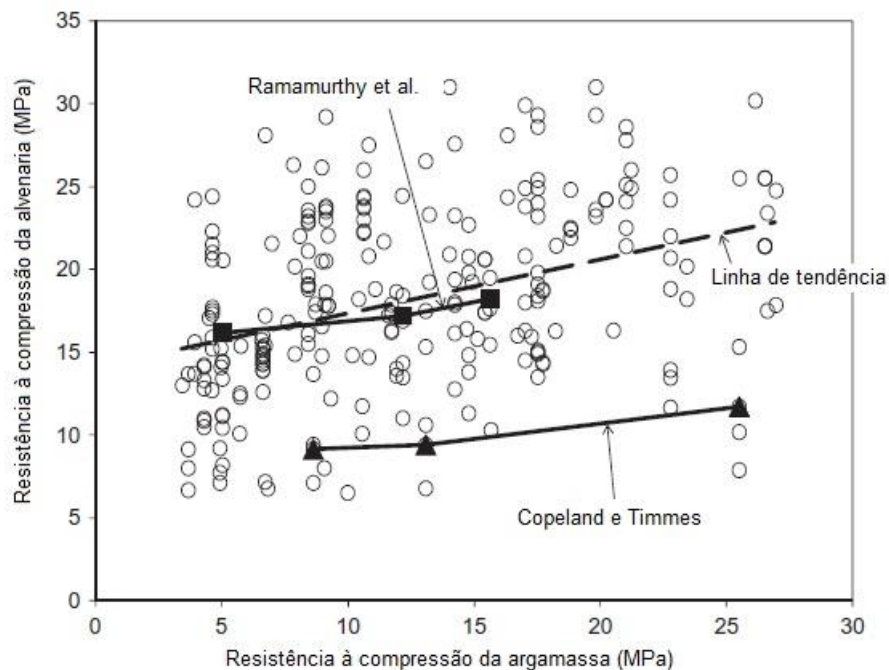


Figura 8 – Gráfico com a resistência à compressão da alvenaria e de argamassas.

### 2.3.4.3 Disposição da argamassa de assentamento

A forma de ruptura de blocos vazados depende da disposição da argamassa de assentamento nas paredes do bloco. Existem dois tipos de argamassamento, o parcial onde apenas as paredes longitudinais do bloco recebem argamassa, e o argamassamento total, onde paredes longitudinais e transversais do bloco recebem argamassa, conforme figura 9. Utilizando-se como referência apenas a área efetiva

de argamassa, a resistência à compressão do argamassamento parcial é de cerca de 4 a 11% maior do que com argamassamento total (PARSEKIAN, 2012). Considerando-se a área bruta, ao utilizar apenas argamassamento parcial causará uma redução de cerca de 20% da resistência do prisma.

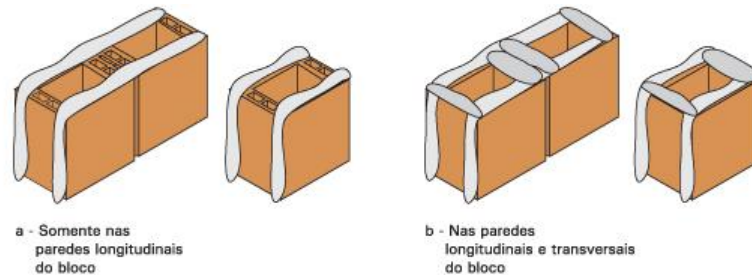


Figura 9 – Esquema de argamassamento parcial (a) e total (b).

#### 2.3.4.4 Proporção altura/espessura do prisma

Os prismas com razão altura/espessura próximo de 2,0 geralmente apresentam um ruptura na forma cônica por cisalhamento e compressão, que não é consistente com a forma de ruptura dos elementos observados em alvenaria. Além disso, prismas de dois blocos com uma junta de argamassa não permitem a completa interação entre a junta e o bloco, como ocorrido em elementos em escala real.

A diminuição da resistência com o aumento da altura está associada com a diminuição do efeito de confinamento dado pelos pratos de aplicação de carga, permitindo que a fissuração vertical, característica da alvenaria, ocorra sem restrição. Boulton (1979) defende que a quantidade adequada de juntas é tão importante quanto a razão altura/espessura do prisma.

A utilização de prismas de dois blocos é importante do ponto de vista prático e pode ser utilizado para o controle de qualidade dos materiais. Assim, o prisma moldado em obra pode ser facilmente transportado e a sua altura permite a utilização de diversos tipos de máquinas de ensaio. Em contrapartida, ensaios para pesquisa e desenvolvimento de produtos devem ser realizados com uma razão altura/espessura maior, aumentando a quantidade de juntas de assentamento, e podendo ser mais representativos do comportamento real da parede. Resultados de ensaios geralmente indicam uma redução de 15% na resistência à compressão em

prismas com três ou quatro blocos em comparação aos prismas de dois blocos (CHAHINE, 1989; PAGE e BROOKS, 1985; COLVILLE *et al.*, 1993).

### 2.3.5 Razões da resistência prisma/blocos

A razão da resistência prisma/bloco não é contemplada nas normalizações brasileiras, sendo indicada em normas que prescrevam ensaios de prisma e de blocos para a caracterização antes do início da obra, ou então devem ser realizados pelos fabricantes de blocos a cada seis meses.

Parsekian (2012) exhibe uma tabela com indicações de algumas razões entre as resistências prisma/bloco estimadas, levando em conta a resistência de blocos, argamassas e grautes. Destaca que a tabela é apenas indicativa, pois como já mencionado a alvenaria é formada por diferentes tipos de materiais e tem um comportamento não homogêneo, e que cada caso deve ser avaliado individualmente por meio de ensaios ou pode ser baseado no histórico de cada produto. Cabe ressaltar também que ocorreram variações nos resultados, especialmente em blocos com uma qualidade questionável.

Tabela 10 – Razões prisma/bloco

Tipo de bloco	$f_{bk}$ (MPa)	$f_a$ (MPa)	$f_{pk}/f_{bk}$
Bloco vazado de concreto	3,0	4,0	0,80
	4,0	4,0	0,80
	6,0	6,0	0,75
	8,0	6,0	0,75
	10,0	8,0	0,70
	12,0	8,0	0,70
	14,0	12,0	0,70
	16,0	12,0	0,70
	18,0	14,0	0,70
	20,0	14,0	0,70
Bloco cerâmico de parede vazada	3,0	4,0	0,50
	4,0	4,0	0,50
	6,0	6,0	0,50
	8,0	6,0	0,50

	10,0	8,0	0,45
	12,0	8,0	0,45
Bloco cerâmico de parede maciça	10,0	8,0	0,60
	15,0	12,0	0,60
	18,0	12,0	0,60

Na Tabela 10 tem-se:

$f_{bk}$  – resistência característica à compressão do bloco;

$f_a$  – resistência à compressão da argamassa;

$f_{pk}$  – resistência característica à compressão do prisma;

$f_{pk}/f_{bk}$  – fator de eficiência prisma/bloco.

## 2.4 Caracterização das alvenarias segundo o EUROCODE 6 (2002)

O EUROCODE 6 (2002) relata que a capacidade resistente das alvenarias pode ser determinada experimentalmente ou por uma equação que relaciona as resistências de cada componente da alvenaria. Segundo a norma EM 1052-1 (1999) o tamanho da amostra para testes de resistência à compressão das alvenarias deve atender as especificações mostradas na Tabela 11.

Tabela 11 – Dimensões das amostras para ensaios de resistência à compressão

Tamanho da Unidade		Tamanho da amostra da alvenaria para o ensaio de compressão			
$l_u$ (mm)	$h_u$ (mm)	Comprimento ( $l_s$ )	Altura ( $h_s$ )		Espessura ( $t_s$ )
≤300	≤150	≥ (2. $l_u$ )	≥ 5. $h_u$	≥ 3. $t_s$ e ≤ 15. $t_s$ e ≥ $l_s$	≥ $t_u$
	>150		≥ 3. $h_u$		
>300	≤150	≥ (1,5. $l_u$ )	≥ 5. $h_u$	≥ 3. $t_s$ e ≤ 15. $t_s$ e ≥ $l_s$	
	>150		≥ 3. $h_u$		

Na tabela 11 têm-se:

$l_u$  – comprimento do bloco;

$h_u$  – altura do bloco;

$t_u$  – espessura do bloco;

$l_s$  – comprimento da amostra;

$h_s$  – altura da amostra;

$t_s$  – espessura da amostra.

Além de experimentalmente, a resistência à compressão também pode ser calculada por:

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta \quad (2.7)$$

onde

$f_k$  – resistência à compressão característica da alvenaria em N/mm<sup>2</sup>;

K – constante determinada a partir da porcentagem de vazios, material e argamassa;

$f_b$  – resistência à compressão média normalizada do bloco na direção da ação aplicada (a resistência à compressão normalizada dos blocos é a resistência à compressão seca ao ar de um equivalente de 100 mm x 100 mm entre a largura e a altura, obtida conforme EM 772-1:2000)

$f_m$  – resistência à compressão das argamassa em N/mm<sup>2</sup>.

A limitação para a utilização desta equação é a determinação da resistência normalizada dos blocos, das argamassas e do grupo em que as unidades se encontram, em relação ao volume de vazios e espessuras das paredes internas e externas dos blocos. Para as juntas de argamassa com espessura de 10 mm, o mais usual, as constantes  $\alpha=0,7$  e  $\beta=0,3$ . Para juntas com espessura entre 0,5 à 3 mm, constam adaptações para a equação no EUROCODE 6 (2000), e também para diferentes grupos de unidades.

### **3 METODOLOGIA**

Nesse capítulo são detalhadas as etapas de desenvolvimento da pesquisa, além dos procedimentos adotados para a separação dos resultados em planilhas para melhor visualização e os cálculos necessários. A metodologia dos ensaios de prisma e bloco não serão contemplados, pois não foram realizados para o estudo em questão, sendo apenas obtidos os resultados junto à um laboratório especializado. Para mais informações os ensaios são descritos nas NBR 15812-2 Anexo A e NBR 15270-2.

#### **3.1 Relatórios de ensaios no LMCC**

A primeira etapa desta pesquisa consistiu em contatar o Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria, para o fornecimento dos relatórios de ensaios de prismas e blocos realizado no mesmo para posterior análise. Os ensaios obtidos foram dos anos de 2007 até início de 2014.

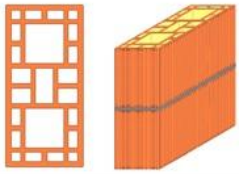
Foram recolhidos mais de 1000 ensaios de prismas e blocos de diferentes especificações: blocos de concreto, blocos cerâmicos de parede maciça, blocos cerâmicos de parede vazada, prismas grauteados, prismas não grauteados e ensaios aos 7 e aos 28 dias. Em alguns relatórios de prismas, os resultados dos ensaios de blocos eram apresentados com seus valores de resistência médio e característico, e em outros era apresentado apenas o lote do bloco ensaiado e o seu valor de resistência nominal. Como a maioria dos ensaios eram de empresas para controle de qualidade, existiam ensaios em que a empresa apenas executava o ensaio de prisma, não sendo assim possível a sua utilização, pois os valores da resistência dos blocos não era conhecido.

Notou-se a necessidade de dividir os ensaios para se efetuar uma melhor análise de resultados. A primeira divisão foi de acordo com o ano de realização do ensaio, para ser realizado o estudo de acordo com o respectivo ano de ensaio. Essa separação se mostrou ineficaz, pois alguns anos ficaram com um número de ensaios muito maior, e outros com um valor reduzido, diminuindo assim a representatividade dos ensaios. Separou-se então os ensaios por tipologia de

blocos, de concreto, cerâmico de parede vazada e cerâmico de parede maciça, e em prismas grauteados e não grauteados.

Após a separação verificou-se que a maior quantidade de ensaios disponíveis para análise seriam os de blocos cerâmicos de parede vazada e prismas não grauteados. Também foi realizada a separação dos ensaios de 7 e 28 dias. O número total de ensaios de prismas com essa característica era de 920 ensaios.

TABELA 01 – Resistência à compressão do prisma oco – NBR 8215:1983

C. P.	ÁREA EFFETIVA (cm <sup>2</sup> )	TIPOLOGIA DO PRISMA (*)	CARGA DE RUPTURA (**) (N)	LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPa)
8386	403,80		<b>142.500</b>	<b>3,5</b>
8387	407,40		<b>167.500</b>	<b>4,1</b>
8388	408,80		<b>145.000</b>	<b>3,5</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Moldagem: 26 / 05 / 2010 – Ensaio: 23 / 06 / 2010</li> <li>Desvio padrão obtido no ensaio: 0,3 MPa – Coeficiente de variação da amostra: 8,9 %</li> </ul>			<b>Resistência Média (<math>f_p</math>) = 3,7 MPa</b>	

(\*) A resistência à compressão é determinada em relação à área designada como face de assentamento do bloco, computando-se todos os vazados (área bruta). Para este bloco, a relação área líquida / área bruta média é de 0,42. (\*\*) Unidades no SI, considerando 1,0 N = 0,1 kgf.

Figura 10 – Exemplo de tabela contida nos relatórios de prisma.

### 3.2 Faixas de resistência

De posse dos ensaios de prisma não grauteado com bloco cerâmico de parede vazada, a próxima etapa seria dividir os blocos em faixas de resistência que apresentassem um comportamento semelhante.

Como mencionado na revisão bibliográfica, a resistência do prisma aumenta com o aumento das resistências do bloco e da argamassa, porém, o aumento da resistência do prisma é menos acentuado com o aumento da resistência da argamassa, então o fator de eficiência prisma/bloco diminui com o aumento da resistência dos componentes. Logo, a divisão dos blocos nas faixas de resistência deveria ser realizada de acordo com o comportamento do prisma em relação à resistência à compressão do bloco.

Inicialmente a divisão seria realizada em três faixas, sendo a primeira com blocos até 10,0 MPa de resistência, blocos até 15,0 MPa e blocos acima de 15,0 MPa, porém, essa divisão foi ineficaz, pois as faixas apresentaram uma variação muito grande dos resultados. De acordo com o apresentado na Tabela 10, os blocos com resistência de até 8,0 MPa apresentam comportamento semelhante, logo a

primeira faixa com blocos até 10,0 MPa deveria ser dividida em duas outras faixas. Levando-se em conta os resultados apresentados a maneira mais eficaz de divisão seria com blocos até 8,5 MPa, e uma outra com blocos na faixa de 8,5 MPa até 10,0 MPa.

A faixa seguinte que abrangia os blocos com resistência entre 10,0 MPa até 15,0 MPa também precisaria ser alterada. Como mostrado na Tabela 10, blocos com resistência até 12,0 MPa apresentavam um comportamento semelhante. Em vista disso, a faixa foi dividida novamente em duas faixas, uma que compreende blocos com resistência entre 10,0 MPa até 12,0 MPa, e outra com blocos entre 12,0 MPa até 15,0 MPa.

Como alguns ensaios de bloco apresentavam valor de resistência característica à compressão acima de 15,0 MPa, sendo que o ensaio de bloco que apresentou maior resistência à compressão foi de 17,1 MPa, foi concebida uma faixa com os blocos de resistência acima de 15,0 MPa.

Com as faixas de resistência definidas, a próxima etapa seria dividir as faixas com os resultados de ensaios aos 7 dias e aos 28 dias. A resistência utilizada foi a característica dos blocos e média dos prismas. Abaixo uma tabela com cada faixa de resistência e a quantidade de ensaios em cada uma das faixas para ensaios aos 7 e aos 28 dias.

Tabela 12 – Faixas de resistência e quantidade de ensaios

Faixas de resistência (MPa)	Quantidade de ensaios	
	7 dias	28 dias
6,0 – 8,5	28	9
8,5 – 10,0	96	76
10,0 – 12,0	185	189
12,0 – 15,0	70	92
Acima de 15,0	19	19

Ressalta-se que o argamassamento dos prismas escolhidos era em sua totalidade constituído de argamassamento total, não sendo necessário separação das amostras.



### 3.3 Resistência da argamassa

Alguns ensaios de prismas apresentavam valores inconsistentes de resistência de argamassa e alguns ensaios não apresentavam o valor da resistência média à compressão da argamassa. Ensaios em que o valor da resistência da argamassa eram inferiores à 1,5 MPa ou superiores à 70% da resistência do bloco foram desconsiderados, bem como os ensaios que não apresentavam nenhum valor de resistência.

Após o descarte dos resultados inconsistentes das resistências das argamassas o total de ensaios analisados foi de 783.

Os resultados estão apresentados nas tabelas do Anexo C.

### 3.4 Metodologia de cálculo

Após realizar as devidas separações e definições, foram realizados os cálculos para cada faixa de resistência. Para uma análise mais elaborada são efetuados cálculos de resistências médias e resistências características para bloco e prisma em cada uma das faixas de resistência.

#### 3.4.1 Média e desvio padrão por faixa de resistência

O cálculo do desvio padrão amostral e da média das resistências foram efetuados de acordo com as seguintes fórmulas, respectivamente:

$$s = \sqrt{1/(n-1) \times \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2} \quad (3.1)$$

$$x = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.2)$$

Devido ao número de ensaios da faixa de resistência ser maior do que 20, a resistência característica foi calculada de acordo com o item 2.3.3. A única faixa de resistência que apresentou uma quantidade de ensaios menor do que 20 foi a acima de 15,0 MPa, sendo necessário a utilização do roteiro descrito no item 2.3.3 para essa quantidade de ensaios.

### 3.4.2 Fator de eficiência médio e característico

De posse dos resultados de desvio padrão amostral e média amostral de cada faixa de resistência, e dos valores de resistência à compressão médio e característico para blocos e prismas, a próxima etapa é o cálculo do valor do fator de eficiência.

Para o cálculo do fator de eficiência médio divide-se a resistência à compressão média do prisma pelo valor da resistência à compressão média dos blocos, e para fator de eficiência característico da faixa divide-se a resistência à compressão característica do prisma pela resistência característica do bloco:

$$FE_m = f_{pm}/f_{bm} \quad (3.3)$$

$$FE_k = f_{pk}/f_{bk} \quad (3.4)$$

onde

$FE_m$  – fator de eficiência médio;

$f_{pm}$  – resistência à compressão média de prisma;

$f_{bm}$  – resistência à compressão média de bloco;

$FE_k$  – fator de eficiência característico;

$f_{pk}$  – resistência à compressão característica de prisma;

$f_{bk}$  – resistência à compressão característica de bloco.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos dos cálculos são descritos na metodologia e apresentados neste capítulo. A apresentação dos resultados se dará para cada faixa de resistência e também para os ensaios aos 7 e 28 dias. Também são realizadas algumas considerações e discussões sobre cada resultado.

### 4.1 Resultados – Ensaios aos 7 dias

Os valores para os ensaios aos 7 dias são apresentados a seguir apenas para comparação com os valores aos 28 dias, pois os valores que devem ser usados para análises são os de ensaios aos 28 dias. Uma visualização que se deseja fazer é a de se os fatores de eficiência irão ter um aumento no seu resultado, visto que se espera que os prismas tenham um acréscimo de resistência em comparação aos ensaios de 7 e 28 dias, respectivamente.

Os valores individuais de todos os ensaio, contendo a resistência do bloco e resistência do prisma, são apresentados nos quadros dos Anexos B e C.

#### 4.1.1 Faixa de resistência de 6,0 MPa até 8,5 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 28 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 6,1 MPa e o máximo de 8,4 MPa.

As Tabelas 13 e 14 apresentam os valores do desvio padrão amostral, da resistência média e da resistência característica dos blocos e prismas, respectivamente.

Tabela 13 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,52
Resistência Média	7,51 MPa
Resistência Característica	6,64 MPa

Tabela 14 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,42
Resistência Média	3,40 MPa
Resistência Característica	2,71 MPa

Os gráficos das figuras 11 e 12 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 11 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.

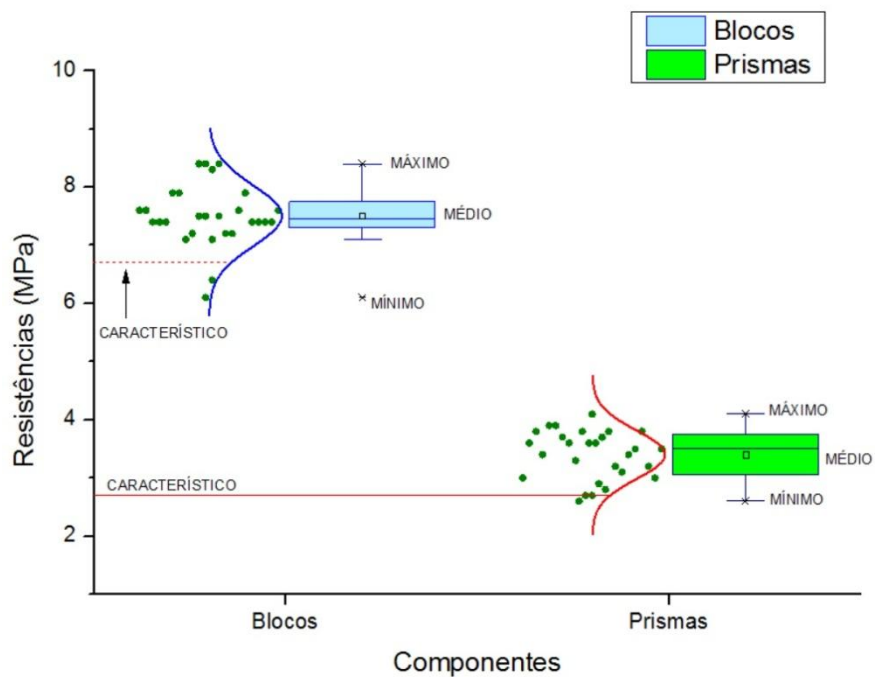


Figura 11 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 6,0 MPa até 8,5 MPa aos 7 dias.

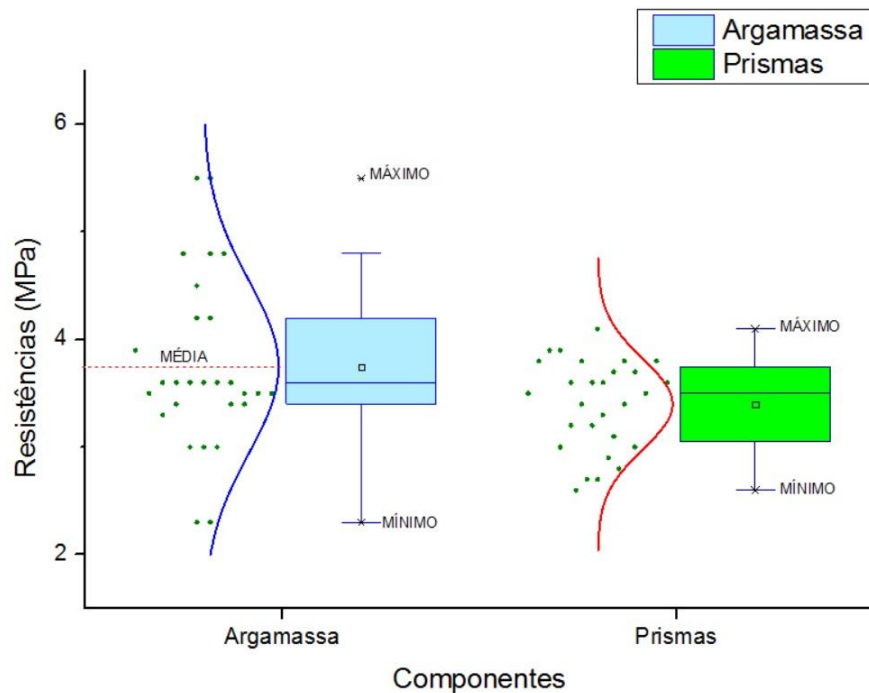


Figura 12 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 6,0 MPa até 8,5 MPa aos 7 dias.

Com os resultados das resistências médias e características de ambos os componentes, os fatores de eficiência médio e característicos são calculados conforme mostrado na metodologia de cálculo item 3.2.1, e são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	45,29%
Fator de eficiência característico	40,80%

Os valores obtidos para a faixa de resistência apresentada foram satisfatórios se comparados com os apresentados nas bibliografias, pois estão próximos dos valores de 50% citados por Parsekian (2012), visto que a tendência do fator de eficiência é de aumentar após os ensaios aos 28 dias, devido ao aumento de resistência dos prismas.

#### 4.1.2 Faixa de resistência de 8,5 MPa até 10,0 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 96 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 8,7 MPa e o máximo de 9,9 MPa.

Os resultados obtidos após os cálculos serão apresentados na forma de tabelas e gráficos, e após serão feitas as considerações necessárias.

As Tabelas 16 e 17 apresentam os valores do desvio padrão amostral, da resistência média à compressão e da resistência característica à compressão dos bloco e prismas, respectivamente.

Tabela 16 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,32
Resistência Média	9,68 MPa
Resistência Característica	9,15 MPa

Tabela 17 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,55
Resistência Média	3,49 MPa
Resistência Característica	2,58 MPa

Os gráficos das figuras 13 e 14 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 13 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.

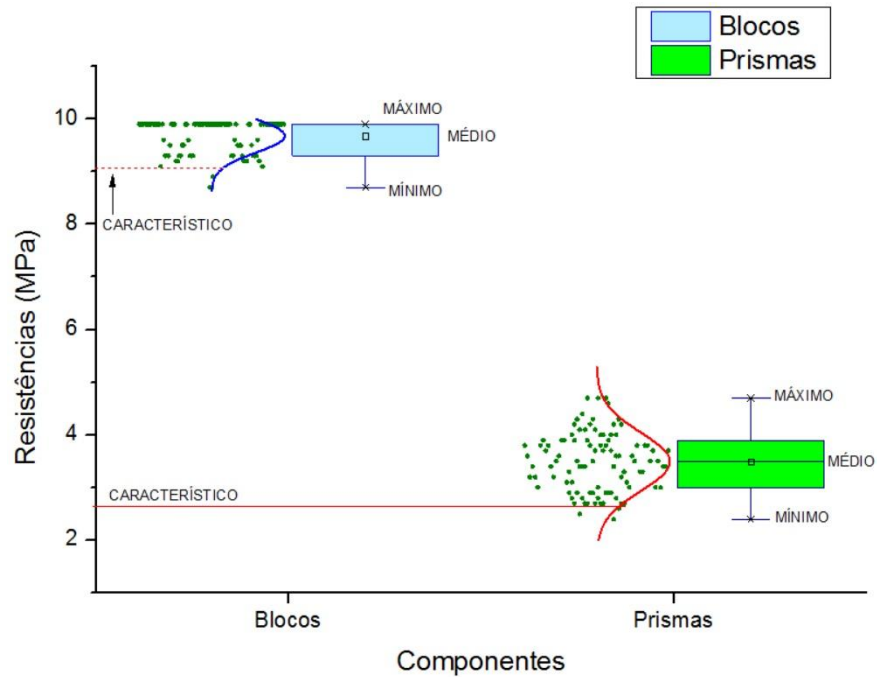


Figura 13 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 8,5 MPa até 10,0 MPa aos 7 dias.

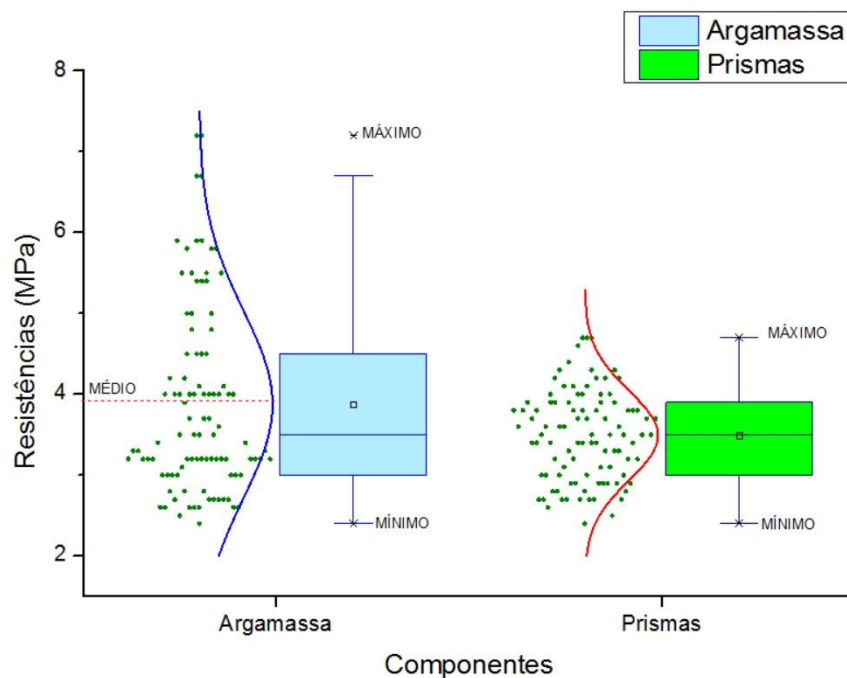


Figura 14 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 8,5 MPa até 10,0 MPa aos 7 dias.

Com os resultados das resistências média e característica e utilizando-se as fórmulas descritas no item 3.2.1, os resultados dos fatores de eficiência médio e característico para a faixa de resistência são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	36,05%
Fator de eficiência característico	28,18%

Os resultados encontrados mostram que o fator de eficiência decresce com o aumento da resistência dos blocos, pois o acréscimo de resistência para os prismas é menor do que o aumento da resistência do bloco.

Esses valores para os fatores de eficiência estão mais baixos, porém, não são os que utilizados para projetos e caracterização de componentes.

#### 4.1.3 Faixa de resistência de 10,0 MPa até 12,0 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 185 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 10,0 MPa e o máximo de 11,9 MPa.

A seguir os resultados da faixa de resistência são mostrados nas tabelas 19 e 20 e, posteriormente serão feitas as considerações necessárias.

Os valores do desvio padrão amostral, resistência à compressão média e característica são apresentados nas Tabelas 19 e 20, para blocos e prismas, respectivamente.

Tabela 19 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,51
Resistência Média	10,73 MPa
Resistência Característica	9,89 MPa



Tabela 20 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,68
Resistência Média	4,05 MPa
Resistência Característica	2,92 MPa

Os gráficos das figuras 15 e 16 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 15 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.

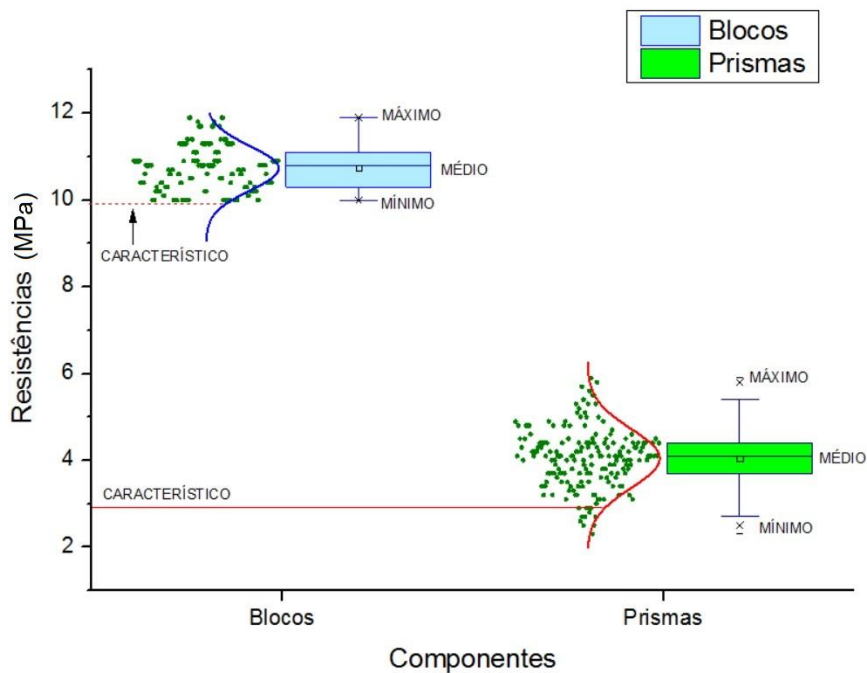


Figura 15 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 10,0 MPa até 12,0 MPa aos 7 dias.

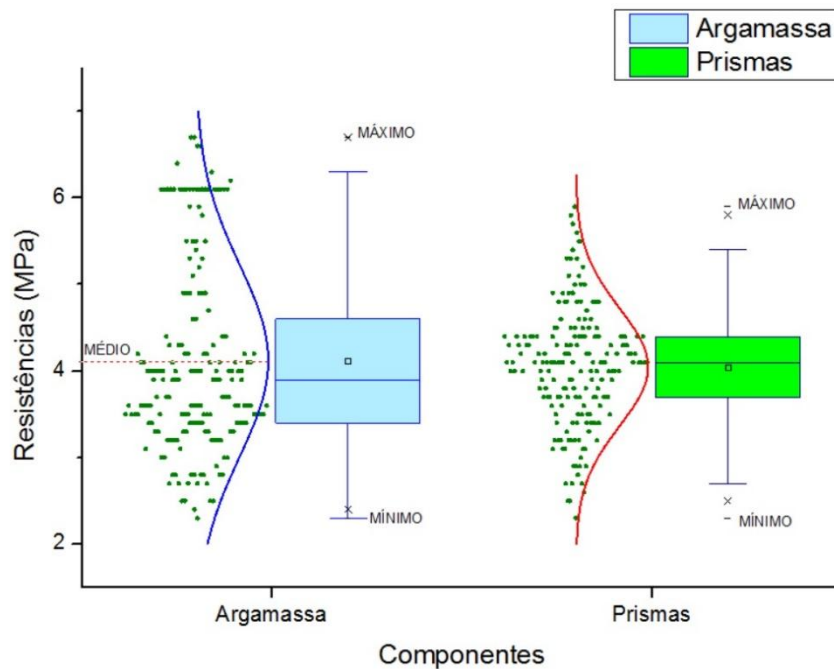


Figura 16 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 10,0 MPa até 12,0 MPa aos 7 dias.

Após os resultados de resistência à compressão média e característica de prismas e blocos, são calculados os fatores de eficiência médio e característico e apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	37,70%
Fator de eficiência característico	29,57%

Os valores de fator de eficiência ficam abaixo dos encontrados na literatura, pois são os ensaios aos 7 dias.

#### 4.1.4 Faixa de resistência de 12,0 MPa até 15,0 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 70 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 12,0 MPa e o máximo de 14,6 MPa.

Para os blocos com faixa de resistência compreendida entre 12,0 MPa e 15,0 MPa, os resultados são apresentados em tabelas e gráficos, e com os posteriores comentários.

As Tabelas 22 e 23 mostram os resultados do desvio padrão amostral e das resistências à compressão média e características de blocos e prismas, respectivamente.

Tabela 22 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,72
Resistência Média	13,06 MPa
Resistência Característica	11,86 MPa

Tabela 23 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,68
Resistência Média	4,67 MPa
Resistência Característica	3,54 MPa

Os gráficos das figuras 17 e 18 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 17 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.

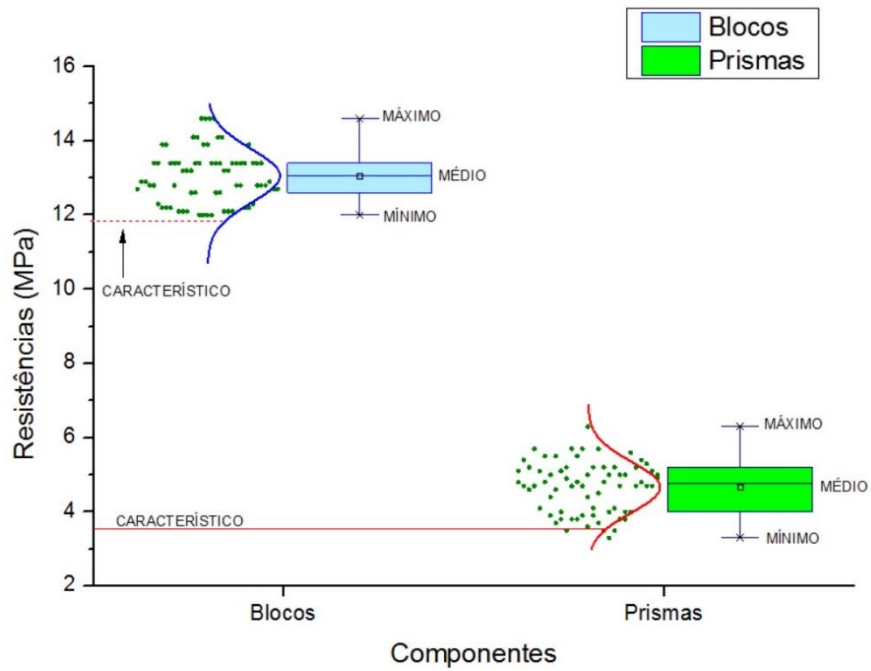


Figura 17 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 12,0 MPa até 15,0 MPa aos 7 dias.

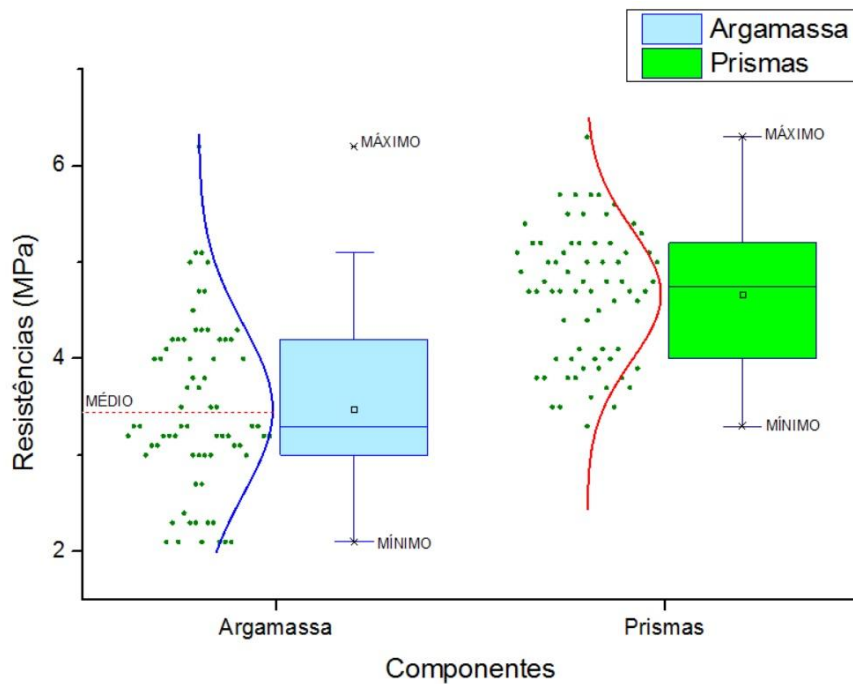


Figura 18 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 12,0 MPa até 15,0 MPa aos 7 dias.

Com os valores das resistências à compressão são calculados os fatores de eficiência médio e característico da faixa de resistência. A Tabela 24 apresenta os valores dos fatores de eficiência.

Tabela 24 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	35,74%
Fator de eficiência característico	29,85%

Ressalta-se que a literatura não citava blocos cerâmicos de parede vazada com resistências acima de 12,0 MPa, porém, com os cálculos verifica-se que os fatores de eficiência apresentam valores baixos, apesar de ser com ensaios aos 7 dias.

#### 4.1.5 Faixa de resistência acima de 15,0 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 19 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 15,1 MPa e o máximo de 17,1 MPa.

Os resultados para a faixa de resistência são apresentados na forma de gráficos e tabelas, posteriormente são realizadas as análises dos resultados.

Nas Tabelas 23 e 24 estão expressos os valores encontrados para as resistências à compressão média e característica da faixa de resistência. É importante ressaltar que para essa faixa de resistência, por ter um número de ensaios menor do que 20, o método de cálculo utilizado foi o apresentado no item 2.3.3, e portanto, não seria necessário o cálculo do desvio padrão amostral para a determinação da resistência à compressão característica.

Tabela 25 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,45
Resistência Média	15,82 MPa
Resistência Característica	15,70 MPa

Tabela 26 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,75
Resistência Média	5,18 MPa
Resistência Característica	3,95 MPa

Os gráficos das figuras 19 e 20 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 19 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.

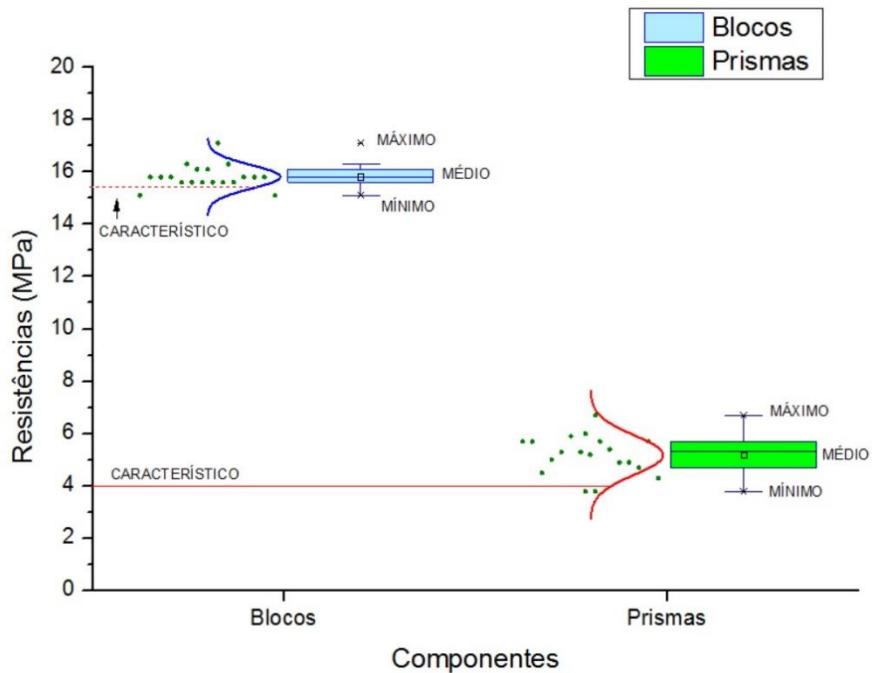


Figura 19 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco acima de 15,0 MPa aos 7 dias.

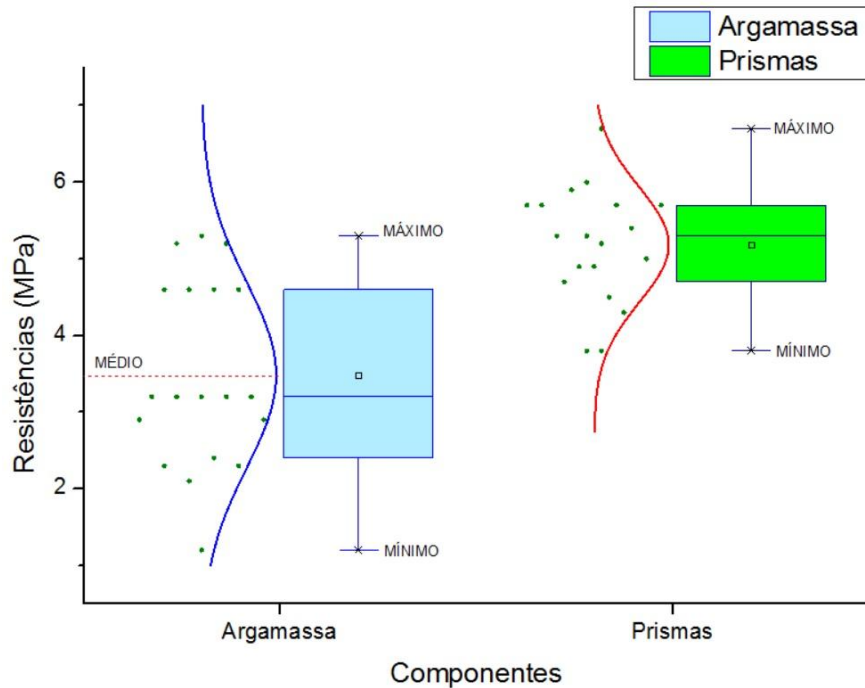


Figura 20 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco acima de 15,0 MPa aos 7 dias.

Após o cálculo das resistências à compressão, o cálculo dos fatores de eficiência são calculados e apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	32,78%
Fator de eficiência característico	25,17%

Os resultados do fator de eficiência têm valores mais baixos devido ao aumento da resistência do bloco, ressalta-se novamente que blocos cerâmicos de parede vazada com resistências acima de 15,0 MPa não são usuais.

#### 4.2 Resultados – Ensaio aos 28 dias

A seguir são apresentados os resultados para os ensaios aos 28 dias.

#### 4.2.1 Faixa de resistência de 6,0 MPa até 8,5 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 9 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 7,1 MPa e o máximo de 8,4 MPa.

A primeira faixa de resistência analisada para ensaios aos 28 dias tem seus resultados apresentados na forma de gráficos e tabelas, posteriormente será realizada uma análise dos resultados.

As Tabelas 28 e 29 apresentam os resultados obtidos do desvio padrão amostral e das resistências à compressão média e característica de blocos e prismas, respectivamente.

Tabela 28 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,54
Resistência Média	7,70 MPa
Resistência Característica	7,07 MPa

Tabela 29 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,55
Resistência Média	4,21 MPa
Resistência Característica	3,37 MPa

Os gráficos das figuras 21 e 22 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 21 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.



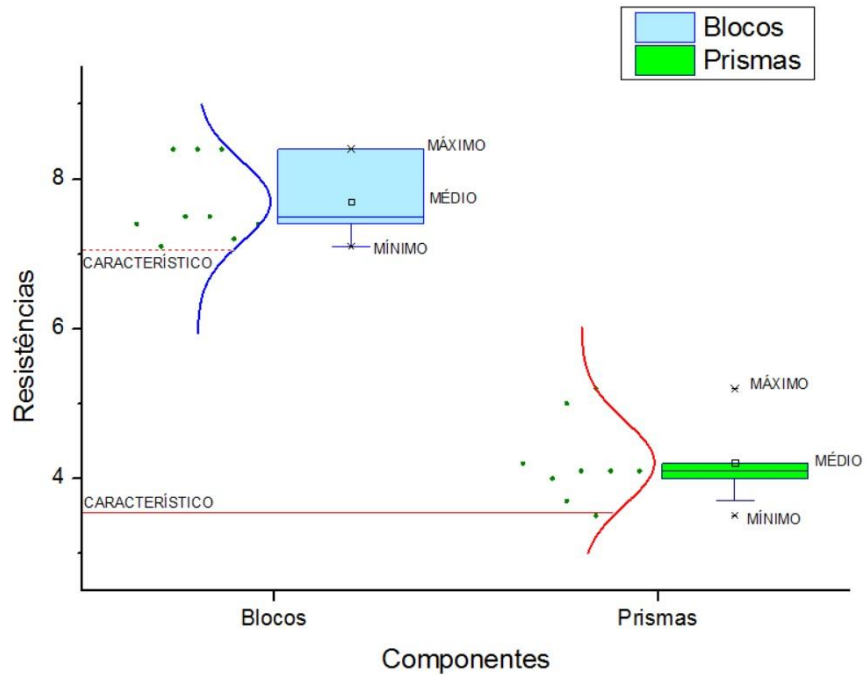


Figura 21 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 6,0 MPa até 8,5 MPa aos 28 dias.

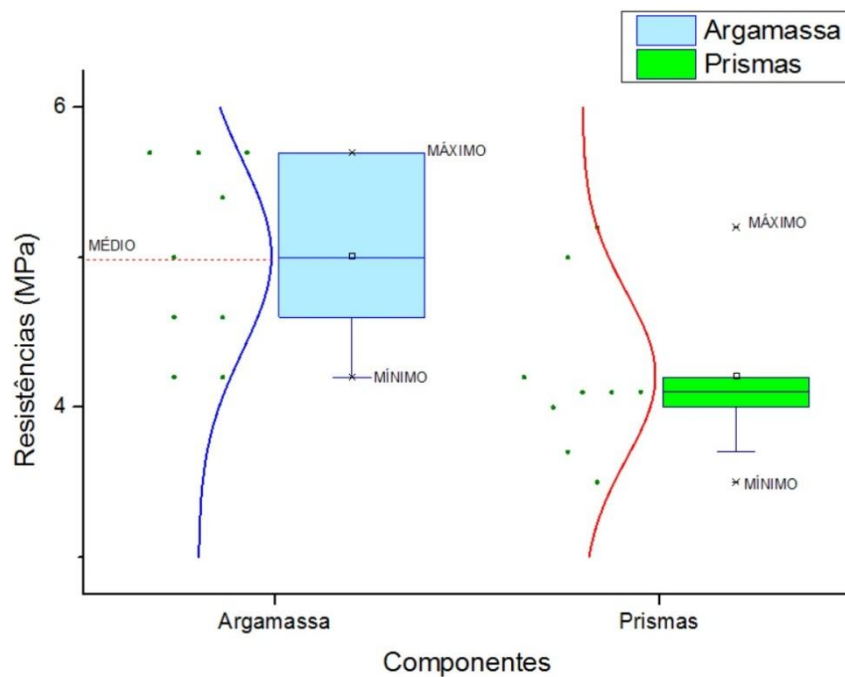


Figura 22 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 6,0 MPa até 8,5 MPa aos 28 dias.

Com os resultados obtidos, calcula-se o fator de eficiência médio e característico da faixa, que são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	54,68%
Fator de eficiência característico	47,67%

Conforme a literatura, o fator de eficiência prisma/bloco para a atual faixa de resistência deveria ser em torno de 50% até 60% para um bom fabricante. Os resultados obtidos mostram que para a faixa de resistência analisada os prismas tiveram resultados muito satisfatórios em relação ao fator de eficiência.

#### 4.2.2 Faixa de resistência de 8,5 MPa até 10,0 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 76 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 8,5 MPa e o máximo de 9,9 MPa.

As Tabelas 31 e 32 apresentam os resultados obtidos para a faixa de resistência de blocos entre 8,5 MPa e 10,0 MPa.

Tabela 31 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,38
Resistência Média	9,61 MPa
Resistência Característica	8,98 MPa

Tabela 32 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,57
Resistência Média	4,22 MPa
Resistência Característica	3,29 MPa

Os gráficos das figuras 23 e 24 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 23 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.

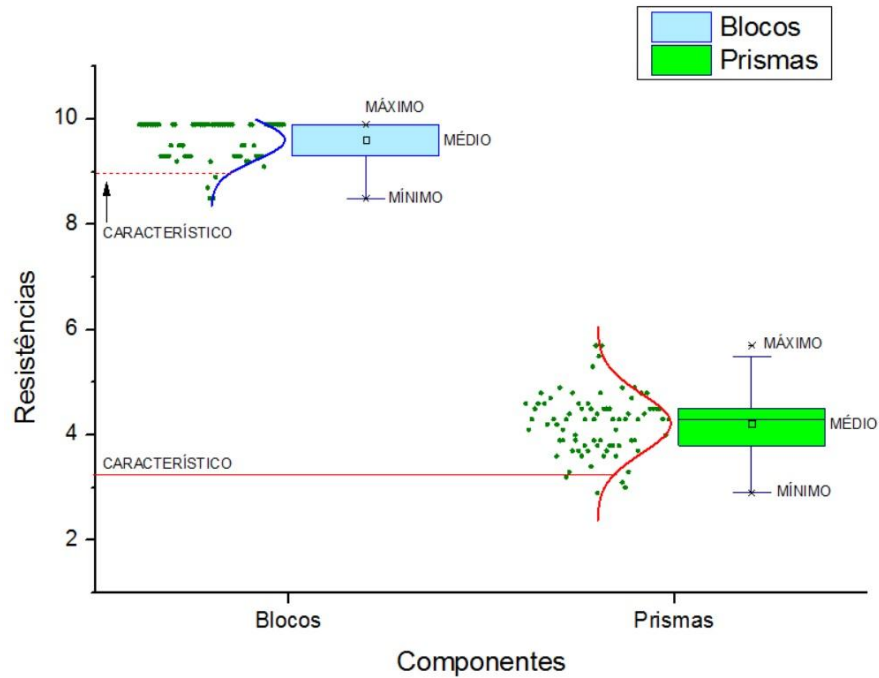


Figura 23 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 8,5 MPa até 10,0 MPa aos 28 dias.

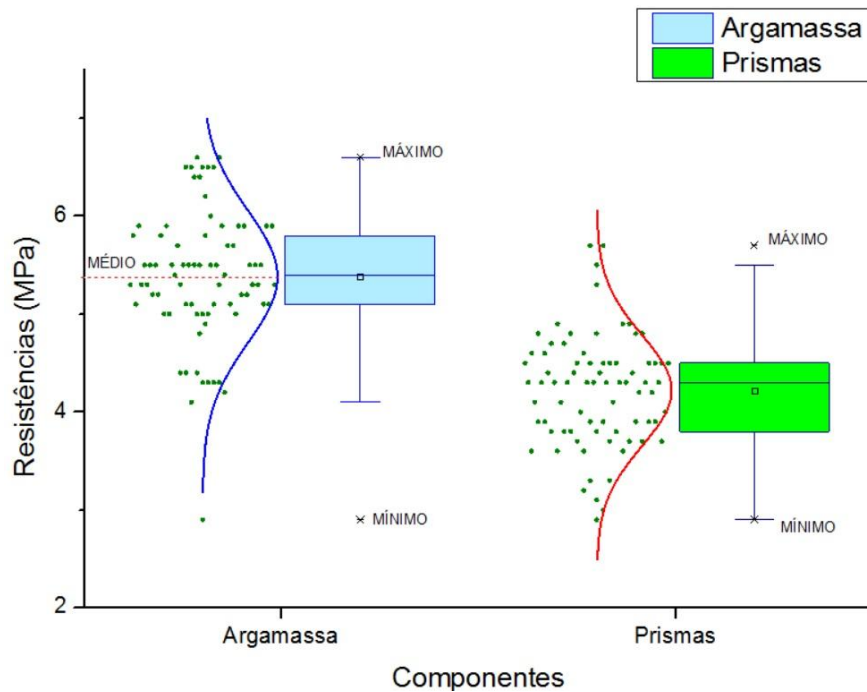


Figura 24 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 8,5 MPa até 10,0 MPa aos 28 dias.

Após os cálculos das resistências à compressão são efetuados os cálculos dos fatores de eficiência médio e característico, e são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	43,97%
Fator de eficiência característico	36,68%

Conforme apresentado no item 2.3.5, para blocos com resistência entre 8,5 MPa e 10,0 MPa, a razão prisma/bloco fica compreendida entre 45% e 50%. Nas análises dos ensaios o fator de eficiência médio fica próximo à esse valor, porém, quando se trata de resistências características ele fica abaixo do esperado. Entretanto, como comentado também, existem diversos fatores que influenciam nessa razão prisma/bloco, e alguns fatores variam de uma região para outra.

Para blocos com resistência à compressão característica acima de 8,5 MPa espera-se que o resultado do fator de eficiência prisma/bloco seja um pouco inferior ao citado por Parsekian (2012). Posteriormente são sugeridos alguns fatores de eficiência para cada faixa de resistência de blocos, de acordo com os resultados encontrados para os ensaios dos prismas da região de Santa Maria.

#### 4.2.3 Faixa de resistência de 10,0 MPa até 12,0 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 189 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 10,0 MPa e o máximo de 11,9 MPa.

Os resultados encontrados após a aplicação da metodologia explicada no Capítulo 3 são apresentados na forma de tabelas e gráficos, após a apresentação é realizado um comentário sobre os resultados obtidos na atual faixa de resistência.

As Tabelas 34 e 35 apresentam os resultados para o desvio padrão amostral e resistências à compressão média e característica de blocos e prismas, respectivamente.

Tabela 34 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,50
Resistência Média	10,69 MPa
Resistência Característica	9,86 MPa

Tabela 35 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,70
Resistência Média	4,90 MPa
Resistência Característica	3,74 MPa

Os gráficos das figuras 25 e 26 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 25 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.

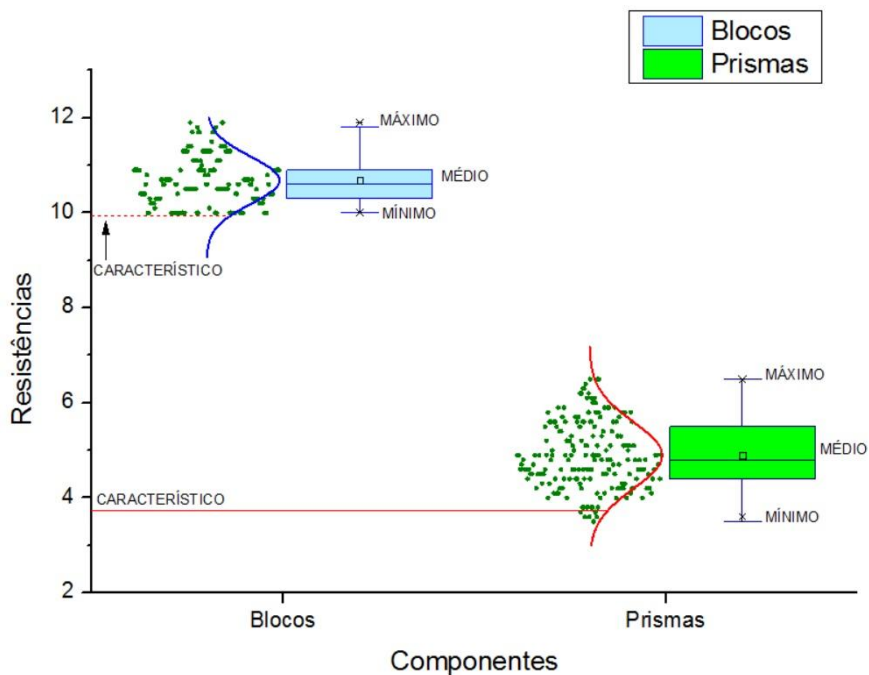


Figura 25 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 10,0 MPa até 12,0 MPa aos 28 dias.

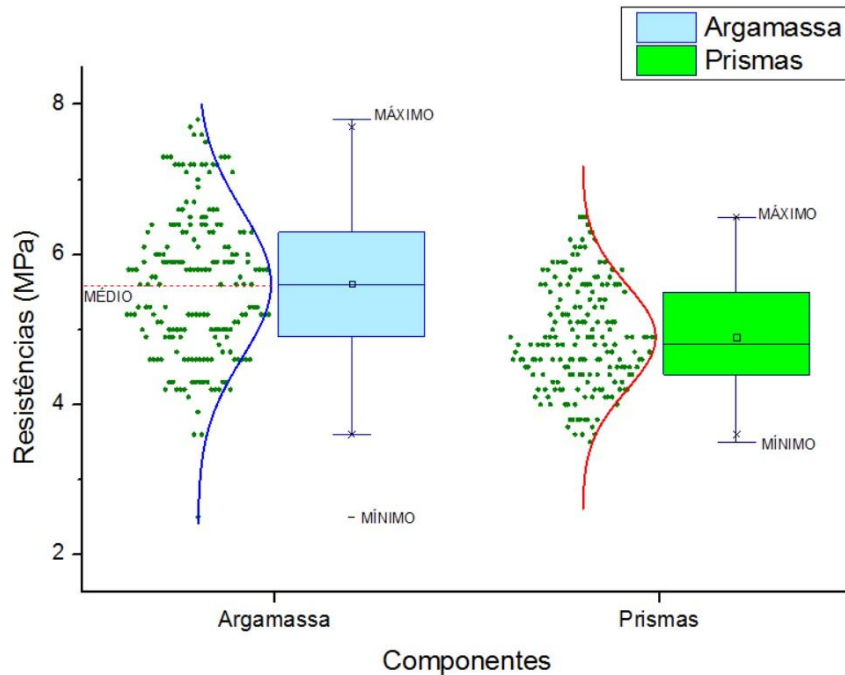


Figura 26 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 10,0 MPa até 12,0 MPa aos 28 dias.

Após o cálculo das resistências à compressão média e característica da faixa de resistência, calculam-se os fatores de eficiência prisma/bloco. Essa razão está apresentada na Tabela 36.

Tabela 36 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	45,83%
Fator de eficiência característico	37,93%

Os resultados dessa faixa de resistência foram acima do esperado, pois além de se aproximarem bastante dos resultados encontrados bibliografia, que cita uma relação prisma/bloco em torno de 45%, os seus resultados foram mais altos que a faixa de resistência anterior, contrariando o que foi explicado na revisão bibliográfica.

#### 4.2.4 Faixa de resistência de 12,0 MPa até 15,0 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 92 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 12,0 MPa e o máximo de 14,6 MPa.

Os resultados a seguir são apresentados na forma de tabelas e gráficos, após uma análise dos resultados encontrados é feita.

As Tabelas 35 e 36 apresentam os valores encontrados para o desvio padrão amostral, resistência à compressão média e resistência à compressão característica de blocos e prismas, respectivamente.

Tabela 37 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,65
Resistência Média	13,10 MPa
Resistência Característica	12,03 MPa

Tabela 38 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,83
Resistência Média	5,37 MPa
Resistência Característica	4,00 MPa

Os gráficos das figuras 27 e 28 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 27 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.

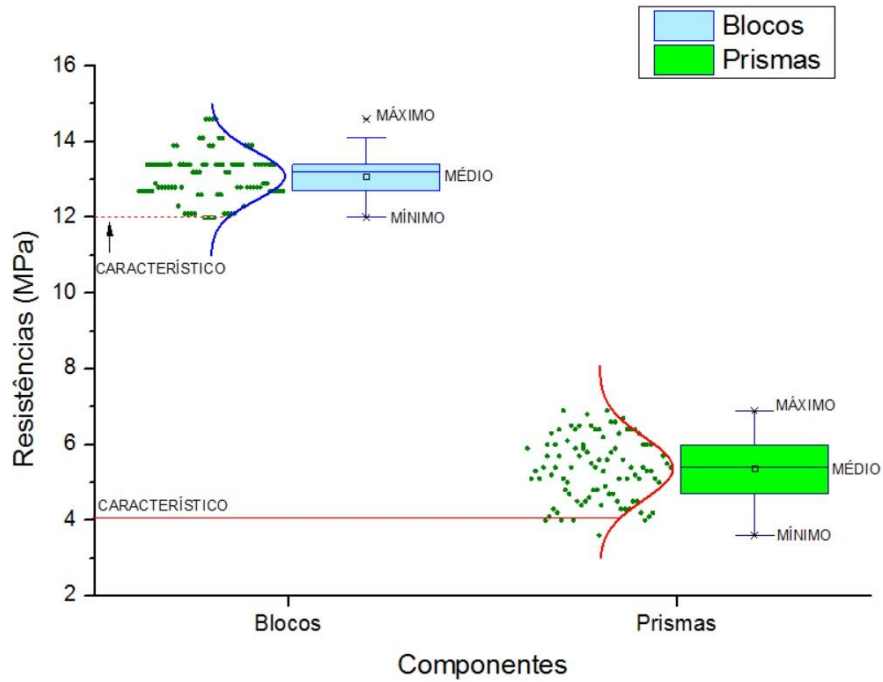


Figura 27 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco de 12,0 MPa até 15,0 MPa aos 28 dias.

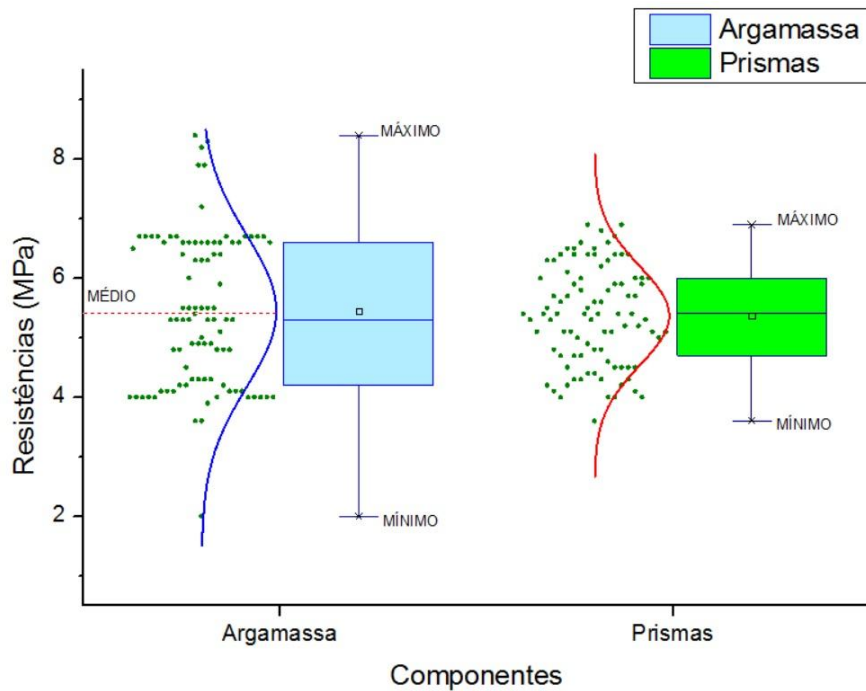


Figura 28 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco de 12,0 MPa até 15,0 MPa aos 28 dias.



Com os valores das resistências média e característica de blocos e prismas calculadas, a razão prisma/bloco para a faixa em análise é apresentada na Tabela 39.

Tabela 39 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	40,97%
Fator de eficiência característico	33,20%

Na revisão bibliográfica não se tem resultados de blocos cerâmicos de parede vazada com resistências acima de 12,0 MPa, porém, uma breve análise dos resultados até 10,0 MPa mostram que o fator de eficiência prisma/bloco para blocos com resistência acima de 12,0 MPa deveria ficar em 40,0%, pois a razão para blocos com resistência até 12,0 MPa é de 45%, conforme item 2.3.5.

Os resultados obtidos para a atual faixa de resistência foram muito próximos do esperado, indicando que o fator de eficiência prisma/bloco tem a tendência de diminuir com o aumento da resistência do bloco.

#### 4.2.5 Faixa de resistência acima de 15,0 MPa

Essa faixa de resistência apresentou um total de 19 ensaios, com valor mínimo de resistência à compressão característica de blocos de 15,1 MPa e o máximo de 17,1 MPa.

Os resultados obtidos na faixa de resistência são apresentados na forma de tabelas e, posteriormente, são discutidos com as suas respectivas análises.

As tabelas a seguir apresentam os resultados de resistência à compressão média e característica dos blocos e prismas, respectivamente. Para a faixa acima de 15,0 MPa o desvio padrão não é necessário calcular visto que existem menos de 20 ensaios, logo a metodologia de cálculo utilizada é outra.

Tabela 40 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos blocos

Desvio padrão	0,45
Resistência Média	15,82 MPa
Resistência Característica	15,70 MPa

Tabela 41 – Desvio padrão, resistência média e resistência característica dos prismas

Desvio padrão	0,65
Resistência Média	6,22 MPa
Resistência Característica	4,88 MPa

Os gráficos das figuras 29 e 30 apresentam os valores das resistências à compressão de blocos e prismas obtidas nos ensaios e os valores das resistências dos prismas pela resistência da argamassa, respectivamente. Na figura 29 têm-se também a curva de distribuição normal dos resultados e a resistência à compressão média e característica da faixa.

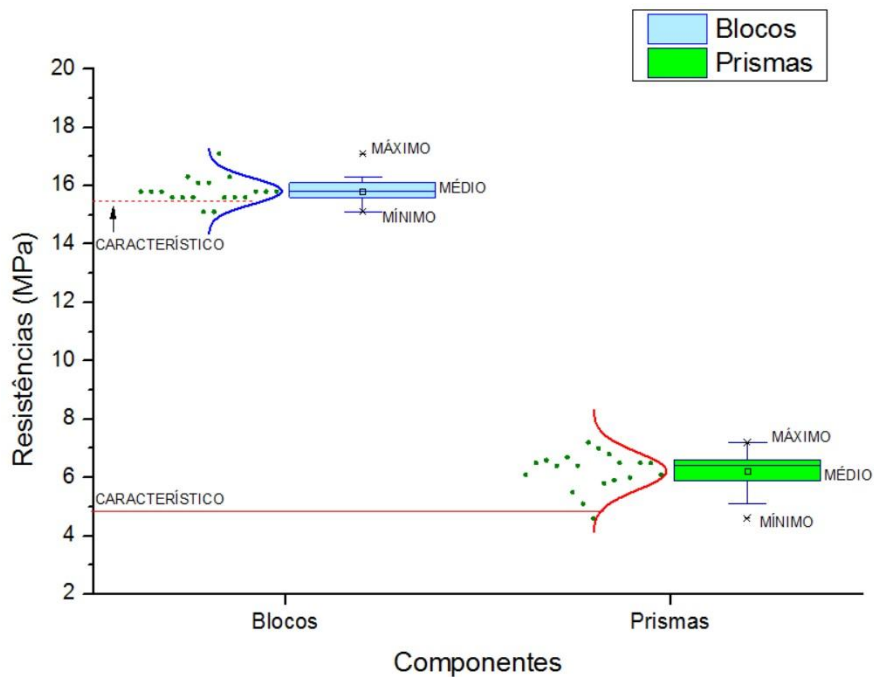


Figura 29 – Gráfico com resultados dos ensaios da faixa de resistência de bloco acima de 15,0 MPa aos 28 dias.

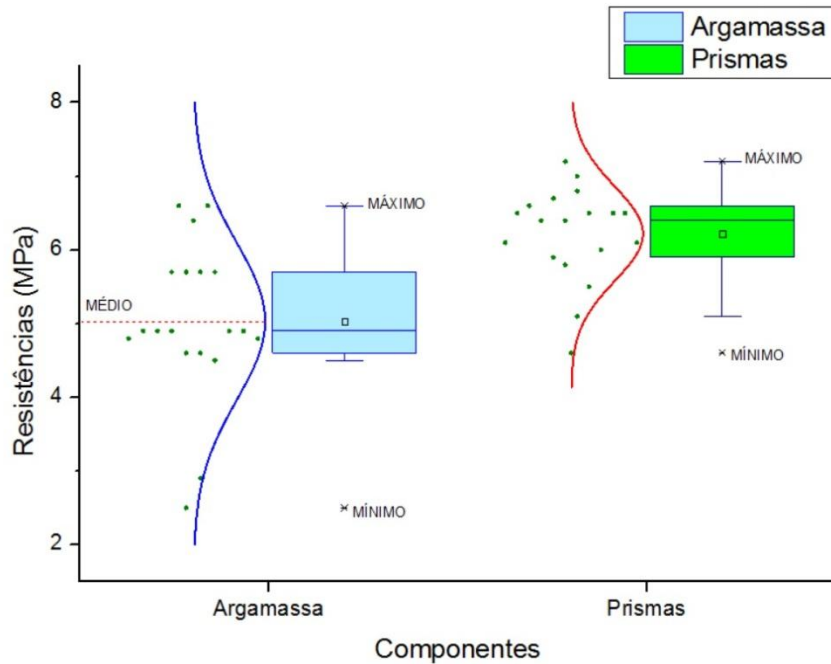


Figura 30 – Gráfico com resultados dos ensaios de argamassa da faixa de resistência de bloco acima de 15,0 MPa aos 28 dias.

Com os resultados das resistências da faixa são calculados os fatores de eficiência médio e característico. A Tabela 42 mostra os valores da razão prisma/bloco.

Tabela 42 – Fator de eficiência médio e característico da faixa de resistência

Fator de eficiência médio	39,33%
Fator de eficiência característico	31,08%

Os valores para o fator de eficiência foram menores que o obtido para a faixa anterior, portanto, o comportamento foi o esperado. Como blocos cerâmicos de parede vazada com uma resistência à compressão maior do que 15,0 MPa não são usuais, os valores obtidos, em comparação com outras faixas de resistência, foi satisfatório, ficando entre 35% e 40% de eficiência.

### 4.3 Resultados – Fatores de eficiência médio e característico aos 7 e 28 dias

As Tabelas 43 e 44 mostram os resultados obtidos em todas as faixas de segurança nos ensaios aos 7 e 28 dias, respectivamente, do fator de eficiência da razão entre as resistências prisma/bloco, traz também um valor para essa razão sugerido pelo autor.

Tabela 43 – Fator de eficiência médio e característico de ensaios aos 7 dias

FAIXA DE RESISTÊNCIA	FATOR DE EFICIÊNCIA		
	MÉDIO	CARACTERÍSTICO	SUGERIDO
6,0 – 8,5	45,29%	40,80%	45,00%
8,5 – 10,0	36,05%	28,18%	35,00%
10,0 – 12,0	37,70%	29,57%	35,00%
12,0 – 15,0	35,74%	29,85%	30,00%
ACIMA DE 15,0	32,78%	25,17%	30,00%

Tabela 44 – Fator de eficiência médio e característico de ensaios aos 28 dias

FAIXA DE RESISTÊNCIA	FATOR DE EFICIÊNCIA		
	MÉDIO	CARACTERÍSTICO	SUGERIDO
6,0 – 8,5	54,68%	47,67%	50,00%
8,5 – 10,0	43,97%	36,68%	40,00%
10,0 – 12,0	45,83%	37,93%	40,00%
12,0 – 15,0	40,97%	33,20%	35,00%
ACIMA DE 15,0	39,33%	31,08%	35,00%

Vale ressaltar que os valores das tabelas são apenas sugestões, não sendo dispensável o uso de ensaios de caracterização para a construção de casas e edifícios, lembrando-se também que os valores são para os ensaios realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria, ou seja, esses valores podem variar para outras regiões do país.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As diversas análises de resultados obtidos neste estudo estão desenvolvidas nos capítulos 4, e permitiram formular um conjunto de conclusões relativas ao fator de eficiência da resistência prisma/bloco dos ensaios estudados.

### **5.1 Fator de eficiência e os ensaios aos 7 dias**

Como mencionado anteriormente, o fator de eficiência da resistência prisma/bloco para os ensaios aos 7 dias foi calculado apenas com a intenção de uma comparação com o fator dos ensaios aos 28 dias, visto que o válido por norma para a alvenaria estrutural são os ensaios aos 28 dias.

Como conclusão sobre esse assunto ficou evidente que os valores alcançado não eram os valores anteriormente estudados na revisão bibliográfica, pois os prismas aos 7 dias ainda estão com a sua resistência à compressão abaixo do valor final. Porém, o objetivo da comparação foi realizado, que era demonstrar que o fator de eficiência dos ensaios aos 7 dias seria menor do que o fator de eficiência para os ensaios realizados aos 28 dias.

### **5.2 Fator de eficiência e os ensaios aos 28 dias**

Como esperado, os resultados para ensaios aos 28 dias tiveram valores maiores dos que os ensaios aos 7 dias, já que os prismas de 28 dias têm resistência à compressão maior que os de 7 dias, fato comprovado com os dados das Tabelas 43 44.

Com o aumento da resistência à compressão dos blocos, os prismas ganham também um aumento na sua resistência, porém, o fator de eficiência da resistência prisma/bloco diminui, pois o aumento da resistência dos prismas não é tão significativo como o aumento dos blocos. Nesse ponto a argamassa tem contribuição importante, pois o prisma, composto por bloco e argamassa, têm uma relação não linear de acréscimo de resistência, porque a influência do bloco é maior do que a influência da argamassa no aumento da resistência.

Uma análise importante de ser mencionado é o fato dos valores dos fatores de eficiência médio serem maiores que os valores característicos, cerca de 10%, evidenciando-se assim o fato de se utilizar somente resistências à compressão característica para os valores de resistência à compressão dos componentes da alvenaria estrutural.

### **5.3 Fator de eficiência e ensaios de prismas**

Previsto em normas de alvenaria estrutural, o ensaio de prismas de dois blocos é o método mais utilizado para a determinação das resistências à compressão. Por ser de fácil execução, os prismas de dois blocos são também os mais utilizados para o controle da qualidade dos materiais utilizados em obras.

Esse ensaio, porém, apresenta alguns pontos que necessitariam ser melhorados, apesar de sua praticidade. O fato de se permitir prismas com dois blocos, ao invés de prismas com três blocos, faz com que alguns aspectos relativos à alvenaria, no seu estado real, não possam ser contemplados. A fissuração vertical dos blocos é um ponto a ser mencionado, pois o efeito de confinamento dos pratos de aplicação de carga não ocorre em prismas com altura maior do que dois blocos. A completa interação entre a junta de argamassa e o bloco, em prismas de dois blocos também fica prejudicada, além de prismas de dois blocos não poderem contar com uma junta vertical de argamassa que afeta também no valor da resistência à compressão.

Juntamente com esses fatores, o fato da influência dos diferentes tipos de materiais faz com que a utilização de prismas de dois blocos seja apenas suficiente para um controle de qualidade de obra, sendo que para estudos, caracterização e especificação de projetos, um prisma com três blocos de altura e um bloco e meio ou até dois blocos de comprimento sejam a maneira mais correta de se realizar o ensaio, pois o comportamento estaria mais próximo da realidade da alvenaria estrutural.

### **5.4 Recomendações para trabalhos futuros**

A seguir são listadas as principais recomendações para os trabalhos futuros com objetivo de complementar a compreensão do comportamento dos elementos de

alvenaria estrutural, e a ligação com o comportamento das unidades e materiais constituintes:

- realizar um estudo com diferentes tipologias de blocos, como utilizar blocos cerâmicos de parede maciça, prismas grauteados, blocos de concreto e blocos com resistências acima de 20,0 MPa;
- comparar a eficiência de prismas de bloco cerâmico com prismas de bloco de concreto em faixas iguais de resistência;
- realizar estudos comparativos entre ensaios de parede e ensaios de diferentes tipologias de prisma, tanto na altura como no comprimento dos prismas;
- realizar ensaios de parede para se estudar o efeito do fator R, que é o coeficiente redutor da resistência, e a ligação com a resistência de prisma e blocos devido ao fator de resistência parede/prisma e prisma/bloco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14974-1**. Bloco de silicocalcário para alvenaria. Parte 1: requisitos, dimensões e método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-2**. Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15812-1**. Alvenaria estrutural – Bloco cerâmico. Parte 1: projetos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 15812-2**. Alvenaria estrutural – Bloco cerâmico. Parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 6136**. Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BOULT, B. F. **Concrete masonry prism testing**. ACI Journal, v. 76, 1979.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 5628-1**. Code of practice for use of masonry – Part 1: Structural use of reinforced masonry. Londres: BSI, 1992.

CHAHINE, G. N. **Behavior characteristics of face shell mortared block masonry under axial compression**. Tese de Doutorado, McMaster University, Hamilton, 1989.

COLVILLE, J.; MILTENBERGER, M. A.; WOLDE-TINSAE, A. M. **Hollow concrete masonry modulus of elasticity**. In: North American Masonry Conference, Filadélfia, 1993.

DRYSDALE, R. G.; HAMID, A. A. **Behavior of concrete block masonry under axial compression**. ACI Journal 1979.

EUROPEAN STANDARD. **Eurocode 6: Design of Masonry Structures – Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures**. Brussels. European Commission, 2002.

KUERTEN, R. J. **Resistência à compressão de alvenarias de blocos cerâmicos estruturais**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

MAURENBRECHER, A. H. P. **Axial compression tests on masonry walls and prisms**. In: Third North American masonry conference, University of Texas. Arlington: 1985.

MOHAMAD, G. **Comportamento mecânico na ruptura de prismas de bloco de concreto**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.



MOHAMAD, G. **Construções em Alvenaria Estrutural – Materiais, projetos e desempenho**. 1. Ed., São Paulo: Blucher, 2015.

MOHAMAD, G. **Mecanismo de ruptura da alvenaria de blocos à compressão**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2007.

MOHAMAD, G.; LOURENÇO, P. B.; ROMAN, H. R. **Mechanics of hollow concrete blocks masonry prisms under compression: reviews and prospects**. Cement and Concrete Composites, 2007.

PAGE, A. W.; BROOKS, D. **Load bearing masonry: a review**. In: International Brick Masonry Conference, Melbourne, 1985.

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A., DRYSDALE, R. G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. São Carlos: EdUFSCar, 2012. 625 p.

RAMAMURTHY, K.; SATHISH, V.; AMBALAVANAN, R. **Compressive strength prediction of hollow concrete block masonry prisms**. ACI Structures Journal, 2000.

RIZZATTI, E. **Influência da geometria do bloco cerâmico no desempenho mecânico da alvenaria estrutural sob compressão**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROMAGNA, R. H. **Resistência à compressão de prismas de blocos de concreto grauteados e não grauteados**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SARHAT, S. R.; SHERWOOD, E. G. **The prediction of compressive strength of ungrouted hollow concrete block masonry**. Construction and Building Materials. v. 58, 2014. 258 p.

## **ANEXOS**

Anexo A – Fatores estudados por SARHAT e SHERWOOD (2014)

Quadro 1 - Descrição dos fatores e autores estudados no experimento de SARHAT e SHERWOOD (2014)

Autores	Ano	Fatores estudados no experimento												
		Bloco		Argamassa		Prima								
		Geometria	Resistência	Tipo / Resistência	Espessura de junta	Tamanho	Altura / espessura	Argamassamento	Amarração	Capamento	Idade e umidade	Carregamento	Acabamento	Outros
Roberts	1973		x	x	x					x				
Redmond e Allen	1975		x	x			x							
Drysdale e Hamid	1979	x	x	x	x	x								
Maurenbrecher	1980		x				x	x		x		x		
Drysdale e Hamid	1983	x	x											
Maurenbrecher	1985						x			x	x		x	
Wong e Drysdale	1985	x					x	x		x				
Gaynor <i>et al.</i>	1987		x	x				x						
Chahine e Drysdale	1988	x	x				x							
Xie <i>et al.</i>	1992	x					x	x						
Khalaf <i>et al.</i>	1994		x		x	x								
Steadman <i>et al.</i>	1995	x	x											
Khalaf	1996		x		x	x	x							
Ramamurthy <i>et al.</i>	2000	x	x	x	x			x						
Romagna e Roman	2002		x	x										
Mohamad <i>et al.</i>	2007		x	x										
Andolfato <i>et al.</i>	2007		x	x										

Barbosa <i>et al.</i>	2010		x	x										
NCMA	2012		x	x										
Mina <i>et al.</i>	2012		x	x										
Das <i>et al.</i>	2013						x	x	x					
Hegmier .	1977													x
Self	1975													x
Maurenbreche r	1983													x
Cheema e Klingner	1986													x
Olatunji <i>et al.</i>	1986													x
Scrivener e Baker	1988													x
Page e Shrive	1990													x
Thomas e Scolforo	1995													x
Hawk <i>et al.</i>	1997													x

Anexo B – Resultados individuais dos ensaios à compressão de blocos e prismas para as faixas de resistência aos 7 dias

Quadro 2 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 6,0 MPa até 8,5 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
8,30	4,10	5,50
7,10	3,60	4,80
7,50	3,60	3,60
7,50	3,70	3,60
7,50	3,80	3,60
7,20	3,80	4,20
7,20	3,30	3,60
7,20	3,20	3,60
7,10	3,60	3,60
8,40	3,10	3,00
8,40	3,70	3,00
8,40	3,40	3,00
7,60	3,90	5,50
7,90	3,50	3,50
7,90	3,90	3,50
7,90	3,80	3,50
7,40	2,70	3,40
7,40	2,70	3,40
7,40	3,40	2,30
7,40	3,20	2,30
7,40	3,80	4,50
7,40	3,00	3,90
7,40	2,90	3,30
6,40	3,60	4,20
6,10	3,50	3,40
7,60	3,00	3,50
7,60	2,60	4,80
7,60	2,80	4,80

Quadro 3 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 8,5 MPa até 10,0 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
9,90	3,00	2,60
9,90	3,70	3,20
9,90	3,80	3,20
9,90	2,80	2,60
9,90	3,50	3,20
9,90	3,70	3,20

9,90	3,80	2,80
9,90	2,70	2,60
9,90	3,80	3,20
9,90	2,70	2,70
9,90	3,90	5,90
9,90	3,90	5,90
9,90	3,70	4,10
9,90	2,90	3,50
9,90	3,40	4,00
9,90	2,70	3,50
9,90	3,40	3,20
9,90	3,40	4,50
9,90	3,60	3,20
9,90	4,70	4,00
9,90	3,50	3,10
9,90	3,60	4,00
8,70	2,90	4,00
8,70	2,90	2,80
9,30	2,70	3,70
9,90	3,90	3,20
9,30	3,20	3,00
9,30	3,10	3,20
9,30	2,90	2,70
9,30	2,70	3,70
9,60	4,10	5,50
9,60	4,00	5,50
9,90	4,30	4,20
9,90	4,00	4,00
9,90	4,20	4,00
9,50	3,30	2,40
9,50	3,30	2,50
9,50	3,10	2,70
9,50	2,90	2,70
9,50	3,10	2,70
8,90	3,00	3,70
9,30	4,70	5,80
9,30	4,70	5,80
9,30	4,60	5,80
9,20	4,10	3,00
9,20	3,90	3,00
9,20	4,00	3,00
9,20	3,60	4,50
9,20	3,90	4,50
9,90	2,80	4,00
9,90	3,50	3,00
9,90	3,60	3,00

9,90	3,80	3,00
9,90	3,50	5,40
9,50	4,40	5,40
9,50	4,20	5,40
9,30	3,30	6,70
9,30	3,20	6,70
9,30	2,40	3,40
9,30	2,50	3,40
9,30	2,80	4,80
9,30	2,90	4,80
9,60	4,10	5,50
9,60	4,00	5,50
9,20	4,30	5,90
9,90	3,30	5,00
9,90	3,40	5,00
9,10	3,80	5,00
9,10	2,60	3,90
9,90	3,80	2,80
9,90	2,70	2,70
9,90	3,80	3,20
9,90	2,70	2,60
9,90	3,70	3,20
9,90	2,80	2,60
9,90	3,50	3,20
9,90	3,90	3,20
9,90	3,70	3,20
9,90	3,80	3,20
9,90	3,00	2,60
9,90	3,00	2,60
9,90	3,50	3,30
9,90	3,20	3,30
9,90	3,00	3,30
9,90	3,40	4,00
9,90	3,20	4,50
9,90	3,40	3,20
9,90	3,60	3,20
9,90	2,70	3,50
9,90	2,90	3,50
9,90	3,70	4,10
9,90	4,30	4,20
9,90	3,80	3,60
9,90	4,20	4,00
9,90	4,20	4,00
9,90	4,00	4,00

Quadro 4 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 10,0 MPa até 12,0 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
10,20	4,30	5,50
10,20	4,40	5,50
10,60	4,40	4,00
11,30	4,80	4,00
11,30	4,10	3,60
11,30	3,70	3,40
11,30	3,80	3,40
11,30	3,50	3,40
11,30	3,90	3,60
11,30	4,00	3,60
11,30	3,70	3,40
11,30	4,50	4,00
10,80	4,30	6,10
10,80	4,40	6,10
10,80	4,20	6,10
10,80	4,60	6,10
10,80	4,40	6,10
10,80	3,40	4,00
10,80	4,30	6,10
10,80	4,20	6,10
10,80	4,20	6,10
10,80	4,20	3,60
10,80	4,10	6,10
10,80	4,00	6,10
10,90	4,10	3,50
10,90	4,10	3,40
10,90	4,90	3,50
10,90	4,10	3,50
10,90	4,40	3,50
10,90	5,30	4,20
10,90	4,80	4,20
10,90	4,50	3,50
10,90	4,50	3,50
10,90	5,00	4,20
10,50	2,90	3,30
10,50	2,90	3,30
10,50	3,90	3,90
10,50	2,80	3,30
10,50	3,50	3,90
10,50	2,70	3,30
10,00	2,90	2,70
10,00	3,20	2,80



10,00	3,70	2,80
10,00	3,20	2,80
10,00	3,40	2,80
10,00	4,30	2,70
10,00	4,00	2,70
10,00	4,10	3,10
10,00	4,90	4,60
10,00	4,60	4,60
10,90	4,80	6,60
10,00	2,50	3,90
10,00	3,00	3,90
10,00	3,20	3,90
10,40	2,30	3,90
10,40	3,10	6,70
10,40	2,70	4,20
10,60	4,70	2,30
10,60	5,60	3,20
10,60	4,40	3,20
10,60	5,10	3,20
10,00	4,40	3,20
10,00	4,10	3,20
11,70	4,10	4,10
11,70	4,10	3,70
11,70	5,90	4,30
11,70	5,40	4,30
11,70	5,50	4,30
10,00	2,50	2,50
10,00	3,20	2,50
10,00	2,60	3,70
10,00	3,10	3,70
10,00	2,70	3,70
10,00	3,30	3,70
10,70	4,00	4,00
10,70	3,60	4,00
10,70	3,80	4,10
10,70	3,80	4,10
10,60	4,10	3,20
10,60	4,10	3,20
10,60	4,20	3,20
10,60	4,20	3,00
11,80	4,00	2,50
11,80	4,10	2,50
10,70	3,40	3,00
10,70	3,10	3,00
10,70	3,30	3,00
11,10	5,70	4,40

11,10	5,50	3,30
11,10	5,00	3,30
11,10	4,80	3,30
11,10	3,80	2,40
11,10	4,30	3,90
11,10	3,50	3,30
11,10	4,00	3,90
10,30	5,30	5,90
10,30	4,00	5,40
10,30	5,20	5,90
10,30	4,20	5,10
10,30	3,60	4,30
10,30	3,10	2,70
10,10	3,50	5,20
10,10	4,50	5,80
10,10	4,90	5,30
10,10	3,70	4,40
11,70	4,00	3,50
10,40	3,90	3,60
10,40	4,40	3,70
10,40	4,20	4,40
10,20	4,10	6,30
10,20	4,00	6,60
10,20	3,70	3,60
10,20	3,70	4,00
10,20	3,50	4,00
10,20	3,40	4,00
11,40	5,80	6,70
11,40	4,40	3,90
11,40	4,60	3,90
10,30	3,70	2,90
10,30	5,10	5,30
10,30	3,90	4,00
11,90	4,40	4,90
11,90	4,40	4,90
11,90	4,30	4,90
11,90	3,80	4,10
11,40	3,60	4,90
11,40	3,60	4,90
11,40	3,70	4,90
11,40	3,90	3,60
11,40	4,30	6,40
10,20	4,40	5,50
10,20	4,30	5,50
10,00	3,20	2,80
10,00	3,70	2,80

10,00	3,40	2,80
10,00	3,20	2,80
10,00	2,90	2,70
10,80	4,30	6,10
10,80	4,40	6,10
10,80	4,20	3,60
10,80	4,00	6,10
10,80	4,20	6,10
10,80	4,20	6,10
10,80	4,10	6,10
10,80	4,30	6,10
10,80	4,20	6,10
10,80	4,40	6,10
10,80	3,40	4,00
10,80	4,60	6,10
10,60	3,70	3,60
10,60	4,40	4,00
11,30	4,80	4,70
11,30	3,80	3,40
11,30	4,00	3,60
11,30	3,70	3,40
11,30	4,80	4,00
11,30	4,10	3,60
11,30	3,70	3,40
11,30	4,80	4,00
11,30	4,10	3,60
11,30	3,70	3,40
11,30	4,50	4,00
11,30	3,90	3,60
11,30	3,50	3,40
10,40	4,10	4,20
10,40	3,80	4,00
10,40	3,40	3,10
10,40	3,20	3,50
10,40	3,20	3,50
10,40	4,00	4,10
10,40	3,90	4,10
10,40	4,40	4,10
10,40	4,30	4,10
10,90	5,00	4,20
10,90	4,10	3,40
10,90	4,50	3,50
10,90	4,50	3,50
10,90	5,30	4,20
10,90	4,80	6,20
10,90	4,10	3,50

10,90	4,10	3,50
10,90	4,40	3,50
10,90	3,40	3,60
10,90	3,10	3,60
10,90	4,90	3,50

Quadro 5 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 12,0 MPa até 15,0 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
12,00	4,40	4,30
12,00	5,00	4,30
12,00	4,70	4,30
12,00	6,30	4,70
12,60	5,70	3,00
12,60	5,20	3,00
12,60	5,50	3,00
12,60	5,70	3,30
13,90	5,70	3,00
13,90	3,60	3,30
12,10	4,10	4,00
12,10	3,90	4,00
13,40	5,20	2,10
13,40	4,80	2,30
13,40	5,20	2,30
13,40	5,00	2,30
13,40	5,10	2,30
12,10	3,90	2,40
12,10	4,50	3,20
12,10	4,70	3,20
12,10	4,80	3,20
12,80	5,20	3,20
12,80	5,50	3,20
12,80	5,00	3,20
13,20	4,90	3,10
13,20	4,00	3,10
13,20	4,00	3,10
13,20	4,10	3,10
13,20	3,80	3,00
12,20	3,70	3,00
12,20	5,00	3,70
12,20	5,00	3,80
12,20	5,50	4,20
12,20	3,80	4,20
13,40	5,60	4,20
13,40	5,10	4,20

13,40	5,20	4,20
13,40	5,70	4,20
13,40	4,60	3,80
13,40	4,70	3,70
13,40	4,40	3,30
14,60	5,40	4,10
14,60	5,20	3,30
14,60	5,30	3,30
14,60	5,40	3,30
14,10	3,50	2,10
14,10	4,00	2,10
14,10	3,50	2,10
14,10	3,30	2,30
12,30	3,80	2,10
12,30	3,50	2,10
12,80	5,10	5,10
12,80	4,80	5,10
12,80	4,00	4,30
12,80	4,10	2,70
12,80	3,70	2,70
12,90	3,80	3,50
12,90	3,90	3,50
12,90	3,80	3,50
12,70	4,70	3,20
12,70	4,70	3,20
12,70	4,80	3,20
13,90	4,60	4,50
13,90	4,70	5,00
13,90	4,70	4,70
13,40	4,70	5,00
13,40	5,10	6,20
13,40	5,00	4,00
13,40	4,80	4,00
13,40	4,90	4,00

Quadro 6 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência acima de 15,0 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
15,60	5,20	2,40
15,60	6,70	4,60
15,60	6,00	4,60
15,60	5,30	4,60
15,60	5,70	4,60
15,60	5,90	5,30
16,10	5,40	5,20

16,10	5,30	5,20
15,80	4,90	2,10
15,80	5,00	3,20
15,80	4,90	3,20
15,80	3,80	1,20
15,80	4,50	3,20
15,80	4,70	3,20
17,10	5,70	3,20
16,30	5,70	2,30
16,30	5,70	2,30
15,10	3,80	2,90
15,10	4,30	2,90

Anexo C – Resultados individuais dos ensaios à compressão de blocos e prismas para as faixas de resistência aos 28 dias

Quadro 7 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 6,0 MPa até 8,5 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
7,50	5,20	4,60
7,50	5,00	4,60
7,20	4,10	4,20
7,10	4,00	4,20
8,40	4,10	5,70
8,40	4,20	5,70
8,40	4,10	5,70
7,40	3,50	5,40
7,40	3,70	5,00

Quadro 8 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 8,5 MPa até 10,0 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
8,50	4,40	5,00
8,50	4,30	5,00
8,50	3,80	5,00
9,90	5,50	6,20
9,20	4,80	6,50
9,90	5,70	5,80
9,90	3,90	5,10
9,90	4,50	5,10
9,90	4,50	4,30
9,90	4,60	5,50
9,90	4,50	5,50
9,90	4,30	5,50
9,90	4,50	5,50
9,90	4,50	5,50
9,90	4,30	5,10
9,90	3,90	4,40
9,90	4,10	5,90
9,90	4,00	6,40
9,90	3,60	5,30
9,90	4,30	6,60
9,90	3,70	5,30
9,90	4,80	5,50
8,70	3,70	4,30
9,30	3,80	4,10
9,30	3,80	5,70

9,30	3,60	5,70
9,30	4,90	5,70
9,30	3,80	5,50
9,30	3,70	4,90
9,30	4,40	5,40
9,30	4,30	5,40
9,50	4,30	4,30
9,50	4,40	4,40
9,50	3,60	5,90
9,50	4,10	5,90
9,50	3,90	5,90
8,90	3,80	5,10
9,20	4,70	5,00
9,20	4,90	5,00
9,20	4,90	5,00
9,90	3,70	6,00
9,90	4,20	5,20
9,90	4,30	5,20
9,90	4,30	5,20
9,50	4,80	6,50
9,50	4,70	6,50
9,30	4,40	6,50
9,30	4,20	6,50
9,30	4,80	5,80
9,30	2,90	2,90
9,30	4,60	5,20
9,30	3,10	5,30
9,30	3,30	5,30
9,30	3,00	5,30
9,30	3,20	5,30
9,10	3,30	4,80
9,90	4,50	4,30
9,90	3,90	4,40
9,90	4,80	5,50
9,90	4,50	5,10
9,90	4,60	5,50
9,90	3,90	5,10
9,90	4,50	5,50
9,90	4,50	5,50
9,90	4,50	5,50
9,90	4,30	5,50
9,90	4,30	5,10
9,90	4,10	5,90
9,90	3,90	5,90
9,90	3,90	5,90
9,90	4,00	6,40



9,90	3,60	5,30
9,90	3,70	5,30
9,90	4,30	6,60
9,90	5,70	5,80
9,90	5,30	4,20

Quadro 9 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 10,0 MPa até 12,0 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
10,60	4,40	4,60
10,60	5,60	5,80
11,30	4,60	4,60
11,30	4,60	4,60
11,30	6,50	6,10
11,30	5,80	5,80
11,30	4,60	4,60
11,30	5,60	5,80
11,30	4,90	4,60
11,30	4,90	4,60
11,30	4,80	4,60
10,80	5,10	4,60
10,80	4,40	5,80
10,10	5,30	6,20
10,90	5,10	4,90
10,90	6,20	5,80
10,90	5,50	5,20
10,90	5,60	5,20
10,90	5,80	5,20
10,90	5,60	5,80
10,90	5,10	5,20
10,90	5,20	5,20
10,90	4,90	5,20
10,90	5,80	5,80
10,90	4,60	4,30
10,00	3,60	4,30
10,00	4,10	4,90
10,00	3,80	4,30
10,00	4,20	4,30
10,50	5,50	6,40
10,50	4,90	5,90
10,50	5,70	7,80
10,50	5,70	7,00
10,50	5,30	6,90
10,50	5,60	6,40
10,50	5,40	5,00

10,50	5,70	5,00
10,50	4,30	5,90
10,50	4,00	5,00
10,50	4,60	5,90
10,50	4,80	5,00
10,50	4,40	5,00
10,50	3,80	5,90
10,50	4,50	5,90
10,50	3,80	5,00
10,50	4,40	5,00
10,50	5,90	5,00
10,50	5,00	6,40
10,50	5,00	5,00
10,50	4,10	5,00
10,50	4,60	5,00
10,60	4,50	7,60
11,00	3,80	6,70
11,50	4,60	7,60
11,10	4,80	5,60
10,00	4,90	5,90
10,00	4,60	5,90
10,00	4,40	4,30
10,00	5,10	6,30
10,00	5,90	4,80
10,00	5,30	6,30
10,00	4,80	6,30
10,00	4,80	6,30
10,90	6,10	7,70
10,00	3,60	2,50
10,00	3,50	5,90
10,00	4,20	5,90
10,00	4,00	5,90
10,40	3,80	5,90
10,40	4,70	7,50
10,40	4,90	5,30
10,60	5,90	4,70
10,60	6,10	6,40
10,60	6,00	6,40
10,60	6,40	6,40
10,00	5,20	6,40
10,00	5,10	6,40
11,70	5,20	4,70
11,70	5,40	4,10
11,70	6,10	6,10
11,70	6,30	6,10
11,70	6,00	6,10

10,00	4,50	3,90
10,00	4,40	3,60
10,00	4,00	5,10
10,00	4,20	5,10
10,00	3,70	5,10
10,00	4,20	5,10
10,70	4,60	6,00
10,70	4,70	6,00
10,70	4,20	5,60
10,70	4,20	5,60
10,70	4,10	5,70
10,70	4,30	6,00
10,70	4,10	5,70
10,70	4,20	5,70
10,70	4,40	6,00
10,70	4,30	6,00
10,70	4,10	5,60
10,70	4,00	5,60
10,60	4,90	4,90
10,60	4,80	4,90
10,60	5,20	4,90
10,60	5,60	3,60
11,80	4,80	4,20
11,80	4,50	4,20
10,70	4,30	5,20
10,70	4,10	5,20
10,70	4,00	5,20
11,10	6,30	5,90
11,10	6,50	4,20
11,10	6,20	4,20
11,10	5,60	4,20
11,10	4,20	4,70
11,10	4,90	5,30
11,10	4,20	4,20
11,10	4,60	5,30
10,30	4,80	6,50
10,30	5,90	7,20
10,30	4,50	6,50
10,30	5,60	7,20
10,30	4,40	6,50
10,50	5,70	7,20
10,30	4,30	6,30
10,30	5,30	6,70
10,30	4,60	6,60
10,30	4,50	5,30
10,10	4,80	7,10

11,70	5,40	5,90
10,20	5,70	7,10
10,20	5,40	7,20
10,20	4,90	7,20
10,20	4,60	7,20
10,20	5,30	6,40
10,20	4,50	7,20
10,20	4,00	5,60
10,20	4,20	5,60
11,40	5,90	6,30
11,40	5,80	6,30
10,30	4,60	5,30
10,30	5,50	7,20
11,90	4,90	7,30
11,90	4,80	7,30
11,90	4,70	7,30
11,40	4,20	7,30
11,40	4,50	7,30
11,40	4,50	7,30
11,40	4,50	6,00
10,00	3,80	4,30
10,00	4,20	4,30
10,00	4,60	4,30
10,00	3,60	4,30
10,00	4,10	4,90
10,80	5,10	4,60
10,80	4,40	5,80
10,60	4,40	4,60
10,60	5,60	5,80
11,30	6,50	6,10
11,30	4,60	4,60
11,30	4,60	4,60
11,30	4,60	4,60
11,30	5,80	5,80
11,30	4,90	4,60
11,30	4,80	4,60
11,30	5,60	5,80
11,30	4,90	4,60
11,30	4,70	4,60
10,40	4,70	7,10
10,40	4,60	6,30
10,40	4,40	5,00
10,40	3,70	5,30
10,40	3,80	5,30
10,40	5,10	6,60
10,40	5,00	6,60

10,40	5,00	6,60
10,40	5,60	6,60
10,90	6,20	5,80
10,90	5,10	4,90
10,90	5,60	5,20
10,90	5,80	5,20
10,90	5,80	5,80
10,90	5,60	5,80
10,90	4,90	5,20
10,90	5,20	5,20
10,90	5,10	5,20
10,90	4,90	4,20
10,90	4,90	4,20
10,90	5,50	5,20

Quadro 10 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência de 12,0 MPa até 15,0 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
12,00	5,60	3,60
12,00	5,40	6,30
12,00	5,30	6,30
12,00	5,50	6,30
12,60	6,40	4,90
12,60	6,40	4,90
12,60	6,20	4,90
12,60	6,50	5,00
13,90	6,90	4,90
13,90	4,40	4,80
12,10	4,80	3,60
12,10	4,90	3,90
12,10	5,60	7,90
12,10	5,80	7,90
13,40	6,80	4,50
13,40	5,80	4,80
13,40	6,60	4,80
13,40	6,00	4,80
13,40	5,90	4,80
12,10	5,90	5,40
12,10	6,60	5,30
12,10	6,50	5,30
12,10	6,30	5,30
12,80	6,40	6,60
12,80	6,70	6,60
12,80	6,50	6,60
13,20	5,70	4,30

13,20	4,80	4,30
13,20	4,70	4,30
13,20	5,10	4,30
13,20	4,60	4,00
13,40	6,40	6,60
13,40	6,10	6,60
13,40	5,90	6,60
13,40	6,40	6,60
13,40	5,60	6,70
13,40	5,40	5,30
13,40	5,10	5,10
13,40	3,60	2,00
14,60	6,90	6,00
14,60	6,40	4,20
14,60	6,40	4,20
14,60	6,30	4,20
14,10	4,70	4,10
14,10	5,00	4,10
14,10	4,50	4,10
14,10	4,50	4,10
12,30	4,40	4,10
12,30	4,30	4,10
12,80	6,00	6,70
12,80	5,40	6,70
12,80	5,10	6,60
12,80	4,50	5,30
12,80	4,30	5,30
12,80	6,00	9,40
12,80	4,00	5,30
12,80	5,20	6,60
12,80	4,30	5,30
12,80	4,70	6,60
12,80	5,70	6,70
12,90	4,50	6,70
12,90	4,80	6,70
12,90	5,10	6,70
12,70	5,40	5,50
12,70	5,40	5,50
12,70	5,20	5,50
12,70	5,30	6,70
12,70	5,70	6,70
12,70	5,30	6,70
12,70	5,40	6,70
12,70	5,10	5,50
12,70	5,10	5,50
12,70	5,00	5,50

13,90	5,30	7,20
13,90	6,30	8,20
13,90	6,00	6,50
13,90	5,70	6,60
13,90	5,10	5,90
13,40	5,50	8,40
13,40	5,90	8,30
13,40	4,50	4,00
13,40	4,00	4,00
13,40	4,20	4,00
13,40	4,20	4,00
13,40	4,00	4,00
13,40	4,30	4,00
13,40	4,10	4,00
13,40	4,10	4,00
13,40	4,20	4,00
13,40	4,00	4,00
13,40	6,00	6,40
13,40	5,40	6,40
13,40	6,00	6,40

Quadro 11 – Resultados, em MPa, dos ensaios de prismas para a faixa de resistência acima de 15,0 MPa.

Resistência dos blocos	Resistência dos prismas	Resistência da argamassa
15,10	4,60	4,60
15,10	5,10	4,60
15,60	5,80	2,90
15,60	7,00	5,70
15,60	7,20	5,70
15,60	6,80	5,70
15,60	6,40	5,70
15,60	6,50	6,40
16,10	6,70	6,60
16,10	6,00	6,60
15,80	6,40	4,50
15,80	6,50	4,90
15,80	6,60	4,90
15,80	5,50	2,50
15,80	5,90	4,90
15,80	6,50	4,90
17,10	6,50	4,90
16,30	6,10	4,80
16,30	6,10	4,80