



**EFEITO EXISTENTE ENTRE A ARGAMASSA DE
ASSENTAMENTO E O BLOCO ESTRUTURAL NA
VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO
PARA ALVENARIAS ESTRUTURAIS**

BELO HORIZONTE
2014



DÁRIO MASSAFERA NETO
GLAYSSON COELHO DE MORAES
JOSÉ ROLAND PESSOA DE OLIVEIRA

**EFEITO EXISTENTE ENTRE A ARGAMASSA DE
ASSENTAMENTO E O BLOCO ESTRUTURAL NA
VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO
PARA ALVENARIAS ESTRUTURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Pós
Graduação em Patologia das Obras
Civis, Pós-Graduação *lato sensu*, do
Instituto IDD como requisito parcial
para a obtenção do Grau de
Especialista em Patologia nas Obras
Civis.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo
Moysés Costa.

BELO HORIZONTE
2014

AGRADECIMENTOS

À empresa Blojaf por ter colaborado com a matéria-prima do estudo e por ter cedido suas instalações e equipamentos para realização de ensaios.

Ao engenheiro civil prof. Dr. Rodrigo Moysés Costa pela orientação que proporcionou ao grupo foco no resultado para desempenhar uma pesquisa com mais qualidade e relevância.

FOLHA DE APROVAÇÃO

**EFEITO EXISTENTE ENTRE A ARGAMASSA DE
ASSENTAMENTO E O BLOCO ESTRUTURAL NA
VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO
PARA ALVENARIAS ESTRUTURAIS**

Por

DÁRIO MASSAFERA NETO

GLAYSSON COELHO DE MORAES

JOSÉ ROLAND PESSOA DE OLIVEIRA

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA
EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO
IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Belo Horizonte (MG), 10 de Dezembro de 2014.

Rodrigo Moysés Costa

Ubirajara Alvim Camargo

Otávio Borba Vieira

RESUMO

O presente trabalho avalia como a resistência à compressão de prismas de blocos estruturais pode sofrer acréscimo ou decréscimo em valor absoluto com a simples variação nas áreas de aplicação da argamassa utilizada para o assentamento dos blocos. Foram utilizados blocos estruturais cerâmicos e blocos estruturais de concreto, ambos comercializados com resistência de 4,5 MPa. Os prismas foram ensaiados com três diferentes disposições da argamassa variando nas paredes longitudinais e transversais. A argamassa de assentamento dos blocos foi industrializada em fábrica, sendo necessário apenas a adição de água para sua dosagem. O controle tecnológico obedeceu às normas da ABNT, para resguardar os resultados obtidos. Os laboratórios envolvidos possuem certificado de calibração de ferramentas e equipamentos conforme padrões do INMETRO. Os resultados obtidos com os ensaios confirmaram que há variação na resistência à compressão e que pode-se trabalhar com melhoria no dimensionamento da estrutura. Os resultados para blocos cerâmicos foram diferentes em valor absoluto de resistência à compressão em relação aos blocos de concreto.

Palavras chave: Alvenaria estrutural, prisma, argamassa, compressão simples.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas.....	7
Figura 2. Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças e vazadas.....	7
Figura 3. Bloco cerâmico estrutural perfurado.....	7
Figura 4. Planta do bloco estrutural de paredes vazadas.....	8
Figura 5. Planta do bloco estrutural vazado com paredes maciças.....	9
Figura 6. Ensaio de planeza das faces.....	10
Figura 7. Ensaio de desvio de esquadro.....	11
Figura 8. Tipos de blocos de concreto.....	14
Figura 9. Exigências mecânicas e reológicas para argamassa.....	15
Figura 10. Representação do Ensaio de Compressão.....	17
Figura 11. Selo de identificação dos materiais ensaiados.....	18
Figura 12. Prisma oco de dois blocos	21
Figura 13. Ficha técnica da argamassa.....	22
Figura 14. Embalagem comercial da argamassa.....	22
Figura 15. Equipamento para moldagem de corpo de prova de argamassa.....	24
Figura 16. Bancada utilizada no capeamento dos cerâmicos e de concreto.....	25
Figura 17. Primeira etapa do capeamento do bloco cerâmico.....	26
Figura 18. Segunda etapa do capeamento do bloco de concreto.....	26
Figura 19. Paredes longitudinais argamassadas.....	27

Figura 20. Paredes longitudinais e transversais externas argamassadas.....	28
Figura 21. Todas as paredes argamassadas.....	28
Figura 22. Prismas de blocos cerâmicos e de concreto.....	29
Figura 23. Medição das características geométricas dos blocos.....	30
Figura 24. Medição de planeza e desvio em relação ao esquadro.....	30
Figura 25. Ensaio de resistência à compressão de argamassa.....	31
Figura 26. Ensaio de resistência à compressão de prismas de bloco de concreto.....	32
Figura 27. Ensaio de resistência à compressão de prismas de bloco cerâmico.....	32
Figura 28. Ensaio de resistência à compressão de bloco cerâmico e de concreto.....	33
Figura 29. Dispersão dos ensaios de compressão de blocos cerâmicos.....	41
Figura 30. Dispersão dos ensaios de compressão de blocos de concreto.....	42
Figura 31. Gráfico das resistências dos prismas de blocos cerâmicos.....	44
Figura 32. Gráfico da resistência característica dos prismas de bloco cerâmico.....	45
Figura 33. Gráfico das resistências dos prismas de blocos de concreto.....	47
Figura 34. Gráfico da resistência característica dos prismas de bloco de concreto.....	48

Figura 35. Comparativo da Compressão com Paredes Longitudinais.....	48
Figura 36. Comparativo Compressão com Paredes Longitudinais e Transversais Externas.....	49
Figura 37. Comparativo Compressão com Paredes Totais.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dimensões de fabricação de blocos estruturais cerâmicos.....	9
Tabela 2. Tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à dimensão efetiva.....	10
Tabela 3. Tolerância dimensional.....	11
Tabela 4. Dimensões padronizadas.....	13
Tabela 5. Medidas das faces dos blocos cerâmicos.....	34
Tabela 6. Medidas das faces dos blocos de concreto.....	34
Tabela 7. Medidas de paredes externas e septos dos blocos cerâmicos.....	35
Tabela 8. Medidas de paredes externas e septos dos blocos de concreto.....	36
Tabela 9. Medidas de desvio em relação ao esquadro dos blocos cerâmicos.....	37
Tabela 10. Medidas de desvio de planeza das faces dos blocos cerâmicos.....	38
Tabela 11. Resultados da Compressão Simples de corpos de prova de argamassa.....	39
Tabela 12. Resultados da Compressão Simples de bloco cerâmico.....	40
Tabela 13. Resultados da Compressão Simples de bloco de concreto.....	41
Tabela 14. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco cerâmico com as paredes longitudinais preenchidas....	43.
Tabela 15. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco cerâmico com as paredes longitudinais e transversais externas preenchidas.....	43

Tabela 16. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco cerâmico com todas as paredes preenchidas.....	44
Tabela 17. Resistência característica dos prismas de bloco cerâmico.....	45
Tabela 18. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco de concreto com as paredes longitudinais preenchidas..	46
Tabela 19. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco de concreto com as paredes longitudinais e transversais externas preenchidas.....	46
Tabela 20. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco de concreto com todas as paredes preenchidas.....	46
Tabela 21. Resistência característica dos prismas de bloco de concreto.....	47

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	ii
FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iii.
RESUMO.....	iv
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	v
LISTA DE TABELAS.....	viii
SUMÁRIO.....	x
1.INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo Geral.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. HIPÓTESE.....	2
1.4. JUSTIFICATIVAS.....	3
1.4.1. Tecnológicas.....	3
1.4.2. Econômicas.....	3
1.4.3. Sociais.....	3
1.4.4. Ecológicas.....	3
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. BREVE HISTÓRICO.....	5
2.2. BLOCOS CERÂMICOS.....	6
2.3. BLOCOS DE CONCRETO.....	12
2.4. ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO.....	14
2.5. INTERFACE BLOCO-ARGAMASSA.....	16
2.6. ENSAIO DE COMPRESSÃO.....	17
3. METODOLOGIA.....	18
3.1. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CORPO DE PROVA.....	19
3.1.1. Argamassa.....	19

3.1.2. Blocos.....	20
3.1.2.1. Bloco Cerâmico.....	20
3.1.2.2. Bloco de Concreto.....	20
3.1.3. Prisma.....	20
3.1.3.1. Prisma de Blocos Cerâmicos.....	21
3.1.3.2. Prisma de Blocos de Concreto.....	21
3.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	22
3.2.1. Argamassa.....	22
3.2.2. Bloco.....	23
3.3. MOLDAGEM DE CORPO DE PROVA.....	23
3.3.1. Argamassa.....	23
3.3.2. Blocos.....	25
3.3.3. Prismas.....	26
3.4. ENSAIOS.....	29
3.4.1. Características Visuais.....	29
3.4.2. Características Geométricas.....	29
3.4.3. Compressão de Argamassa.....	31
3.4.4. Compressão de Blocos e Prismas.....	31
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	33
4.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	33
4.1.1. Medida das Faces.....	33
4.1.2. Medida das Paredes Externas e Septos.....	35
4.1.3. Desvio em Relação ao Esquadro.....	36
4.1.4. Planeza das Faces.....	37
4.2. ARGAMASSA.....	38
4.3. BLOCOS.....	39
4.3.1. Blocos Cerâmicos.....	39
4.3.2. Blocos de Concreto.....	41
4.4. PRISMAS.....	43

4.4.1. Prisma de Blocos Cerâmicos.....	43
4.4.2. Prisma de Blocos de Concreto.....	45
4.4.3. Comparativo de Resultados.....	48
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	50
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
7. ANEXOS	55

1. INTRODUÇÃO

Tanto o projetista quanto o executor, devem ser profissionais completos, compreendendo toda a complexidade dos sistemas e soluções aplicáveis. Para tal, é de fundamental importância que o engenheiro civil domine as técnicas e possibilidades de construção: forma, função e tecnologia da construção. É necessário que conheça o comportamento estrutural do material a ser utilizado para que a forma desejada seja executável.

Segundo REBELLO (2000), toda forma tem uma estrutura, e toda estrutura tem uma forma e, logo, quem cria a forma, cria a estrutura. Deste modo, fica claro a importância que se deve dar para o conhecimento do sistema estrutural e do material que o compõe.

Comumente encontra-se projetos de alvenaria estrutural com baixo nível de detalhamento, bem como incompatíveis com os projetos complementares, pois a maioria é resultante de adaptações feitas em projetos arquitetônicos elaborados para serem executados em outros materiais.

O estudo aprofundado sobre a alvenaria estrutural ainda é pouco explorado no universo da engenharia, o que desperta o interesse sobre as interações de seus elementos formadores. Os blocos são o fundamento da alvenaria estrutural, porém nas aplicações das argamassas pode-se encontrar uma vasta oferta de soluções econômicas e ecológicas.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Qual a variação da resistência à compressão quando se varia a área de aplicação de argamassa de assentamento em alvenarias estruturais de blocos de concreto e cerâmicos?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Comparar a variação na resistência à compressão para as diferentes disposições de aplicação de argamassa no assentamento de blocos de concreto e cerâmicos.

1.2.2. Objetivos Específicos

Comparar os resultados da resistência à compressão para diferentes áreas de aplicação de argamassa de assentamento.

Verificar se o aumento da área de aplicação de argamassa nos blocos implicará no aumento substancial da resistência à compressão.

1.3. HIPÓTESE

Com o aumento na área de aplicação de argamassa de assentamento nos blocos de concreto e cerâmicos, poderá haver

aumento na resistência à compressão do prisma de bloco de concreto e cerâmico?

1.4. JUSTIFICATIVAS

1.4.1. Tecnológicas

A pesquisa visa avaliar tecnicamente como a variação da área de aplicação de argamassa de assentamento influenciará na resistência do prisma, permitindo dessa forma a análise crítica de projetos.

1.4.2. Econômicas

Do ponto de vista econômico, o conhecimento da variabilidade na resistência do prisma contribui para que os materiais utilizados nas alvenarias sejam melhor dimensionados, evitando perdas financeiras desnecessárias.

1.4.3. Sociais

A pesquisa visa através dos resultados, proporcionar ao usuário final, maior garantia da qualidade e segurança dos imóveis em alvenaria estrutural.

1.4.4. Ecológicas

O conhecimento da variabilidade das resistências pode evitar perda de materiais gerando resíduos oriundos da demolição de alvenarias.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa se iniciará com a busca por referências normativas, nas quais far-se-á uso das normas da ABNT como a NBR 15961-1 (2011), NBR 15961-2 (2011), NBR 6136 (2013), NBR 12118 (2013), NBR 15270-2 (2005), NBR 13281 (2005), NBR 15812-1 (2010) e NBR 15812-2 (2010).

Além das normas técnicas, será feita uma ampla investigação em livros que remetam ao assunto em questão e em sites que publiquem textos científicos também voltados para este assunto.

Para a parte experimental, será dosada ou comprada argamassa que possua a resistência necessária para a moldagem do prisma.

Os blocos serão selecionados por amostra representativa, sendo formados lotes que tenham a resistência característica à compressão de 4,5 MPa. Estes blocos serão de concreto e cerâmicos.

Os blocos serão rompidos à compressão simples e os resultados das resistências serão validados para início da fabricação dos prismas.

Os prismas serão moldados atendendo às especificações de normas e variando as disposições da argamassa de assentamento.

Os prismas serão rastreados e ficarão por 28 dias em processo de consolidação da sua resistência para então serem rompidos à compressão simples.

Planilhas serão geradas com os resultados que forem obtidos e os gráficos servirão para analisar os ganhos e as perdas de cada tipo de prisma moldado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. BREVE HISTÓRICO

As obras em alvenaria são utilizadas desde a Antiguidade, sendo que dessa época até o início do século XX foram executadas de forma empírica, o que resultava em estruturas mais robustas quando comparadas com as utilizadas atualmente.

Com o passar do tempo, novas tecnologias construtivas e até mesmo novos materiais passaram a ser utilizados para se executar estruturas. Mesmo a alvenaria, que já existia, foi aperfeiçoada através da criação de procedimentos de execução e técnicas de dimensionamento específicas, evoluindo até chegar à alvenaria estrutural como é conhecida hoje.

Em 1950, Paul Haller dimensionou e construiu na Suíça um edifício com 13 pavimentos e 42 m de altura, em alvenaria não armada. As paredes internas possuíam 15 cm de espessura e as externas 37,5cm.

O avanço da alvenaria estrutural possibilitou sua utilização até mesmo em zonas sujeitas a abalos sísmicos, onde para esses casos existe a exigência de utilização de alvenaria armada. Diante disso, muitos edifícios em alvenaria estrutural passaram a ser construídos na Inglaterra, Alemanha, Suíça e Estados Unidos.

No Brasil os primeiros edifícios foram construídos em 1966, no Condomínio Central Parque Lapa em São Paulo, com apenas quatro pavimentos executados com blocos de concreto.

Em 1972, no mesmo condomínio, foram executados quatro blocos de 12 pavimentos com tecnologia importada dos Estados Unidos, a qual utilizava blocos de concreto e bastante armadura devido aos efeitos sísmicos.

2.2. BLOCOS CERÂMICOS

A norma brasileira NBR 15270-2 (2005) define bloco cerâmico estrutural como um componente da alvenaria estrutural no qual seus furos se apresentam perpendiculares à face que os contém e são assentados com estes vazios na vertical.

A norma os subdivide em bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas, com paredes maciças e perfurado. Tanto os blocos cerâmicos estruturais de paredes vazadas como os de paredes maciças são empregados na alvenaria estrutural não armada, armada e ainda protendida. O bloco cerâmico estrutural perfurado é empregado apenas na alvenaria estrutural não armada, pois seus vazados são distribuídos em toda a sua face de assentamento. As Figuras 1, 2, e 3 apresentam uma ilustração destas definições.

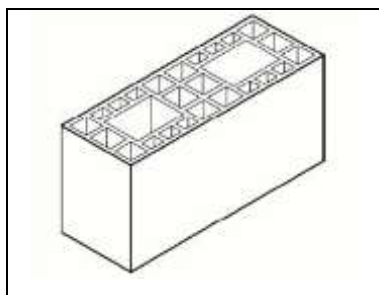


Figura 1. Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas.

Fonte: NBR 15270-2 (2005).

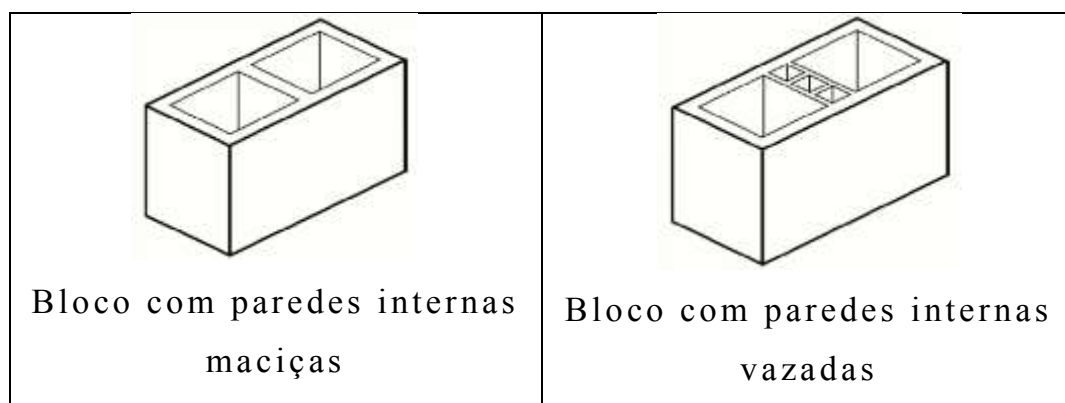


Figura 2. Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças e vazadas. Fonte: NBR 15270-2 (2005).

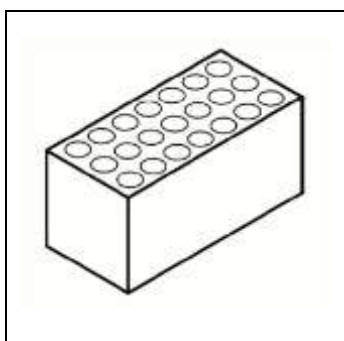


Figura 3. Bloco cerâmico estrutural perfurado.

Fonte: NBR 15270-2 (2005).

A NBR 15270-2 (2005) estabelece requisitos para a identificação dos blocos e o não atendimento destes em qualquer corpo de prova da amostragem é suficiente para a

rejeição de todo o lote. Desta forma, os blocos são marcados contendo no mínimo: identificação da empresa; dimensões de fabricação na sequência: largura (L), altura (H) e comprimento (C) em centímetros (podendo ser suprimida esta unidade);

Além deste requisito de identificação, o bloco não deve apresentar defeitos como quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam o seu emprego na função especificada. A determinação das características geométricas como: dimensão efetiva, planeza das faces, desvio em relação ao esquadro, espessura dos septos e paredes externas, são obrigatórias para a avaliação de conformidade e determinam as características da parede.

As espessuras dos septos e paredes externas também são importantes, pois qualquer variação pode gerar perda na área efetiva do bloco e consequentemente perda da capacidade resistente da alvenaria.

A figura 4 mostra as dimensões da espessura das paredes externas e dos septos para o bloco cerâmico de paredes vazadas. A norma recomenda que a espessura mínima para os septos seja de 7 mm e para as paredes externas seja de 8 mm.

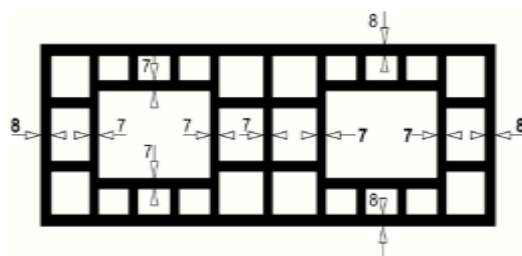


Figura 4. Planta do bloco estrutural de paredes vazadas.

Fonte: NBR 15270-2 (2005).

Para o bloco cerâmico de parede maciça, a norma estabelece que as dimensões mínimas das paredes sejam de 20 mm e as paredes internas podem apresentar vazados, desde que sua dimensão seja igual ou superior a 30 mm conforme ilustra a figura 5. A espessura do septo deve ser no mínimo 8 mm.

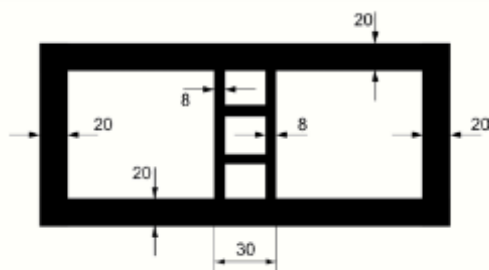


Figura 5. Planta do bloco estrutural vazado com paredes maciças. Fonte: NBR 15270-2 (2005).

Para os blocos cerâmicos perfurados, a espessura mínima recomendada pela norma para as paredes e septos é de 8mm.

A tabela 1 apresenta as dimensões de fabricação dos blocos de acordo com sua modulação ou família ao qual ele pertence.

Tabela 1. Dimensões de fabricação de blocos estruturais cerâmicos. Fonte: NBR 15270-2 (2005).

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de Fabricação (cm)				
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)		
			Bloco principal	1/2 Bloco	Amarração (T)
(5/4M) x (5/4M) x (5/2M)	11,5	11,5	24	11,5	-
(5/4M) x (2M) x (5/2M)		11,5	24	11,5	-
(5/4M) x (2M) x (3M)		19	29	14	26,5
(5/4M) x (2M) x (4M)		19	39	19	31,5
(3/2M) x (2M) x (3M)	14	19	29	14	-
(3/2M) x (2M) x (4M)		19	39	19	34
(2M) x (2M) x (3M)	19	19	29	14	34
(2M) x (2M) x (4M)		19	39	19	-

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

A tabela 2 apresenta os requisitos de tolerâncias dimensionais individuais das dimensões dos blocos.

Tabela 2. Tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à dimensão efetiva. Fonte: NBR 15270-2 (2005).

Grandezas controladas	Tolerância (mm)
Largura (L)	± 5
Altura (H)	
Comprimento (C)	

A planeza das faces dos blocos devem ser verificadas com auxílio de esquadro para medir a flecha formada na diagonal, conforme figura 6.

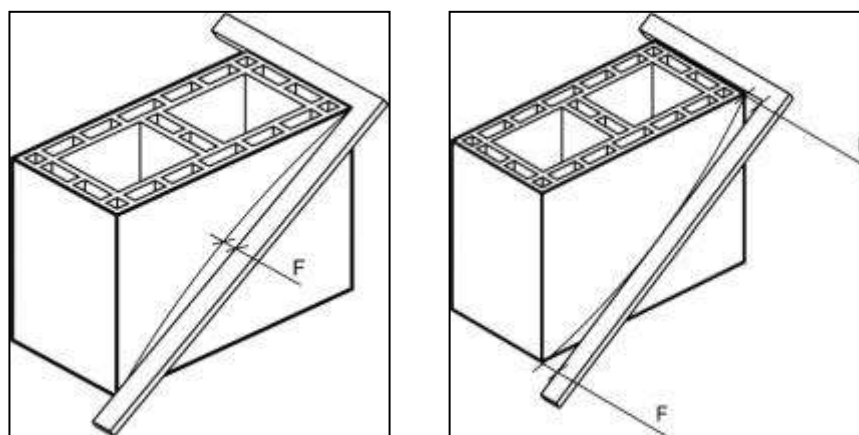


Figura 6. Ensaio de planeza das faces.

Fonte: NBR 15270-2 (2005).

O desvio em relação ao esquadro deve ser verificado com auxílio de esquadro e régua metálicos, conforme figura 7.

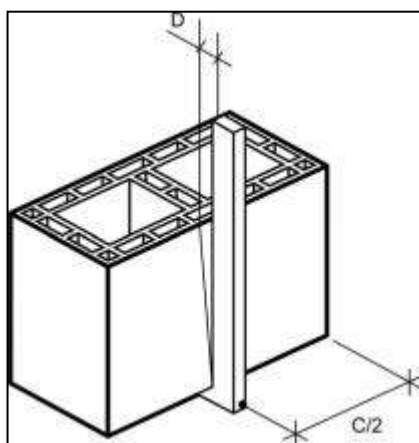


Figura 7. Ensaio de desvio de esquadro.

Fonte: NBR 15270-2 (2005).

A tabela 3 apresenta o limite de tolerância para a planeza das faces e o desvio em relação ao esquadro.

Tabela 3. Tolerância dimensional.

Fonte: NBR 15270-2 (2005).

Grandezas controladas	Tolerância (mm)
Planeza das faces	≤ 3
Desvio em relação ao esquadro	

A característica mecânica de um bloco é dada pela sua resistência à compressão. Através de um cálculo estatístico apresentado na NBR 15270-2 (2005) com um conjunto de valores obtidos individualmente em uma amostragem, geralmente de 13 blocos, determina-se a resistência característica do bloco. Esta norma estabelece como resistência característica mínima exigida para o bloco cerâmico estrutural 3,0 MPa referida à área bruta.

2.3. BLOCOS DE CONCRETO

O bloco de concreto surgiu em meados do século XIX, na Europa. Na época eram fabricados como elementos maciços, sendo então muito pesados e de difícil manuseio. Por volta de 1890, nos Estados Unidos, foram criados os blocos vazados, que por serem mais leves e possuírem resistências satisfatórias tiveram grande disseminação por todos os EUA e Europa.

No Brasil, o bloco foi introduzido em 1950, quando a primeira máquina foi importada dos EUA. Sua instalação é um marco na história do início do desenvolvimento do método racional no país (Cunha, 2001).

Diferente do concreto plástico tradicional, o concreto fresco para produção de blocos tem o aspecto de “terra úmida ou farofa”, por possuir o fator a/c muito baixo. Neste caso não é somente a relação a/c a responsável pela resistência final do elemento, mas também a energia de compactação utilizada em sua produção. Por isso a importância da eficiência da vibroprensa para qualidade final do produto.

A NBR 6136 (2014) define o bloco como um elemento de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta (área perpendicular ao eixo dos furos, sem desconto das áreas dos vazios). Esta norma classifica os blocos por dois mecanismos: pelo uso e pela resistência. Os blocos são classificados segundo o uso em:

- Classe AE = para uso geral, como em paredes externas acima ou abaixo do nível do solo, que podem estar expostas à umidade ou intempéries e que não recebem

revestimento de argamassa de cimento. Característica mínima de resistência de 6,0 MPa;

- Classe BE = limitada ao uso acima do solo, com paredes externas revestidas por argamassa de cimento. Este grupo de blocos tem resistência característica mínima de 4,5MPa.

A norma brasileira também padroniza as dimensões para fabricação, tendo tolerância de ± 2 mm para largura e ± 3 mm para altura e comprimento. As dimensões devem atender as padronizações da tabela 4.

Tabela 4. Dimensões padronizadas.

Fonte: NBR 6136 (2014).

Designação	Dimensões Padronizadas(mm)		
	Largura	Altura	Comprimento
M-20	190	190	390
M-15	140	190	390
	140	190	290
M-12,5	115	190	390
	115	190	240
	115	190	365
M-10	90	190	390
	90	190	190
	90	190	290
M-7,5	65	190	390

Existem vários modelos de blocos para diferentes aplicações, tais como:

Bloco jota: que possui uma das laterais mais altas com a finalidade de regularizar as lajes nas paredes externas;

Bloco canaleta: utilizado para a execução de cintas;

Meio bloco: utilizado para ajuste de paginação.

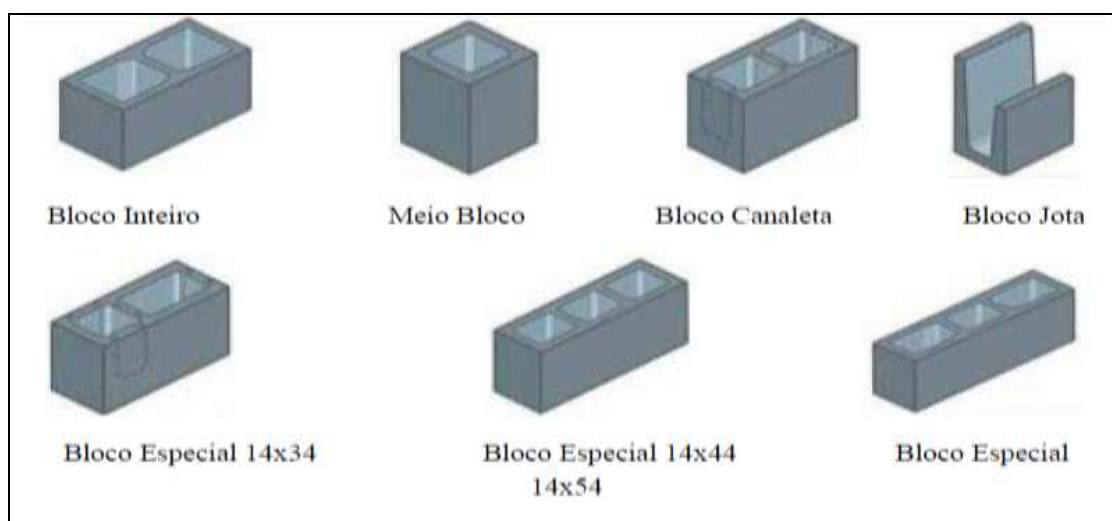


Figura 8. Tipos de blocos de concreto

Fonte: Camacho/2006

2.4. ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Segundo RAMALHO e CORRÊA (2003), a argamassa de assentamento tem como função unir os blocos, transmitir e uniformizar as tensões atuantes entre estes e absorver pequenas deformações impostas nas paredes.

Para desempenhar bem suas funções, a NBR 15812-1 (2010), responsável pelos requisitos de projeto para alvenaria estrutural de bloco cerâmico, estabelece que a argamassa deva atender aos requisitos estabelecidos pela NBR 13281 (2005).

Na figura 9 são apresentadas as exigências para a argamassa e também os métodos de ensaios para a obtenção destes parâmetros.

	Identificação	Limites
Resistência à Compressão 28 dias	I	≥ 0.1 e < 4.0
	II	≥ 4.0 e ≤ 8.0
	III	> 8
Capacidade de Retenção de Água (%)	Normal	Entre 80 e 90
	Alta	> 90
Teor de Ar Incorporado (%)	a	< 8
	b	Entre 8 e 18
	c	> 18

Figura 9. Exigências mecânicas e reológicas para argamassa.

Fonte: NBR 13281 (2005).

A NBR 15812-1 (2010) estabelece que o menor valor para a resistência à compressão da argamassa deva ser 1,5 MPa e o máximo é limitado a 70% da resistência característica à compressão do bloco, referida à área líquida.

A espessura da junta também interfere na resistência da alvenaria, pois se a espessura é grande, o confinamento no qual a argamassa se encontra diminui; por outro lado, se a espessura é pequena, eventualmente pode ocasionar o encontro entre blocos em pontos localizados, onde a tensão se elevaria prejudicando a resistência da parede de alvenaria. Assim, a NBR 15812-2 (2010) e NBR 15961-2 (2011) estabelecem como espessura das juntas horizontais e verticais o espaçamento de dez milímetros com tolerâncias de três milímetros para mais ou para menos. Para as juntas horizontais de assentamento dos blocos da primeira fiada, a referida norma permite um mínimo de cinco milímetros e máximo de vinte milímetros.

No que se refere à produção da argamassa de assentamento, a NBR 15812-2 (2010) e NBR 15961-2 (2011) menciona que, para garantir maior homogeneidade da mistura, esta deve ser preparada com auxílio de misturador mecânico sendo evitada sua mistura manual. O tempo recomendado para este procedimento depende do eixo do misturador empregado no preparo da argamassa. Se o eixo do misturador for inclinado, horizontal ou vertical, o tempo de mistura é dado em segundos por $240\sqrt{d}$, $120\sqrt{d}$ e $60\sqrt{d}$, respectivamente, sendo “d” o diâmetro do misturador em metros. Mesmo durante o transporte, a argamassa não deve sofrer segregação e nem perda de elementos constituintes, sendo que a norma recomenda a re-mistura manual no local de sua aplicação.

O tempo máximo estabelecido para a utilização da argamassa é de duas horas e meia; após este prazo, ela deve ser descartada. São necessários cuidados durante a sua armazenagem para impedir a perda de água, mas caso isto ocorra, a sua consistência pode ser ajustada com adição de água no máximo duas vezes.

2.5. INTERFACE BLOCO-ARGAMASSA

Além das propriedades individuais do bloco e da argamassa, a interação entre esses componentes é de fundamental importância para garantir o bom desempenho da alvenaria estrutural. Para que seja garantida uma boa resistência de aderência, as propriedades do bloco e da argamassa devem ser compatibilizadas. Assim, se o bloco apresentar um índice de absorção inicial elevado, suas faces

deverão ser umedecidas no instante da execução e uma argamassa de maior capacidade de reter água será desejada, pois, caso a argamassa perca parte significativa da água de hidratação do cimento para o bloco, sua resistência à compressão será prejudicada. Por outro lado, se a sucção do bloco for baixa, ou a argamassa possuir elevado poder de retenção de água, dificultará a penetração da pasta de cimento que forma cunhas dentro dos blocos que garantem a aderência. É fundamental, portanto, buscar um equilíbrio entre as propriedades dos materiais quando forem escolhidos para o uso na alvenaria estrutural.

O mecanismo de aderência deve ser capaz de resistir tanto às tensões normais de tração como também às tensões cisalhantes impostas na estrutura.

2.6. ENSAIO DE COMPRESSÃO

De modo geral, pode-se dizer que a compressão é um esforço axial, que tende a provocar um encurtamento do corpo submetido a este esforço.

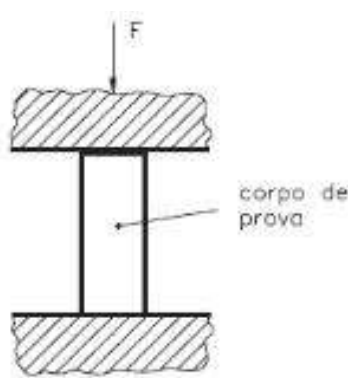


Figura 10. Representação do Ensaio de Compressão.

Fonte: EBAH

O ensaio de compressão pode ser executado na máquina universal de ensaios, com a adaptação de duas placas lisas - uma fixa e outra móvel. Entre estas placas o corpo de prova é apoiado e mantido firme durante a compressão.

Os ensaios de compressão devem atender às norma de argamassa, blocos e prisma. Estes materiais, com características frágeis, apresentam fase elástica muito pequena, impossibilitando a determinação com precisão das propriedades relativas a esta fase.

A única propriedade mecânica que é avaliada nos ensaios de compressão de materiais frágeis é o seu limite de resistência à compressão.

O limite de resistência à compressão é calculado pela carga máxima dividida pela seção original do corpo de prova.

3. METODOLOGIA

A pesquisa iniciou-se com a procura por materiais em empresas que atendam à região metropolitana de Belo Horizonte e que tenham reconhecimento pelos produtos que comercializam.

Para o controle dos materiais foi utilizado um selo de rastreabilidade para que o controle tecnológico proporcionasse confiabilidade. O modelo utilizado segue representado na figura 11.

CONTROLE TECNOLÓGICO	
IDENTIFICAÇÃO	
LOTE	
DATA DE MOLDAGEM	
MOLDADOR	

Figura 11. Selo de identificação dos materiais ensaiados.

O item identificação corresponde ao tipo de elemento (bloco ou prisma). O lote corresponde ao pátio estocado e à data de fabricação dos blocos. A data de moldagem corresponde à data em que os prismas foram moldados e por último o responsável pela moldagem.

3.1. DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CORPO DE PROVA

3.1.1. Argamassa

A argamassa foi selecionada para obter resistências que atendam à NBR 15961-1 (2011), a qual recomenda que a resistência à compressão da argamassa seja menor ou igual a 70% da resistência do bloco à compressão simples.

Para o controle da argamassa aplicam-se os procedimentos que vigoram na NBR 15961-2 (2011).

O lote considerado atende às prescrições da norma NBR 15961-2 (2011), pois a área a ser ensaiada é inferior a 500 metros quadrados em planta e por não se tratar de pavimentos. A norma, neste caso, exige que sejam moldados apenas seis corpos de prova para verificação da resistência à compressão, incluindo as contraprovas. Para o ensaio iremos utilizar apenas três corpos de provas, descartando as contraprovas.

3.1.2. Blocos

Os blocos representam a unidade da alvenaria estrutural e são controlados através de suas características individuais.

3.1.2.1. Bloco Cerâmico

Conforme a NBR 15270-2 (2005), o lote deve ser formado por no máximo 100.000 blocos. Para o ensaio o número de amostras para representar o lote deve ser constituído por 13 blocos escolhido aleatoriamente.

3.1.2.2. Bloco de Concreto

Conforme a NBR 6136 (2014), a amostra deve ser formada por 09 blocos para um lote de até 5.000 blocos. Para critério de igualdade optou por ensaiar 13 blocos.

3.1.3. Prisma

Os prismas representam o corpo de prova da alvenaria estrutural. São corpos de prova obtidos pela superposição de blocos, unidos por juntas de argamassa, cheios ou não de grautes, destinados ao ensaio de compressão axial.

Nesta pesquisa foram utilizados prismas ocos (sem graute) de dois blocos, conforme representado na figura 12.



Figura 12. Prisma oco de dois blocos cerâmicos.

3.1.3.1. Prisma de Blocos Cerâmicos

Conforme a NBR 15812-2 (2010), o número de amostra de cada lote é constituído por no mínimo 12 prismas, sendo seis para ensaios e seis para eventual contraprova. Para o ensaio não iremos utilizar as contraprovas, por não haver valores de referência a serem atingidos.

3.1.3.2. Prisma de Blocos de Concreto

Conforme a NBR 15961-2 (2011), o número de amostra de cada lote é constituído por no mínimo 12 prismas, sendo seis para ensaios e seis para eventual contraprova. Para o ensaio não iremos utilizar as contraprovas, por não haver valores de referência a serem atingidos.

3.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

3.2.1. Argamassa

A empresa responsável pela fabricação e comercialização da argamassa utilizada na pesquisa, expõe as características físicas do seu material conforme figura 13.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:
Densidade de massa no estado fresco = 1600 a 2000 kg/m ³
Resistência a aderência, 28 dias, MPa $\geq$ 0,3
Resistência à compressão, 28 dias, MPa $\geq$ 4,0
Retenção de água = 80% a 90%
Classificação NBR 13281: P4 - R4 - D4, U3

Figura 13. Ficha técnica da argamassa.

Fonte: Precon (2014).

A argamassa utilizada necessita apenas de adição de água e de um misturador mecânico que garanta à mistura maior homogeneidade. O controle da água deve ser realizado com o auxílio de balde graduado. A embalagem possui vinte quilogramas do material composto e necessita de adição de três litros de água para atingir seu melhor resultado.



Figura 14. Embalagem comercial da argamassa.

Fonte: Precon (2014).

3.2.2. Bloco

Os blocos cerâmicos e de concreto foram inspecionados visualmente e não foram detectados defeitos sistemáticos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações.

Para a inspeção das características geométricas os blocos tiveram que estar sobre superfície plana e indeformável.

As medidas das faces e das paredes dos blocos foram realizadas com auxílio de paquímetro com precisão de 0,05 milímetros.

Os desvios em relação ao esquadro e a planeza das faces foram medidos com auxílio de esquadro e régua metálica.

3.3. MOLDAGEM DE CORPO DE PROVA

3.3.1. Argamassa

Para a moldagem dos corpos de prova de argamassa, aplicou-se uma fina camada de óleo desmoldante nas faces internas, retirando os excessos com pano ou papel absorventes, limpos e secos.

Os moldes possuem dimensões de 40x40x160 milímetros, sendo profundidade, largura e comprimento respectivamente, conforme figura 15.

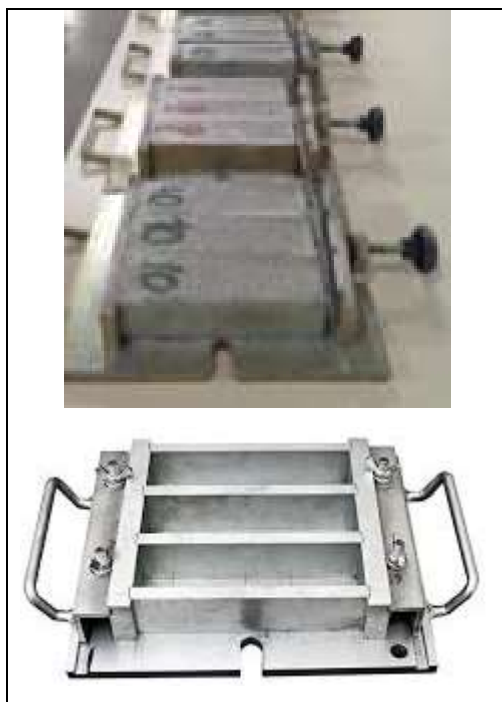


Figura 15. Equipamento para moldagem de corpo de prova de argamassa. Fonte: Metalcairo

A moldagem dos corpos de prova foi feita com adensamento em duas camadas com auxílio de nivelador. Foram realizadas trinta quedas através da mesa de adensamento para cada camada, aplicadas a uma altura de queda de quinze milímetros.

Os corpos de prova foram rasados com auxílio de régua metálica e mantidos por um período de 48 horas nos moldes.

Os corpos de prova desmoldados foram mantidos em local protegido com controle de umidade e temperatura por mais vinte e seis dias para sua cura.

3.3.2. Blocos

Para a moldagem dos blocos cerâmicos e de concreto necessitou-se apenas que estes estivessem capeados. O capeamento foi realizado a partir da aplicação de argamassa forte, traço 2:1 (cimento:areia fina) em uma bancada plana e indeformável recoberta com uma camada de óleo mineral desmoldante.



Figura 16. Bancada utilizada no capeamento dos cerâmicos e de concreto.

O bloco foi assentado sobre uma camada de três milímetros de argamassa e nivelado com auxílio de nível de bolha. O bloco repousou por 24 horas e após este período o mesmo procedimento se repetiu para a extremidade oposta do bloco.

Com este procedimento os corpos de prova tiveram suas imperfeições geométricas corrigidas, o que facilita o ensaio de compressão.



Figura 17. Primeira etapa do capeamento do bloco cerâmico.



Figura 18. Segunda etapa do capeamento do bloco de concreto.

3.3.3. Prismas

Para a moldagem dos prismas, todos os blocos tiveram um dos lados previamente capeados. A partir daí o primeiro bloco foi disposto sobre uma bancada plana e indeformável para aplicação da argamassa. A argamassa foi aplicada uniformemente sobre o bloco, em quantidade suficiente para que a espessura da junta horizontal de um centímetro fosse

atendida conforme NBR 15961-2 (2011). Após a aplicação da argamassa, o segundo bloco, de mesma característica e já capeado, foi aplicado sobre a argamassa com o auxílio de nível de bolha e prumo de face para garantir a planicidade, favorecendo o ensaio de compressão do prisma.

Foram moldados trinta e seis prismas, sendo divididos entre dezoito prismas de blocos cerâmicos e dezoito de blocos de concreto.

Os prismas foram moldados de maneira que a disposição da argamassa de assentamento variasse de três diferentes maneiras.

No ensaio foram empregadas seis amostras para cada tipo de bloco com argamassa aplicada apenas nas paredes longitudinais, onde não são preenchidas as paredes transversais dos blocos com argamassa (ver figura 19), seis amostras com argamassa aplicada nas paredes longitudinais e transversais externas dos blocos (ver figura 20) e seis amostras com argamassa aplicada em todas as paredes do bloco (ver figura 21).

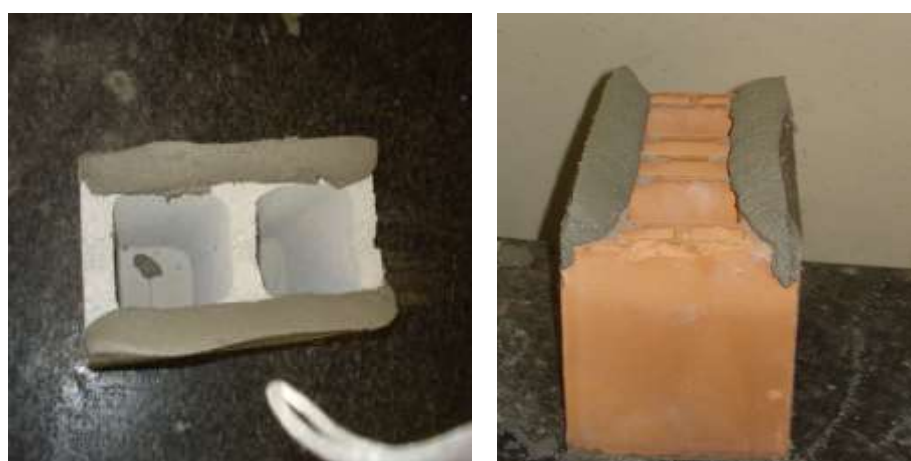


Figura 19. Paredes longitudinais argamassadas.



Figura 20. Paredes longitudinais e transversais externas argamassadas.



Figura 21. Todas as paredes argamassadas.

Os prismas foram moldados conforme NBR 15812-2 (2010) e NBR 15961-2 (2011), sendo realizado em ambiente fechado com temperatura e umidade do ar controlados.

Os prismas permaneceram em ambiente fechado e protegido do sol e do vento para sua cura por vinte e oito dias.



Figura 22. Prismas de blocos cerâmicos e de concreto.

3.4. ENSAIOS

3.4.1. Características Visuais

Os blocos cerâmicos e de concreto foram inspecionados visualmente e não foram detectados defeitos sistemáticos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações.

3.4.2. Características Geométricas

Para a inspeção das características geométricas os blocos tiveram que estar sobre superfície plana e indeformável.

As medidas das faces e das paredes dos blocos foram realizadas com auxílio de paquímetro com precisão de 0,05 milímetros.



Figura 23. Medição das características geométricas dos blocos.

Os desvios em relação ao esquadro e a planeza das faces foram medidos com auxílio de esquadro e régua metálica.



Figura 24. Medição de planeza e desvio em relação ao esquadro.

3.4.3. Compressão de Argamassa

Os corpos de prova de argamassas foram rompidos aos vinte oito dias de sua moldagem.

A face rasada com a régua metálica não ficou em contato com o dispositivo de apoio, nem com o dispositivo de carga da prensa, atendendo à NBR 13281 (2005).

A carga aplicada foi de 500 ± 50 newtons por segundo até a ruptura dos corpos de prova.



Figura 25. Ensaio de resistência à compressão de argamassa.

3.4.4. Compressão de Blocos e Prismas

Os ensaios foram realizados em prensa hidráulica com capacidade para 2000KN, marca EMIC, modelo PC200-C. A prensa possui leitor digital com programa de cálculo da resistência pelo bloco utilizado.

O software da prensa foi ajustado com as medidas dos blocos para que os resultados de tensão fossem compatíveis com as amostras rompidas.

Os prismas e blocos cerâmicos tiveram que permanecer imersos em água pelo período de seis horas, atendendo à NBR 15812 (2010) e NBR 15270 (2005). Os prismas de blocos de concreto não precisaram estar úmidos para o ensaio.

Os prismas e blocos tiveram que ser posicionados através de trena metálica no eixo da prensa para que a carga fosse igualmente distribuída.



Figura 26. Ensaio de resistência à compressão de prismas de bloco de concreto.



Figura 27. Ensaio de resistência à compressão de prismas de bloco cerâmico.



Figura 28. Ensaio de resistência à compressão de bloco cerâmico e de concreto.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

4.1.1. Medida das Faces

Os blocos cerâmicos e de concreto apresentaram dimensões de faces conforme tabela 5 e 6.

Tabela 5. Medidas das faces dos blocos cerâmicos.

Corpo de prova	L(Largura) (mm)	H(Altura) (mm)	C (Comprimento) (mm)
01	138	191	288
02	138	191	287
03	138	191	288
04	138	191	286
05	138	192	288
06	138	191	287
07	138	191	288
08	138	192	288
09	138	191	288
10	138	191	288
11	138	191	288
12	138	192	288
13	138	191	288

Tabela 6. Medidas das faces dos blocos de concreto.

Corpo de prova	L(Largura) (mm)			L Médio (mm)	H(Altura) (mm)			H Médio (mm)	C (Comprimento) (mm)			C Médio (mm)
01	138	138	138	138	191	191	191	191	288	288	288	288
02	138	138	138	138	190	190	190	190	288	288	288	288
03	138	138	138	138	191	191	191	191	289	289	289	289
04	139	139	139	139	191	191	191	191	288	288	288	288
05	138	138	138	138	192	192	192	192	288	288	288	288
06	137	137	137	137	191	191	191	191	288	288	288	288
07	138	138	138	138	191	191	191	191	289	289	289	289
08	138	138	139	138	192	192	192	192	288	288	288	288
09	138	138	138	138	191	191	191	191	290	290	290	290
10	138	138	138	138	191	191	191	191	288	288	288	288
11	139	139	139	139	191	191	191	191	288	288	288	288
12	138	138	138	138	192	192	192	192	288	288	288	288
13	138	138	138	138	191	191	191	191	288	288	288	288

4.1.2. Medida das Paredes Externas e Septos

Os blocos cerâmicos e de concreto apresentaram dimensões de paredes externas e septos conforme tabela 7 e 8.

Tabela 7. Medidas de paredes externas e septos dos blocos cerâmicos.

Corpo de prova	Parede externa Longitudinal nº01 (mm)	Parede externa Longitudinal nº02 (mm)	Parede externa Transversal nº01 (mm)	Parede externa Transversal nº02 (mm)	Septo (mm)
01	9	9	9	9	9
02	9	10	9	9	8
03	9	9	9	9	9
04	9	9	9	9	8
05	9	9	10	9	8
06	9	9	9	9	8
07	9	9	9	9	9
08	9	9	10	9	8
09	9	9	9	9	8
10	9	9	9	10	8
11	9	9	9	9	8
12	9	10	9	9	8
13	9	9	9	9	8

Tabela 8. Medidas de paredes externas e septos dos blocos de concreto.

Corpo de prova	Parede externa longitudinal		Espessura mínima da parede externa longitudinal nº01 (mm)	Parede externa longitudinal		Espessura mínima da parede externa longitudinal nº02 (mm)	Parede externa transversal nº01 (mm)	Parede externa transversal nº02 (mm)	Parede interna transversal (mm)
	nº01 (mm)	nº02 (mm)		nº01 (mm)	nº02 (mm)				
1	26	26	26	26	26	26	26	26	26
2	26	26	26	26	26	26	26	26	26
3	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4	25	25	25	25	25	25	25	25	25
5	26	26	26	26	26	26	26	26	26
6	26	26	26	26	26	26	26	26	26
7	25	25	25	25	25	25	25	25	25
8	26	26	26	26	26	26	26	26	26
9	26	26	26	26	26	26	26	26	26
10	26	26	26	26	26	26	26	26	26
11	25	25	25	25	25	25	25	25	25
12	26	26	26	26	26	26	26	26	26
13	26	26	26	26	26	26	26	26	26

4.1.3. Desvio em Relação ao Esquadro

Os blocos cerâmicos apresentaram desvio em relação ao esquadro conforme tabela 9. Os blocos de concreto não necessitam deste ensaio, conforme NBR 12118 (2013).

Tabela 9. Medidas de desvio em relação ao esquadro dos blocos cerâmicos.

Corpo de Prova	D (Desvio) (mm)
01	0
02	0
03	1
04	0
05	0
06	0
07	2
08	0
09	0
10	0
11	1
12	0
13	0

4.1.4. Planeza das Faces

Os blocos cerâmicos apresentaram desvio de planeza das faces conforme tabela 10. Os blocos de concreto não necessitam deste ensaio, conforme NBR 12118 (2013).

Tabela 10. Medidas de desvio de planeza das faces dos blocos cerâmicos.

Corpo de prova	Extremidade nº01 (mm)	Extremidade nº02 (mm)	Meio (mm)
01	0	0	0
02	0	0	1
03	1	0	0
04	0	2	0
05	0	0	0
06	0	0	0
07	0	0	0
08	1	0	0
09	0	1	0
10	0	0	0
11	0	0	1
12	0	0	0
13	0	0	0

4.2. ARGAMASSA

Os corpos de prova de argamassa, moldados dia 28/10/2014 foram rompidos dia 24/11/2014, totalizando 28 dias, conforme solicitação de Norma. Os resultados encontrados seguem abaixo na Tabela 11.

Tabela 11. Resultados da Compressão Simples de corpos de prova de argamassa.

Corpo de prova	Força (KN)	Tensão (Mpa)
01	240,64	3,76
02	250,88	4,12
03	245,12	3,83

A resistência característica da argamassa de assentamento, segundo a norma foi de 3,47Mpa. O desvio padrão encontrado foi de 0,21MPa.

4.3. BLOCOS

Os blocos de concreto e cerâmicos foram produzidos dia 18/10/2014 e capeados dia 22/10/2014.

4.3.1. Blocos Cerâmicos

Os blocos cerâmicos foram rompidos dia 18/11/2014 e apresentaram os seguintes resultados conforme tabela 12.

Tabela 12. Resultados da Compressão Simples de bloco cerâmico.

Corpo de prova	Força (KN)	Tensão (Mpa)
01	320,90	7,89
02	372,27	9,17
03	299,49	7,38
04	205,77	5,07
05	293,64	7,23
06	305,36	7,52
07	404,39	9,96
08	196,74	4,85
09	279,84	6,89
10	356,25	8,77
11	317,25	7,81
12	386,46	9,52
13	374,38	9,22

A resistência característica dos blocos de cerâmico, segundo a norma foi de 5,18 Mpa. O desvio padrão encontrado foi de 1,52 MPa.

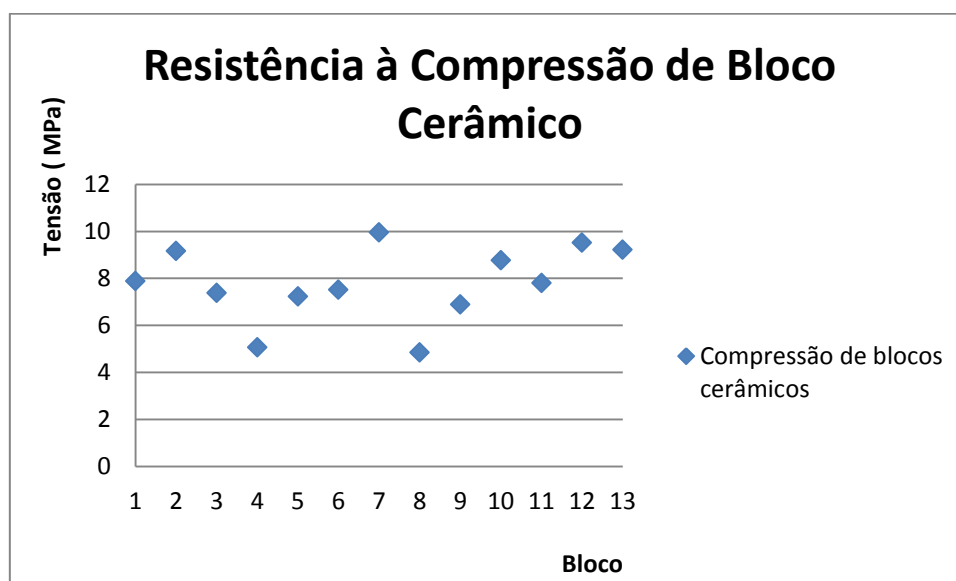


Figura 29. Dispersão dos ensaios de compressão de blocos cerâmicos.

4.3.2. Blocos de Concretos

Os blocos de concreto foram rompidos dia 18/11/2014 e apresentaram os seguintes resultados conforme tabela 13.

Tabela 13. Resultados da Compressão Simples de bloco de concreto.

Corpo de prova	Força (KN)	Tensão (Mpa)
01	294,33	7,25
02	266,02	6,55
03	274,68	6,77
04	263,87	6,50
05	322,66	7,95
06	328,38	8,09
07	349,97	8,62

08	318,46	7,85
09	316,93	7,81
10	320,55	7,90
11	311,99	7,68
12	335,03	8,25
13	325,18	8,01

A resistência característica dos blocos de concreto, segundo a norma foi de 6,22 Mpa. O desvio padrão encontrado foi de 0,64 MPa.

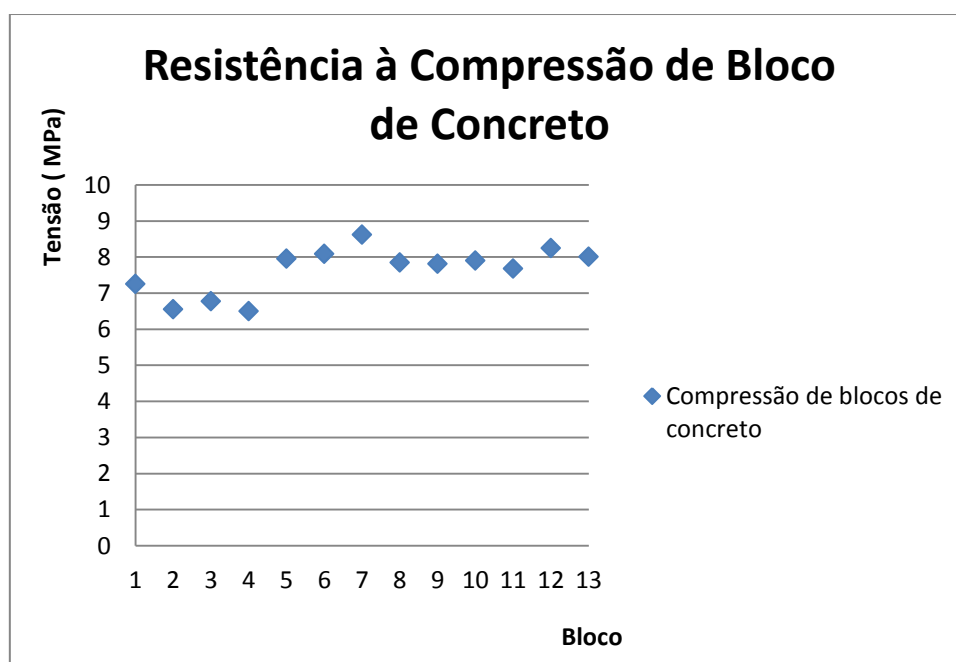


Figura 30. Dispersão dos ensaios de compressão de blocos de concreto.

4.4. PRISMAS

4.4.1. Prisma de Blocos Cerâmicos

Os prismas de blocos cerâmicos foram rompidos dia 22/11/2014 e apresentaram os seguintes resultados conforme tabela 14, 15 e 16.

Tabela 14. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco cerâmico com as paredes longitudinais preenchidas.

Corpo de prova	Força KN	Tensão Mpa
01	151,92	3,74
02	150,29	3,70
03	83,48	2,06
04	114,20	2,81
05	98,47	2,43
06	77,77	1,92

Tabela 15. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco cerâmico com as paredes longitudinais e transversais externas preenchidas.

Corpo de prova	Força KN	Tensão Mpa
01	110,82	2,73
02	108,73	2,68
03	81,65	2,01
04	174,79	4,31
05	126,81	3,12
06	117,50	2,89

Tabela 16. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco cerâmico com todas as paredes preenchidas.

Corpo de prova	Força KN	Tensão Mpa
01	128,09	3,15
02	171,28	4,22
03	123,45	3,04
04	124,32	3,06
05	145,42	3,58
06	190,23	4,69

A figura 31 ilustra as resistências encontradas para cada tipo de prisma de bloco cerâmico.

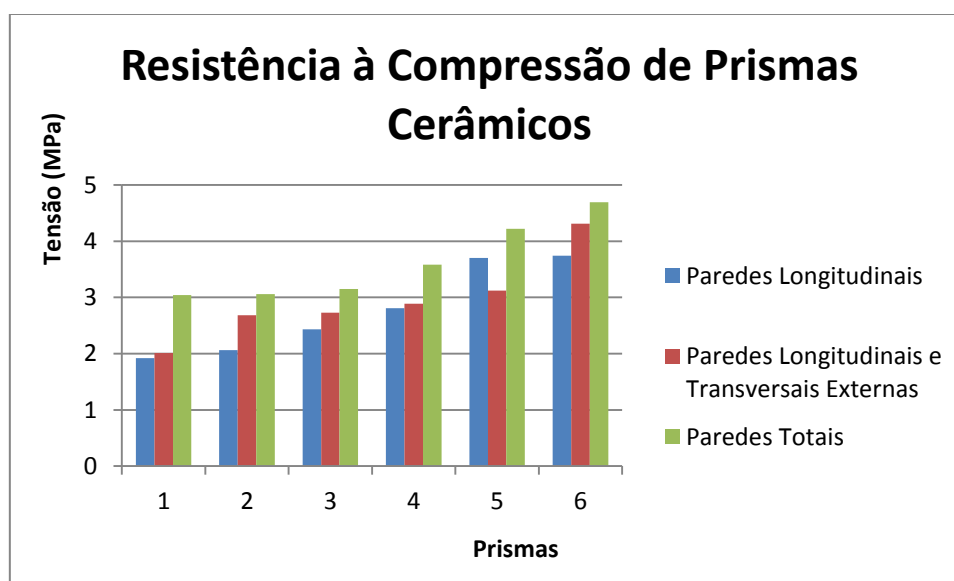


Figura 31. Gráfico das resistências dos prismas de blocos cerâmicos.

As resistências características dos prismas de bloco cerâmico seguem na tabela 17.

Tabela 17. Resistência característica dos prismas de bloco cerâmico.

Identificação	Resistência à compressão (MPa)
Paredes Longitudinais	1,55
Paredes Longitudinais e Transversais Externas	1,96
Paredes Totais	2,95

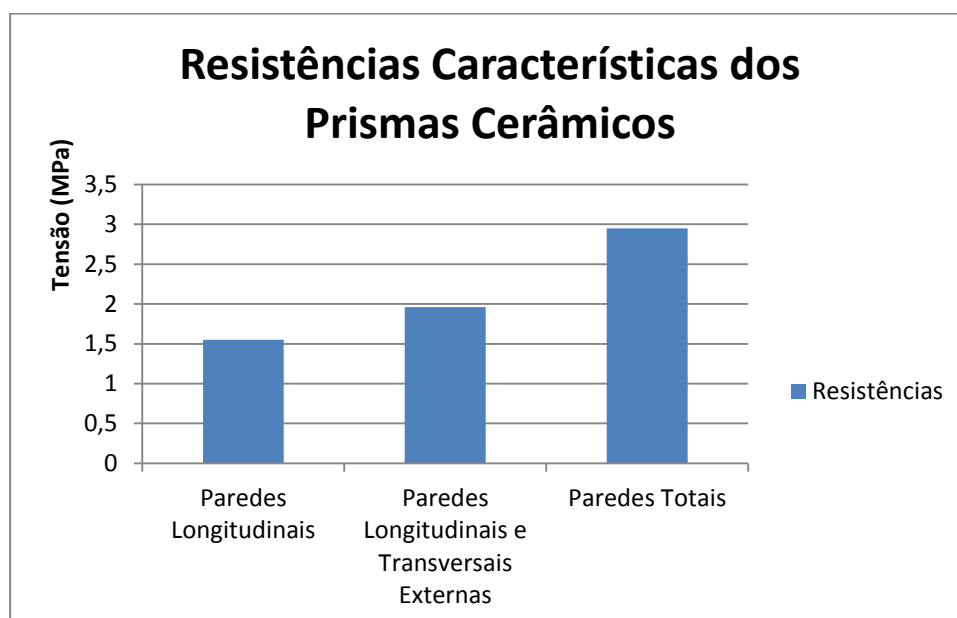


Figura 32. Gráfico da resistência característica dos prismas de bloco cerâmico.

4.4.2. Prisma de Blocos de Concreto

Os prismas de blocos de concreto foram rompidos dia 22/11/2014 e apresentaram os seguintes resultados conforme tabelas 18, 19 e 20.

Tabela 18. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco de concreto com as paredes longitudinais preenchidas.

Corpo de prova	Força KN	Tensão Mpa
01	157,62	3,88
02	181,07	4,46
03	162,17	3,99
04	143,54	3,54
05	177,34	4,37
06	150,10	3,70

Tabela 19. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco de concreto com as paredes longitudinais e transversais externas preenchidas.

Corpo de prova	Força KN	Tensão Mpa
01	221,02	5,44
02	192,84	4,75
03	200,34	4,93
04	182,22	4,49
05	182,39	4,49
06	159,10	3,92

Tabela 20. Resultados da Compressão Simples de prisma de bloco de concreto com todas as paredes preenchidas.

Corpo de prova	Força KN	Tensão Mpa
01	200,61	4,94
02	192,41	4,74
03	217,05	5,35
04	197,31	4,86
05	276,00	6,80
06	218,58	5,38

A figura 33 ilustra as resistências encontradas para cada tipo de prisma de bloco de concreto.

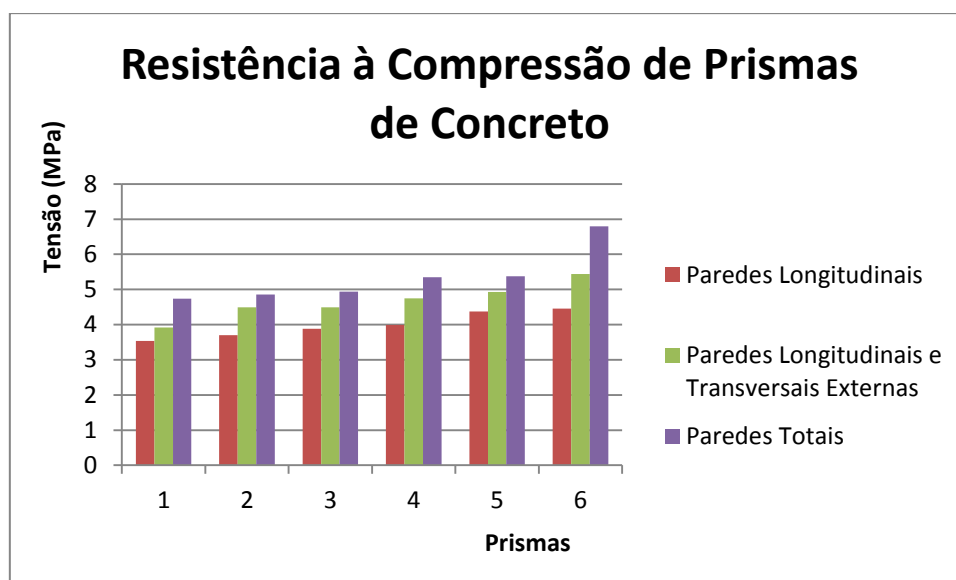


Figura 33. Gráfico das resistências dos prismas de blocos de concreto.

As resistências características dos prismas de bloco de concreto seguem na tabela 21.

Tabela 21. Resistência característica dos prismas de bloco de concreto.

Identificação	Resistência à compressão (MPa)
Paredes Longitudinais	3,36
Paredes Longitudinais e Transversais Externas	3,92
Paredes Totais	4,66

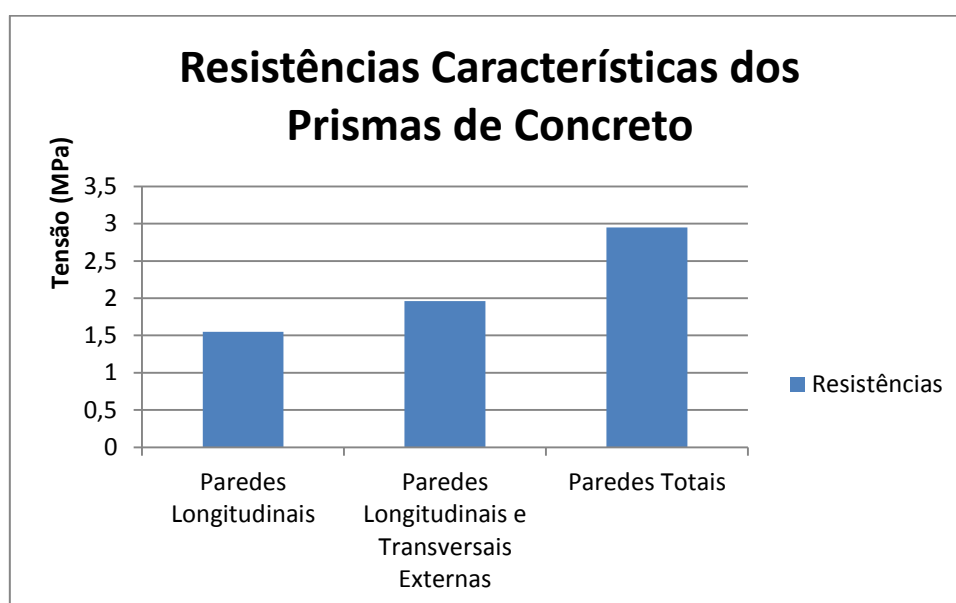


Figura 34. Gráfico da resistência característica dos prismas de bloco de concreto.

4.4.3. Comparativo de Resultados

Os resultados da compressão simples de prismas para cada disposição das argamassas de assentamento nos blocos seguem nas figuras 35, 36 e 37.

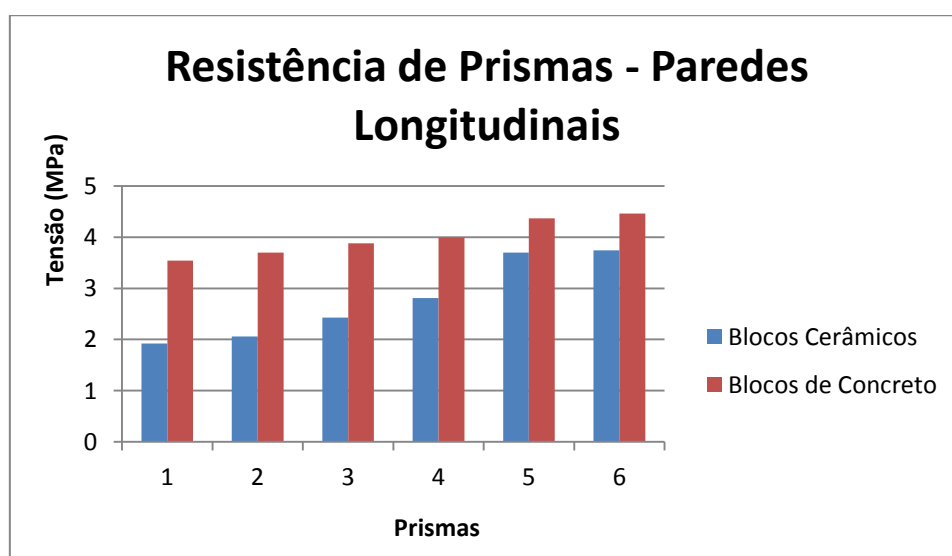


Figura 35. Comparativo da Compressão com Paredes Longitudinais.

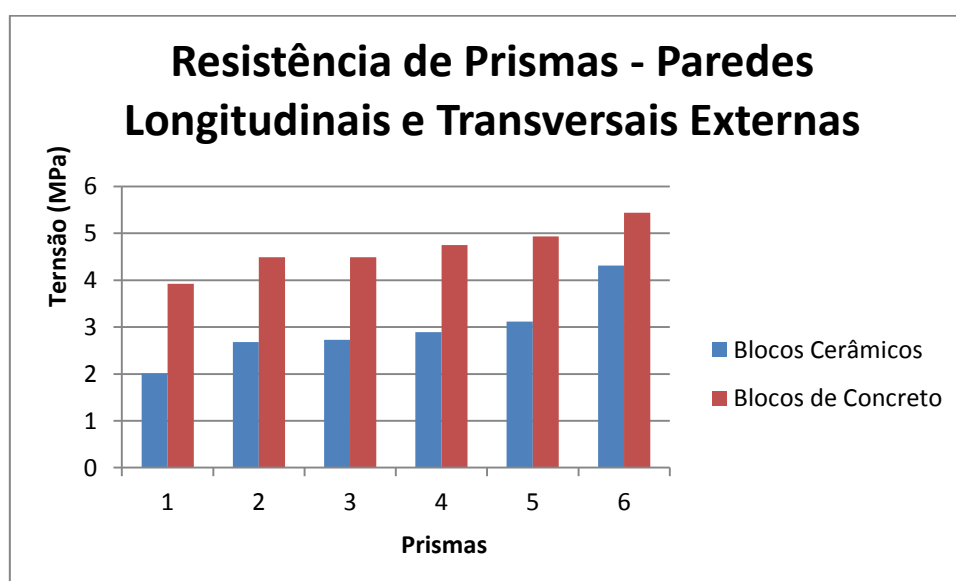


Figura 36. Comparativo Compressão com Paredes Longitudinais e Transversais Externas.

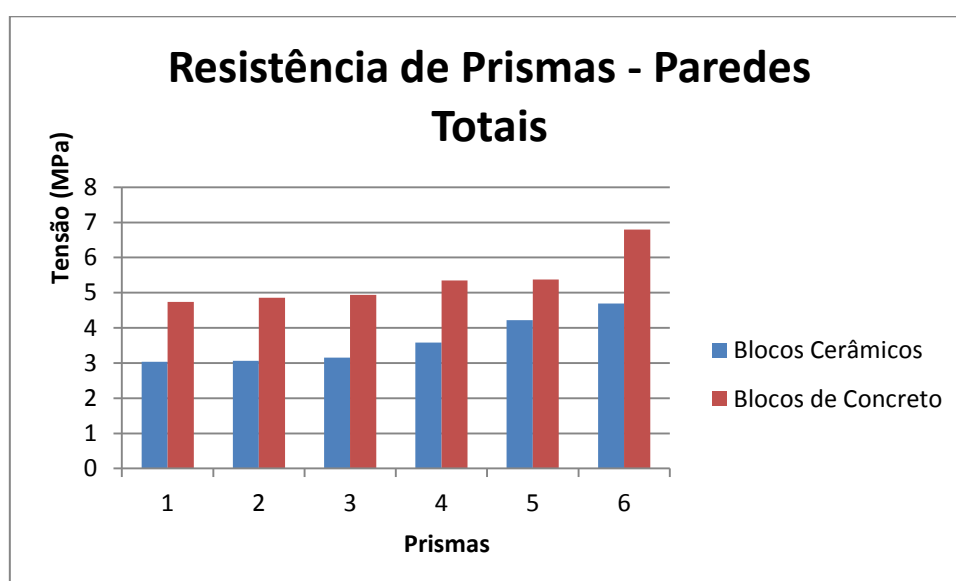


Figura 37. Comparativo Compressão com Paredes Totais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta da avaliação dos resultados dos prismas de blocos estruturais foi viabilizada pela vasta bibliografia sobre o tema e pela aplicação de normas técnicas vigentes.

Os blocos de concreto devido seu processo de fabricação apresentaram aspectos visuais melhores que os cerâmicos, contudo os blocos cerâmicos foram aceitos devido o atendimento à norma NBR 15270-2 (2005).

As características geométricas dos blocos atenderam aos requisitos das normas NBR 15270-2 (2005) e NBR 15961 (2011).

A resistência à compressão da argamassa atendeu o valor esperado, o que favoreceu a execução dos ensaios realizados.

Os blocos cerâmicos apresentaram um desvio padrão 137% maior que o bloco de concreto, devido o processo de fabricação dos blocos cerâmicos ser de difícil controle de qualidade tanto no processo produtivo quanto na matéria-prima utilizada.

Os dois materiais utilizados nos estudo atenderam a Norma e a resistência à compressão necessária para o estudo.

Nos rompimentos de prismas cerâmicos os valores encontrados nos ensaios foram satisfatórios, pois com o acréscimo de argamassa houve um incremento na resistência do prisma. O ganho foi de 26,45% entre as paredes longitudinais

versus paredes longitudinais e transversais externas. Para paredes longitudinais e transversais externas versus paredes totais o ganho foi de 50,51%. Finalmente, para a situação de paredes longitudinais versus paredes totais o ganho foi de 90,32%.

Esta variação foi elevada devido à absorção de água por parte do bloco cerâmico, o que leva as argamassas das paredes longitudinais a perder mais água de amassamento enfraquecendo o prisma.

Nos rompimentos de prisma de concreto os valores encontrados nos ensaios foram satisfatórios, pois com o acréscimo de argamassa houve um incremento na resistência do prisma. O ganho foi de 16,67% entre as paredes longitudinais versus paredes longitudinais e transversais externas. Para paredes longitudinais e transversais externas versus paredes totais o ganho foi de 18,87%. Finalmente, para a situação de paredes longitudinais versus paredes totais o ganho foi de 38,69%.

O ensaio realizado com os blocos cerâmicos segundo as Normas vigentes, não representam a situação de obra, uma vez que os blocos cerâmicos não são submetidos à imersão em água antes da sua aplicação. Este fato provoca uma grande divergência em valores de resistência, o que diminui a confiabilidade em sua aplicação.

5.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O grupo de estudo acredita que com o desenvolvimento de uma pesquisa que avalie o impacto financeiro para a aplicação das diferentes disposições de argamassa, objetivando o ganho na resistência, pode contribuir muito com as mudanças conceptivas de projeto em alvenaria estrutural.

O grupo também sugere que estudos sejam realizados a fim de comparar os ensaios seguindo os critérios de Norma e ensaios que representam as situações reais de aplicação em obra. Com este estudo a ABNT poderá obter novas conclusões e alterar o critérios atualmente adotados em obras de alvenaria estrutural.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos**. NBR 6136 - Versão corrigida:2014. Rio de Janeiro, 2014. 10p

_____, **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio**. NBR 12118 – Versão corrigida: 2014. Rio de Janeiro, 2014. 14p.

_____, **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos**. NBR 13281. Rio de Janeiro, 2005. 7p.

_____, **Componentes cerâmicos - Parte 2 - Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural: Terminologia e requisitos**. NBR 15270-2. Rio de Janeiro, 2005. 11p.

_____, **Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos - Parte 1: Projetos**. NBR 15812-1. Rio de Janeiro, 2010. 41p.

_____, **Alvenaria Estrutural – Blocos Cerâmicos - parte 2: Execução e controle de obras**. NBR 15812-2. Rio de Janeiro, 2010. 28p.

_____, **Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 1: Projeto**. NBR 15961-1. Rio de Janeiro, 2011. 42p.

_____, **Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 2: Execução e controle de obras**. NBR 15961-2. Rio de Janeiro, 2011. 35p.

CAMACHO, J.S.; **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira, 2006.

CUNHA, E. H.; **Análise experimental do comportamento de prismas grauteados em alvenaria estrutural**. 2001. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2001.

DAMASCENO, Júlio César C.. Investigação experimental da resistência à compressão simples de prismas de blocos estruturais. **Relatório de Iniciação Científica**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Marcio R.S.; **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**, São Paulo: Pini, 2003. 174p.

SOARES, Marcia Maria Melo. **Especificação, execução e controle de alvenaria estrutural em blocos cerâmicos de acordo com a NBR 15812**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2011.

7. ANEXOS



Blocos de concreto e cerâmico capeados.



Identificação dos blocos.



Preparação da argamassa para moldagem dos prismas



Moldagem dos prismas cerâmicos.



Moldagem dos prismas de concreto.



Identificação dos prismas



Rastreabilidade dos prismas.



Lote de prismas moldados



Blocos e prismas de bloco cerâmicos imersos em água.