

UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO
RIO GRANDE DO SUL

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ELEMENTOS CERÂMICOS E
ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO –
UMA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE
UTILIZAÇÃO EM OBRAS DE
CONDOR E PANAMBI

Jean Carlo Werner

Prof. Orientador Francisco Ripoli Filho

Ijuí/RS, Julho de 2004

JEAN CARLO WERNER

ELEMENTOS CERÂMICOS E
ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO –
UMA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE
UTILIZAÇÃO EM OBRAS DE
CONDOR E PANAMBI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Civil do
Departamento de Tecnologia – Universidade
Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do
Sul, para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Prof. Orientador Francisco Ripoli Filho

Ijuí/RS, Julho de 2004

JEAN CARLO WERNER

**ELEMENTOS CERÂMICOS E ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO – UMA
AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO EM OBRAS DE
CONDOR E PANAMBI**

Trabalho de conclusão de curso.

Aprovação na disciplina e formação de nível superior no
curso de engenharia civil.

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

Departamento de Tecnologia

15/07/2004

Prof. M Eng. Francisco Ripoli Filho (DETEC/EGC)

Prof. M Eng. Luís Eduardo A . Modler (DETEC/EGC)

Prof. Arq. José Crippa (DETEC/EGC)

Prof. M Eng. Luís Eduardo A . Modler (DETEC/EGC)

Coordenador do colegiado do curso de Engenharia Civil da Unijuí

AGRADECIMENTOS

Deus, por teres escutado minhas orações nos momentos difíceis, dando-me forças para completar mais uma etapa da vida.

Aos meus pais, Heitor e Edela e minha irmã Solange pelo incentivo, apoio e confiança.

Ao professor orientador Francisco Ripoli Filho, pelo apoio, motivação e confiança na elaboração deste trabalho.

Aos professores, responsáveis pela minha formação profissional.

Aos laboratoristas, pelo auxílio na elaboração dos ensaios.

Aos colegas, pelo apoio, companheirismo e estímulo.

E a todas as pessoas que sempre acreditaram em minha capacidade.

RESUMO

Este trabalho apresenta diagnóstico da qualidade das argamassas de assentamento e dos produtos cerâmicos que estão sendo utilizados nas cidades de Condor/RS e Panambi/RS. Foram visitadas e documentadas três obras em cada cidade respectivamente (A,B,C e D,E,F), onde foram coletados os materiais constituintes das argamassas para serem caracterizados fisicamente através dos ensaios de massa unitária, massa específica, composição granulométrica. Nestas foram realizados ensaios de resistência à compressão através da moldagem de corpos de prova cilíndricos nas obras pesquisadas. Avaliou-se fisicamente e mecanicamente também a resistência de aderência ao cisalhamento e a resistência dos produtos cerâmicos através de ensaios de rompimento de prismas os quais foram moldados nas obras. Os blocos de 6 furos e os tijolos maciços empregados nas obras foram levados até o laboratório de Engenharia Civil-LEC para serem feitos ensaios de verificação dimensional, absorção de água e resistência à compressão. A investigação levou as observações onde nas caracterizações físicas e mecânicas dos elementos cerâmicos estudados não apresentaram-se com variações que comprometessem seu estado físico perante normativas. As argamassas apresentaram valores elevados para seu objeto de utilização. A relação de aderência argamassa/bloco apresentaram valores abaixo do encontrado em literatura técnica. Finalmente os resultados das resistências médias obtidos no fator de eficiência prisma/bloco apresentaram-se muito irregulares, aventando possibilidade de o ensaio com tripla não confinada não atender as necessidades de investigação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	09
LISTA DE TABELAS	10
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Delimitação do tema	11
1.2 Formatação da questão de estudo.....	11
1.3 Definição dos objetivos de estudo.....	11
1.3.1 Objetivos geral.....	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Justificativa.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Conceituação	13
2.2 Composição	13
2.2.1 Cimento	13
2.2.2 Areia	14
2.2.3 Água	15
2.2.4 Cal	16
2.3 Classificação das argamassas.....	16
2.3.1 Classificação segundo a utilização.....	16
2.3.2 Classificação segundo os aglomerantes empregados	17
2.3.3 Classificação segundo o número de aglomerantes utilizados.....	17
2.3.4 Classificação segundo a dosagem	18
2.3.5 Classificação segundo determinadas propriedades	18
2.4 Junta de argamassa.....	18

2.4.1 Resistência aos esforços mecânicos.....	19
2.4.2 Distribuição do carregamento	19
2.4.3 Absorção das movimentações.....	19
2.5 Propriedades das argamassas.....	20
2.5.1 Trabalhabilidade	20
2.5.2 Resistência mecânica.....	21
2.5.3 Capacidade de aderência.....	22
2.5.4 Durabilidade.....	23
2.5.5 Capacidade de retenção de água.....	23
2.6 Tipos de argamassas	24
2.6.1 Argamassas de cal	24
2.6.2 Argamassas de cimento	24
2.6.3 Argamassas compostas de cal e cimento	25
2.6.4 Argamassas de gesso	25
2.7 A escolha de argamassas	26
2.8 Patologias das argamassas	26
2.9 Materiais Cerâmicos.....	29
2.9.1 Definição.....	29
2.9.2 Preparação dos materiais cerâmicos	29
2.9.3 Produtos básicos de cerâmica.....	30
2.9.3.1 Tijolos maciços	30
2.9.3.2 Blocos cerâmicos de vedação	31
3. METODOLOGIA.....	33
3.1 Classificação do estudo	33
3.2 Plano de coleta de dados.....	33
3.3 Plano de análise e interpretação dos resultados	33
3.3.1 Caracterização dos materiais constituintes da argamassa.....	33
3.3.2 Resistência das argamassas de assentamento	34
3.3.3 Verificação dimensional do bloco	34
3.3.4 Absorção de água do bloco	35
3.3.5 Resistência à compressão do bloco	35
3.3.6 Aderência na alvenaria	36

3.3.7 Resistência dos prismas.....	37
4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	37
4.1 Resultados dos ensaios de caracterização dos materiais constituintes da argamassa	37
4.2 Resultado dos ensaios de resistência das argamassas de assentamento.....	38
4.3 Resultado dos produtos cerâmicos	39
4.3.1 Resultados dos ensaios de verificação dimensional dos blocos.....	39
4.3.2 Resultados dos ensaios de absorção de água dos blocos	39
4.3.3 Resultados dos ensaios de resistência à compressão dos blocos	45
4.3.4 Resultados dos ensaios de aderência na alvenaria.....	49
4.3.5 Resultados dos ensaios de resistência dos prismas.....	51
4.3.6 Fator de eficiência prisma/bloco.....	53
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dispositivo de carga e apoio da tripleta	38
Figura 2 – Detalhe de resistência à compressão axial da argamassa	39
Figura 3 – Dimensões dos tijolos maciços	40
Figura 4 – Verificações dimensionais dos tijolos maciços.....	40
Figura 5 – Dimensões dos blocos de 6 furos	42
Figura 6 – Verificações dimensionais dos blocos de 6 furos	42
Figura 7 – Absorção de água dos tijolos maciços.....	43
Figura 8 – Absorção de água dos blocos de 6 furos.....	44
Figura 9 – Resistência à compressão dos tijolos maciços	45
Figura 10 – Detalhe de resistência à compressão do tijolo maciço	46
Figura 11 – Resistência à compressão dos blocos de 6 furos	47
Figura 12 – Detalhe de resistência à compressão do bloco de 6 furos.....	48
Figura 13 – Aderência por cisalhamento dos tijolos maciços	49
Figura 14 – Detalhe de aderência por cisalhamento dos tijolos maciços.....	50
Figura 15 – Aderência por cisalhamento dos blocos de 6 furos	51
Figura 16 – Detalhe de aderência por cisalhamento dos blocos de 6 furos.	51
Figura 17 – Resistência dos prismas dos tijolos maciços	52
Figura 18 – Resistência dos prismas dos blocos de 6 furos	53
Figura 19 – Obra A.....	64
Figura 20 – Obra B.....	64
Figura 21 – Obra C.....	64
Figura 22 – Obra D.....	65
Figura 23 – Obra E.....	65
Figura 24 – Obra F	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Massa unitária e massa específica do cimento, cal e areia	37
Tabela 2 – Massa unitária e massa específica do cimento e areia.....	37
Tabela 3 – Módulo de finura e diâmetro máximo	38
Tabela 4 – Resultados de resistência à compressão axial da argamassa...	38
Tabela 5 – Dimensões dos tijolos maciços	40
Tabela 6 – Dimensões dos blocos de 6 furos	42
Tabela 7 – Absorção de água dos tijolos maciços	43
Tabela 8 – Absorção de água dos blocos 6 furos.....	44
Tabela 9 – Resistência à compressão dos tijolos maciços	45
Tabela 10 – Resistência à compressão dos blocos de 6 furos	47
Tabela 11 – Aderência por cisalhamento dos tijolos maciços.....	49
Tabela 12 – Aderência por cisalhamento dos blocos de 6 furos.....	51
Tabela 13 – Resistência dos prismas dos tijolos maciços	52
Tabela 14 – Resistência dos prismas dos blocos de 6 furos	52
Tabela 15 – Fator de eficiência prisma/bloco dos tijolos maciços	53
Tabela 16 – Fator de eficiência prisma/bloco dos blocos de 6 furos	54

1. INTRODUÇÃO

1.1 Delimitação do tema

Este trabalho visa apresentar as condições físicas e mecânicas das argamassas de assentamento e os elementos cerâmicos que estão sendo utilizados nas cidades de Condor/RS e Panambi/RS, com a finalidade de verificar seus estágios de utilização.

1.2 Formatação da questão de estudo

As argamassas de assentamento e os elementos cerâmicos utilizados atualmente nas cidades citadas, atendem de uma forma geral, as especificações técnicas e no que se refere a qualidade do material utilizado quanto a resistência e aderência?

1.3 Definição dos objetivos de estudo

1.3.1 Objetivos geral

Avaliar a qualidade das argamassas de assentamento e os elementos cerâmicos nas cidades de Condor e Panambi, no que diz respeito às propriedades físicas e mecânicas das mesmas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os materiais utilizados na argamassa;
- Moldar corpos de prova para verificar a resistência (compressão) e aderência da argamassa de assentamento;
- Caracterizar os elementos cerâmicos;
- Realizar ensaios das argamassas com substratos (tijolos, blocos) em ensaios mecânicos;
- Análise dos resultados obtidos nos ensaios.

1.4 Justificativa

Considerando que a argamassa é indispensável para uma obra de engenharia, precisamos saber se os materiais que estão sendo utilizados em nossa região são de boa qualidade, se a dosagem está sendo feita de maneira correta, e se seus resultados influem na qualidade de uma edificação.

A falta de controle e qualidade dos elementos cerâmicos propiciam, além de sua irregular utilização, produtos que não atendem minimamente às normativas, logo devemos atender a importância da seleção, da dosagem correta, do acondicionamento dos materiais, para que a obra tenha o melhor desempenho possível não deixando de situar as condições de durabilidade, aparência e também verificando as deficiências que se manifestam nas diferentes formas de patologias.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Conceituação

Na construção civil conceitua-se argamassa como um material complexo, constituído essencialmente de materiais inertes de baixa granulometria, agregado miúdo e de uma pasta com propriedades aglomerantes, composta de mistura íntima de um ou mais aglomerantes e água. Eventualmente, fazem parte de sua composição produtos especiais, denominados aditivos. As argamassas distinguem-se por apresentarem características plásticas e adesivas quando de sua aplicação e por tornarem-se rígidas e resistentes após um certo período de tempo. Estes fatos determinam seus principais empregos na construção civil. (GASTALDINI, 2000)

2.2 Composição

2.2.1 Cimento

Segundo GUIMARÃES (1997), o cimento Portland é um produto de origem mineral. O produto se origina da calcinação de misturas de calcário e argilas. A mistura calcinada “clínquer”, é moída com uma pequena porcentagem de gipsita, que modifica suas propriedades, resultando no produto final.

O cimento Portland tem propriedades físicas como densidade, finura, tempo de pega, resistência e exsudação e propriedades químicas como estabilidade, calor de hidratação, reação álcali-agregado e resistência ao

agentes agressivos.

O Cimento Portland tem ação aglomerante desenvolvida pela reação de seus constituintes com a água, resultando em neo-formados hidratados. O cimento Portland é um pó cinza esverdeado, vendido ensacado e com a qualidade garantida. O consumidor deve ter cuidado de não comprar produto há muito tempo estocado, pois a umidade do ar age sobre ele, “empedrando-o” e, assim tirando-lhe o poder cimentante.

2.2.2 Areia

O agregado ou areia, componente das argamassas, é o material particulado de origem mineral, onde predomina o quartzo, de diâmetros entre 0,06 e 2,0 mm. Considerada como um material de construção, a areia é o agregado miúdo e deve ter os grãos formados de material consistente. (GUIMARÃES, 1997)

As areias podem ter as seguintes origens:

- De rio

São depósitos sedimentares que se formam nos leitos de alguns rios. A extração se faz por meio de sucção, que bombeiam a água, contendo cerca de 5 – 10% de areia, para lagoas de decantação, de onde o material é retirado e, em alguns casos, classificado, para retirar partículas de diâmetro superior a 4,8 mm.

- De cava

São depósitos aluvionares em fundos de vales, recentes ou antigos, cobertos por capa de solo. A areia é extraída por escavação mecânica ou por desmonte hidráulico.

- De britagem

É a areia de brita, obtida no processo de classificação a seco nas pedreiras. Contém certa porcentagem de material impalpável que pode ser retirado pelo processo úmido nos separadores de areia. Esta operação melhora a qualidade do produto. A argamassa como grande fonte consumidora de areia têm preferência pela utilização de material oriundo do processo seco, o qual é mais barato.

- De escória

A escória básica de alto forno, granulada, é resfriada bruscamente por jato de água na saída do forno, fragmentando-se em grãos, geralmente inferiores a 12,7 mm. Após a classificação, obtém-se a areia de escória. A composição química da escória difere muito das areias derivadas de rochas e varia ainda conforme a composição da carga do alto forno.

- De praias e dunas

As areias das praias brasileiras e dunas próximas do litoral não são usadas, em geral, para o preparo de argamassa por causa de sua grande finura e teor de cloreto de sódio. O uso pode ocorrer somente com areias mais grosseiras e intensamente lavadas pelo intemperismo.

2.2.3 Água

Segundo GUIMARÃES (1997), é considerável a importância da água na argamassa. Misturada ao agregado, à cal e, eventualmente, ao cimento Portland, formará uma massa contínua, sem interposição dos consideráveis vazios que poderão dificultar as reações que concorrem para a consolidação do conjunto. A água utilizada nas argamassas não pode conter matéria orgânica e colóides em suspensão.

2.2.4 Cal

Cal é um aglomerante simples, resultante da calcinação de rochas calcárias, que se apresentam sob diversas variedades, com características resultantes da natureza da matéria-prima empregada e do processo conduzido.

A calcinação da rocha calcária pura resulta na produção de óxido de cálcio puro, material de grande importância industrial. Nas rochas calcárias naturais, o carbonato de cálcio é freqüentemente substituído, em menor ou maior proporção, pelo carbonato de magnésio, que não constitui impureza propriamente dita. A sílica, os óxidos de ferro e de alumínio são as impurezas que acompanham os carbonatos, em maior ou menor grau, na constituição das rochas calcárias. (BAUER, 1994)

2.3 Classificação das argamassas

2.3.1 Classificação segundo a utilização

I) Argamassas para assentamentos de elementos de alvenaria (tijolos, blocos, pedras). São subdivididas em argamassas para alvenaria comum e para alvenaria estrutural.

II) Argamassas para revestimentos (chapisco, emboço, reboco, massa fina, massa grossa, massa úmida, massa pronta, estuque). São subdivididas em comuns (as que são proporcionadas em obra) e especiais (as adquiridas já dosadas).

III) Argamassas para assentamento de pisos, azulejos, mármore. Também são divididas em comuns e especiais.

V) Outras Argamassas:

- Argamassas refratárias;
- Argamassas isolantes;
- Argamassas para impermeabilização;
- Argamassas para injeção;
- Argamassas para grauteamento;

- Argamassas para jateamento;
- Argamassa anti-corrosivas;
- Argamassas anti-abrasivas;
- Argamassas de altíssimas resistências mecânicas;
- Argamassas para restauração estrutural. (GASTALDINI, 2000)

2.3.2 Classificação segundo os aglomerantes empregados

I) Argamassas de cal. São subdivididas em argamassas de cal hidratada (cal comercializada em pó, hidratada por processos industriais) e em argamassas de cal “virgem” (cal comercializada em pedras ou em pó e hidratada, extinta em obra).

II) Argamassas de cimento.

III) Argamassas de gesso.

IV) argamassas de cal e cimento, também chamadas de mistas ou compostas. (GASTALDINI, 2000)

2.3.3 Classificação segundo o número de aglomerantes utilizados

I) Argamassas simples. Possuem apenas um aglomerante.

II) Argamassas compostas. Possuem dois ou mais aglomerantes.

(GASTALDINI, 2000)

2.3.4 Classificação segundo a dosagem

I) Magras ou pobres. O volume da pasta não preenche

totalmente os vazios entre os grãos do agregado.

II) Cheias, normais ou básicas. O volume de pasta preenche exatamente os vazios entre os grãos do agregado.

III) Gordas ou ricas. Quando há excesso de pasta. (GASTALDINI, 2000)

2.3.5 Classificação segundo determinadas propriedades

Segundo GASTALDINI (2000), as argamassas são ainda correntemente classificadas segundo critérios que dêem destaque a uma determinada propriedade e assim possibilitem otimizar a escolha da argamassa que mais se adeque a uma dada aplicação.

2.4 Junta de argamassa

Segundo AMTHAUER (2003) apud CAVALHEIRO, são função das juntas de argamassa separar as unidades (Blocos), compensando suas irregularidades geométricas, absorvendo deformações de movimentações térmicas, higroscópicas e pequenos recalque e ao mesmo tempo unir as unidades de alvenaria, proporcionando monoliticidade ao conjunto, distribuindo adequadamente os esforços e fornecendo estanqueidade e durabilidade ao conjunto bloco/argamassa.

2.4.1 Resistência aos esforços mecânicos

Segundo FRANCO (1988), a resistência à compressão da argamassa de assentamento deve adequar-se as características dos blocos, garantindo assim que as juntas de argamassa não sejam esmagadas.

2.4.2 Distribuição do carregamento

É consenso afirmar que em uma parede submetida a um dado carregamento, a carga atuante é suportada pelos blocos, que transferem a mesma para outros blocos ou unidades de alvenaria através do elemento de união que é a junta de argamassa. Desta forma, pela ação desta junta, a carga é distribuída de maneira uniforme por toda a parede. (AMTHAUER, 2003 apud PEDROSO)

2.4.3 Absorção das movimentações

Segundo AMTHAUER (2003) apud FRANCO, o fator preponderante da capacidade de acomodar movimentações é a quantidade de cimento Portland que a argamassa possui. A substituição de cimento pela cal, leva a argamassas gradativamente menos rígidas e, portanto, capazes de acomodar melhor as deformações. Outros fatores como a granulometria da areia, a relação água/cimento e as condições de cura também influenciam esta capacidade.

As fissuras prejudiciais são as que permitem a penetração de água da chuva ou que, pela sua amplitude, prejudicam os aspectos de origem psicológica como os estéticos e os que induzem o usuário a temer pela segurança estrutural do edifício. (AMTHAUER, 2003 apud SABBATINI)

2.5 Propriedades das argamassas

2.5.1 Trabalhabilidade

Segundo GASTALDINI (2000), a trabalhabilidade de uma argamassas é tão difícil de ser definida quanto medida, pois envolve fatores subjetivos: uma mesma argamassa pode ser mais ou menos trabalhável conforme o pedreiro que vá manuseá-la. De uma maneira geral diz-se que uma argamassa é trabalhável quando ela distribui-se facilmente ao ser assentada, não agarra a ferramenta quando está sendo aplicada, não segrega ao ser transportada, não endurece em contato com superfícies absorptivas, permanece plástica por tempo suficiente para que a operação seja completa.

Argamassas só de cimento possuem pouca trabalhabilidade. O acréscimo de água até certo limite melhora esta propriedade, porém piora todas as outras, e deve ser sempre evitada. A adição de cal à argamassa aumenta a trabalhabilidade porque a cal diminui a tensão superficial da pasta e contribui para molhar perfeitamente os agregados. Além disso, seu alto grau de finura atua como lubrificante sólido entre os grãos. (GASTALDINI, 2000)

A medida da trabalhabilidade é feita indiretamente, através de uma correlação com a consistência da argamassa. Esta consistência pode ser medida com ensaios do tipo abatimento de cone (“slump test”), mesa de fluidez (“flow table”), penetração da bola (“ball test”). Apesar de não ser uma correlação exata, pelo sentido subjetivo da trabalhabilidade, quase sempre é eficiente.

Segundo a consistência (também chamada de plasticidade), as argamassas são classificadas em seca, plástica e fluída. Na argamassa seca a pasta só preenche os vazios entre os grãos, permanecendo estes em contato, o que se traduz por massa ásperas e pouco trabalháveis. Na argamassa plástica uma fina película de pasta molha a superfície dos grãos de areia atuando como um lubrificante. Na argamassa fluída, as partículas de areia estão imersas na pasta, sem coesão interna e com tendência a segregar e, sem possibilidade de ser empregado, pois ela se esparrama tal qual um líquido. (GASTALDINI, 2000)

Se não houver retenção adequada de água, a argamassa além de não se manter plástica por tempo suficiente para o seu manuseio adequado, terá menor resistência quando endurecida, pois é fundamental garantir-se a umidade da argamassa pelo tempo necessário para que as reações de hidratação do cimento e carbonatação da cal ocorram e desenvolvam assim as resistências previstas. Devido a retenção inadequada de água a capacidade de absorver deformações, aderência e durabilidade também ficam prejudicadas. (GASTALDINI, 2000)

A capacidade de retenção de água está relacionada com a tensão superficial da pasta aglomerante. A argamassa tende a conservar a água necessária para molhar a superfície dos grãos da areia e do aglomerante. Porém a água em excesso é facilmente cedida por sucção. (GASTALDINI, 2000)

As argamassas de cal têm maior capacidade de retenção de água que as de cimento, em razão da maior finura da cal, maior superfície específica e da maior capacidade de absorção das partículas (formação de uma gel na superfície das partículas com até 100% de água em função do volume da partícula).

2.5.2 Resistência mecânica

Avalia-se indiretamente a resistência de uma argamassa às diversas ações de origem mecânica pela sua resistência à compressão. A resistência à compressão das argamassas se inicia com o endurecimento que aumenta continuamente com o tempo. As argamassa exclusivamente de cal e areia desenvolvem uma resistência pequena e de maneira lenta e cujo valor depende muito da umidade apropriada e da adequada absorção do dióxido de carbono do ar para ser atingida. Ao contrário, as argamassas de cimento

dependem menos das condições do meio ambiente e do tempo para desenvolver a resistência à compressão esperada. (GASTALDINI, 2000)

A resistência final necessária para uma argamassa irá variar de acordo com a resistência requerida pelo seu emprego. As argamassas de maior resistência são aquelas empregadas na alvenaria estrutural para edifícios de grande porte no assentamento de alvenaria de fundações, ou em locais em que as condições ambientais são adversas, isto é, umidade constante e temperaturas negativas. (GASTALDINI, 2000)

Em muitas aplicações é mais importante a avaliação das características elásticas de uma argamassa, do que as suas características resistentes. Quando se exige durabilidade e integridade física de um revestimento ou de uma alvenaria a influência da elasticidade da argamassas é fundamental. Elasticidade é definido como a capacidade que a argamassa possui de se deformar sem apresentar ruptura, quando sobre ela agem solicitações diversas e de retornar a dimensão original quando cessam estas solicitações. A argamassa deve possuir elasticidade ou seja deve ter um baixo módulo de elasticidade para poder acomodar os inevitáveis movimentos de origem térmica e de variação no conteúdo de umidade sem que haja ruptura. (GASTALDINI, 2000)

2.5.3 Capacidade de aderência

Segundo GASTALDINI (2000), a resistência de aderência pode ser definida como a capacidade que a interface base-argamassa possui de absorver tensões de cisalhamento e de tração a ela, sem romper-se. Desta resistência, nas alvenarias, depende a monolicidade da parede e a resistência da alvenaria frente a solicitações provocadas por deformações volumétricas (retração hidráulica e dilatação térmica), carregamentos perpendiculares excêntricos e esforços ortogonais à parede (cargas de vento).

Para a argamassa conceitua-se capacidade de aderência como a capacidade que a argamassa tem de fazer com que a interface entre ambos apresente uma certa resistência de aderência. (GASTALDINI, 2000)

2.5.4 Durabilidade

A partir do momento de sua aplicação a argamassa pode ter a sua integridade comprometida por inúmeros fatores como: retração na secagem, penetração de água de chuva, temperaturas excessivamente baixas, choque térmico, eflorescências, reações químicas intrínsecas e agentes corrosivos externos. (GASTALDINI, 2000)

2.5.5 Capacidade de retenção de água

É a capacidade da argamassa fresca em manter sua consistência ou trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam perda de água (evaporação, sucção, absorção pelo componente). As argamassas de cal apresentam características favoráveis de retenção de água pela elevada superfície específica da cal e pela grande capacidade de absorção de seus cristais. (IPT, 1992)

Segundo o IPT (1992), o aumento da capacidade de retenção de água é obtido ainda pela utilização de aditivos cujas características impedem a perda de água para o componente, como é o caso dos derivados de celulose e aditivos que impedem a percolação de água capilar, como os aditivos incorporadores de ar.

Os fatores que influem sobre a capacidade de retenção de água das argamassas são: a área específica dos materiais constituintes e o número de íons ativos por unidade de superfície; a maturação prévia das argamassas de cal (período em que a pasta ou argamassa de cal são deixadas em descanso

antes da aplicação); a natureza da cal; a relação cal/cimento no traço; a relação agregado/aglomerante do traço. (IPT, 1992)

2.6 Tipos de argamassas

2.6.1 Argamassa de cal

Segundo GASTALDINI (2000), tradicionalmente, a argamassa é feita de cal e areia. Aquelas feitas com cal de alto teor de óxidos de cálcio e magnésio possuem trabalhabilidade otimizada. A argamassa de cal desenvolve a resistência à compressão lentamente e os valores máximos são pequenos, além do que para atingir estes valores máximos ela requer condições ambientais específicas, como a manutenção da umidade e a garantia de estar em contato com o dióxido de carbono no ar. As argamassas de cal possuem boa elasticidade e ao secar apresentam retração hidráulica de amplitude muito inferior as argamassas de cimento. As argamassas de cal são indicadas para empregos que exigem da argamassa elevados graus de trabalhabilidade, plasticidade, elasticidade e consistência de volume e não requeiram elevadas resistências mecânicas.

2.6.2 Argamassas de cimento

As argamassas de cimento Portland adquirem resistências iniciais e com o tempo bastante elevadas em comparação com outras argamassas. Em função das diversas composições teoricamente possíveis, ocorre uma variação acentuada nas resistências finais atingíveis. Porém, não se pode ajustar a resistência requerida para uma argamassa simplesmente variando a proporção relativa de cimento e areia, porque misturas pobres não possuem trabalhabilidade adequada e misturas ricas causam problemas de retração indesejáveis. As argamassas de cimento em relação as argamassas de cal possuem melhor aderência quando endurecida, são, em condições normais,

mais impermeáveis, resistem melhor a intempéries, são mais duráveis. Em contrapartida são mais caras, quando frescas possuem características de trabalhabilidade inferiores e quando endurecidas possuem menor capacidade de absorver deformações sem se romper. (GASTALDINI, 2000)

As argamassas de cimento são utilizadas normalmente quando os requisitos de aderência, impermeabilidade, resistência são determinantes.

2.6.3 Argamassas compostas de cal e cimento

Argamassas constituídas por adequadas proporções de cal e cimento possuem as propriedades desejáveis das argamassas simples feitas com cada material. Assim as argamassas compostas aliam à resistência e durabilidade requeridas, a trabalhabilidade adequada. (GASTALDINI, 2000)

2.6.4 Argamassa de gesso

Segundo GASTALDINI (2000), as argamassas de gesso são utilizadas unicamente para revestimento de paredes de alvenaria e tetos. Apesar da boa resistência à compressão, argamassas de gesso não possuem boa aderência com outros materiais quando endurecidas, o que desaconselha o seu uso no assentamento de elementos cerâmicos ou pétreos. Possuem excelente plasticidade e se solidifica muito mais rapidamente que outros tipos de argamassa.

Normalmente emprega-se argamassas mistas com cal, que tem a função de retardar a pega do gesso. As argamassas de gesso para revestimento, apesar do custo elevado do gesso natural, podem ser econômicas em virtude do alto rendimento que proporcionam.

2.7 A Escolha de Argamassas

Segundo GASTALDINI (2000), a escolha de um determinado tipo de argamassa é limitada pelas exigências construtivas pertinentes ao emprego que se dará a argamassa.

Uma argamassa a ser utilizada no assentamento de blocos ou tijolos de uma parede de alvenaria tradicional terá as seguintes funções primárias:

- I) Proporcionar uma camada constante, de tal maneira a distribuir as cargas atuantes na parede de maneira uniforme sobre toda a área resistente dos blocos ou tijolos.
- II) Absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita.
- III) Unir solidamente os elementos de alvenaria e ajudá-los a resistirem às forças laterais.
- IV) Selar as juntas contra a penetração de água de chuva.

2.8 Patologias das argamassas

Segundo CINCOTTO (1994), as argamassas de revestimento e assentamento podem apresentar-se com os seguintes danos:

- Eflorescência:
 - Aspectos Observados: Manchas de umidade, pó branco acumulado sobre a superfície.
 - Causas Prováveis: Umidade constante; sais solúveis presentes na água de amassamento ou umidade infiltrada; cal não carbonatada.

- Bolor:
 - Aspectos Observados: Manchas esverdeadas ou escuras, revestimento em desagregação.
 - Causas Prováveis: Umidade constante; área não exposta ao sol.

- Vesícula:

- Aspectos Observados: Empolamento da pintura apresentando-se as partes internas na empolas na cor: branca; preta; vermelho acastanhado; bolhas contendo umidade no seu interior.
- Causas Prováveis: Hidratação retardada do óxido de cálcio da cal; presença de pirita ou matéria orgânica na areia; presença de concentrações ferruginosas na areia; aplicação prematura de tinta impermeável; infiltração de umidade.

- Deslocamento com empolamento:
 - Aspectos Observados: A superfície do reboco descola do emboço formando bolhas, cujos os diâmetros aumentam progressivamente; o reboco apresenta-se com som cavo sob percussão.
 - Causas Prováveis: Hidratação retardada do óxido de magnésio da cal.

- Deslocamento em Placas:
 - Aspectos Observados: A placa apresenta-se endurecida, quebrando com dificuldade; sob percussão o revestimento apresenta som cavo.
 - Causas Prováveis: A superfície em contato com a camada inferior apresenta placas freqüentes de mica; argamassa muito rica em cimento; argamassa aplicada em camada muito espessa; corrosão de armadura do concreto de base.

- Deslocamento com Pulverulência:
 - Aspectos Observados: A película de tinta desloca arrastando o reboco que se desagrega com facilidade; o reboco apresenta som cavo sob percussão; o revestimento em monocamada desagrega-se com facilidade.
 - Causas Prováveis: Excesso de finos no agregado; argamassa magra; argamassa rica em cal; ausência de carbonatação da cal; argamassa de reboco aplicada em camada muito espessa.

- Fissuras Horizontais:

- Aspectos Observados: Apresentam-se ao longo de toda parede, com abertura variáveis; descolamento do revestimento em placas, com som cavo sob percussão.
- Causas Prováveis: Expansão da argamassa de assentamento por hidratação retardada do óxido de magnésio da cal; expansão da argamassa de assentamento por reação cimento-sulfatos, ou devido à presença de argilo minerais expansivos no agregado.

- Fissuras Mapeadas:
 - Aspectos Observados: Distribuem-se por toda a superfície do revestimento; pode ocorrer deslocamento do revestimento em placas de fácil desagregação.
 - Causas Prováveis: Retração da argamassa por excesso de finos no agregado; cimento como único aglomerante.

- Fissuras Geométricas:
 - Aspectos Observados: Acompanham o contorno do componente da alvenaria.
 - Causas Prováveis: Retração da argamassa de assentamento por excesso de cimento ou finos no agregado; movimentação higrotérmica do componente.

2.9 Materiais Cerâmicos

2.9.1 Definição

Segundo BAUER (1994), cerâmica é a pedra artificial obtida pela moldagem, secagem e cozedura de argilas. Argilas são materiais terrosos naturais que, quando misturados com água, adquirem a propriedade de apresentar alta plasticidade. Sabe-se hoje que as argilas são constituídas essencialmente de partículas cristalinas extremamente pequenas, formadas por um número restrito de substâncias argilo-minerais.

De acordo com a ABNT, as argilas são compostas de partículas coloidais de diâmetro inferior a 0,005 mm, com alta plasticidade quando úmidas e que, quando secas, formam torrões dificilmente desagregáveis pela pressão dos dedos. (BAUER, 1994)

2.9.2 Preparação dos materiais cerâmicos

Segundo BAUER (1994), a preparação dos materiais cerâmicos obedece às seguintes fases:

- extração de barro;
- preparo da matéria-prima;
- moldagem;
- secagem;
- cozimento;
- esfriamento.

2.9.3 Produtos básicos de cerâmica

Segundo BAUER (1994), os produtos de barro mais comuns utilizados na construção civil são:

- tijolos maciços;
- telhas;
- blocos de vedação;
- blocos estruturais;

- tabelas.

2.9.3.1 Tijolos maciços

Os tijolos maciços podem ser caracterizados como um tijolo de baixo custo e utilizados para estruturas de prédios ou como alvenaria de vedação.

O tijolo maciço, segundo BÄR (2003) apud PETRUCCI:

... deve apresentar como principais características de qualidade:

- 1) Regularidade de forma e igualdade de dimensões garantindo uniformidade no assentamento.
- 2) Arestas vivas e cantos resistentes.
- 3) Homogeneidade da massa, com ausência de fendas, trincas, cavidades e corpos estranhos.
- 4) Cozimento parelho, produzindo som metálico quando percutido com martelo.
- 5) Facilidade de corte, apresentando fratura de grão fino, homogênea e de cor uniforme.
- 6) Resistência à compressão suficiente para o fim proposto.
- 7) Absorção de água compreendida entre 10 e 18%. Valores superiores traduzem porosidade e permeabilidade do produto.

Um tijolo, para ser considerado ideal à construção, deve atender as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). No mercado quase não se encontra produtos que atendam as normativas. (BÄR, 2003 apud BAUER)

As normas que regulamentam a tijolo maciço cerâmico são:

NBR 6460/1983 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – verificação da resistência à compressão.

NBR 7170/1983 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – especificação.

NBR 8041/1983 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – forma e dimensões.

2.9.3.2 Blocos cerâmicos de vedação

A matéria-prima (barro) é de qualidade superior à utilizada na fabricação dos tijolos maciços, moldados em maromba. São blocos com furos na horizontal (cilíndrico ou prismáticos), utilizados quando a alvenaria funciona apenas como vedação e se deseja diminuir o peso próprio suportando pequenas cargas. (BÄR, 2003 apud BAUER)

Segundo BÄR (2003) apud PETRUCCI, os blocos cerâmicos de vedação apresentam as seguintes vantagens sobre os tijolos maciços:

1) São normalmente fabricados em marombas a vácuo apresentando-se com aspecto mais uniforme, arestas e cantos mais firmes, faces planas e melhor esquadrejados.

2) Tem menos peso por unidade de volume aparente.

3) Dificultam a propagação de umidade e favorecem a dessecação das paredes.

4) São mais absorventes do som e melhores do ponto de vista de isolamento térmico.

5) Apesar da redução da seção carregada, pela melhores qualidades intrínsecas provenientes do apuro na produção podem ter tensões de utilização, referidas à seção plena (sem desconto dos furos), da mesma ordem de grandeza dos tijolos maciços (1979, p.38).

No que se refere aos tijolos maciços, as normas brasileiras para este produto são:

NBR 6461/1983 – Blocos cerâmicos para alvenaria – verificação da resistência à compressão.

NBR 7171/1992 – Bloco cerâmico para alvenaria – especificações.

NBR 8042/1992 – Bloco cerâmico para alvenaria – forma e dimensões.

3. METODOLOGIA

3.1 Classificação do estudo

Serão analisadas as argamassas de assentamento, tijolos maciços e blocos de vedação, avaliados qualitativamente e quantitativamente através de ensaios realizados conforme as Normas Técnicas da ABNT.

3.2 Plano de coleta de dados

Em três obras das cidades de Condor (obra A, B e C) e Panambi (obras D, E e F) foram moldados oito corpos de prova de argamassa de assentamento. Também foram coletados materiais constituintes da argamassa (cimento, cal e areia). Nas obras ainda foram moldados três prismas com dois tijolos maciços, três prismas com dois blocos de vedação, três prismas com três tijolos maciços e três prismas com três blocos de vedação. Após a moldagem os corpos de prova de argamassa, os prismas e ainda vinte e sete tijolos maciços e vinte e sete blocos de vedação foram levados para o laboratório da Engenharia Civil na cidade de Ijuí para a realização de ensaios.

3.3 Plano de análise e interpretação dos resultados

3.3.1 Caracterização dos materiais constituintes da argamassa

Com os materiais constituintes da argamassa foram realizados ensaios de massa unitária (NBR 7251), massa específica (NBR 9776) e composição granulométrica da areia (NBR 7217).

3.3.2 Resistência das argamassas de assentamento

Com o objetivo de verificar as características físico-mecânicas (NBR 5739) das argamassas de assentamento, realizaram-se ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova cilíndricos ($\varnothing = 5 \text{ cm}$ e $h = 10 \text{ cm}$).

Os corpos de prova foram moldados e curados conforme (NBR 9479) e rompidos aos 7 e 28 dias de idade, quatro por idade, conforme (NBR 7215) que se refere à resistência a compressão.

No laboratório da Engenharia Civil os corpos de prova foram colocados em água saturada de cal para fazer a cura, onde ficavam até um dia antes de serem ensaiados.

Para o rompimento os corpos de prova eram primeiramente secados superficialmente e capeados com uma mistura quente de enxofre.

3.3.3 Verificação dimensional do bloco

Com o objetivo de conhecer as dimensões dos tijolos maciços e blocos de 6 furos realizou-se o ensaio dimensional (NBR 8041) tijolo maciço e (NBR 8042) blocos de 6 furos.

O ensaio consiste em colocar 24 tijolos ou blocos em fila medindo as suas dimensões, comprimento, largura e altura. A dimensão média é a dimensão lida na trena dividida pelo número de blocos.

3.3.4 Absorção de água do bloco

O ensaio consiste em colocar 13 blocos para serem secados em estufa, a uma temperatura entre 105°C e 110°C durante 24 horas. Tira-se os blocos da estufa, pesa-se os blocos completamente secos, coloca-os em um tanque contendo água para então após 24 horas, pesa-los novamente e ter o peso do bloco com água, peso saturado.

A absorção de água do bloco se consegue através da seguinte fórmula:

$$AA (\%) = \frac{Mh - Ms}{Ms} \times 100$$

Onde:

AA = Absorção de água

Mh = Massa do tijolo ou bloco em estado saturado em água

Ms = Massa do tijolo ou bloco seco

3.3.5 Resistência à compressão do bloco

No que se refere à resistência à compressão do bloco (NBR 6460), foram utilizados 13 blocos de 6 furos, os quais foram colocados em imersão em água, para então serem capeados com uma argamassa de regularização de cimento e areia (1:1) nas faces onde é aplicado o carregamento.

No caso dos tijolos maciços, também foram utilizados 13 tijolos, os quais foram primeiramente serrados ao meio, perpendicularmente, à sua maior dimensão, colocados em imersão em água para serem unidos através de uma argamassa de cimento e areia (1:1) de pequena espessura. Com a mesma argamassa os blocos foram capeados nas faces onde é aplicado o carregamento.

Após 6 dias da confecção dos prismas, de blocos de 6 furos e de tijolos maciços, estes foram imersos em água saturada de cal, onde ficavam por 24 horas, foram secados superficialmente para então serem ensaiados.

3.3.6 Aderência na alvenaria

Para obtermos a aderência por cisalhamento da alvenaria foram moldados prismas com três blocos.

Os blocos para a confecção dos prismas com três blocos de 6 furos ou tijolos maciços foram colocados em imersão em água para então serem moldados com a argamassa de assentamento utilizada na obra, com um centímetro de espessura.

Os prismas foram rompidos aos 28 dias de idade.

O dispositivo de carga e apoio para o ensaio de cisalhamento direto, não confinado, da triplete (figura 1) foi similar ao proposto por RIDDINGTON et al (1991). Este tipo de prisma, com três unidades foi escolhido porque é relativamente fácil de construir e não aplica grau insatisfatório de flexão na triplete, como o modelo prescrito pelo Projeto de Norma Brasileira 2.033.04-002 ABNT, 1990. (TORRESCASANA, 1999)

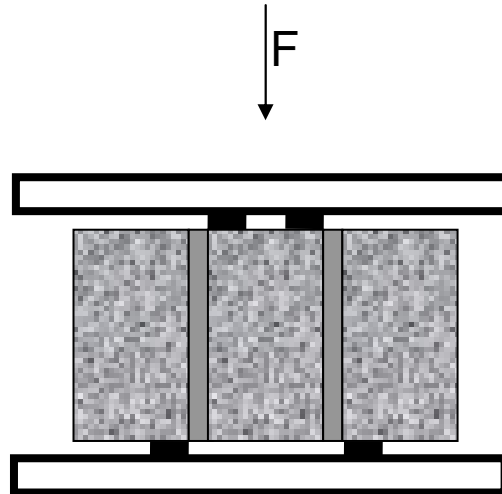


Figura 1: Dispositivo de carga e apoio da tripleta.

O rompimento foi feito com uma carga sobre o bloco central, sendo os outros dois extremos apoiados sobre plano horizontal, conforme a fig. 1. A resistência de aderência foi medida pelo quociente entre a carga utilizada por 2 vezes a seção transversal média do bloco central.

$$\tau_z = \frac{F}{2A}$$

3.3.7 Resistência dos prismas

Com os tijolos e blocos foram confeccionados prismas de dois blocos, para obtermos a resistência dos mesmos.

Os blocos para a confecção dos prismas com dois blocos de 6 furos ou tijolos maciços, foram primeiramente colocados na água para que não absorvessem a água de amassamento da argamassa, para então serem moldados com a argamassa de assentamento utilizada na obra, com um centímetro de espessura.

No laboratório da Engenharia Civil os blocos foram colocados em imersão em água por aproximadamente dez minutos, para fazer a

regularização de ambas as faces, com uma argamassa de cimento e areia (1:1) de pequena espessura, onde é aplicado o carregamento, após 28 dias de idade.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Resultados dos ensaios de caracterização dos materiais constituintes da argamassa

Na Tabela 1 apresentam-se os dados de massa unitária (NBR 7251) e massa específica (NBR 9776) dos materiais caracterizados em Condor.

Tabela 1 – Massa unitária e massa específica do cimento, cal e areia

Características Físicas						
O b r a	Cimento Votoram CP IV - F32		Cal Hidratada Primor Extra		Areia	
	Massa Unitária Solta (Kg/dm ³)	Massa Específica (Kg/dm ³)	Massa Unitária Solta (Kg/dm ³)	Massa Específica (Kg/dm ³)	Massa Unitária Solta (Kg/dm ³)	Massa Específica (Kg/dm ³)
	B	0,929	2,826	0,706	2,315	1,568

Na Tabela 2 apresentam-se os dados de massa unitária (NBR 7251) e massa específica (NBR 9776) dos materiais caracterizados em Panambi.

Tabela 2 – Massa unitária e massa específica do cimento e areia

Características Físicas				
O b r a	Cimento Cauê CP II - F32		Areia	
	Massa Unitária Solta (Kg/dm ³)	Massa Específica (Kg/dm ³)	Massa Unitária Solta (Kg/dm ³)	Massa Específica (Kg/dm ³)
	D	1,079	3,153	1,5760

Na Tabela 3 apresentam-se os dados do módulo de finura e do diâmetro máximo da areia de Condor e Panambi.

Tabela 3 – Módulo de finura e diâmetro máximo

Composição Granulométrica da Areia - NBR 7217		
Obra	Diâmetro Máximo (mm)	Módulo de Finura
B	2,4	1,9231
D	2,4	1,9277

Com os resultados das tabelas 1, 2 e 3 pode-se observar que as caracterizações físicas e mecânicas dos materiais constituintes da argamassa estão de acordo com a literatura técnica.

4.2 Resultado dos ensaios de resistência das argamassas de assentamento

Na Tabela 4 apresentam-se os resultados dos ensaio de compressão axial dos corpos de prova de argamassa de assentamento, ensaiados aos 7 e 28 dias de idade.

Tabela 4 – Resultados de resistência à compressão axial da argamassa.

Obra	Traço	fa (MPa)											
		7 dias						28 dias					
		Cp 1	Cp 2	Cp 3	Cp 4	Média	C.V. %	Cp 1	Cp 2	Cp 3	Cp 4	Média	C.V. %
A	1:6	5,13	3,86	3,68	4,97	4,41	14,64	5,44	6,45	6,82	6,11	6,21	8,18
B	1:1:6	1,42	1,48	1,44	1,40	1,44	2,05	2,64	2,79	3,11	2,82	2,84	5,99
C	1:5	3,68	5,19	4,66	4,76	4,57	11,86	7,80	6,36	7,25	6,95	7,09	7,33
D	1:5	8,86	8,61	8,85	8,63	8,74	1,35	11,85	11,77	10,48	11,99	11,52	5,26
E	1:6	2,05	2,64	2,78	2,47	2,49	11,00	3,15	3,43	3,16	3,13	3,22	3,82
F	1:5	3,40	3,15	3,07	3,01	3,16	4,70	3,70	4,75	5,11	3,61	4,29	15,17

Na tabela 4 pode-se observar que a obra D apresenta uma resistência muito elevada, podendo apresentar imediatamente patologias.

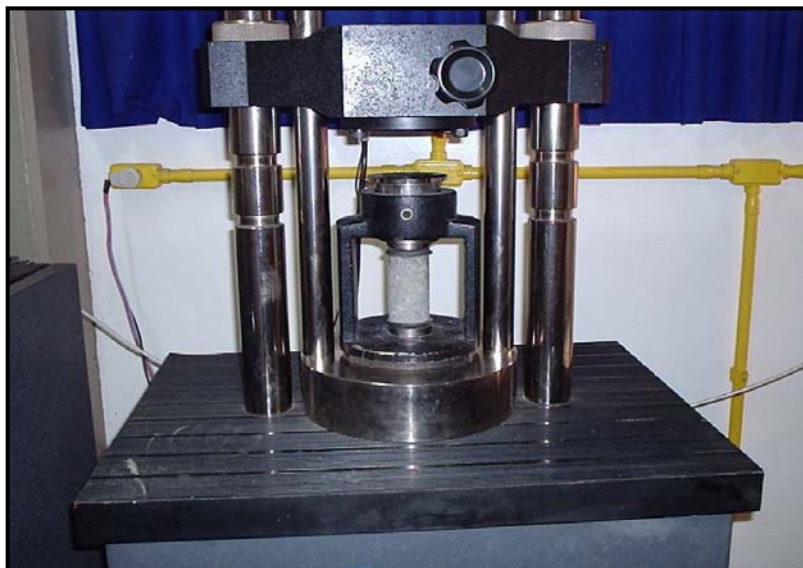


Figura 2 – Detalhe de resistência à compressão axial da argamassa.

4.3 Resultado dos produtos cerâmicos

Das amostras de blocos de 6 furos e de tijolos maciços, grande parte apresentaram defeitos como: trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e empenamento.

4.3.1 Resultados dos ensaios de verificação dimensional dos blocos

Na Tabela 5 apresentam-se os resultados dos ensaios de verificação dimensional dos tijolos maciços (NBR 8041).

Tabela 5 – Dimensões dos tijolos maciços

Obra	Dimensões		
	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)
A	22,05	10,00	5,16
B	21,74	9,98	5,51
C	21,94	10,13	5,54
D	20,26	10,31	5,59
E	21,25	10,07	5,10
F	21,10	10,79	5,70
Média	21,39	10,21	5,43
C.V. (%)	2,85	2,73	4,1

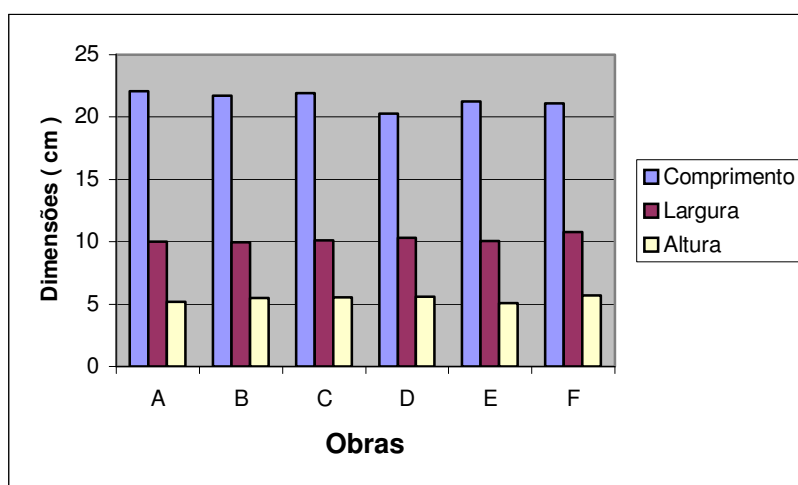


Figura 3 – Dimensões dos tijolos maciços

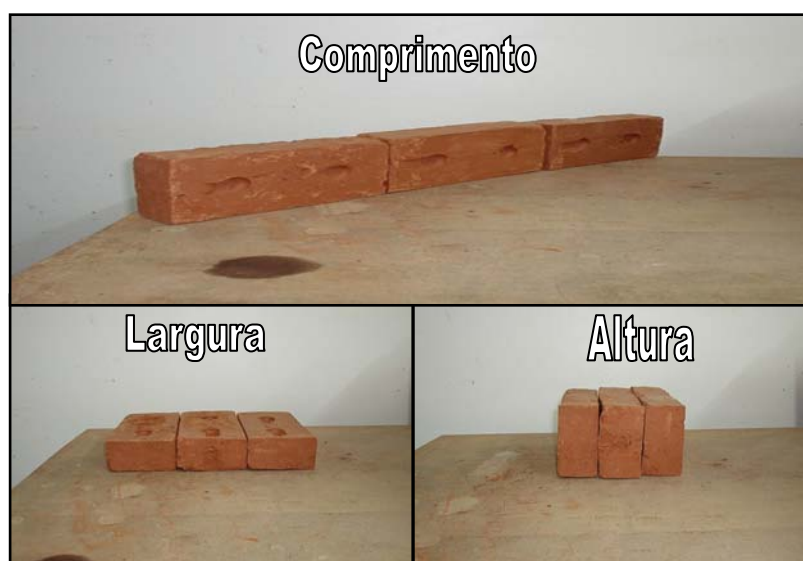


Figura 4 – Verificações dimensionais dos tijolos maciços

Com os resultados da tabela 5 pode-se observar que os tijolos maciços, no que diz respeito às dimensões médias, não se enquadram conforme a norma, que prescreve as seguintes dimensões nominais recomendadas:

- Comprimento = 190 mm;

- Largura = 90 mm;

- Altura = 57 mm.

O comprimento e a largura do tijolo maciço em todas as obras pesquisadas sempre é maior, já a altura, com exceção do tijolo da obra F, é sempre menor que o valor recomendado pela norma.

Na Tabela 6 apresentam-se os resultados dos ensaios de verificação dimensional dos blocos de 6 furos (NBR 8042).

Obra	Dimensões		
	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)
A	19,67	9,10	13,57
B	20,18	10,10	13,41
C	19,48	9,25	14,05
D	20,50	9,22	13,72
E	19,21	8,98	13,75
F	20,10	8,97	13,35
Média	19,86	9,27	13,64
C.V. (%)	2,22	4,16	1,71

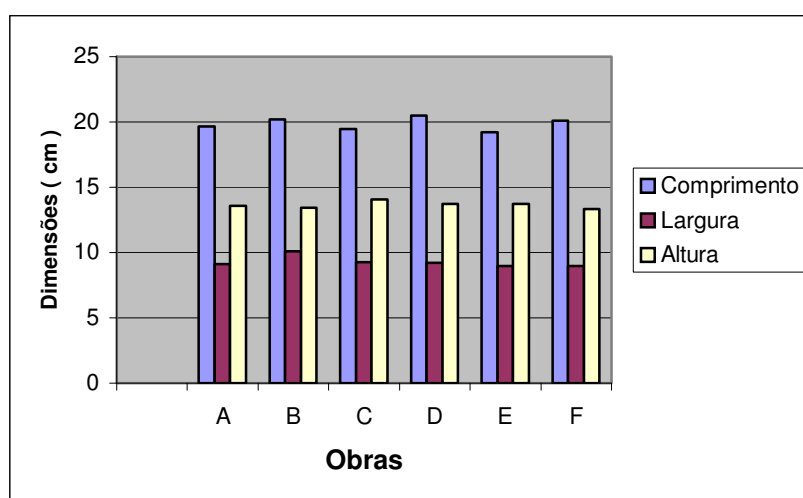


Figura 5 – Dimensões dos blocos de 6 furos



Figura 6 - Verificações dimensionais dos blocos de 6 furos

Com os resultados da tabela 6 pode-se observar que os blocos de 6 furos, no que diz respeito as dimensões médias, não se enquadram conforme a norma. Segundo a norma as tolerâncias máximas de fabricação admitidas são de ± 3 mm para as três dimensões.

4.3.2 Resultados dos ensaios de absorção de água dos blocos

Na Tabela 7 apresentam-se os resultados dos ensaios de absorção dos tijolos maciços.

Tabela 7 – Absorção de água dos tijolos maciços

Obra	Absorção	
	Média (%)	Coefficiente de variação (%)
A	17,76	9,79
B	21,67	3,05
C	16,59	15,31
D	17,75	11,72
E	19,00	4,00
F	14,22	26,30

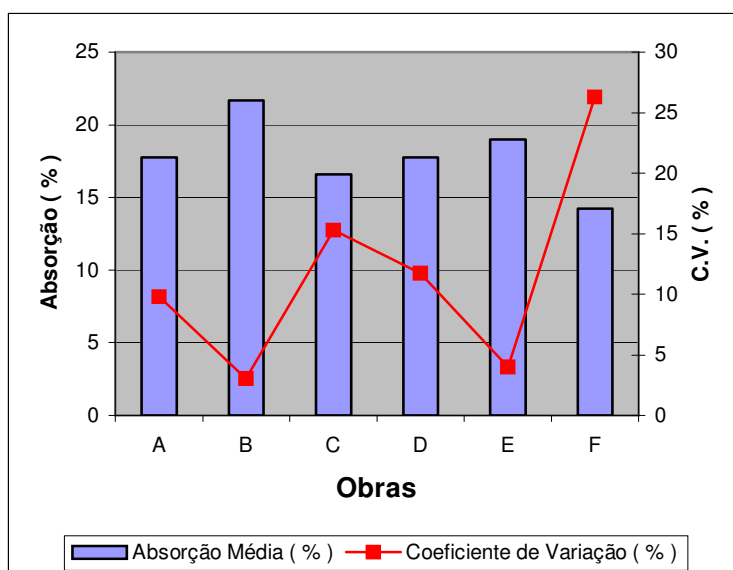


Figura 7 – Absorção de água dos tijolos maciços

Na tabela 7 pode-se observar que a média de absorção de água dos tijolos maciços, varia de 14,22 % a 21,67 %, estão de acordo com a norma.

Na Tabela 8 apresentam-se os resultados dos ensaios de absorção dos blocos de 6 furos.

Tabela 8 – Absorção de água dos blocos de 6 furos

Obra	Absorção	
	Média (%)	Coefficiente de variação (%)
A	15,36	14,58
B	19,20	9,48
C	16,62	12,16
D	16,98	6,07
E	17,57	3,19
F	14,16	20,27

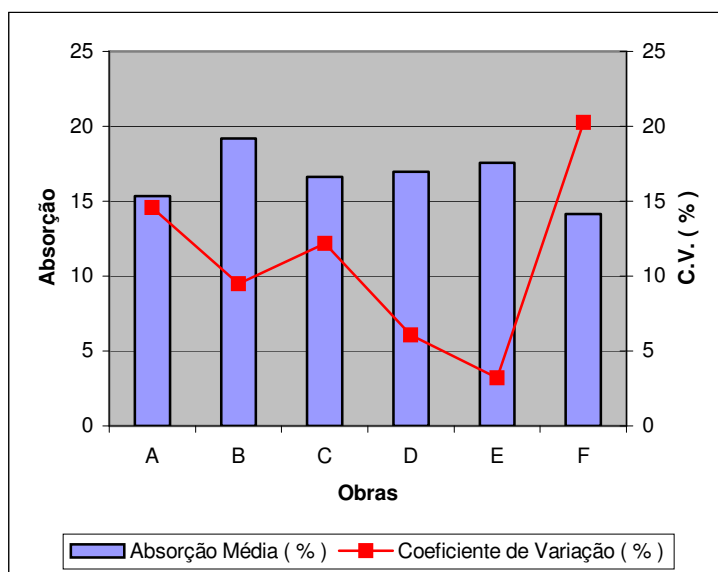


Figura 8 – Absorção de água dos blocos de 6 furos

Na tabela 8 pode-se observar uma variação de 14,16 % a 19,20 % na absorção média de água dos blocos de 6 furos, estão de acordo com a norma.

4.3.3 Resultados dos ensaios de resistência à compressão dos blocos

Na Tabela 9 apresentam-se os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos tijolos maciços.

Tabela 9 – Resistência à compressão dos tijolos maciços

Obra	Resistência à Compressão				
	Média (MPa)	Desv. Padrão (%)	Coef. de Variação (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
A	7,08	1,17	16,53	5,65	9,17
B	7,75	0,94	12,13	6,10	9,27
C	7,72	1,83	23,71	5,61	11,91
D	17,09	1,35	7,90	14,60	19,48
E	9,14	0,75	8,21	7,84	10,53
F	8,01	2,40	29,98	3,71	12,36
Média	9,47	1,41	16,41	7,25	12,12

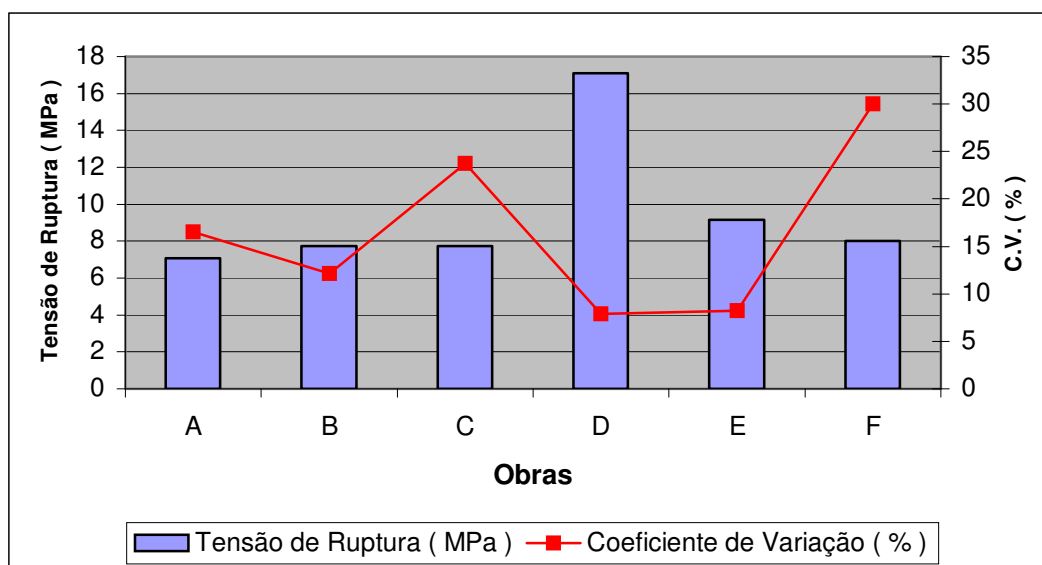


Figura 9 – Resistência à compressão dos tijolos maciços



Figura 10 – Detalhe de resistência à compressão do tijolo maciço

A NBR 7170 classifica os tijolos maciços nas seguintes categorias, no que diz respeito a resistência média à compressão:

- Categoria A – 1,5 MPa;
- Categoria B – 2,5 MPa;
- Categoria C – 4,0 MPa.

Pode-se observar na tabela 9, que a resistência à compressão dos tijolos maciços apresenta uma variação média entre 7,08 MPa e 17,09 MPa, com um valor médio de 9,47 MPa e um coeficiente de variação entre 7,90 % e 29,98 %. Os tijolos maciços encontrados nas obras estão na categoria C.

Na Tabela 10 apresentam-se os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos blocos de 6 furos.

Tabela 10 – Resistência à compressão dos blocos de 6 furos

Obra	Resistência à Compressão				
	Média (Mpa)	Desv. Padrão (%)	Coef. de Variação (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)
A	2,20	0,54	24,56	0,80	3,19
B	2,15	0,54	25,14	0,80	3,19
C	1,20	0,16	13,38	0,98	1,47
D	1,49	0,26	17,39	0,94	2,12
E	1,70	0,19	11,21	1,37	2,10
F	2,30	0,53	23,09	1,80	3,28
Média	1,84	0,37	19,13	1,12	2,56

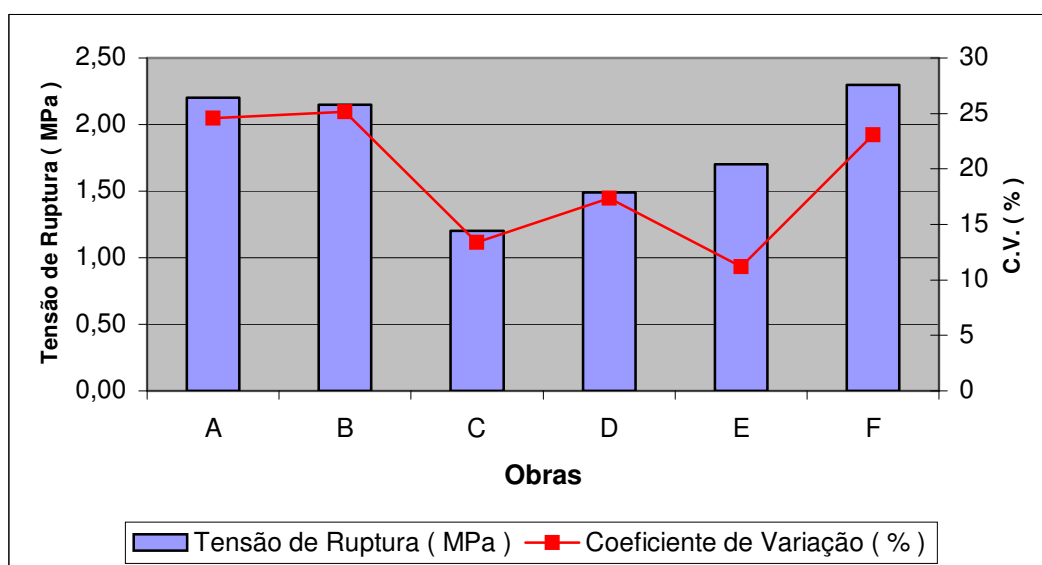


Figura 11 – Resistência à compressão dos blocos de 6 furos

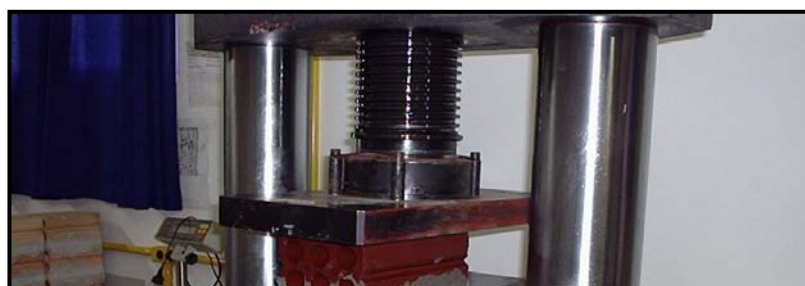


Figura 12 – Detalhe de resistência à compressão do bloco de 6 furos

A NBR 7171 classifica os blocos de 6 furos no que diz respeito a resistência à compressão, nas seguintes classes.

- Classe 10 – 1,0 MPa;
- Classe 15 – 1,5 MPa;
- Classe 25 – 2,5 MPa;
- Classe 45 – 4,5 MPa;
- Classe 60 – 6,0 MPa;
- Classe 70 – 7,0 MPa;
- Classe 100 – 10,0 MPa.

Na tabela 10 observa-se que a resistência à compressão dos blocos de 6 furos apresentam uma variação média entre 1,20 MPa e 2,30 MPa, com um valor médio de 1,84 MPa, já o coeficiente de variação esta entre 11,21 % e 25,14 %. Os blocos das obras A, B e F estão na classe 25, obra C e D classe 10 e obra E está na classe 15.

4.3.4 Resultados dos ensaios de aderência na alvenaria

Na Tabela 11 apresentam-se os resultados dos ensaios de aderência por cisalhamento dos tijolos maciços.

Tabela 11 – Aderência por cisalhamento dos tijolos maciços

Obra	Traço	fad (MPa)				
		Cp 1	Cp 2	Cp 3	Média	C.V. (%)
A	1:6	0,10	0,10	0,14	0,11	17,86
B	1:1:6	0,09	0,07	0,09	0,08	11,55
C	1:5	0,17	0,21	0,14	0,17	17,41
D	1:5	0,28	0,22	0,30	0,27	11,18
E	1:6	0,16	0,19	0,11	0,15	19,41
F	1:5	0,11	0,07	0,09	0,09	17,44

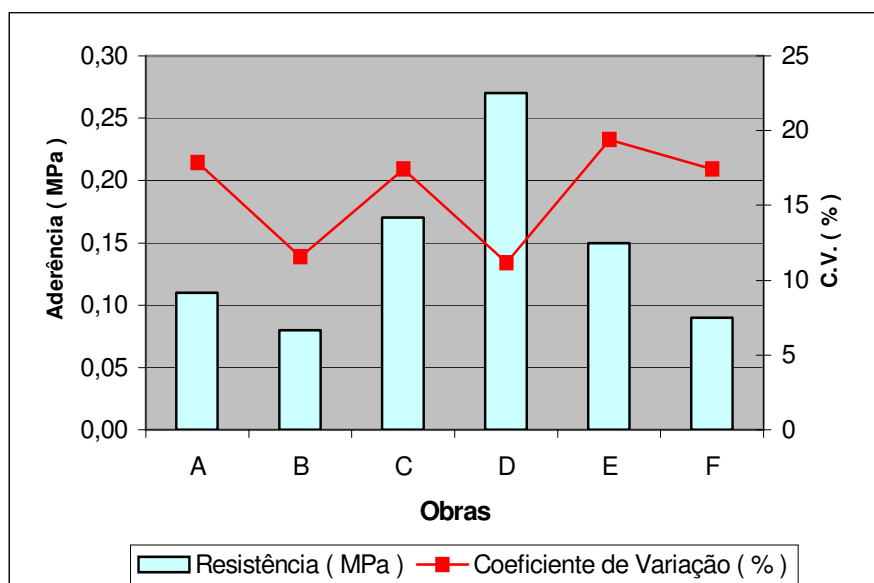


Figura 13 – Aderência por cisalhamento dos tijolos maciços



Figura 14 – Detalhe de aderência por cisalhamento dos tijolos maciços

Na Tabela 12 apresentam-se os resultados dos ensaios de aderência por cisalhamento dos blocos de 6 furos.

Tabela 12 – Aderência por cisalhamento dos blocos de 6 furos

Obra	Traço	fad (MPa)				
		Cp 1	Cp 2	Cp 3	Média	C.V. (%)
A	1:6	0,18	0,13	0,13	0,15	13,50
B	1:1:6	0,08	0,10	0,17	0,12	25,81
C	1:5	0,31	0,31	0,51	0,38	23,93
D	1:5	0,26	0,33	0,21	0,27	18,73
E	1:6	0,25	0,15	0,09	0,16	37,25
F	1:5	0,51	0,25	0,31	0,35	31,01

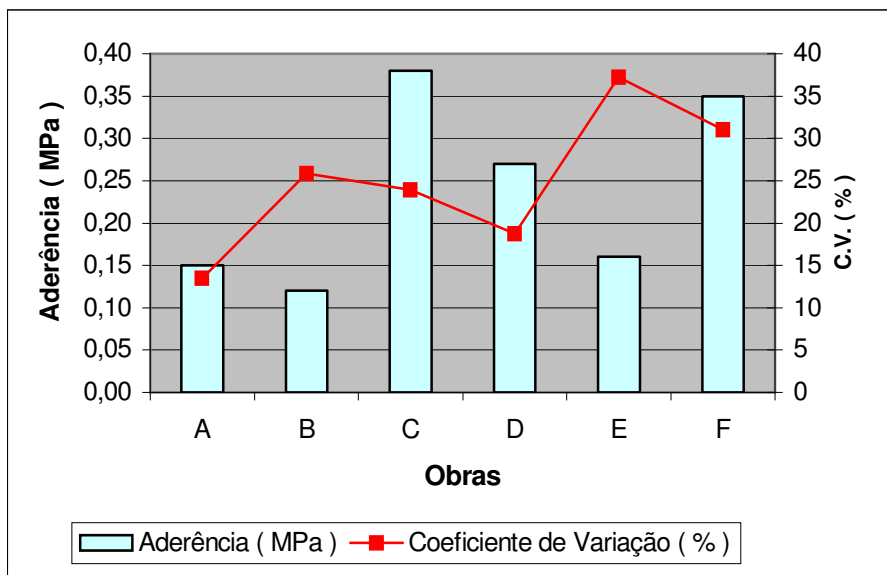


Figura 15 – Aderência por cisalhamento dos blocos de 6 furos



Figura 16 – Detalhe de aderência por cisalhamento dos blocos de 6 furos

4.3.5 Resultados dos ensaios de resistência dos prismas

Na Tabela 13 apresentam-se os resultados dos ensaios de resistência dos prismas dos tijolos maciços.

Tabela 13 – Resistência dos prismas dos tijolos maciços

Obra	Traço	Cp (MPa)				
		Cp 1	Cp 2	Cp 3	Média	C.V. (%)
A	1:6	5,15	5,12	5,16	5,14	0,31
B	1:1:6	9,22	8,80	9,17	9,06	1,99
C	1:5	10,60	8,00	8,86	9,15	11,80
D	1:5	10,51	11,64	12,72	11,62	7,14
E	1:6	7,17	5,52	6,00	6,23	11,07
F	1:5	7,00	10,01	8,76	8,59	14,32

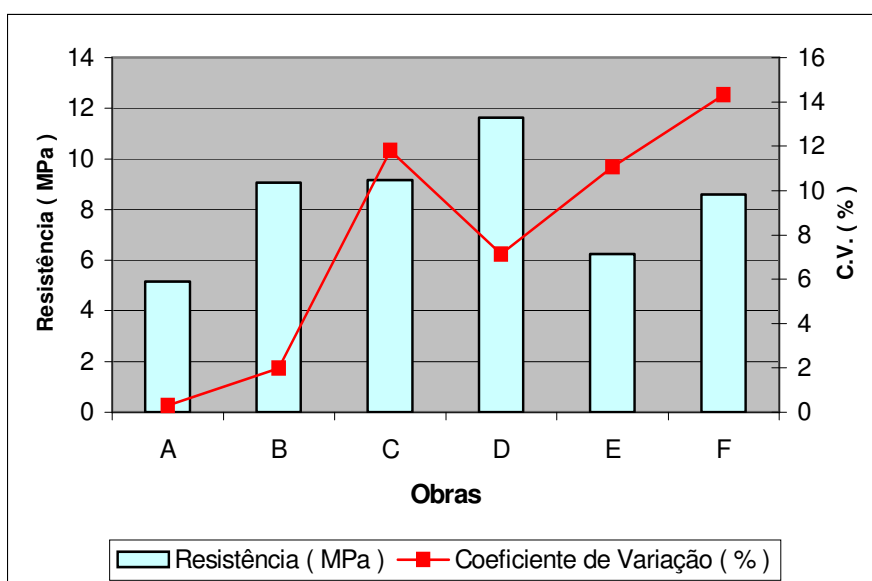


Figura 17 – Resistência dos prismas dos tijolos maciços

Na Tabela 14 apresentam-se os resultados dos ensaios de resistência dos prismas dos blocos de 6 furos.

Tabela 14 – Resistência dos prismas

Obra	Traço	Cp (MPa)				
		Cp 1	Cp 2	Cp 3	Média	C.V. (%)
A	1:6	1,09	1,14	1,56	1,26	16,64
B	1:1:6	0,50	0,50	0,47	0,49	2,05
C	1:5	0,99	0,98	1,11	1,03	5,84
D	1:5	1,55	1,35	1,82	1,57	12,10
E	1:6	1,19	1,06	1,31	1,19	8,42
F	1:5	1,98	1,59	1,43	1,26	13,81

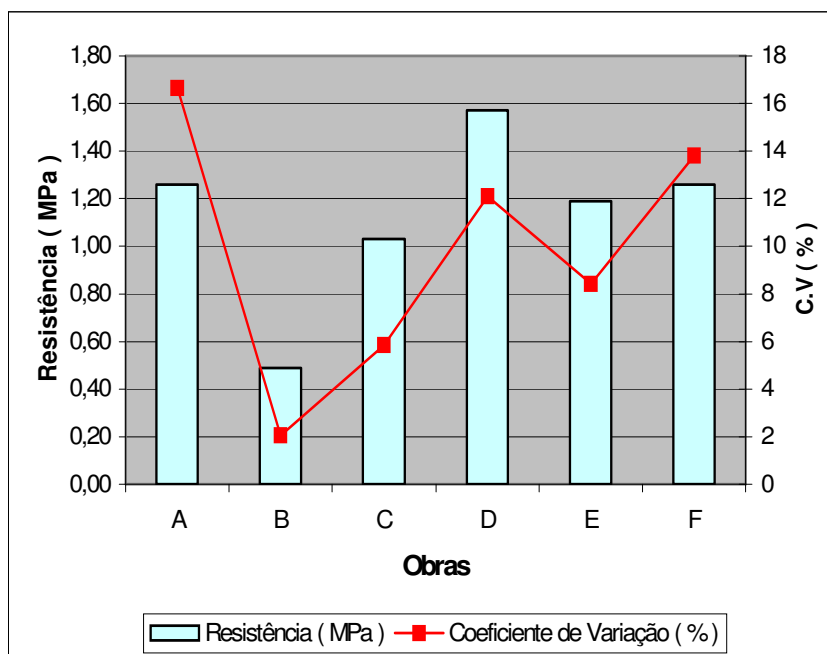


Figura 18 - Resistência dos prismas dos blocos de 6 furos

4.3.6 Fator de eficiência prisma/bloco

Na Tabela 15 apresentam-se os resultados do fator de eficiência prisma/bloco dos tijolos maciços.

Tabela 15 – Fator de eficiência prisma/bloco dos tijolos maciços

Obra	Resistência (MPa)				Fator de Eficiência
	Bloco	C.V. %	Prisma	C.V. %	
A	7,08	16,53	5,14	0,31	0,73
B	7,75	12,13	9,06	1,99	1,17
C	7,72	23,71	9,15	11,8	1,19
D	17,09	7,9	11,62	7,14	0,68
E	9,14	8,21	6,23	11,07	0,68
F	8,01	29,98	8,59	14,32	1,07

Na Tabela 16 apresentam-se os resultados do fator de eficiência prisma/bloco dos blocos de 6 furos.

Tabela 16 – Fator de eficiência prisma/bloco dos blocos de 6 furos

Obra	Resistência (MPa)				Fator de Eficiência
	Bloco	C.V. %	Prisma	C.V. %	
A	2,2	24,56	1,26	16,64	0,57
B	2,15	25,14	0,49	2,05	0,23
C	1,2	13,38	1,03	5,84	0,86
D	1,49	17,39	1,57	12,1	1,05
E	1,7	11,21	1,19	8,42	0,70
F	2,3	23,09	1,2	13,81	0,52

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na análise dos resultados verificados nos ensaios, podemos conduzir as seguintes observações:

- Registrar que os materiais disponibilizados para a investigação, no geral, estão dispostos nas obras de maneira não recomendável, pois suas exposições às intempéries, seus cuidados, conduzirão os produtos finais a futuras patologias.
- Pode-se dizer que os resultados das caracterizações físicas e mecânicas dos aglomerantes e agregados, não apresentaram variações que pudessem se destacar, se confrontados com valores de literatura técnica.
- Os resultados dos corpos de prova de argamassa apresentam valores médios acima dos valores médios obtidos para os blocos de vedação. Com estas resistências extras possivelmente irá influir nos resultados de aderência e do prisma/bloco, importantes na vedação da parede.
- A obra D apresentou resultado muito elevado para o tipo de argamassa que se destina – assentamento – podendo rapidamente apresentar patologias, como retração volumétrica.
- Pode-se verificar através dos ensaios dimensionais que os dois tipos (maciço, vedação) de elementos cerâmicos não se enquadram dentro de suas respectivas normativas, tendo que se destacar que a dimensão, comprimento e largura são os que mais variam, sendo que a altura é que se manteve mais uniforme.

- Observando-se os valores médios de absorção tanto para o tijolo maciço como para o bloco de vedação nota-se que há pouca variação e que estes atendem o exigido pela NBR 7171 (variação entre 8% e 25% de absorção).
- Dentre os elementos cerâmicos coletados nas obras constatou-se que tanto os maciços como os blocos de vedação, apresentaram poucas variações de tensões, enquadrando-os, todos dentro de suas classes de resistências.
- As resistências de aderência por cisalhamento apresentadas pelos prismas mostraram-se abaixo do apresentado pela literatura ($\sigma_{ad} = 0,30 \text{ Mpa}$) o que é contrastante com os resultados das argamassas.
- Ao verificarmos as tabelas correspondentes à resistência média dos prismas e blocos podemos observar que esta relação prisma/bloco, denominado fator de eficiência , os resultados se apresentaram elevados dentro de uma faixa verificada em literatura.

SUGESTÕES FUTURAS

Uma análise mais aprofundada para argamassas de assentamento, sugerindo uniformizar um traço para o assentamento de blocos.

Uma investigação na área de cerâmica vermelha visando conscientizar o setor produtivo para melhoraria do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMTHAUER, P. R. **Argamassa de Assentamento – Uma Verificação do Estágio Atual na Cidade de Ijuí**. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil Unijuí. Ijuí: 2001. 54 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 5736**. Cimento Portland Pozolânico – Especificação. Rio de Janeiro: 1986.

_____. **NBR 6460**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: 1983.

_____. **NBR 6461**: Bloco cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: 1983.

_____. **NBR 7170**. Tijolo maciço para alvenaria – Especificação. Rio de Janeiro: 1983.

_____. **NBR 7171**: Bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro: 1983.

_____. **NBR 7175**. Cal Hidratada - Especificação. Rio de Janeiro: 1986.

_____. **NBR 7215**: Cimento - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: 1996.

_____. **NBR 7217**: Agregados - Determinação da composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro: 1982.

_____. **NBR 7224.** Cimento - Determinação de área específica. Rio de Janeiro: 1984.

_____. **NBR 7251:** Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro: 1982.

_____. **NBR 8041:** Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Forma e dimensões. Rio de Janeiro: 1983.

_____. **NBR 8042:** Bloco cerâmico para alvenaria – Forma e dimensão. Rio de Janeiro: 1992.

_____. **NBR 9205.** Cal Hidratada - Determinação da estabilidade. Rio de Janeiro: 1985.

_____. **NBR 9206.** Cal Hidratada - Determinação da plasticidade. Rio de Janeiro: 1985.

_____. **NBR 9776:** Agregado Miúdo - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: 1987.

_____. **NBR 13276:** Argamassa - Consistência padrão. Rio de Janeiro: 1995.

_____. **NBR 13277.** Argamassas para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro: 1982.

BÄR, A . **Caracterização dos Tijolos e Blocos Cerâmicos Utilizados na Cidade de Ijuí.** Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Civil Unijuí. Ijuí: 2003. 61 p.

BAUER, L. A . F. **Materiais de Construção – Novos Materiais para Construção Civil**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC 1994. 435 p.

CINCOTTO, M. A . **Patologias das Argamassas**. São Paulo, IPT , 1994, p.3 a 9.

FRANCO, L. S . **Desempenho da alvenaria à compressão**. São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, 1988, 14p. BT – PCC 20/88.

GASTALDINI, A . L. G. **Coletânea de Artigos – Resumo**. UFSM, 2000.

GUIMARÃES, J. E. P. **A Cal – Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. São Paulo: Pini, 1997. 285 p.

HELENE, P. R. L. **Manual de Dosagem e Controle de Concreto**. São Paulo: Pini, 1992. 349 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Normalização de misturas prontas para argamassas de revestimento externo de alvenaria, fase I: levantamento de dados da literatura**. São Paulo, 1992, (Relatório n. 30.027).

NEVILLE, A . M. **Propriedades do Concreto**. 2.ed. São Paulo: Pini, 1997. 828 p.

PEDROSO, G. M. **Estudo de resistência de aderência ao cisalhamento na alvenaria estrutural**. Santa Maria: 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Santa Maria, 2001.

Sánchez, E. S. F. **Alvenaria Estrutural – Novas Tendências Técnicas e de Mercado**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 89 p.

TORRESCASANA, C. E. N. **Aderência: influência das condições de superfície do substrato na interface argamassa – Bloco cerâmico.** Santa Maria: 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Santa Maria, 1999.