

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

FABIANO QUEIROZ

**ESTUDO COMPARATIVO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E
MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

FABIANO QUEIROZ

**ESTUDO COMPARATIVO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E
MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado como requisito parcial para a obtenção
do título de Engenheiro Civil, do Curso Engenharia
Civil, da Coordenação de Engenharia Civil – COECI
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fabiana Goia Rosa de
Oliveira.

CAMPO MOURÃO

2014



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



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº 41

ESTUDO COMPARATIVO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL

Por

FABIANO QUEIROZ

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 20h20min do dia 17 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Fabiana Goia Rosa de Oliveira

(UTFPR)

Orientadora

Prof. Esp. Sérgio R. Oberhauser

Quintanilha Braga

(UTFPR)

**Prof. Me. Adalberto Luiz Rodrigues de
Oliveira**

(UTFPR)

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

Coordenador do Curso de Engenharia Civil: **Prof^a Dr. Marcelo Guelbert**

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

Dedicatória:

*Aos meus pais Dilson Queiroz e Maria de Fatima Queiroz,
Aos meus irmãos Fernando e Flavio que me deram todo apoio,
A minha esposa Adriane que esteve ao meu lado durante toda minha formação*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar forças, paciência e a sabedoria necessária para enfrentar todos os períodos difíceis que passei para conseguir chegar até aqui.

Agradeço aos meus pais Dilson e Maria, por me darem todo suporte mesmo sem condições para isso, por todas as vezes que deixaram de viver junto comigo, sofreram junto comigo, pelas noites em claro que passaram enquanto eu estudava fora de casa, agradeço por todo amor dedicado a mim, não só neste período da minha vida, mas que é dedicado a cada dia da minha vida.

Aos meus irmãos Flavio e Fernando por todo suporte, força, conselhos, por sempre estarem dispostos a ajudar esse seu irmão aqui. .

Agradeço a minha esposa Adriane Daniele dos Santos Queiroz, por toda paciência e apoio, principalmente nos últimos anos, esteve sempre pronta a me ajudar, obrigado por fazer parte da minha vida.

Ao meu eterno amigo Jonathan, que já não está mais entre nós, obrigado pela força incentivo e conselhos no período mais difícil que passei na graduação.

Agradeço a minha orientadora Professora Dr^a. Fabiana Goia Rosa de Oliveira, pelos teus conselhos, correções e amizade que sempre foram dedicados a mim durante toda essa minha caminhada, não tenho palavras para expressar a minha gratidão, que Deus lhe abençoe sempre.

A todos os meus amigos, que me apoiaram, riram e choraram junto comigo durante a minha graduação, em especial Luiz Felipe B. Alves, Marcelo D. Vieira, Maiko C. Sedoski e Jucimar dos Santos.

A todos os professores da COECI – Coordenação de Engenharia Civil da UTFPR.

RESUMO

QUEIROZ, Fabiano. **ESTUDO COMPARATIVO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL**. 2014. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

A argamassa produzida in loco empregada no assentamento dos blocos em alvenaria estrutural não vem recebendo a devida atenção no canteiro de obras há décadas, mesmo com toda evolução do setor, muitas construtoras deixam a produção da argamassa na responsabilidade do mestre de obras, que por sua vez passa essa responsabilidade para pedreiros e serventes que na maioria dos casos somente se preocupam com a trabalhabilidade, que não é um parâmetro que possa ser medido diretamente. No presente trabalho foi realizado um estudo comparativo de propriedades físicas e mecânicas de três traços de argamassa de assentamento com diferentes dosagens. Foram realizados ensaios de resistência à compressão, retenção de água e de densidade de massa e teor de ar incorporado. Todos os resultados foram confrontados com o que prescreve a NBR 13281/2001, que estabelece os requisitos para argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos, e comparados com a bibliografia.

Palavras chave: Argamassa. Produção. Propriedades físicas e mecânicas.

ABSTRACT

QUEIROZ, Fabiano. **COMPARATIVE STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MORTAR FOR STRUCTURAL MASONRY**. 2014. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

The mortar produced in loco, used for laying blocks in structural masonry has not been receiving the due attention on the construction site for decades, even with all the evolution on this sector, many building companies let the production of mortar on master builder's responsibility, who passes the buck to masons and servants who in most cases only worry about the workability, which is not a parameter measured directly. In the present paper was performed a comparative study of physical and mechanical properties for three lines of laying mortar with different dosages. Tests of compression resistance, water retention and density of mass and content of entrained air were made. All results was compared with what is prescribed by NBR 1381/2001, which establishes the requisites for laying and coating mortar in walls and ceilings, and bibliography.

Keywords: Mortar, Production, Physical and mechanical properties.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM (MPa) PARA AS TRÊS IDADES	47
GRÁFICO 2 - EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM (MPa) PARA AS TRÊS IDADES	47
GRÁFICO 3 - - EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM (MPa) PARA AS TRÊS IDADES	48
GRÁFICO 4 - COMPARATIVO DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO EM (MPa) AOS 28 DIAS	48
GRÁFICO 5 - COMPARATIVO DA DENSIDADE DE MASSA E TEOR DE AR INCORPORADO PARA OS TRAÇOS	51
Gráfico 6 – VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO, EM RELAÇÃO AO TEOR DE AR INCORPORADO.....	52
GRÁFICO 7 - COMPARATIVO DO TEOR DE AR INCORPORADO PARA OS TRAÇOS	52
GRÁFICO 8 – VARIAÇÃO DA RETENÇÃO DE AGUA CONFORME VARIOU A RELAÇÃO A/C	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EDIFÍCIO MONADNOCK EM CHICAGO	16
FIGURA 2 – ILUSTRAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE BLOCOS.....	18
FIGURA 3 - VERGAS E CONTRAVERGAS CONTÍNUAS	19
FIGURA 4 – RESULTADOS ENTRE AS VARIÁVEIS MECÂNICAS E FÍSICAS DAS ARGAMASSAS	25
FIGURA 5 – DIVISÃO DO SERVIÇO DE ALVENARIA.....	28
FIGURA 6 – APLICAÇÃO DE ARGAMASSA	30
FIGURA 7 – PRINCIPAIS TIPOLOGIAS E PROVÁVEIS CAUSAS.....	31
FIGURA 8 – PRINCIPAIS TIPOLOGIAS E PROVÁVEIS CAUSAS.....	32
FIGURA 9 – NATUREZA QUÍMICA DAS EFLORECÊNCIAS.....	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TRAÇOS E PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS AMERICANAS E BRITÂNICAS ...	21
TABELA 2 – TRAÇOS DAS ARGAMASSAS	25
TABELA 3 – INDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECIFICA DE ARGAMASSAS	35
TABELA 4 – RESISTENCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO 1:1:6 (7 DIAS)	41
TABELA 5 – RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO 1:1:6 (14 DIAS)	42
TABELA 6 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO 1:1:6 (28 DIAS).....	42
TABELA 7 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO 1:0,5:4,5 (7 DIAS)	43
TABELA 8 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO 1:0,5:4,5 (14 DIAS).....	43
TABELA 9 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO 1:0,5:4,5 (28 DIAS).....	44
TABELA 10 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO 1:0,25:3 (7 DIAS)	45
TABELA 11 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO 1:0,25:3 (14 DIAS).....	45
TABELA 12 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO 1:0,25:3 (28 DIAS).....	46
TABELA 13 – DENSIDADE DE MASSA E TEOR DE AR INCORPORADO (1:1:6).....	49
TABELA 14 - DENSIDADE DE MASSA E TEOR DE AR INCORPORADO (1:0,5:4,5).....	50
TABELA 15 - DENSIDADE DE MASSA E TEOR DE AR INCORPORADO (1:0,25:3)	50
TABELA 16 – RETENÇÃO DE AGUA (1:1:6)	53
TABELA 17 - RETENÇÃO DE AGUA (1:0,5:4,5).....	54
TABELA 18 - RETENÇÃO DE AGUA (1:0,25:3).....	54

LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1 – AREIA SECA PARA O PREPARO DA ARGAMASSA.....	34
FOTOGRAFIA 2 – MISTURA DE CAL, AREIA E ÁGUA NO MISTURADOR.....	36
FOTOGRAFIA 3 - ARMAZENAGEM DA MISTURA DE CAL, AREIA E ÁGUA	36
FOTOGRAFIA 4 – MOLDE PRONTO PARA RECEBER GASES, PAPEL FILTRO E O PESO DE 2KG	37
FOTOGRAFIA 5 – MOLDE PRONTO PARA PESAGEM	38
FOTOGRAFIA 6 – ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	40
FOTOGRAFIA 7 – DETALHE DA RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA.	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 JUSTIFICATIVA	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1 ALVENARIA ESTRUTURAL	15
4.2 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	19
4.2.1 Retenção de água	22
4.2.2 Teor de Ar Incorporado	23
4.2.3 Resistência à compressão	24
4.3 MÃO DE OBRA	26
4.4 PATOLOGIAS	30
5 METODOLOGIA	34
5.1 MATERIAIS UTILIZADOS PARA O ESTUDO	34
5.2 MÉTODOS	35
5.2.1 Traços	35
5.2.2 Dosagem da água	35
5.2.3 Preparo da argamassa	35
5.2.4 Determinação da retenção de água	36
5.2.5 Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado	38
5.2.6 Determinação da resistência à compressão	39
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
6.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	41
6.2 DENSIDADE DE MASSA E TEOR DE AR INCORPORADO	49
6.3 RETENÇÃO DE ÁGUA	53
6.3.1 Determinação da retenção de água	53
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A argamassa produzida in loco empregada no assentamento dos blocos em alvenaria estrutural não vem recebendo a devida atenção no canteiro de obras há décadas, mesmo com toda evolução do setor, muitas construtoras deixam a produção da argamassa na responsabilidade do mestre de obras, que por sua vez passa essa responsabilidade para pedreiros e serventes que na maioria dos casos somente se preocupam com a trabalhabilidade, que não é um parâmetro que possa ser medido diretamente.

Para Sabbatini (1986 p. 2) a trabalhabilidade de uma argamassa depende de várias características como: plasticidade, coesão e consistência, por exemplo, mas em obra é definida de forma pessoal, adequada ao profissional que esta manuseando a argamassa, sem preocupar-se com a quantidade de água que está adicionando à mistura o que segundo Bauer (2007, p10) pode causar infiltrações pela argamassa de assentamento.

No caso de alvenaria estrutural a propriedade mais importante é a resistência à compressão, Mohamad (2009, p.825) mostra através de ensaios à compressão em prismas que o processo de ruptura da parede inicia-se na junta de argamassa, para só então romper os blocos, isso indica que a adequação da resistência mecânica da argamassa, pode evitar patologias.

Na maioria dos casos em que a argamassa de assentamento é produzida no canteiro de obras, não são feitos ensaios para determinação do traço a ser usado para o assentamento dos blocos de alvenaria estrutural.

Com base nas normas técnicas NBR13276/2002, NBR13277/1995, NBR13278/1995 e NBR 13279/1995 que regulamentam o preparo e os ensaios de propriedades físicas e mecânicas de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos, pretende-se realizar ensaios para três traços com diferentes dosagens e comparar os resultados com o prescrito na NBR13281/2001 e com a literatura pesquisada.

Deste modo, o objetivo deste trabalho, é especificar entre três traços pesquisados na teoria, um traço de argamassa com parâmetros adequados em relação à resistência à compressão, densidade de massa e do teor de ar

incorporado, a partir de ensaios com argamassas produzidas em laboratório, visando o seu emprego no canteiro de obras.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar argamassas com diferentes dosagens para especificação de traço adequado no uso estrutural.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as propriedades físicas e mecânicas de argamassas com diferentes traços.
- Avaliar a retenção de água de argamassas com diferentes traços.
- Verificar a influência da densidade de massa e do teor de ar incorporado nas características da argamassa.
- Determinar a resistência à compressão das argamassas com diferentes traços.

3 JUSTIFICATIVA

Para Parsekian et al.(2007, p. 55), “o traço adequado da argamassa é o que garante a resistência adequada da alvenaria, empregando a menor quantidade de cimento possível”.

Mohamad (2009, p.826) ressalta que a resistência à compressão da parede é o parâmetro que garante o potencial de suporte de carga da alvenaria, fator

diretamente ligado à junta de argamassa que faz a união dos blocos, formando a alvenaria estrutural propriamente dita.

Deste modo, neste trabalho, pretende-se chegar a um traço de argamassa com parâmetros adequados em relação à resistência à compressão, densidade de massa e do teor de ar incorporado e retenção de água, a partir de ensaios com argamassas produzidas em laboratório, visando o seu emprego no canteiro de obras.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural vem sendo empregada a séculos como forma de se construir edificações seguras e confortáveis, alguns exemplos da antiguidade são:

- Os castelos e as grandes catedrais dos séculos XII a XVII.
- Em **1891** a construção do edifício Monadnock em Chicago, com 16 pavimentos e 65 m de altura (paredes com 1.80 m de espessura).
- Em **1923** a Brebner publica os resultados de ensaios realizados ao longo de 2 anos, este marco é considerado o início da alvenaria estrutural armada.
- Na **Década de 50** a construção na Europa de vários edifícios relativamente altos.
- Em 1951, o primeiro edifício em Alvenaria Estrutural não Armada é construído na Suíça, com 13 pavimentos e 41 m de altura.
- Em **1966**: é editado o primeiro código americano de Alvenaria Estrutural (Recommended Building Code Requirements for Engineered Brick Masonry). Camacho (2006)



Figura 1 – Edifício Monadnock em Chicago
Fonte: Silva (2009)

Segundo Camacho (2006), “Conceitua-se de Alvenaria Estrutural o processo construtivo na qual, os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional”.

A alvenaria estrutural pode ser classificada quanto ao processo construtivo empregado, ao tipo de material utilizado, Camacho (2006) as classifica como:

- Alvenaria Estrutural Armada: além dos blocos de concreto, possuem ainda uma armadura denominada graute.
- Alvenaria Estrutural Não Armada: possuem somente armaduras com finalidades construtivas.
- Alvenaria Estrutural Protendida: é o processo construtivo em que existe uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente.
- Alvenaria Estrutural de Tijolos ou de Blocos: função do tipo das unidades.
- Alvenaria Estrutural Cerâmica ou de Concreto: conforme as unidades (tijolos ou blocos) sejam de material cerâmico ou de concreto.

Ainda para o autor a alvenaria estrutural traz inúmeras vantagens econômicas e técnicas, como:

- A redução de custos que se obtém está intimamente relacionada à adequada aplicação das técnicas de projeto e execução, podendo chegar, segundo a literatura, até a 30%, sendo proveniente basicamente da simplificação das técnicas de execução e da economia de formas e escoramentos.
- Menor diversidade de materiais empregados: reduz o número de subempreiteiras na obra, a complexidade da etapa executiva e o risco de atraso no cronograma de execução em função de eventuais faltas de materiais, equipamentos ou mão de obra.
- Redução da diversidade de mão-de-obra especializada: necessita-se de mão-de-obra especializada somente para a execução da alvenaria, diferentemente do que ocorre nas estruturas de concreto armado e aço.
- Maior rapidez de execução: essa vantagem é notória nesse tipo de construção, decorrente principalmente da simplificação das técnicas construtivas, que permite maior rapidez no retorno do capital empregado.
- Robustez estrutural: decorrente da própria característica estrutural, resultando em maior resistência à danos patológicos decorrentes de movimentações, além de apresentar maior reserva de segurança frente a ruínas parciais.

Segundo Corrêa (2010), a alvenaria estrutural foi introduzida no Brasil em 1966, em São Paulo onde foram construídos edifícios de 4 pavimentos, mas nos dias atuais o sistema construtivo é muito mais utilizado em execução de conjuntos habitacionais em projetos de urbanização em áreas carentes, por ser economicamente viável para este fim.

Para Thomaz e Helene (2000), existem diversos fatores que influenciam no comportamento mecânico das paredes, tais como:

- Geometria, rugosidade superficial e porosidade da alvenaria;
- Índice de retração, poder de aderência e poder de retenção de água da argamassa de assentamento;
- Esbeltes, eventual presença de armaduras, número e disposição das paredes de contraventamento;
- Amarrações, cintamento, disposição e tamanho dos vão e janelas;
- Enfraquecimentos provocados pelo embutimento de tubulações, rigidez dos elementos de fundação, geometria do edifício.

Os principais blocos cerâmicos e de concreto estão listados na figura a seguir:

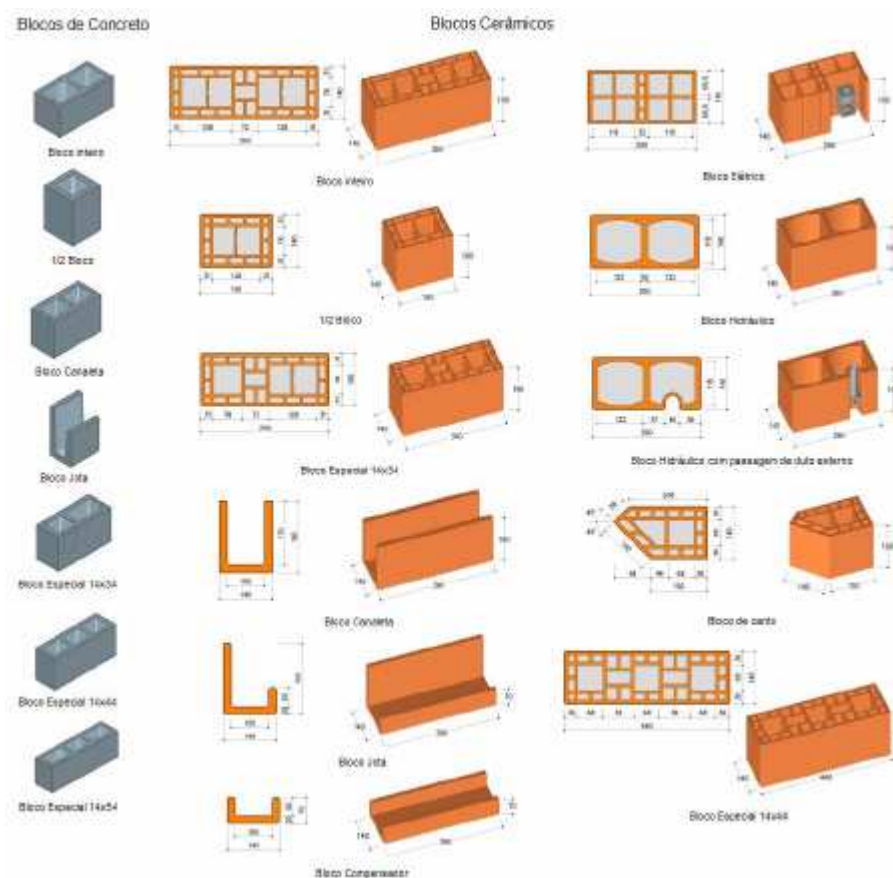


Figura 2 – Ilustração dos principais tipos de blocos
Fonte: Camacho (2006)

Ainda para os autores, deve-se levar em conta num projeto de alvenaria estrutural que a redistribuição de carga é praticamente interrompida nas regiões das aberturas de portas e janela, pontos em geral com acentuada concentração de tensões, daí a importância das vergas e contra vergas, e que quando ocorrer aberturas muito próximas é preciso adotar vergas e contra vergas contínuas.

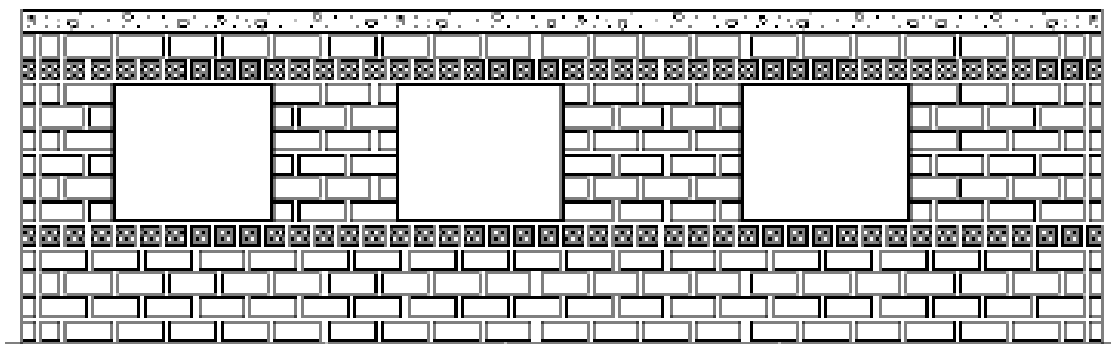


Figura 3 – Vergas e contra vergas contínuas
Fonte: Tomaz e Helene (2000)

4.2 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

A preocupação com a argamassa de assentamento para uso estrutural já é antiga, mas antes não existiam técnicas, aparelhos e normas adequadas, como se tem à disposição hoje em dia para se caracterizar um traço adequado de argamassa para o assentamento dos blocos de alvenaria estrutural, não se considerava que boa parte do volume da parede é composta pela argamassa, e mais do que isso, é ela a responsável pela ligação entre os blocos e por absorver as deformações e distribuí-las uniformemente, de forma a provocar o menor número de fissuras possíveis.

Para Sabbatini (1986), “A argamassa de assentamento tem uma influência crítica no desempenho funcional de uma parede resistente. No entanto no Brasil esta influência não tem sido corretamente compreendida e o conhecimento das argamassas vem sendo absolutamente negligenciado”.

Ainda para o autor em trabalho desenvolvido para a CAIXA no ano de 2002:

A argamassa de assentamento dos blocos deve promover uma adequada aderência entre blocos e auxiliar na dissipação de tensões, de modo a que sejam evitadas fissuras na interface bloco-argamassa e a garantir o desempenho estrutural e a durabilidade esperadas da parede de alvenaria. Como o aparecimento de fissuras na alvenaria e nos revestimentos no prazo de até 5 anos da entrega da obra será de responsabilidade e deverá ser recuperada pela construtora, as características que devem ser controladas são as que estariam relacionadas com a aderência e a deformabilidade da alvenaria. Os únicos parâmetros exigidos pela CAIXA, para o desempenho das argamassas são:

- [EX-5.3.1] A argamassa a ser utilizada deve ser especificada pelo projeto de modo a garantir uma resistência à tração na flexão de prismas de alvenaria de, no mínimo, 0,25 MPa quando ensaiados segundo o método CPqDCC-EPUSP (anexo) ou a norma ASTM E 518; A comprovação desta característica deverá ser feita no primeiro relatório

mensal do controle tecnológico [EX-7.1.2], sendo que a responsabilidade e o interesse pela sua manutenção são totalmente da construtora;

- [EX-5.3.2] Internacionalmente é especificado que o módulo de deformação da alvenaria não deverá ser superior a 1000 vezes a resistência à compressão do prisma - f_p . Para garantir que este valor seja respeitado recomenda-se que a argamassa não tenha um módulo de elasticidade superior a 3,0 GPa. A CAIXA estará exigindo a comprovação de que este valor máximo foi respeitado na escolha da argamassa apenas no primeiro relatório mensal do controle tecnológico [EX-7.1.2], sendo que a responsabilidade e o interesse pela sua manutenção são totalmente da construtora;

- [EX-5.3.3] Tanto a produção de argamassas no canteiro ou o emprego de argamassas pré-misturadas deverá ser feito de modo a garantir a uniformidade nas características da mesma. Considera-se uma argamassa uniforme se o CV no ensaio de resistência à compressão axial (ensaiado segundo a NBR 7215) não for superior a 20%, em uma produção contínua, por longos ou curtos períodos. A comprovação desta regularidade deverá ser feita através do relatório mensal do controle tecnológico.

Já para Camacho (2006) a argamassa é o componente utilizado na ligação entre os blocos evitando pontos de concentração de tensões, para tanto deve ser forte, durável e capaz de garantir a integridade e estanqueidade da mesma, devendo ainda possuir propriedades elásticas, trabalhabilidade e ser econômica.

Para Solórzano e Sabbatini (1995), o estudo da argamassa de assentamento é de grande importância, pois a mesma representa de 2 a 16% do volume total da alvenaria, e tem uma influência no desempenho maior do que esta porcentagem pode indicar.

Para Thomaz e Helene (2000), diversos fatores interferem na resistência final de uma parede a esforços axiais de compressão, dentre eles a resistência da argamassa de assentamento e suas propriedades como a porosidade, aderências as unidades, retenção de água, retração da argamassa, espessura e a regularidade da junta de assentamento que deve situar em torno de 10mm, porque juntas com espessura de 15mm podem reduzir à metade a resistência a compressão da parede, por isso a necessidade de se contratar uma boa mão de obra ressalta os autores que a mão de obra pode implicar em variações da ordem de 30% da resistência a compressão das paredes de alvenaria estrutural.

De acordo com Sabbatini (1986, p.1) a argamassa de assentamento tem papel importante no desempenho funcional da parede de alvenaria estrutural, mas sua influência não é completamente compreendida, e tem sido negligenciada.

Para Solórzano e Sabbatini (1995, p.2) a argamassa de assentamento deve atender a no mínimo três requisitos de desempenho, não só por sua importância

quando comparado com os demais, mas porque são passíveis de serem avaliados e determinados através de três ensaios normalizados:

- Resistência de aderência para uma específica base;
- Resistência a compressão;
- Módulo de deformação.

Para Thomaz e Helene (2000) o índice de retração, aderência aos blocos e retenção de água da argamassa de assentamento, tem grande influência na resistência mecânica das paredes.

Conforme Camacho (2006, p.13), segundo as classificações americanas e britânicas as argamassas podem ser divididas em quatro classes distintas:

Variação das propriedades	Tipo de argamassa	Traço em volume		
		cimento	cal	areia*
(a) ↑	M (i)	1	0 a 1/4	3 ⁺
↓	S (ii)	1	1/2	4 a 4,5 ⁺
	N (iii)	1	1	5 a 6 ⁺
(b)	O (iv)	1	2	8 a 9 ⁺

(a) - Aumento da resistência

(b) - Aumento na capacidade de absorver movimentos da estrutura.

* A norma americana prevê um intervalo na quantidade de areia de 2,25 a 3,0 vezes o volume de cimento e cal somados.

⁺ As quantidades de areia fornecidas pela norma britânica se encaixam dentro do intervalo da norma americana.

Tabela 1 – Traços e propriedades das argamassas americanas e britânicas

Fonte: Camacho (2006)

Argamassa tipo **M**: recomendada para alvenaria em contato com o solo, tais como fundações, muros de arrimo, etc. Possui alta resistência à compressão e excelente durabilidade.

Argamassa tipo **S**: recomendada para alvenaria sujeita aos esforços de flexão. É de boa resistência à compressão e à tração quando confinada entre as unidades.

Argamassa tipo **N**: recomendada para uso geral em alvenarias expostas, sem contato com o solo. É de média resistência à compressão e boa durabilidade. Essa argamassa é a mais comumente utilizada nas obras de pequeno porte no Brasil.

Argamassa tipo **O**: pode ser usada em alvenaria de unidades maciças onde a tensão de compressão não ultrapasse 0.70 MPa e não esteja exposta em meio agressivo. É de baixa resistência à compressão e conveniente para o uso em paredes de interiores em geral.

Ainda de acordo com a NBR 13281/2001 que especifica os requisitos para argamassa de assentamento e revestimento de tetos e paredes as argamassas devem estar em conformidade com as exigências do quadro abaixo:

Características	Identificação ¹⁾	Limites	Método
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I	$\geq 0,1$ e $< 4,0$	NBR 13279
	II	$\geq 4,0$ e $\leq 8,0$	
	III	$> 8,0$	
Capacidade de retenção de água (%)	Normal	≥ 80 e ≤ 90	NBR 13277
	Alta	> 90	
Teor de ar incorporado (%)	a	< 8	NBR 13278
	b	≥ 8 e ≤ 18	
	c	> 18	

¹⁾ Exemplo de identificação de argamassa: I-Normal-a.

Quadro 1 – Requisitos para argamassas
Fonte: NBR 13281/2001

4.2.1 Retenção de água

Segundo Camacho (2006), “A argamassa deve ter capacidade de retenção de água suficiente para que quando em contato com unidades de elevada absorção inicial, não tenha suas funções primárias prejudicadas pela excessiva perda de água para a unidade”.

Para Nakamura e Cincotto (2004), retenção de água é a capacidade que a argamassa possui de reter água de amassamento contra a sucção da base ou contra evaporação, essa característica é tão importante, pois está diretamente ligada a hidratação do cimento, garantindo a resistência esperada no assentamento, a maioria das argamassas determinadas pela NBR 13277 tem retenção de água acima de 90%. Ainda para os autores pode-se conseguir um aumento na retenção de água com um aumento da superfície específica dos constituintes ou com aditivos, que por sua vez absorvem a água ou impedem sua percolação através da massa sólida.

Quarcione e Cincotto (2008) concluíram em estudo do efeito da hidratação do cimento devido a utilização da cal hidratada, que:

No conjunto de fenômenos clássicos que constituem a hidratação do cimento, ao se agregar cal hidratada que ainda contem filler carbonático no meio, há que se considerar dois efeitos básicos: um é que a incorporação da cal no meio significou abundante e imediata disponibilidade de portlandita suplementar e que atuou acelerando a precipitação das fases hidratadas do cimento, independente do tipo de cal; e o outro é o efeito filler que induziu a precipitação dos hidratos do cimento pela formação de novos pontos de nucleação para precipitação de C-S-H. Estes dois efeitos atuam paralelamente no sistema e favorecem a hidratação do cimento. Estes dados são corroborados pela redução dos tempos de pega das pastas com cal, determinados de acordo com as diretrizes gerais da NBR-NM 65/03. A cal por ter área específica água, e por um fenômeno de cargas de superfície há aglomeração das partículas, com aumento da viscosidade e conseqüente redução no tempo de pega.

Ainda para os autores as argamassas com cal possuem maior teor de água combinada do que as argamassas sem adição da cal, e que em idades mais avançadas (após 24 horas) essa água combinada é em grande parte, água de constituição do C-S-H. As argamassas que contem mais cimento na sua composição, o desenvolvimento de aderência depende mais do consumo de cimento que da retenção de água, já para argamassa com consumo de cimento médio a capacidade de retenção de água ajuda até um determinado limite na obtenção de aderência, enquanto que nas argamassas com baixo consumo de cimento e teor elevado de cal observa-se que a capacidade de retenção de água da argamassa tem mais influência na aderência na faixa de maior absorção inicial de água do que pelo próprio consumo de cimento.

4.2.2 Teor de Ar Incorporado

Segundo Nakakura e Cincotto (2004), “O teor de ar incorporado é a quantidade de ar aprisionado na argamassa fresca e influencia diretamente a densidade de massa relativa da argamassa nos estados fresco e endurecido, pois ao ar possui densidade menor que a argamassa e ocupa uma fração da sua massa.” Ainda para os autores, a determinação é indireta e calculada pela relação entre densidade de massa no estado fresco e a densidade de massa teórica, esta relação representa o volume de sólidos de argamassa, sendo o complemento da unidade de massa para o volume de vazios correspondente ao teor de ar incorporado, que

interfere diretamente em outras propriedades da argamassa como a resistência à compressão.

Para Mohamad (2009), pesquisas na área indicam que na alvenaria estrutural deve haver uma compatibilidade nas características mecânicas entre os tipos de bloco e a capacidade resistente da argamassa, e que o processo de ruptura da alvenaria acontece inicialmente pelo esmagamento da junta de argamassa e posterior esfacelamento da superfície de contato entre o bloco e a argamassa. Em seu estudo chega à conclusão que a distribuição e tamanho dos vazios internos da argamassa, pode também afetar o modo de ruptura das amostras.

4.2.3 Resistencia à Compressão

Para Nakakura (2004), resistência é a capacidade que a argamassa tem de resistir a esforços de compressão, tração ou cisalhamentos, decorrentes de cargas estáticas ou dinâmicas atuantes nas edificações, e que a resistência a compressão é a característica mais comumente analisada para argamassa de assentamento, além de ser importante para a uniformidade da produção.

Para Mohamad (2006), existem dois modos de ruptura em uma parede de alvenaria estrutural, o primeiro é caracterizado pela indução de tração no bloco até atingir o limite de resistência à tração e o segundo é caracterizado pelo esmagamento da junta de assentamento, quando a argamassa atingir o limite da resistência à compressão.

Segundo Mohamad (2007), a resistência à compressão das argamassas de assentamento, não é parâmetro suficiente para um total entendimento das complexidades da alvenaria em função da argamassa, ainda que, na medida em que se aumenta a resistência da argamassa, não se evidencia um aumento significativo na resistência da parede. Ramalho (2003) conclui que “Pode-se até mesmo afirmar que para argamassas com resistências em torno de 50% da resistência dos blocos dificilmente haverá uma queda significativa na resistência da parede.”

Mohamad (2009), analisou os traços que são objeto do estudo como indica a tabela abaixo:

Traço	Proporção em volume	Relação
	cim:cal:areia	aglomerante:agregado
I	1:0,25:3	1:2,4
II	1:0,5:4,5	1:3
III	1:1:6	1:3

Tabela 2 – Traços das argamassas

Fonte: Mohamad (2009)

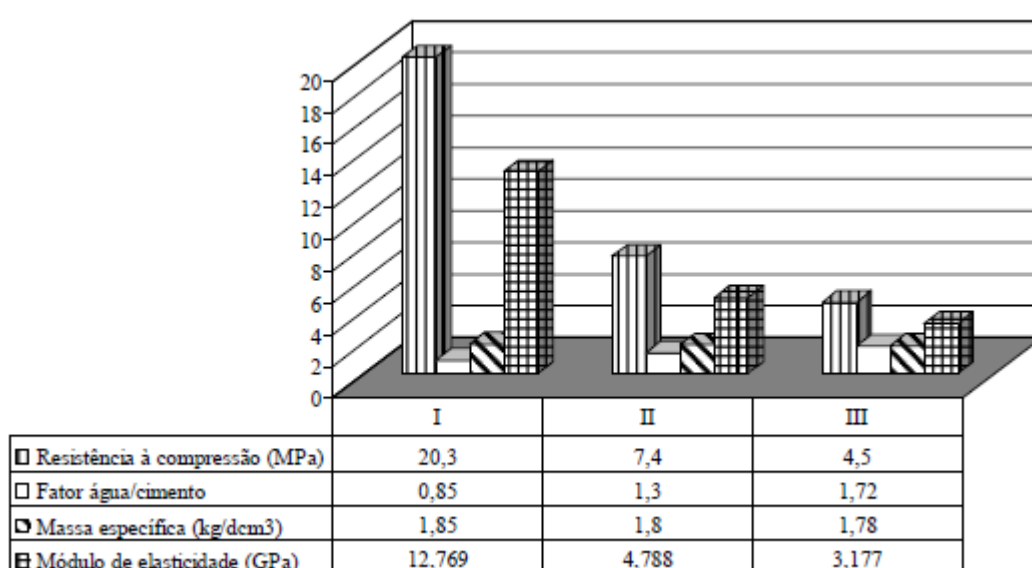


Figura 4 – Resultados entre as variáveis mecânicas e físicas das argamassas

Fonte: Mohamad (2009)

Chegando aos seguintes resultados: “A argamassa de resistência à compressão de 19,1 MPa possui um comportamento pós-pico parabólico. As argamassas de resistência à compressão de 3,7 e 7,09 MPa apresentaram um comportamento dúctil, onde após a ruptura houve um aumento progressivo das deformações mantendo-se praticamente constante o nível de tensão aplicado”.

Helene e Thomaz (2000), concluíram que ao se comprimir uma alvenaria constituída por componentes maciços, a argamassa de assentamento sofre deformações transversais mais acentuadas que os tijolos, nessas condições a argamassa fica submetida a um estado triaxial de tensões de compressão, assim se a resistência a tração dos blocos for ultrapassada irá começar a ocorrer fissuras verticais na parede. Ainda para Thomaz e Helene (2000), diversos fatores interferem

na resistência final de uma parede a esforços axiais de compressão, dentre eles a resistência da argamassa de assentamento e suas propriedades como a porosidade, aderências as unidades, retenção de água, retração da argamassa, espessura e a regularidade da junta de assentamento que deve situar em torno de 10mm, porque juntas com espessura de 15mm podem reduzir pela metade a resistência à compressão da parede, por isso a necessidade de se contratar uma boa mão de obra ressalta os autores que a mão de obra pode implicar em variações da ordem de 30% da resistência a compressão das paredes de alvenaria estrutural.

Segundo Parsekian et al (2007), o traço da argamassa é o que irá garantir a resistência adequada da alvenaria, empregando a menor quantidade de cimento possível, e que traços mais fortes como 1:0,5:4,5 (cimento, cal e areia) devem ser usados quando há necessidade de resistência ao cisalhamento e a flexão elevados, já o traço 1:1:6 é adequado para edifícios de até quatro pavimentos. Os autores concluem que no caso de edifícios de múltiplos pavimento a resistência da argamassa deve ser de no mínimo igual 5,0 Mpa ou 70% da resistência do bloco.

Para Solórzano e Sabbatini (1995), o aumento da resistência à compressão das paredes de alvenaria estrutural não é proporcional ao aumento de resistência à compressão da argamassa, e que a resistência à compressão do bloco é a característica que tem maior influência na determinação da resistência à compressão da parede.

4.3 MÃO DE OBRA

Para Solórzano e Sabbatini (1995), são dez os erros mais comuns quanto ao desempenho da junta de argamassa:

- a) Moldagem com uma hora sem acrescentar nenhuma água na argamassa;
- b) Moldagem com espera de 1,5 minutos antes de assentar o bloco na argamassa espalhada;
- c) Moldagem com espera de 3 minutos antes de assentar o bloco na argamassa espalhada;
- d) Moldagem com espera de 6 minutos antes de assentar o bloco na argamassa espalhada;
- e) Moldagem com reassentamento do bloco assentado e retirado
- f) Moldagem com espessura de junta de 5mm (ajunta de referência é a de 10mm);
- g) Moldagem com espessura de junta de 15mm;

- h) Moldagem sem “batidas” no bloco com a colher de pedreiro no momento do assentamento;
- i) Moldagem com “retempero” da argamassa pela adição de água de amassamento após 2 horas da mistura da mesma.

Para Sabbatini (2002), a construção de edifícios de ser feita em obediência a técnicas e métodos construtivos específicos para se obter estruturas seguras, confiáveis e com durabilidade esperada, são muitas a técnicas, porem algumas se destacam pela importância quando o enfoque é o desempenho estrutural. Segue as exigências para a garantia da segurança estrutural:

- Controle de recebimento (ou de aceitação) de materiais e componentes: blocos estruturais; concreto estrutural; graute de enchimento e argamassa de assentamento;
- Controle de aceitação da alvenaria. Na terminologia da NBR-8798 este controle é denominado – controle de aceitação de componentes (item 6.1.2)
- Controle de produção (ou de processo) de paredes estruturais e da estrutura do edifício. Na terminologia da NBR-8798 é denominado – controle de produção de componentes (item 5.1.3)

Ainda para o autor o controle contínuo de produção da alvenaria é a maior garantia da segurança estrutural do edifício, este controle somente será conseguido através de avaliação da resistência de corpos de prova de alvenaria moldados no canteiro de obras, com este tipo de controle é possível avaliar as características dos blocos, das argamassas, grautes, o efeito conjunto destes materiais, a influência da mão de obra e a influência das condições ambientais; o autor considera esta metodologia como a mais completa e a mais conclusiva sobre o desempenho estrutural de estruturas em alvenaria. Outro controle é o da avaliação continua da conformidade das características das paredes de alvenaria, um procedimento normal em qualquer processo de produção de estruturas de alvenaria, normalmente o controle é feito pela própria equipe de produção, e é encarado como um controle de aceitação de paredes, inclusive para se fazer o pagamento do pessoal, dentre as características mais importantes para avaliação estão o prumo, a planicidade, a posição e a perfeição geométrica dos vãos das paredes e o nivelamento dos peitoris e lajes , que se considerados em conjunto dão uma perfeita noção da qualidade do serviço executado. Para a CAIXA O desaprumo de edifícios é tão importante que implica diretamente na aceitação definitiva da estrutura, a caixa estabelece desaprumo de 2mm/m, limitado ainda a 20mm na altura total do edifício, se não forem cumpridos estes limites a estrutura ficara em processo sub judice pela CAIXA.

Para Araújo e Souza (2001 apud Carraro), o serviço de alvenaria não é uma atividade totalmente contínua, repetitiva, executável em um ritmo constante de trabalho. O serviço possui algumas fases distintas e bem definidas como mostra a figura abaixo:

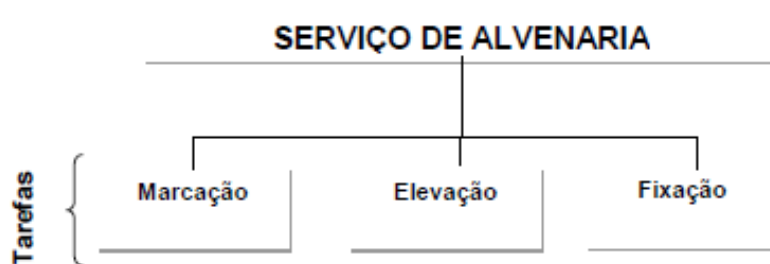


Figura 5 – Divisão do serviço de alvenaria
Fonte: Araújo e Souza (2001)

Ainda para os autores alguns fatores podem influenciar a produtividade:

Faz-se, a seguir, alguns comentários sobre os subconjuntos de fatores estudados neste trabalho (maiores informações podem ser obtidas em ARAÚJO, 2000).

_ Características do Produto

A função desempenhada pela alvenaria, se de vedação ou resistente, a localização e caracterização geométrica das paredes, as formas de fixação vertical da alvenaria são pontos, dentre tantos outros, que servem para caracterizar as alvenarias, evidenciando diferenças no produto alvenaria e subentendendo que diferentes desempenhos podem ser encontrados.

_ Materiais e Componentes

Os materiais que compõem a alvenaria são os tijolos ou blocos, as argamassas e, em se tratando de alvenaria estrutural, o graute e a armação (no caso de alvenaria estrutural armada). Apesar de ser em pequeno número, a diversidade encontrada para cada um destes materiais é bastante significativa. Assim sendo, torna-se necessário

conhecer as variedades, usualmente empregadas na execução das alvenarias, para que seja possível estabelecer possíveis correlações com a produtividade da mão-de obra.

_ Equipamentos e Ferramentas

Segundo FRANCO (1994), “o correto uso de equipamentos é um dos fatores essenciais para a racionalização dos procedimentos executivos da alvenaria. O bom uso dos equipamentos pressupõe, por um lado, o correto planejamento de utilização dos equipamentos disponíveis nos canteiros de obras, bem como o desenvolvimento de ferramentas específicas para tornar mais simples e eficientes as operações de execução da alvenaria.”

São muitos e bem variados os equipamentos e ferramentas utilizados na produção das alvenarias. Nos últimos anos tem-se notado a utilização de alguns equipamentos e ferramentas em substituição às tradicionais colheres de pedreiro e prumos de face, por exemplo. Muitos deles são colocados no mercado com forte apelo quanto aos incrementos de produtividade alcançáveis com a sua utilização.

Segundo CARRARO (1998), “a utilização dos equipamentos e ferramentas “novos” vem se acentuando muito nos últimos anos. Entretanto, não se tem conhecimento de publicações que atestem, através de estudos aprofundados, os efeitos do emprego destes instrumentos na produtividade do serviço de alvenaria”.

– *Mão-de-obra*

O dimensionamento das equipes, como por exemplo o número de ajudantes para cada pedreiro e a presença ou não de encarregado, constituem fatores importantes a serem considerados neste trabalho e, acredita-se, manter correlações com a variação nos níveis de produtividade da mão-de-obra.

– *Organização da Produção*

“Quando se pensa na execução de uma alvenaria, geralmente este pensamento está associado à figura de um pedreiro assentando blocos ou tijolos. No entanto, por trás desta figura estereotipada, estrutura-se todo um esquema de gestão e organização da produção para que tal serviço possa ser realizado.” (CARRARO, 1998)

Araújo e Souza (2001 apud Carraro), concluem e seu trabalho que a detecção e quantificação dos fatores que influenciam a produtividade no serviço de alvenaria constitui uma ferramenta importantíssima para o planejamento do serviço, além de estimar e calibrar a produtividade em função de cada obra em particular.

Para Corrêa (2010) a mão de obra não qualificada ocasionou falhas quanto ao assentamento dos blocos onde se puderam constatar juntas de assentamento fora do espaçamento exigido por norma e sem um controle adequado quanto ao traço exigido para a execução da mesma, o que resultou em juntas muito rígidas em alguns pontos e muito fracas em outros, ocasionando o aparecimento de trincas verticais na alvenaria. O autor ressalta que a falta de mão de obra especializada acaba gerando desconfiança tanto dos usuários quanto das construtora, e que será necessário melhorar o controle tecnológico deste sistema construtivo, principalmente quanto as argamassas de assentamento e teste de carga sobre as paredes levantadas para que se garanta a eficácia da técnica construtiva.

Tauil (2010) As junta de assentamento de alvenaria estrutural não devem ultrapassar 1cm, sendo tolerado até 2cm na primeira fiada, isso fica ilustrado na figura abaixo:

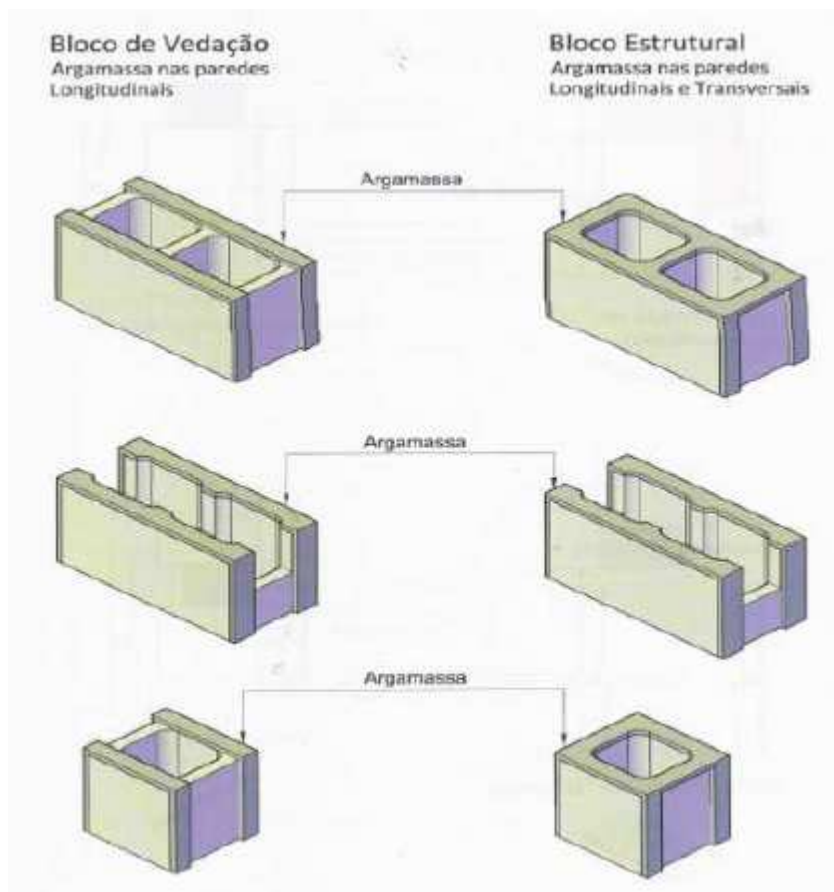


Figura 6 – Aplicação de argamassa

Fonte: Tauil (2010)

Bauer (2007) resume “mão de obra” em apenas uma frase do prof. Ishikawa “A qualidade começa pela educação e acaba na educação. Uma empresa que progride em qualidade é empresa que aprende, que aprende a aprender”.

4.4 PATOLOGIAS

Para Bauer (2007) as fissuras ocupam o primeiro lugar em patologias na alvenaria estrutural, e algumas das causas dessas fissuras nas paredes são as juntas de argamassa que por serem responsáveis por absorver e distribuir as deformações devem ser dimensionadas de tal forma que sua resistência não seja superior a do bloco (argamassa muito rígida o que caracteriza baixa retenção de água), e nem muito inferior podendo ocorrer o esmagamento da junta de argamassa, e causando a fissura na alvenaria. Além da resistência, o preparo da argamassa

com excesso de água de amassamento torna a mesma porosa, o que pode ser a causa de infiltração de água pela junta de argamassa para o interior da edificação.

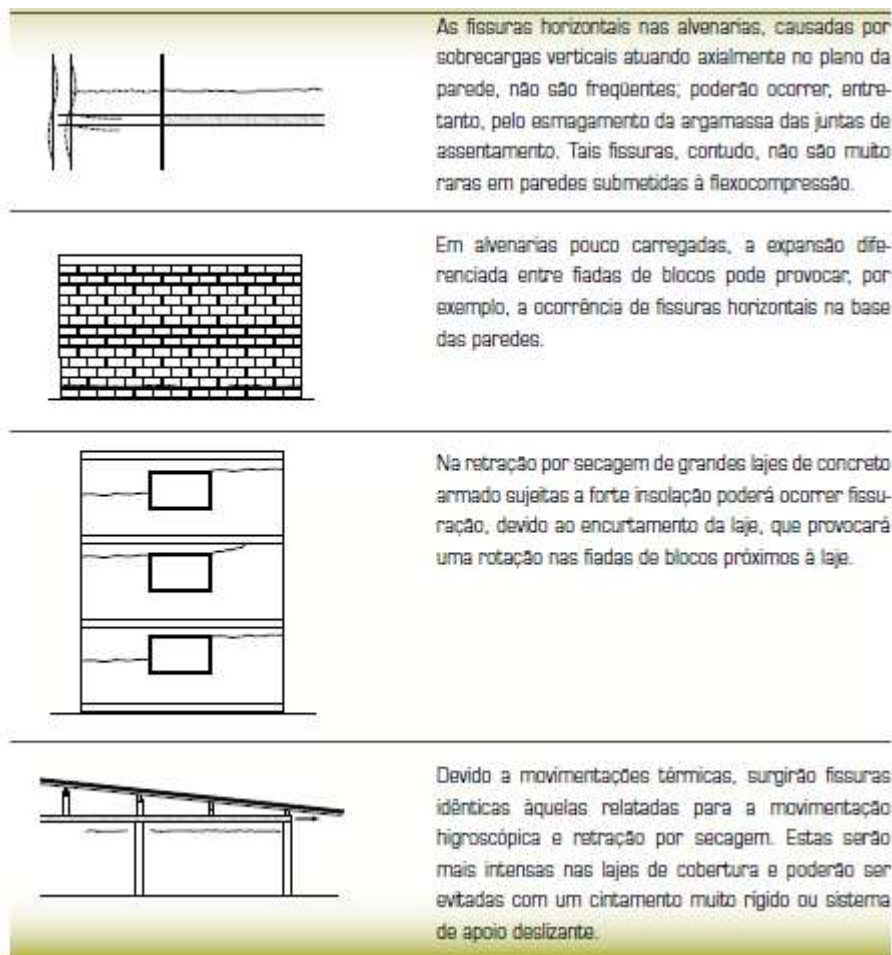


Figura 7 – Principais tipologias e prováveis causas
Fonte: Bauer (2007)

Para Ramalho (2003) “mais importante que essa característica de resistência é a plasticidade, que realmente permite que as tensões sejam transferidas de modo uniforme de uma unidade à outra”. A falta de preocupação com os parâmetros de resistência da argamassa de assentamento pode vir a causar patologias na edificação.

Para Corrêa (2010) a fissuração é a patologia mais comum em alvenaria estrutural e pode acontecer por diversos fatores, as causa deste tipo de patologia vai desde a má fabricação do bloco cerâmico em olarias, condições de transporte e estocagem e principalmente o cuidado na hora da execução. No caso em que o autor estudou 90% dos blocos entregues pelo fornecedor apresentavam falhas, as mais comuns no sentido vertical tanto nas paredes externas quanto internas.

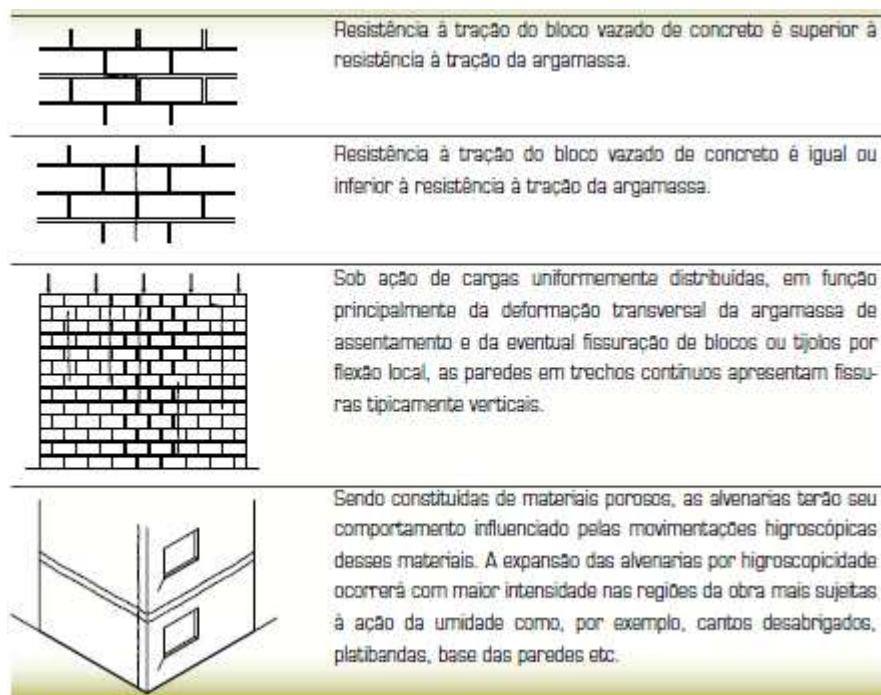


Figura 8 – Principais patologias e prováveis causas
Fonte: Bauer (2007)

Segundo Parsekian et al.(2007) o fenômeno de retração da argamassa é usualmente maior que o dos blocos, porém a junta de argamassa preenche apenas pequenos espaços nas paredes, o que segundo o mesmo é resolvido com o não preenchimento das juntas verticais no assentamento dos blocos.

De acordo com Tauil (2010) outra patologia decorrente do uso de argamassa produzida in loco (areia, cal e cimento) é a eflorescência, que causa manchas esbranquiçadas na alvenaria, a solução segundo autor é a previsão de cal de boa qualidade (sem a presença de sais solúveis) para produção da argamassa. Já para Corrêa (2010) “A simples escovação com escova de piaçava ou aço elimina as eflorescências pulverulentas, porém o acúmulo de salinização endurecido deve ser removido com aplicação de ácido muriático diluído água”.

Composição Química	Fonte Provável	Solubilidade em Água
Carbonato de Cálcio	Carbonatação da cal lixiviada de argamassa ou concreto	Pouco solúvel
Carbonato de Magnésio	Carbonatação da cal lixiviada de argamassa de cal não carbonatada	Pouco solúvel
Carbonato de Potássio	Carbonatação dos hidróxidos alcalinos de cimentos com elevado teor de álcalis	Muito solúvel
Carbonato de Sódio	Carbonatação dos hidróxidos alcalinos de cimentos com elevado teor de álcalis	Muito solúvel
Hidróxido de Cálcio	Cal liberada na hidratação do cimento	Solúvel
Sulfato de Magnésio	Água de amassamento	Solúvel
Sulfato de Cálcio	Água de amassamento	Parcialmente solúvel
Sulfato de Potássio	Agregados, água de amassamento	Muito solúvel
Sulfato de Sódio	Agregados, água de amassamento	Muito solúvel
Cloreto de Cálcio	Água de amassamento, limpeza com ácido muriático	Muito solúvel
Cloreto de Magnésio	Água de amassamento	Muito solúvel
Cloreto de Alumínio	Limpeza com ácido muriático	Solúvel
Cloreto de Ferro	Limpeza com ácido muriático	Solúvel

Figura 9 – Natureza química das eflorescências
Fonte: Bauer (2007)

Com base na revisão bibliográfica pode-se concluir que a resistência mecânica de argamassas de assentamento para alvenaria estrutural, vem sendo negligenciada há décadas, e até os dias de hoje estudos comprovam a total despreocupação com a junta de argamassa.

5 METODOLOGIA

5.1 MATERIAIS

- O cimento utilizado na mistura foi o CP II-F-32, por ser o mais utilizado na região de Campo Mourão – PR.
- A cal utilizada na mistura foi a hidratada pelo fato de seu preparo ser mais rápido que o da cal virgem, de acordo com a NBR 13276/2002.
- A areia foi a de média granulometria, que é comumente utilizada na produção de argamassa nas obras e vendida na cidade, e ainda de acordo com o prescrito na NBR 13276/2002.



Fotografia 1 – Areia seca para o preparo da argamassa

5.2 MÉTODO

5.2.1 Traços

A proporção de cada material (cimento, cal e areia) foi feita de acordo com os traços:

- Traço 1: 1: 6 MOHAMAD (2009);
- Traço 1: 0,5: 4,5 MOHAMAD (2009);
- Traço 1: 0,25 : 3 MOHAMAD (2009).

5.2.2 Dosagem da água

A água da mistura foi dosada de acordo com a tabela abaixo:

Traço	Relação água/cimento	M_{sat}	M_s	M_i	I_v	μ_s (g/cm ³)	Absorção de água 24 horas
1:0,25:3	0,85	1580,9	1414,7	815,3	21,71%	1,85	11,75%
1:0,5:4,5	1,30	1552,8	1384,8	781,6	21,78%	1,80	12,13%
1:1:6	1,72	1546,0	1367,9	777,6	23,18%	1,78	13,02%

Tabela 03 – Índice de vazios e massa específica de argamassas

5.2.3 Preparo da argamassa

A dosagem de cada material foi feita de acordo com os traços especificados no item 5.2.1, a mistura dos materiais foi feita em velocidade baixa durante 90 segundos, após a mistura a argamassa foi deixada em repouso por 15 minutos, para

só então serem moldados os corpos de prova para os ensaios, todo o procedimento esteve de acordo com a NBR 13276/2002.



Fotografia 2 – Mistura de cal, areia e água no misturador



Fotografia 3 – Armazenagem da mistura de cal, areia e água

5.2.4 Determinação da retenção de água

Este ensaio foi realizado com 12 corpos de prova e de acordo com NBR 13277/1995. O procedimento começou com a pesagem do molde seco, em seguida o molde foi preenchido com argamassa e coberto com papel filtro, aplicou-se um peso de 2 kg, por fim retirou-se o peso e fez-se a pesagem do molde com argamassa.



Fotografia 4 – Molde pronto para receber gases, papel filtro e o peso de 2 kg

Para o cálculo da retenção de água foram utilizadas as equações (01) e (02) conforme NBR 13277/1995:

$$Ra = \left(1 - \frac{(Mf - Mse)}{Af \cdot (Mma - Mn)} \right) * 100 \quad (01)$$

Onde:

Ra= retenção de água;

Mf = massa do conjunto de discos molhados de papel-filtro, em g;

Mse = massa do conjunto de discos secos, em g;

Mma = massa do molde com argamassa, em g;

Mm = massa do molde vazio, em g;

Nota: Expressar o resultado em %, arredondando-o ao número inteiro mais próximo.

$$Af = \text{fator água/argamassa fresca}; Af = \left(\frac{Mw}{M + Mw} \right) \quad (02)$$

Mw = massa total de água acrescentada à mistura, em g;

M = massa de argamassa industrializada ou soma das massas dos componentes anidros no caso de argamassa de obra, em g;

5.2.5 Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado

A metodologia que foi utilizada neste ensaio está de acordo com as recomendações da NBR 13278/1995, e foram feitos ensaios com 12 corpos de prova. O ensaio começou pela pesagem do recipiente cilíndrico de PVC vazio, em seguida foi preenchido com água destilada e registrou-se o seu volume, retirou-se a água, então o recipiente foi preenchido com argamassa formando três camadas de alturas aproximadamente iguais, em cada camada aplicou-se 20 golpes, para cada golpe introduziu-se uma espátula penetrando na argamassa, em seguida pesou-se o recipiente com argamassa.



Fotografia 5 – Molde pronto para pesagem

Para o cálculo da densidade de massa e teor de ar incorporado foram utilizadas as equações (03), (04) e (05) conforme NBR 13278/1995:

Densidade de massa:

$$A = \left(\frac{M_c - M_v}{V_r} \right) \quad (03)$$

Onde:

M_c = massa do recipiente cilíndrico de PVC, contendo a argamassa de ensaio, em g;

Mv = massa do recipiente cilíndrico de PVC vazio, em g;

Vr = volume do recipiente cilíndrico de PVC, em cm³;

Teor de ar incorporado:

$$A_i = 100 * \left(1 - \frac{A}{B}\right) \quad (04)$$

Onde:

A = Densidade de massa;

B = densidade de massa teórica da argamassa, sem vazios;

$$B = \left(\frac{\sum M_i}{\sum \frac{M_i}{\gamma_i}} \right) \quad (05)$$

Onde:

M_i = massa seca de cada componente da argamassa, inclusive massa da água;

γ_i = densidade de massa de cada componente da argamassa, determinada conforme a NBR 6474;

5.2.6 Determinação da resistência à compressão

Para o ensaio de resistência à compressão foram moldados 12 corpos de prova para as idades de 7 dias, 14 dias e 28 dias, com dimensões 5cm x 10cm, com argamassa recém preparada. Todos os corpos de prova permaneceram nos moldes até a idade do ensaio ao ar do laboratório, após desmoldar-se os corpos de prova, foram feitas medidas de diâmetro e comprimentos com auxílio de paquímetro digital, por fim calculou-se a área de seção transversal do corpo de prova, a partir do valor de carga obtido na prensa foi calculada a resistência à compressão da argamassa.



Fotografia 6 – Ensaio de resistência à compressão

O resultado de resistência à compressão foi obtido através da média dos ensaios de acordo com NBR 13279/1995. A partir dos valores obtidos nos ensaios descritos, foi feita análise das tabelas e gráficos dos dados obtidos em laboratório, verificando-se a variação das propriedades da argamassa em função dos traços.

Os resultados obtidos nas análises das tabelas e dos gráficos foram comparados com os valores verificados na literatura: Mohamad (2009); Camacho (2006), Nakakura (2004) e também com o prescrito na norma NBR 13281/2001 que especifica requisitos para argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

6.1.1 Determinação da resistência à compressão

Os resultados da resistência à compressão encontrados estão descritos nas tabelas e gráficos a seguir.

Tabela 4 - Resistência à compressão axial do traço 1:1:6 (7 dias)

CP	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Área (mm ²)	Força (KN)	Resistência (MPa)
1	50,40	50,12	1983,97	5,89	2,97
2	50,05	50,44	1982,79	6,52	3,29
3	50,08	49,92	1963,50	6,66	3,39
4	50,00	50,05	1965,46	5,69	2,90
5	50,17	50,02	1967,04	7,52	3,82
6	50,15	50,14	1974,90	7,59	3,85
7	50,30	50,43	1992,27	7,10	3,56
8	50,12	50,07	1970,97	7,35	3,73
9	50,11	50,01	1968,22	6,77	3,44
10	50,02	50,09	1967,82	6,89	3,50
11	50,03	50,09	1968,22	7,09	3,60
12	50,11	50,09	1971,36	7,84	3,98
Média (MPa)					3,50

Tabela 5 - Resistência à compressão axial do traço 1:1:6 (14 dias)

CP	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Área (mm ²)	Foça (KN)	Resistência (MPa)
1	49,90	50,05	1961,93	10,31	5,26
2	50,20	50,11	1975,69	10,49	5,31
3	50,11	50,06	1970,18	8,57	4,35
4	50,25	50,23	1982,39	8,68	4,38
5	50,12	50,20	1976,09	9,01	4,56
6	50,00	50,02	1964,29	9,75	4,96
7	50,05	50,13	1970,57	9,66	4,90
8	50,00	50,03	1964,68	9,71	4,94
9	50,01	50,01	1964,29	9,20	4,68
10	50,00	50,04	1965,07	9,56	4,87
11	50,06	50,45	1983,58	9,23	4,65
12	50,00	50,13	1968,61	9,26	4,70
Média (MPa)					4,80

Tabela 6 - Resistência à compressão axial do traço 1:1:6 (28 dias)

CP	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Área (mm ²)	Foça (KN)	Resistência (MPa)
1	49,95	50,21	1969,79	9,43	4,79
2	50,44	50,22	1989,50	9,46	4,76
3	50,19	50,17	1977,66	9,18	4,64
4	50,04	50,08	1968,22	9,13	4,64
5	50,69	50,75	2020,46	10,36	5,13
6	50,09	50,33	1980,03	9,38	4,74
7	50,04	50,13	1970,18	10,46	4,92
8	50,01	50,21	1972,15	8,98	4,55
9	50,26	50,17	1980,42	10,12	5,11
10	50,33	50,32	1989,11	8,85	4,45
11	50,11	49,97	1966,64	9,61	4,89
12	50,00	50,13	1968,61	9,34	4,74
Média (MPa)					4,81

Com base nas tabelas anteriores, pode-se observar que para o traço 1:1:6 houve um aumento de 37% no valor da resistência à compressão entre 7 e 14 dias e este valor se mantém constante para 28 dias. Os fatores que contribuíram para as baixas resistências apresentadas são a grande quantidade de cal e areia presentes na mistura tornando a argamassa menos resistente. Ainda de acordo com a NBR

13281 que especifica os requisitos para argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos, e que leva em consideração apenas a resistência aos 28 dias, essa argamassa é classificada como tipo 2, pois encontra-se entre o limite de 4 a 8 MPa.

Tabela 7 - Resistência à compressão axial do traço 1:0,5:4,5 (7 dias)

CP	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Área (mm ²)	Foça (KN)	Resistência (MPa)
1	50,05	50,18	1972,54	14,41	7,30
2	50,12	50,04	1969,79	14,09	7,15
3	50,18	50,20	1978,45	15,66	7,91
4	50,04	50,00	1965,07	15,66	7,97
5	50,04	50,07	1967,82	16,26	8,26
6	50,19	50,10	1974,90	13,73	6,95
7	50,52	50,23	1993,06	15,39	7,72
8	50,18	50,21	1978,85	16,15	8,16
9	50,14	50,06	1971,36	14,17	7,19
10	50,14	50,12	1973,72	14,25	7,22
11	50,11	49,15	1973,72	14,45	7,32
12	50,47	50,13	1987,13	15,14	7,62
				Média (MPa)	7,57

Tabela 8 - Resistência à compressão axial do traço 1:0,5:4,5 (14 dias)

CP	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Área (mm ²)	Foça (KN)	Resistência (MPa)
1	50,18	50,17	1977,27	14,42	7,29
2	50,15	50,45	1987,13	14,64	8,88
3	50,17	50,18	1977,27	18,03	9,12
4	50,36	50,38	1992,67	14,91	7,48
5	49,90	50,07	1962,32	15,92	8,11
6	50,11	50,19	1975,30	13,82	7,00
7	50,02	50,20	1972,15	15,36	7,79
8	50,22	50,31	1984,37	18,62	9,38
9	50,14	50,10	1972,94	22,18	11,24
10	50,11	50,17	1974,51	20,39	10,33
11	50,00	50,22	1972,15	20,14	10,21
12	50,07	49,98	1965,46	18,88	9,61
				Média (MPa)	8,87

Tabela 9 - Resistência à compressão axial do traço 1:0,5:4,5 (28 dias)

CP	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Área (mm ²)	Foça (KN)	Resistência (MPa)
1	50,49	50,23	1991,88	20,91	10,50
2	50,09	50,16	1973,33	22,24	11,27
3	50,22	50,21	1980,42	21,25	10,73
4	50,14	50,33	1982,00	21,51	10,85
5	49,03	50,18	1971,76	21,80	11,05
6	50,09	50,12	1971,76	18,01	9,14
7	50,13	50,13	1973,72	15,68	7,94
8	50,04	50,09	1968,61	17,84	9,06
9	50,05	50,10	1969,39	17,81	9,04
10	50,14	50,15	1974,90	19,00	9,62
11	50,09	50,16	1973,33	19,65	9,96
12	50,03	50,48	1983,58	20,64	10,41
Média (MPa)					9,96

Já para o traço 1:0,5:4,5, as resistências apresentam um aumento significativo para as três idades de 17% e 12%, e com os resultados do traço dosado com a metade da cal na mistura e uma parte e meia a menos de areia que o traço anterior fica evidente que a quantidade de cal e areia na mistura tem relação direta com a resistência da argamassa. Ainda de acordo com a NBR 13281 que especifica os requisitos para argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos, e que leva em consideração apenas a resistência aos 28 dias, essa argamassa é classificada como tipo 3, pois possui resistência maior que 8 MPa.

Tabela 10 - Resistência à compressão axial do traço 1:0,25:3 (7 dias)

CP	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Área (mm ²)	Foça (KN)	Resistência (MPa)
1	50,12	50,25	1978,06	21,60	10,92
2	50,18	50,16	1976,87	29,20	14,77
3	50,65	50,51	2009,32	29,26	14,56
4	49,99	50,03	1964,29	33,31	16,96
5	50,50	50,07	1985,95	27,02	13,61
6	50,50	50,15	1989,11	25,60	12,87
7	50,12	50,13	1973,33	26,58	13,47
8	50,37	50,26	1988,32	29,73	14,95
9	50,26	50,12	1978,45	21,72	10,98
10	50,33	50,22	1985,16	25,23	12,71
11	50,48	50,35	1996,23	28,67	14,36
12	50,00	50,28	1974,51	28,63	14,50
				Média (MPa)	13,72

Tabela 11 - Resistência à compressão axial do traço 1:0,25:3 (14 dias)

CP	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Área (mm ²)	Foça (KN)	Resistência (MPa)
1	50,12	50,09	1971,76	32,94	16,70
2	50,18	50,25	1980,42	28,86	14,57
3	50,15	50,53	1990,29	34,74	14,45
4	50,08	50,15	1972,54	34,81	17,65
5	50,10	50,16	1973,72	36,13	18,31
6	50,03	49,94	1962,32	35,07	17,87
7	50,11	50,10	1971,76	33,86	17,17
8	50,17	50,07	1972,94	25,52	12,93
9	50,12	50,49	1987,53	33,29	16,75
10	50,23	50,14	1978,06	26,05	13,17
11	50,07	50,05	1968,22	34,70	17,63
12	50,03	50,22	1973,33	38,94	19,73
				Média (MPa)	16,66

Tabela 12- Resistência à compressão axial do traço 1:0,25:3 (28 dias)

CP	Ø1 (mm)	Ø2 (mm)	Área (mm ²)	Foça (KN)	Resistência (MPa)
1	50,30	50,36	1989,50	43,48	21,85
2	50,22	50,16	2018,07	41,74	20,68
3	50,25	50,40	1989,11	44,33	22,29
4	50,00	50,29	1974,90	43,55	22,05
5	50,16	50,22	1978,45	40,96	20,70
6	50,10	50,23	1976,48	40,19	20,34
7	50,11	50,09	1971,36	39,66	20,12
8	50,05	50,05	1967,43	39,23	19,94
9	50,19	50,08	1974,12	42,44	21,50
10	50,07	49,97	1965,07	42,78	21,77
11	50,06	50,27	1976,48	33,22	16,81
12	50,07	50,15	1972,15	42,63	21,62
Média (MPa)					20,81

Verificou-se como a quantidade de cal e areia influenciaram na resistência da argamassa, neste traço a resistência aumentou 52% de 7 para 28 dias, alcançando 13,72 MPa nos primeiros sete dias e chegando a 20,81 MPa aos 28 dias. Ainda de acordo do com a NBR 13281 que especifica os requisitos para argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos, e que leva em consideração apenas a resistência aos 28 dias, essa argamassa é classificada com tipo 3, pois possui resistência maior que 8 MPa.

**Fotografia 7 – Detalhe da ruptura dos corpos de prova**

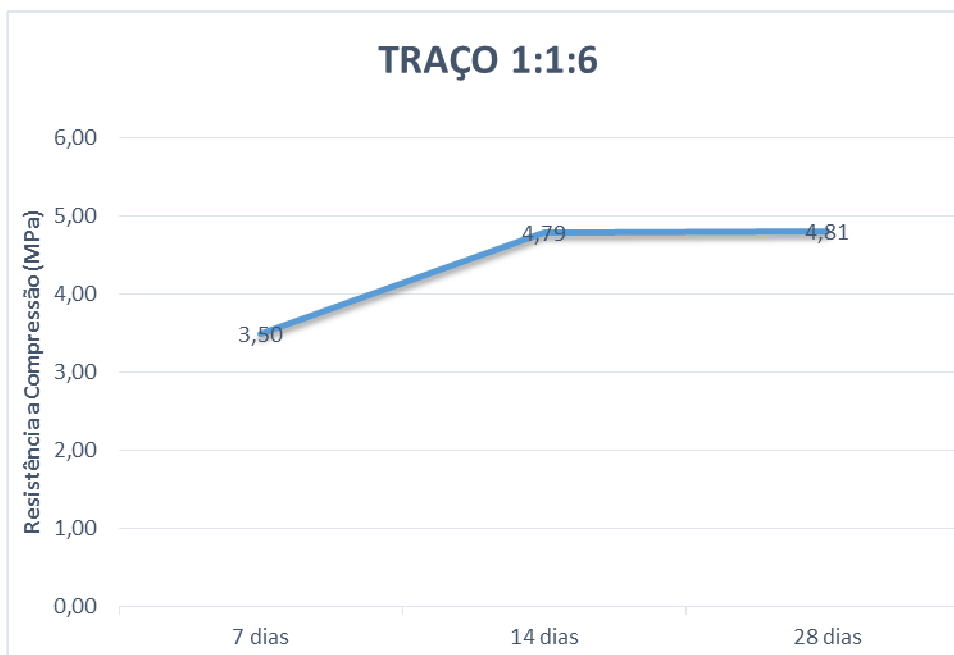


Gráfico 1 – Evolução da resistência à compressão em (MPa) para as três idades

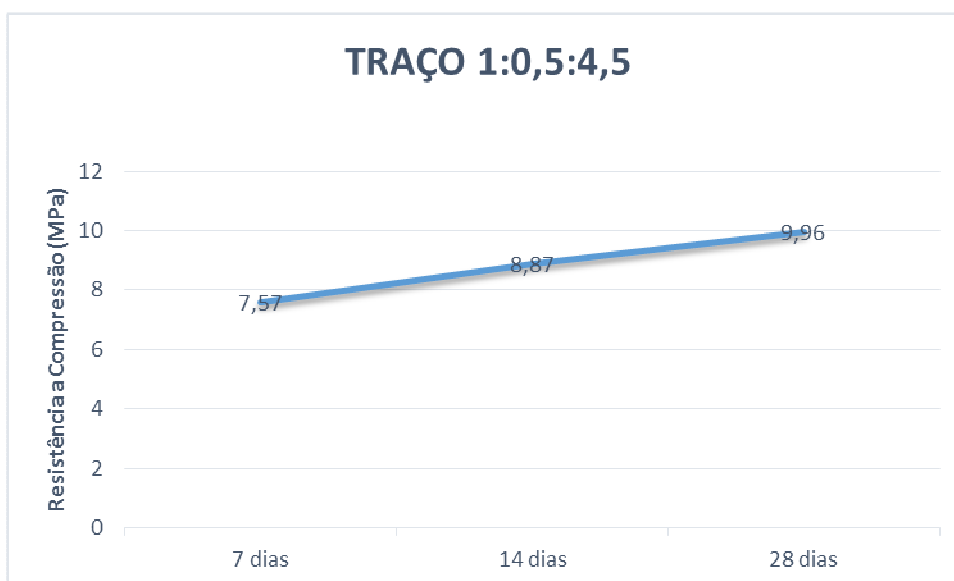


Gráfico 2 – Evolução da resistência à compressão em (MPa) para as três idades

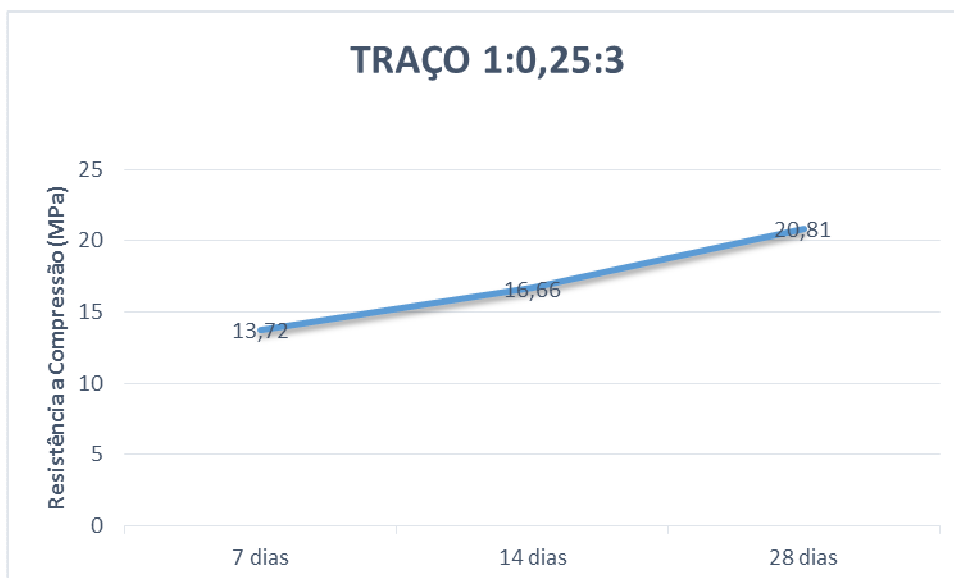


Gráfico 3 – Evolução da resistência à compressão em (MPa) para as três idades

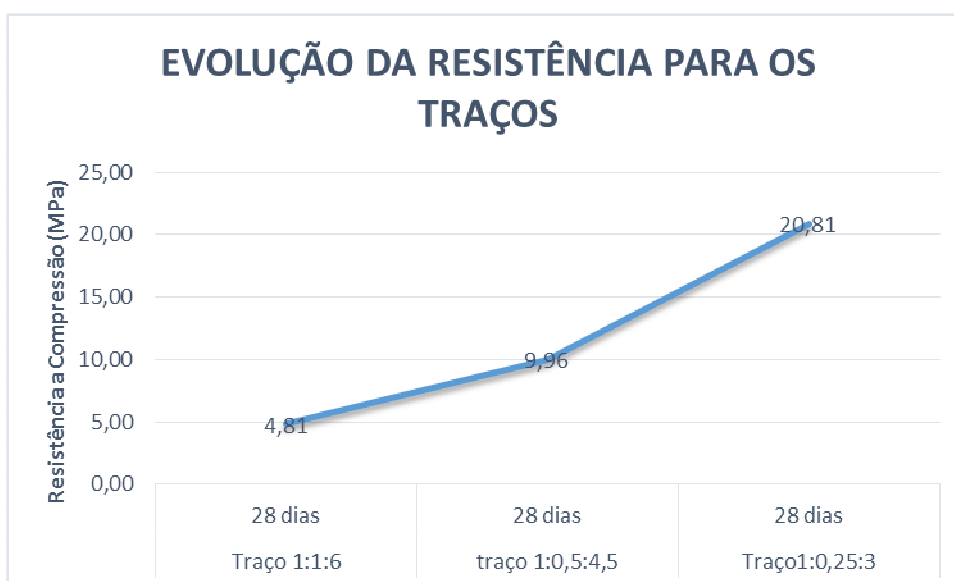


Gráfico 4 – Comparativo das resistências à compressão em (MPa) aos 28 dias

Com os gráficos é possível visualizar o aumento das resistências conforme a mudança de traço das argamassas. Ainda conforme item 4.2.3 da revisão bibliográfica Mohamad (2009), utilizando os mesmo traços e relação água/cimento, chegou-se a resultados de resistência à compressão aos 28 dias muito parecidos com os do presente estudo, sendo que para o traço 1:0,25:3 alcançou resistência de 20,3 MPa, o traço 1:0, 5:4,5 com resistência 7,5 MPa e o traço 1:1:6 chegando a 4,5 MPa, todos aos 28 dias.

6.2 DENSIDADE DE MASSA E TEOR DE AR INCORPORADO

6.2.1 Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado

A partir do ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado, obtiveram-se os seguintes resultados.

Tabela 13 – Densidade de Massa e Teor de ar incorporado (1:1:6)

CP	Mv (g)	Vr (ml)	Mc (g)	A (g/cm ³)	AL (%)
1	115,02	400,00	904,26	1,97	42,43
2	115,40	400,00	911,83	1,99	41,91
3	115,40	400,00	909,21	1,98	42,10
4	115,02	400,00	899,95	1,96	42,75
5	115,02	400,00	901,80	1,97	42,61
6	115,40	400,00	907,86	1,98	42,20
7	115,02	400,00	904,96	1,97	42,38
8	115,02	400,00	903,26	1,97	42,50
9	115,40	400,00	910,26	1,99	42,02
10	115,02	400,00	901,96	1,97	42,60
11	115,40	400,00	908,34	1,98	42,16
12	115,02	400,00	904,59	1,97	42,41
Média (%)					42,34

Tabela 14 – Densidade de Massa e Teor de ar incorporado (1:0,5:4,5)

CP	Mv (g)	Vr (ml)	Mc (g)	A (g/cm ³)	AL (%)
1	115,02	400,00	909,02	1,99	21,47
2	115,40	400,00	919,76	2,01	21,45
3	115,00	400,00	904,65	1,97	21,90
4	115,40	400,00	916,16	2,00	20,80
5	115,02	400,00	907,35	1,98	21,64
6	115,40	400,00	919,66	2,01	20,46
7	115,02	400,00	908,36	1,98	21,54
8	115,40	400,00	917,63	2,01	20,66
9	115,00	400,00	905,36	1,98	21,83
10	115,40	400,00	918,65	2,01	20,56
11	115,00	400,00	908,34	1,98	21,54
12	115,40	400,00	918,65	2,01	20,56
Média (%)					21,11

Tabela 15 – Densidade de Massa e Teor de ar incorporado (1:0,25:3)

CP	Mv (g)	Vr (ml)	Mc (g)	A (g/cm ³)	AL (%)
1	115,02	400,00	918,12	2,01	9,34
2	115,40	400,00	930,41	2,04	7,99
3	115,00	400,00	922,91	2,02	8,79
4	115,40	400,00	936,26	2,05	7,33
5	115,40	400,00	935,89	2,05	7,37
6	115,00	400,00	919,66	2,01	9,16
7	115,40	400,00	936,26	2,05	7,33
8	115,02	400,00	922,58	2,02	8,83
9	115,40	400,00	935,67	2,05	7,40
10	115,02	400,00	918,65	2,01	9,28
11	115,40	400,00	933,24	2,04	7,67
12	115,02	400,00	921,89	2,02	8,91
Média (%)					8,28

Com base nas tabelas de densidade de massa e teor de ar incorporado, foi possível notar que a medida em que se tem uma maior quantidade de cimento com relação aos demais componentes, a argamassa apresenta uma maior densidade de massa, e o teor de ar incorporado diminui significativamente.

Ainda de acordo com a NBR13281, a argamassa com traço 1:1:6 é classificada com tipo c, pois possui teor de ar incorporado maior que 18%, a argamassa com traço 1:0,5:4,5 é classificada como tipo c também, e a argamassa com traço 1:0,25:3 é considerada tipo b com um teor de ar incorporado maior que 8% e menor que 18%.

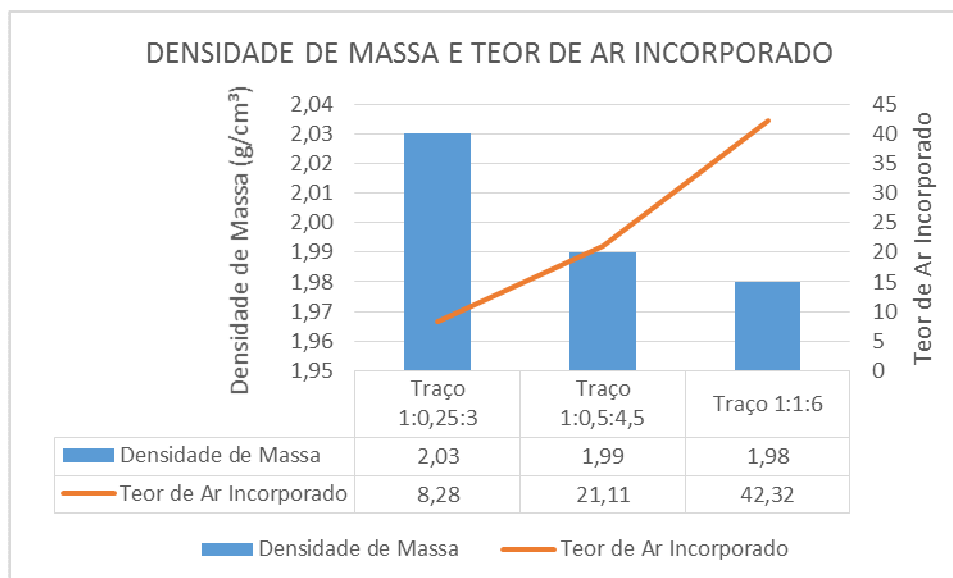


Gráfico 5 – Comparativo da densidade de massa e teor de ar incorporado para os traços

Com o gráfico de densidade de massa e teor de ar incorporado foi possível notar que quanto menor o teor de ar incorporado na argamassa maior a densidade da mesma.

Ainda conforme Nakakura (2004, p. 9) a quantidade de ar aprisionado na argamassa fresca influencia diretamente a densidade de massa relativa da argamassa nos estados fresco e endurecido, pois o ar possui densidade menor que a argamassa e ocupa uma fração da sua massa. Foi possível concluir ainda que quanto menor o ar incorporado na amostra maior a resistência da mesma.

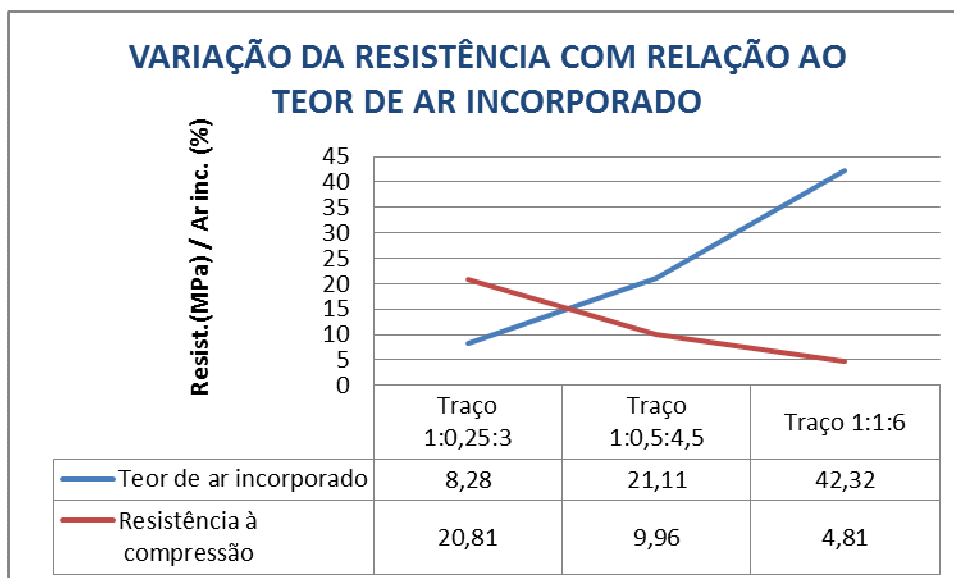


Gráfico 6 – Variação da resistência à compressão, em relação ao teor de ar incorporado

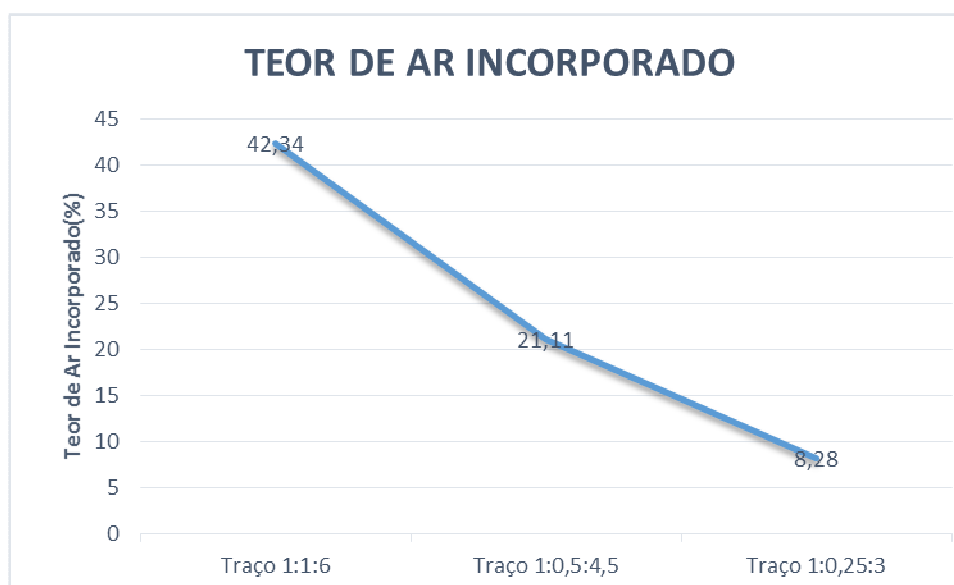


Gráfico 7 – Comparativo do teor de ar incorporado para os traços

Com o gráfico foi possível visualizar que existe uma proporcionalidade entre o teor de ar incorporado e a quantidade de cal no traço das argamassas, a medida que o traço passou de 1:1 para 1:0,5 o teor de ar incorporado na argamassa também diminuiu para a metade, e o mesmo ocorreu quando o traço mudou de 1:05 para 1:0,25.

6.3 RETENÇÃO DE ÁGUA

6.3.1 Determinação da retenção de água.

A partir do ensaio de retenção de água, obtiveram-se os seguintes resultados.

Tabela 16 – Retenção de água (1:1:6)

CP	Mf (g)	Mse (g)	Mna (g)	Mn (g)	Ra (%)
1	18,77	17,62	1183,13	768,00	97,87
2	19,04	17,62	1215,91	791,00	97,43
3	19,54	17,62	1223,56	768,00	96,76
4	19,44	17,62	1218,36	768,00	96,89
5	19,36	17,62	1196,47	791,00	96,70
6	19,46	17,59	1208,54	768,00	96,73
7	19,47	17,57	1219,87	791,00	96,59
8	19,28	17,62	1220,96	768,00	97,18
9	18,96	17,62	1217,59	791,00	97,58
10	19,37	17,62	1187,56	768,00	96,79
11	19,04	17,59	1218,58	791,00	97,39
12	18,94	17,62	1222,09	768,00	97,76
				Média (%)	97,14

Tabela 17 – Retenção de água (1:0,5:4,5)

CP	Mf (g)	Mse (g)	Mna (g)	Mn (g)	Ra (%)
1	19,84	17,62	1203,67	768,00	96,15
2	21,17	17,62	1220,16	791,00	93,74
3	19,56	17,62	1217,21	768,00	96,73
4	19,87	17,58	1206,32	768,00	96,05
5	20,89	17,62	1219,36	791,00	94,23
6	19,65	17,62	1204,54	768,00	96,48
7	20,05	17,56	1221,08	791,00	95,62
8	19,72	17,62	1202,35	768,00	96,34
9	21,22	17,62	1219,97	791,00	93,65
10	19,96	17,59	1211,23	768,00	95,96
11	19,71	17,62	1217,99	791,00	96,30
12	20,57	17,62	1205,11	768,00	94,89
				Média (%)	95,51

Tabela 18 – Retenção de água (1:0,25:3)

CP	Mf (g)	Mse (g)	Mna (g)	Mn (g)	Ra (%)
1	20,07	17,55	1228,90	768,00	95,44
2	19,18	17,60	1230,46	791,00	97,00
3	19,56	17,62	1227,85	768,00	96,48
4	19,74	17,62	1229,96	791,00	96,18
5	19,23	17,60	1226,58	791,00	96,88
6	20,17	17,62	1230,01	768,00	95,40
7	19,28	17,58	1226,58	791,00	96,75
8	19,22	17,62	1228,97	768,00	97,11
9	20,14	17,61	1227,91	791,00	95,17
10	19,58	17,62	1228,42	768,00	96,45
11	19,99	17,56	1231,02	791,00	95,40
12	19,71	17,62	1229,64	768,00	96,23
				Média (%)	96,21

De acordo com o item 4.2 da revisão bibliográfica os três traços de argamassas foram classificados como sendo de alta retenção de água, pois possuem capacidade de retenção de água maior que 90%.

Para Camacho (2006) a argamassa deve ter capacidade de retenção de água suficiente para que quando em contato com unidades de elevada absorção inicial, não tenha suas funções primárias prejudicadas pela excessiva perda de água para a unidade.

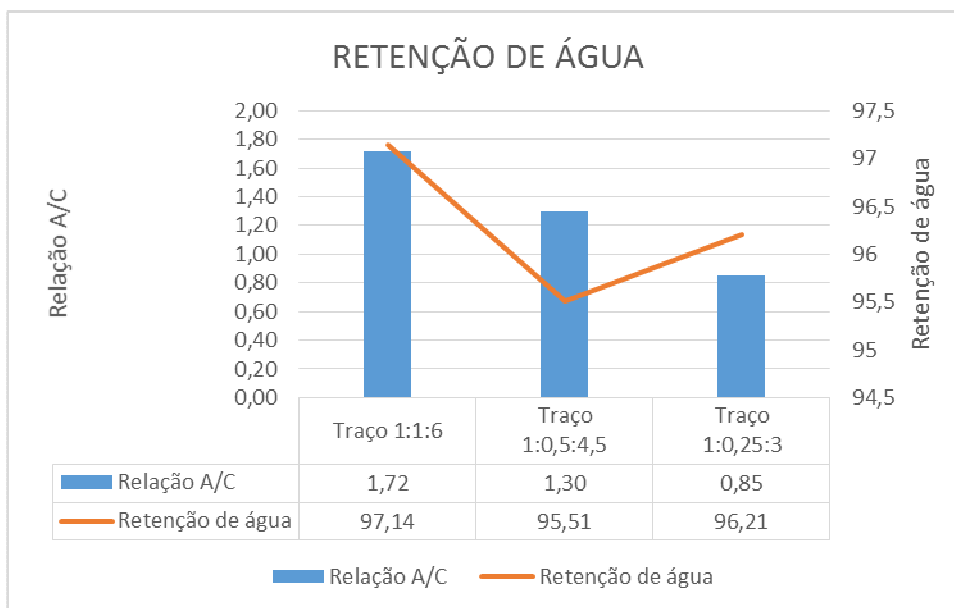


Gráfico 8 – Variação da retenção de água conforme variou a relação A/C

O gráfico evidencia a capacidade de retenção de água de cada traço, não foi possível mostrar claramente qual a relação para se obter uma maior ou menor retenção de água, já que a relação água/cimento foi proporcional para os três traços.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, conclui-se:

- a) Para o traço com menor teor de cimento na sua composição (1:1:6) o maior ganho de resistência se dá nas primeiras idades (7 e 14 dias), a partir daí a resistência praticamente se mantém constante. Já para os traços com maior teor de cimento na sua composição (1:0,5:4,5 e 1:0,25:3) o ganho de resistência é significativo para as três idades, deixando evidente a influência da cal e da areia na resistência à compressão das amostras.
- b) Para os ensaios de densidade de massa e teor de ar incorporado, os traços com maior quantidade de cimento na sua composição a densidade de massa é maior, e o teor de ar incorporado diminui significativamente. Fica evidente ainda que quanto maior a densidade de massa, menor é o teor de ar incorporado das amostras, refletindo em uma maior resistência à compressão das mesmas.
- c) Todos os três traços de argamassa possuem retenção de água maior que 90%, o que garante uma adequada hidratação do cimento, que por sua vez é quem garante a resistência à compressão da argamassa de assentamento. Não foi possível mostrar claramente qual dos constituintes da argamassa tem influência direta com este parâmetro, já que a relação A/C foi a mesma para todos os traços.
- d) Como os blocos estruturais disponíveis no mercado variam de 4,5 a 20 MPa, o traço 1:0,25:3, não é adequado para o assentamento dos blocos comercializados, pois segundo Parsekian et al (2007) no caso de edifícios de múltiplos pavimentos a resistência da argamassa deve ser no mínimo igual a 5,0 MPa ou 70% da resistência do bloco a ser utilizado. Já os traços 1:1:6 e 1:0,5:4,5 que alcançaram resistências de 4,81 MPa e 9,96 MPa respectivamente, são adequados para os blocos comercializados.

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6474 – Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água.** Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência a compressão.** Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2001.

ARAÚJO, C. L.; SOUZA, E. U. **Produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores.** Boletim Técnico n. 269/01. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

BAUER, Roberto José Falcão. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Revista Prisma - Caderno Técnico de Alvenaria Estrutural, São Paulo – 13ª Edição, 2007.

CAMACHO, Jefferson S. **Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural**. Universidade Estadual Paulista – Núcleo de ensino e pesquisa da alvenaria estrutural, 2006. Disponível em: <http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Projeto%20de%20edificios%20de%20alvenaria%20estrutural.pdf>. Acesso em: 20 out. 2011.

CORRÊA, Ederson S. **Patologias Decorrentes de Alvenaria Estrutural**. 2010. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade da Amazônia, 2010. Disponível em: <http://www.unama.br/graduacao/cursos/EngenhariaCivil/download/tcc2010/PATOLOGIAS-DECORRENTES-ALVENARIA-ESTRUTURAL.pdf>. Acesso em: 20 out. 2013.

MOHAMAD, G. et al . **Caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural - previsão e modo de ruptura**. Matéria (Rio J.), Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, ago. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762009000200006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 02 set. 2013.

MOHAMAD, G. et al . **Estudo de caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS (SBTA), 7, Recife, Brasil, 2007 – “Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas”. [S.l. : s.n., 2007]. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/9139>. Acesso em 5 set. 2013.

MOHAMAD, G. et al . **Ensaio de compressão em prismas de bloco de Concreto-deformabilidade e modo de ruptura**. XXXII Jornadas Sulamericanas de Engenharia

Estrutural, Campinas, Brasil, 2006. Disponível em: [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6431/1/Mohamad Lourengo Roman 1-ENSAIO%20DE%20COMPRESS%C3%83O%20EM%20PRISMAS.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6431/1/Mohamad%20Lourengo%20Roman%201-ENSAIO%20DE%20COMPRESS%C3%83O%20EM%20PRISMAS.pdf). Acesso em 02 set. 2013.

PARSEKIAN, G. A. et al. Techine(SP), São Carlos, Ed. 119, Fevereiro de 2007. Disponível em: [http://www.ppgciv.ufscar.br/arquivos/File/guilherme artigos/parsekian3.pdf](http://www.ppgciv.ufscar.br/arquivos/File/guilherme_artigos/parsekian3.pdf)

NAKAMURA, H. E. ; CINCOTTO, A. M. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento.** Boletim Técnico n. 359/04. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

QUARCIONE, A. V. ; CINCOTTO, A. M. **Influência da cal hidratada nas idades iniciais da hidratação do cimento Portland: estudo em pasta .** Boletim Técnico n. 506/08. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

RAMALHO, Marcio A.; CORREA, Márcio R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: Pini, 2003.

SABBATINI, F. H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente.** Boletim Técnico n.02/86. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986.

SABBATINI, F. H. **alvenaria estrutural - Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico.** Trabalho Técnico. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2002.

SÓLORZANO, M. G. P.; SABBATINI, F. H. **Características e Desempenho de Juntas de Argamassa na Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto.** Boletim Técnico n. 141/95. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995.

TAUIL, C. A. **Patologias das Construções: Alvenarias.** IV SEASC: Semana da Engenharia, Arquitetura e Agronomia, São Carlos, Brasil, 2010. Disponível em: http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:U1UkxlqERCIJ:www.aeasc.com.br/site/index.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D14%26Itemid%3D11+tauil+IV+SEASC:+Semana+da+Engenharia,Arquitetura+e+Agronomia+de+S%C3%A3o+Carlos.&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEESjPKJ-Tje65bWyJj0SvGIJjE0-mO9AIQ_FEcfkbriD6ddIVuiUmjPzZ02w5o9g8eTJUmt0RaLMEAW1WA0EsY4oqoxHg9KHcQn23Ek-370WIGIRV5WMYFhO4xj-px2pMe_oXJuH&sig=AHIEtbTUof7rGLL2X2Cohz_eueajMIX_PA Acesso em 02 set. 2013.

THOMAZ, E. ; HELENE, P. R. L. **Qualidade no Projeto e na Execução de Alvenaria Estrutural e de Alvenarias de Vedação em Edifícios.** Boletim Técnico n. 252/2000. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.