



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

ESTUDO DE ADERÊNCIA DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Tatiane Savi (1); Laila Valduga (2); Volnei Volpato (3)

(1) Bolsista do Departamento de Engenharia Civil – UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil – e-mail: tattisavi@yahoo.com.br

(2) Professora do Departamento de Engenharia Civil – UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil – e-mail: laila.valduga@unoesc.edu.br

(3) Professor do Departamento de engenharia Civil - UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil – e-mail: vvolpato@brturbo.com.br

RESUMO

Proposta: Entre os problemas patológicos que atingem as edificações, as fissuras são casos bastante freqüentes. Podem ser originárias de várias causas, sendo uma delas a falta de aderência entre a argamassa de assentamento e o substrato. O objetivo deste artigo foi comparar o comportamento de argamassas com cal e sem cal quanto à aderência em blocos de concreto estruturais em diferentes condições ambientes. **Métodos de Pesquisa/Abordagens:** Ensaios executados em prismas de blocos de concreto estruturais que seguiram a norma ASTM E 518-03 (Standard Tests Methods for Flexural Bond Strength of Masonry). **Resultados:** Verificou-se que, em geral, as argamassas que continham cal obtiveram melhores resultados que as argamassas sem cal, a cura em obra demonstrou maior eficácia que em ambiente protegido sob condições normais de moldagem, e o módulo de ruptura diminui quando a temperatura sob a qual as argamassas foram submetidas no assentamento aumenta. **Contribuições/Originalidade:** Abordagem da problemática aderência bloco/argamassa em fissuras de edificações, e contribuição para normatização.

Palavras Chave: argamassa; aderência.

ABSTRACT

Among the pathological problems that cause damages to buildings, fissures are among those occurring quite frequently. They can be derived from several causes, one of them is the lack of adherence between the laying mortar and the substrate. The objective of this present study was to compare the behavior of mortar containing lime and the one that does not contain lime in relation to the adherence of the structural concrete blocks under different ambient conditions. Tests were carried out on structural concrete block prisms, and the ASTM E 518-03 (Standard Tests Methods for Flexural Bond Strength of Masonry) standard was performed. It was verified that, in general the mortar mixes containing lime showed better results than those ones which do not contain lime and the drying process in building showed more effectiveness than those ones in protected environment under normal molding conditions, and the modulus of rupture decreases when the temperature which the mortar mixes were submitted during the laying process increases. The results obtained from this study approach the problematical block/mortar adherence in building fissures, and such results can contribute to a future standard.

Keywords: adherence, mortar.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Barros *et al.* (1997), um problema patológico pode ser entendido como uma situação em que uma edificação ou uma parte dela, em um determinado instante da sua vida útil, não apresenta o desempenho previsto.

O problema é identificado, de modo geral, a partir das manifestações ou sintomas patológicos que se traduzem por modificações:

- Estéticas, onde somente a aparência da edificação é prejudicada. Os exemplos mais clássicos são as fissuras e trincas;
- Funcionais, quando a patologia atinge as condições de utilização do edifício, tais como obstrução de portas e janelas, penetração de umidade, entre outras;
- Estruturais, onde a estrutura apresenta riscos de colapso, geralmente em função de redistribuição das cargas.

As situações mais frequentes são manifestações patológicas que causam danos de natureza estética e funcional. Estas não afetam a estabilidade de uma edificação, porém causam constrangimento nos usuários e podem originar modificações funcionais. Os danos mais comuns envolvem recalques (deslocamentos verticais das fundações) e fissuração do revestimento de alvenarias.

As variações climáticas da região onde a edificação está inserida contribuem muito para o surgimento e progressão de algumas patologias. A temperatura pode oscilar bastante entre estações do ano, e por vezes variar substancialmente em um mesmo dia. Isto, somado ao regime dos ventos, pode causar fissuração em revestimentos.

Fissuras em revestimentos não são problemas novos e nem isolados. Entretanto, o código do consumidor tem sido rigorosamente observado nos últimos anos, e isto faz com que o usuário e o construtor busquem por maior qualidade.

Deste modo, os engenheiros e construtores se tornam cada vez mais interessados na procura de respostas para situações antes consideradas aceitáveis.

Evidência disso é a preocupação crescente com o desempenho de aderência das argamassas, sejam elas utilizadas em revestimento ou assentamento. Caso estas não possuam aderência suficiente quando aplicadas em blocos estruturais ou cerâmicos, tem-se o risco de ocorrerem fissuras, que alterarão tanto o aspecto visual quanto funcional da obra. Segundo Sabbatini (2005), os revestimentos também podem se soltar ou fissurar como resultado da deformação induzida na alvenaria sob tensão. Se forem mais rígidos que a alvenaria, como argamassas industrializadas, a chance de isso ocorrer é elevada.

2 OBJETIVO

Objetivando-se uma ação sistêmica frente aos problemas patológicos passíveis de ocorrerem com os revestimentos em edificações, propõe-se, no presente trabalho, identificar e analisar os vários fatores que interferem no desempenho de argamassas de revestimento, criando parâmetros a partir dos quais os profissionais da área poderão organizar um conjunto de passos e etapas a serem seguidos, a fim de evitar problemas em futuros empreendimentos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados blocos de concreto do tipo estrutural, de dimensões indicadas na figura 01, e resistência característica à compressão de 6 Mpa.

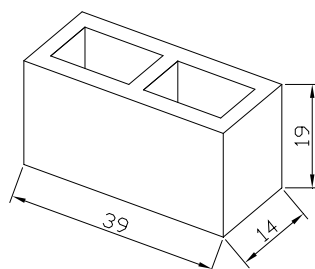


Figura 1 - Bloco de concreto estrutural (dimensões em cm).

Foram utilizadas argamassas de dois tipos:

- Argamassas cujo único aglomerante é cimento Portland.
- Argamassas contendo cal e cimento Portland como aglomerantes.

Em algumas amostras foi utilizado um aditivo químico para argamassa (Rhoimat Pav 29 B). Ainda foram testadas argamassas industrializadas e misturadas em obra.

3.2 Métodos

3.2.1 Preparo da argamassa e moldagem dos prismas

Os ensaios de resistência à flexão foram executados em prismas de blocos de concreto estruturais. O ensaio seguiu a norma ASTM E 518-03 - Standard Tests Methods for Flexural Bond Strength of Masonry. Não foram utilizadas as normas vigentes no país (ABNT – NBR) por não se dispor de norma específica para tal ensaio.

Foram feitos ensaios comparativos tanto em laboratório quanto em obra, nos quais foram variados alguns fatores como:

- Argamassa com e sem cal / alta temperatura ambiente;
- Argamassa com e sem cal / temperatura ambiente média;
- Argamassa com e sem cal/ alta temperatura (artificial);

Os prismas foram moldados em laboratório, em ambiente protegido; e em obra, em ambiente com condições naturais. Também foram feitos ensaios elevando a temperatura dos blocos artificialmente antes da moldagem, tanto em laboratório quanto em obra. Foram montados gabaritos e a partir destes foram assentados os blocos para confecção dos prismas. Quando em laboratório, as argamassas de assentamento foram misturadas manualmente, em condições similares às de obra.

As moldagens dos prismas, tanto em obra quanto em laboratório, foram feitas por um mesmo operário, sendo ele qualificado para a operação.

Os blocos foram assentados em uma base plana e devidamente nivelada, na mesma posição em que são assentados em obra. A colocação dos mesmos sobre a camada de argamassa foi feita com bastante cuidado, afim de que em hipótese nenhuma o mesmo fosse “aliviado” após entrar em contato com a argamassa. Deste modo a sua colocação se deu somente de forma comprimida.

Uma vez que, depois de moldados os blocos não devem ser manuseados até o momento de ensaio, os mesmos foram moldados no próprio local de cura.

As amostras de cada ensaio receberam nomenclaturas que variaram de acordo com o método utilizado na moldagem, o local de moldagem e o tipo da argamassa utilizada:

S = argamassa sem cal; C = argamassa com cal; u = blocos umedecidos; aqnat = blocos aquecidos em ambiente natural; aqart = blocos aquecidos artificialmente; B = moldados em obra; L = moldados em laboratório; ad = argamassa com aditivo

Na tabela 02 estão especificados cada ensaio realizado, e as respectivas argamassas utilizadas.

Tabela 2 – Identificação das amostras

Identificação da amostra	Tipo da argamassa	Local de Moldagem	Condições dos blocos de moldagem e cura	Data de Moldagem
S L-1	Industrializada sem cal	Laboratório	----	28/03/2005
S L-2	Industrializada sem cal	Laboratório	----	17/05/2005
S L-u 1	Industrializada sem cal	Laboratório	Os blocos foram umedecidos no assentamento	16/06/2005
S L-u 2	Industrializada sem cal	Laboratório	Os blocos foram umedecidos no assentamento	03/08/2005
S L-aqart	Industrializada sem cal	Laboratório	Os blocos foram aquecidos no assentamento (artificialmente)	03/08/2005
S B-1	Industrializada sem cal	Obra	Sujeitos à exposições climáticas	27/05/2005
S B-u 1	Industrializada sem cal	Obra	Os blocos foram umedecidos no assentamento	14/07/2005
S B-u 2	Industrializada sem cal	Obra	Os blocos foram umedecidos no assentamento	22/12/2005
S B-aqart	Industrializada sem cal	Obra	Os blocos foram aquecidos no assentamento (artificialmente)	14/07/2005
S B-aqnat	Industrializada sem cal	Obra	Sujeitos à exposições climáticas (temperatura ambiente elevada)	22/12/2005
C L-1	Industrializada com cal	Laboratório	----	17/05/2005
C L-2	Industrializada com cal	Laboratório	---	30/05/2005
C L-u	Industrializada com cal	Laboratório	Os blocos foram umedecidos no assentamento	03/08/2005
C L-aqart	Industrializada com cal	Laboratório	Os blocos foram aquecidos no assentamento (artificialmente)	03/08/2005
C L-ad	Industrializada com cal + aditivo	Laboratório	---	03/08/2005
C B-1	Industrializada com cal	Obra	Sujeitos à exposições climáticas	27/05/2005
C B-u 1	Industrializada com cal	Obra	Os blocos foram umedecidos no assentamento	14/07/2005
C B-u 2	Industrializada com cal	Obra	Os blocos foram umedecidos no assentamento	22/12/2005
C_VOB	Virada em obra com cal	Obra	Sujeitos à exposições climáticas	27/05/2005
C B-aqart	Industrializada com cal	Obra	Os blocos foram aquecidos no assentamento (artificialmente)	14/07/2005
C B-aqnat	Industrializada com cal	Obra	Sujeitos à exposições climáticas (temperatura ambiente elevada)	22/12/2005

Para cada amostra foram moldados 5 prismas, de acordo com a ASTM E 518 – 03

Na amostra C-VOB foi utilizada uma argamassa confeccionada no próprio canteiro de obras, com cal, de traço 1:5:5 (cimento:cal:areia), em volume. Este traço foi escolhido por ser comumente usado pelos operários na obra analisada.

Na tabela 03 apresenta-se um resumo das características de moldagem de cada série:

Tabela 3 – Características de Moldagem

Identificação da amostra	Temperatura água de amassamento (°C)	Temperatura argamassa (°C)	Temperatura ambiente (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Água adicionada/ materiais secos
S L-1	27	30,6	30	43	0,11
S L-2	20	19,9	20	86	0,16
S L-u 1	18,5	19,5	19	90	0,18
S L-u 2	16	19	25	39	0,18
S L-aqart	15	19	26	40	0,19
S B-1	7,3	10	15	70	0,17
S B-u 1	14	16	15	86	0,18
S B-u 2	28	28	38	36	0,19
S B-aqart	14	16	17	75	0,18
S B-aqnat	28	28	38	36	0,24
C L-1	20	20,5	20	83	0,21
C L-2	18,5	19,5	19	90	0,18
C L-u	16	19	24	50	0,18
C L-aqart	15	19	22	50	0,18
C L-ad	15	20	26	40	0,21
C B-1	8	12,1	15	65	0,2
C B-u 1	14,5	16,5	17,7	74	0,2
C B-u 2	26	32	40	34	0,24
C-VOB	8	10	15	80	* ₁₎
C B-aqart	14,5	16,5	16	75	0,2
C B-aqnat	28	28	39	33	0,19

Obs.: 1) Não foi quantificada.

3.2.2 Rompimento dos Prismas em laboratório

Para os rompimentos dos prismas executados em laboratório, os procedimentos seguiram a ASTM E 518-03. A máquina de ensaio utilizada para o rompimento foi uma prensa servo controlada, com capacidade de 30 toneladas .

O método de ensaio utilizado foi do tipo A (três pontos), que consta na seção quatro da ASTM E 518 – 03.

Cuidados específicos foram tomados para a remoção dos prismas, (do local de cura até a máquina de ensaio) para que não houvesse nenhum choque, queda, ou manuseio inadvertido dos mesmos, que pudessem alterar os resultados dos ensaios.

Assim sendo, os prismas foram posicionados com sentido horizontal para serem rompidos, e caso não rompessem no terço médio a amostra era descartada, de acordo com a ASTM E 518-03.

A figura 02 demonstra o posicionamento dos prismas para rompimento.

Na figura 03 está exemplificado o rompimento de um prisma no terço médio e na figura 03 um prisma descartado.



Figura 2 - Colocação dos prismas na prensa.



Figura 3 – Rompimento no terço médio do prisma.



Figura 4 – Prisma rompido fora do terço médio: amostra desconsiderada

3.23 Rompimento dos Prismas em Obra

O ensaio seguiu um procedimento desenvolvido por SABBATINI & MEDEIROS (1994), para ser realizado em canteiro de obras, a fim de simplificar o procedimento.

Os rompimentos dos prismas em obra foram feitos por carga distribuída.

Os prismas foram posicionados em sentido horizontal sob os apoios e submetidos a um carregamento. A aplicação da carga foi feita por colocação de blocos sobre o prisma, e o empilhamento dos mesmos foi feito de forma simétrica em relação ao centro do prisma, sem choques e de maneira contínua.

Após o rompimento, os blocos que serviam de carregamento foram pesados, e suas cargas eram somadas para que dessa maneira fosse possível saber qual a carga aplicada para a ruptura do determinado prisma.

A figura 5 detalha os aparatos utilizados para o rompimento dos prismas em obra, e na figura 6 observa-se um prisma rompido na primeira e na terceira junta.É, portanto, um prisma não procedente (descartado).



Figura 5 - aparatos utilizados para o rompimento dos prismas em obra



Figura 6 - prisma rompido na primeira e na terceira junta

4 RESULTADOS

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos nos ensaios realizados. O módulo de ruptura apresentado é a média de 5 prismas.

Tabela 3 – Resultados obtidos

Identificação da amostra	Módulo de Ruptura (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Coefficiente de variação (%)
S L-1	0,084	0,003	4,23
S L-2	0,105	0,026	24,72
S L-u 1	0,168	0,065	38,75
S L-u 2	0,096	0,007	7,22
S L-aqart	0,101	0,007	6,86
S B-1	0,209	0,026	12,63
S B-u 1	0,063	0,019	30,01
S B-u 2	0,046	0,008	17,79
S B-aqart	0,055	0,017	31,13
S B-aqnat	0,047	0,006	13,12
C L-1	0,255	0,034	13,33
C L-2	0,339	0,09	26,56
C L-u	0,089	0,021	23,48
C L-aqart	0,121	0,054	45,09
C L-ad	0,18	0,018	10,17
C B-1	0,464	0,075	16,16
C B-u 1	0,06	0,02	33,09
C B-u 2	0,223	0,033	14,6
C VOB	0,295	0,067	22,67
C B-aqart	0,161	0,061	37,74
C B-aqnat	0,097	0,033	33,85

Nos gráficos a seguir estão comparados os resultados obtidos com o rompimento das amostras. Os valores estão expressos em MPa.

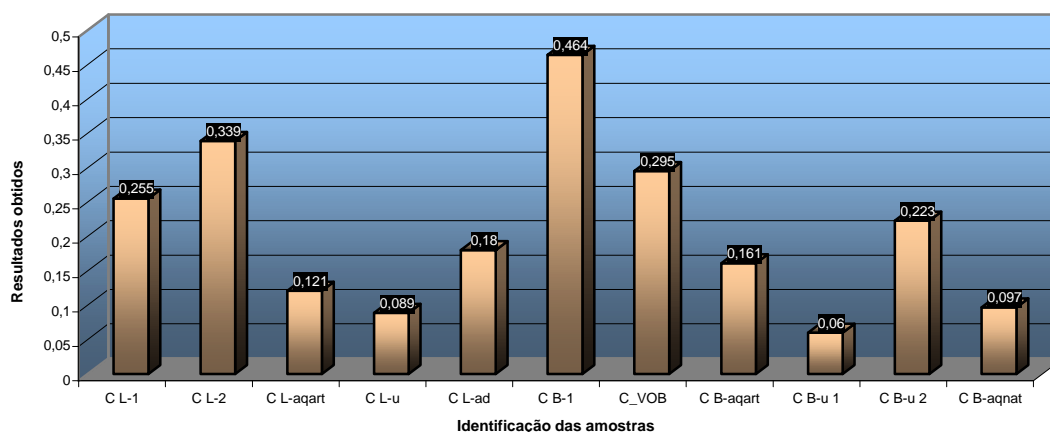


Gráfico 1 – Módulo de ruptura dos prismas moldados com argamassas com cal.

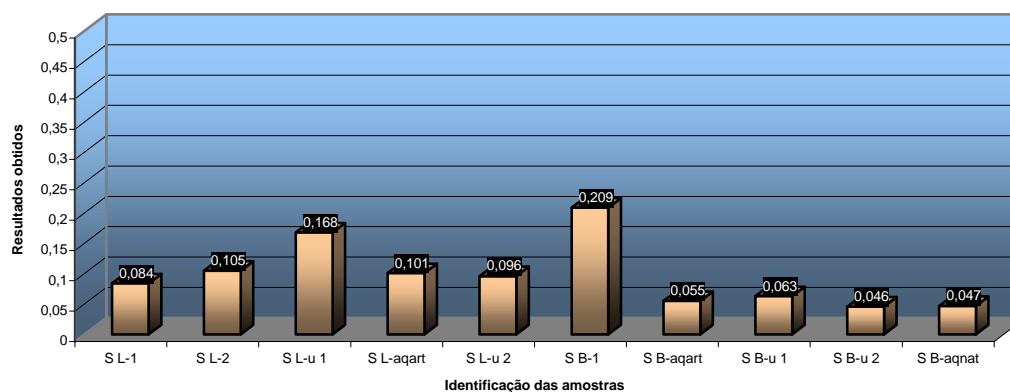


Gráfico 2 – Módulo de ruptura dos prismas moldados com argamassas sem cal.

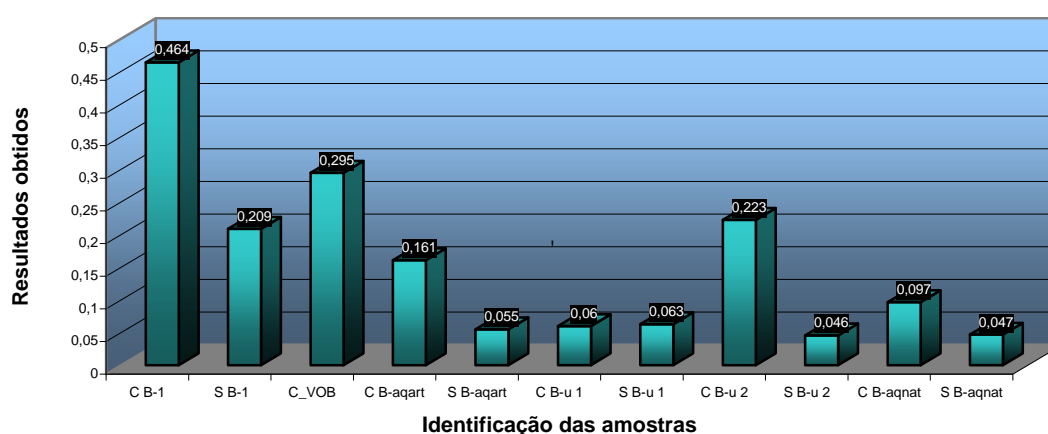


Gráfico 3 – Módulo de ruptura dos prismas moldados em obra.

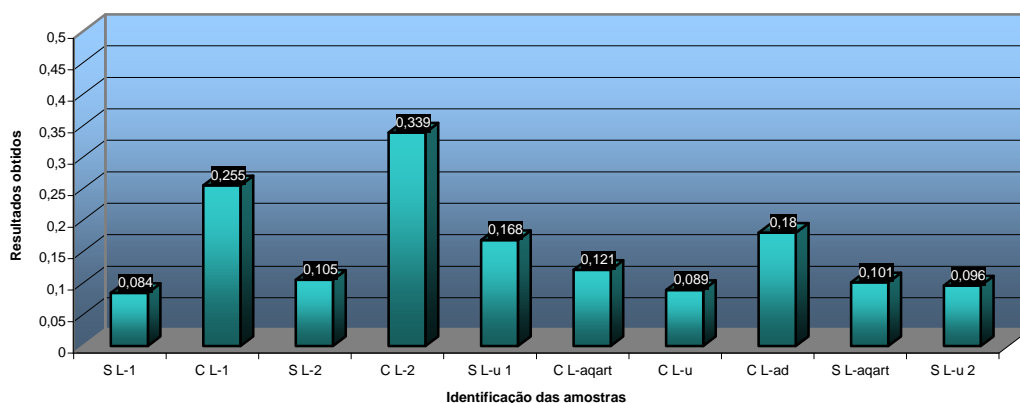


Gráfico 4 – Módulo de ruptura dos prismas moldados em laboratório

5 DISCUSSÃO

Observou-se, inicialmente, que o desempenho das argamassas com cal, em geral, foi melhor que para as argamassas sem cal. Das séries ensaiadas, a quase totalidade das amostras com cal moldadas em condições semelhantes (mesmo dia de moldagem, aproximadamente mesma temperatura e umidade ambientes) apresentou módulo de ruptura maior que as amostras sem cal. Os valores exibidos para as amostras de argamassas com cal são sensivelmente maiores que para as sem cal, independentemente de condições climáticas e de ambiente de moldagem (obra ou laboratório).

Exceção feita para duas amostras: CL-u e CB-u1, que apresentaram módulo de ruptura menor que as amostras de prismas SL-u2 e SB-u1, moldadas com argamassas sem cal, no mesmo dia, logo, com condições ambientais semelhantes (ver tabela 03). Tanto uma quanto a outra amostra apresentaram módulo de ruptura ligeiramente menor que as amostras – irmãs sem cal, porém, ao analisar-se o desvio padrão e o coeficiente de variação das quatro amostras, estes resultados se justificam. A amostra CL-u tem desvio padrão e coeficiente de variação maiores que a amostra SL-u2, assim como a amostra CB-u1 os tem maiores que a SB-u1. Se estes parâmetros forem levados em conta, os resultados praticamente se igualam.

Entre os comparativos de argamassas com e sem cal (gráficos 1 e 2), nota-se que os dois maiores valores de módulo de ruptura, para cada uma das séries, foram CB-1 e SB-1. Ambas foram moldadas no mesmo dia, em obra e em condições climáticas amenas. A temperatura ambiente era de 15° C, um dia frio de outono, típico da região sul, e a umidade relativa do ar oscilou entre 65 e 70%. Tais características propiciaram boas condições de moldagem, pois temperatura ambiente alta e umidade relativa do ar muito baixa provocam rápida evaporação da água da argamassa, podendo prejudicar a aderência.

Analisando a mesma argamassa, com cal, em várias condições de moldagem, o umedecimento dos blocos por ocasião do assentamento somente se mostrou vantajoso em condições climáticas adversas. A amostra CB-u2, moldada com 40° C de temperatura ambiente e 34% de umidade relativa do ar, mostrou resultados melhores que as amostras CL-u e CB-u1, estas moldadas sob condições climáticas amenas. Ou seja, em dias muito quentes e secos, umedecer levemente o bloco com auxílio de uma broxa, apenas na superfície que entrará em contato com a argamassa de assentamento, pode se mostrar benéfico à aderência. O resultado de CB-u2 comparado com CB-aqnat confirma esta proposição, pois ambos foram moldados no mesmo dia e o resultado do primeiro é aproximadamente o dobro do segundo, sendo o umedecimento a única diferença entre os dois.

Entretanto, este comportamento não se repetiu para a argamassa sem cal: SB-u2, moldada também em condições ambientais adversas, que exibiu o pior comportamento da série (gráfico 2). Ainda, SB-u2 e SB-aqnat, moldadas no mesmo dia, apresentaram aproximadamente os mesmos valores de módulo de ruptura. Isto indica que o umedecimento dos blocos para assentamento com argamassas sem cal não demonstra grande influência.

A argamassa com cal virada em obra (C-VOB) apresentou bom resultado, embora não possa ser comparada com mais nenhum outro dado, pois não foi mais repetida. O mesmo se pode afirmar da argamassa com aditivo (CL-ad). Para as amostras CL-aqart, CB-aqart, SL-aqart e SB-aqart os blocos foram aquecidos antes do assentamento, para simular as condições ambientais de estocagem dos blocos em dias de verão, quando a temperatura na superfície dos mesmos pode chegar a até 50° C. Como o processo não gerou homogeneidade nas temperaturas medidas, dando origem a coeficientes de variação altos, os resultados não puderam ser validados. As séries foram então novamente moldadas, sob condições naturais de aquecimento dos blocos, em um dia de clima quente (séries moldadas em 22/12/05).

Quanto ao comparativo entre os prismas moldados em obra e em laboratório (que constam nos gráficos 3 e 4), a amostra CB-1, moldada em obra, foi a que apresentou o melhor resultado de módulo de ruptura. O segundo melhor resultado foi obtido para a amostra CL-2, moldada em laboratório, porém com a mesma argamassa com cal e com condições climáticas semelhantes, uma vez que são apenas 3 dias de diferença entre uma moldagem e outra.

Para um comparativo entre argamassas sem cal, em condições semelhantes de moldagem, podem ser observadas as amostras SB-1 e SL-2. A diferença de temperatura ambiente entre as duas moldagens das amostras é de 5° C, sendo que ao ar livre (ambiente de obra) é esperado que exista uma temperatura mais baixa que em ambiente protegido de laboratório, no outono. O módulo de ruptura de SB-1 é, entretanto, aproximadamente o dobro que o de SL-2. Uma provável causa pode ser as condições de cura destes prismas moldados em obra, expostos às chuvas abundantes do período, o que pode ter propiciado maior hidratação dos compostos do cimento. Os demais resultados não explicitam nenhuma tendência de comportamento. Maior número de ensaios é requerido para que se possa delinear melhor a influencia do ambiente de moldagem e cura na aderência das argamassas com e sem cal.

Conclui-se, deste modo, que:

- ✦ argamassas com cal apresentaram melhor comportamento quanto à aderência que argamassas sem cal;
- ✦ em dias de condições climáticas adversas, tais como alta temperatura ambiente e umidade relativa do ar baixa, a aderência fica prejudicada. Uma provável causa é a evaporação rápida da água de amassamento da argamassa;
- ✦ nestas condições climáticas adversas, o umedecimento dos blocos para uso de argamassas com cal pode ser benéfico.

6 REFERENCIAS

ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS - American Society For Testing And Materials. **ASTM E 518 - 03** : Standard Test Methods for Flexural Bond Strength of Masonry. Philadelphia, 1997. Section 4 (Construction), v. 04.05 (Manufactured Masonry Units), p. 1-5.

BARROS, M.M.B.; TANIGUTI, E.K.; RUIZ, L.B.; SABBATINI, F.H. “Tecnologia construtiva racionalizada para produção de revestimentos verticais”. Notas de aula: Patologias em revestimentos verticais. São Paulo, 1997.

SABBATINI, F.H.; MEDEIROS, J.F. Aderência bloco/argamassa: determinação da resistência à flexão de prismas. In : INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1994. p. 270 – 277.

SABBATINI, F.H. “Construção crítica”. In: **Téchne**. n. 99, p. 24-29, 2005.