

Estudo de Diferentes Tipos de Argamassas de Revestimento à Base de Cimento com Adição de Cal e Aditivos Químicos

Fernando Pelisser; UNESC; Brasil; fep@unesc.net
Gihad Mohamad; UNESC; Brasil; gihad@unesc.net
Márcio Antônio Fiori; UNESC; Brasil; mfi@unesc.net
Philippe J. P. Gleize; UFSC; Brasil; ecv1phg@ecv.ufsc.br
Camila Lopes; UNESC; Brasil; camila_eng@hotmail.com
Daiane Felix Ribeiro; UNESC; Brasil; dairibeiro@terra.com.br
Marcel Ferrari dos Santos; UNESC; Brasil; marcelferrari dossantos@yahoo.com.br

Resumo: O presente trabalho avaliou o desempenho de argamassas de revestimento à base de cal, aditivos incorporadores de ar e industrializadas, conforme os traços normalmente encontrados em edificações. Foram avaliados os problemas de interface entre o substrato e o revestimento, através da aderência e a absorção de água capilar. Todos os traços atingiram os limites mínimos de resistência de aderência à tração, conforme a NBR-13749 (1996). Verificou-se que as argamassas com adição de aditivos incorporadores de ar apresentaram um nível de resistência de aderência superior em relação às de cal e um menor valor de absorção capilar.

Palavras-chave: Argamassas de revestimento; Aditivos químicos; Resistência de aderência.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de revestimento argamassados são de extrema importância para o desempenho das edificações. Os mesmos cumprem o papel de proteção contra a penetração de chuva, poeiras, gases e ventos. Portanto, afeta a durabilidade das edificações. Além disso, garantem também a valorização da construção, pois para o leigo, o revestimento representa uma avaliação global equivocada das condições da edificação, embora a infiltração de água propiciada por um revestimento fissurado pode comprometer outros componentes do sistema construtivo. No entanto, para os revestimentos argamassados alcançarem esse desempenho é necessário que atendam os seguintes requisitos [1]:

- capacidade de absorver deformações (movimento térmico, higroscópico e diferencial entre os componentes);
- aderência à base (capacidade de absorver deformações sem descolar, rugosidade e preparo da base);
- baixa permeabilidade ou impermeabilidade à água.

Atualmente, existe um crescente aumento no número de manifestações patológicas em argamassas de revestimentos devido à seleção dos materiais (cimento, cal e areia), bem como erros de proporcionamentos. Adicionalmente, essas patologias são oriundas de argamassas únicas, lançadas no mercado como adequadas para revestimentos, assentamentos e contrapiso. “É muito difícil que um material seja adequado para situações tão diferentes”, diz Mércia Bottura Barros, professora da Poli-USP [2]. “As propriedades são as da média, não atendendo em casos de maior exigência.” Mesmo assim, as

argamassas industrializadas ainda têm espaço na construção por serem mais baratas que as demais e de fácil aplicação. Além disso, para reduzir custos, algumas empresas aplicam camadas muito finas, aumentando, assim, o risco de patologias e conseqüentemente, as despesas de pós-ocupação.

O problema é tão significativo que a construtora Inpar [2], devido a grande quantidade de manifestações patológicas em revestimentos de argamassa, motivou a mobilização de diversos agentes do setor. O objetivo era obter respostas para diversos problemas e tentar estabelecer padrões mínimos para os procedimentos de projeto à execução.

Sabbatini [3] cita que as deformações lentas e as conseqüentes patologias, como rompimento de alvenarias e fissuras em revestimentos, vêm preocupando construtoras de todo o País. O autor define como epidêmico o período entre 1994 e 2001, onde houve um significativo prejuízo para as imagens das construtoras causados pelos transtornos aos usuários dos apartamentos.

Embora, atualmente, se tenha dado um salto no conhecimento, são muitas as lacunas, uma vez que a atenção dada à pesquisa no tema é recente. O revestimento em argamassa deve ser visto como um sistema constituído das seguintes camadas: base de revestimento (alvenaria ou qualquer tipo de vedação vertical) e argamassas de preparo da base (chapisco), de regularização (emboço) que pode constituir-se num revestimento de camada única e de acabamento (reboco). O desempenho do sistema depende da escolha adequada destas argamassas em relação à base, ao meio externo e à localização da edificação.

Para Cincotto [4] e John [5] tem-se carência de critérios de seleção de argamassas para as diferentes funções que o revestimento deve cumprir (proteção, impermeabilização, acabamento decorativo, etc.), bem como de compatibilização com as solicitações a que estará exposto (vento, chuva e agentes poluentes). É também insuficiente o conhecimento da formulação de argamassas para as diferentes funções desejadas e do emprego de aditivos ou adições que melhorem as suas propriedades. A inadequação do produto aliada à falta de controle pode afetar o desempenho das argamassas de revestimento tanto no estado fresco quanto no endurecido.

O presente trabalho pretende avaliar o desempenho de argamassas de revestimento à base de cimento, em função de traços recomendados e das características físicas dos materiais constituintes e de adições, como argamassas de cal e aditivos químicos. Com isso, avaliar os problemas de interface como aderência, quantificação do grau de impermeabilidade a fim de garantir um sistema com desempenho e vida útil adequados, propiciando o desenvolvimento sustentável do sistema de revestimento argamassado na construção.

2. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O programa experimental para estudo das argamassas foi dividido em duas partes. Inicialmente foi realizado um delineamento de misturas, através de seis composições de cimento, cal e areia, em porcentagem do peso (considerando a massa unitária da areia igual a 1460 kg/m^3 , da cal igual a 660 kg/m^3 , e do cimento igual a 1070 kg/m^3), com o objetivo de obter a relação adequada ao uso. Estes seis traços utilizados em porcentagem, pode ser visualizado na Figura 1, e abrangem os traços de argamassas utilizados no canteiro de obras

(1:0,5:4,5 – 1:1:6 – 1:2:9 / cimento:cal:areia – em volume). A quantidade de água requerida para a consistência adequada de cada mistura foi determinada em laboratório através da mesa de consistência ou flow-table, mantendo-se um índice constante de 260 ± 10 mm.

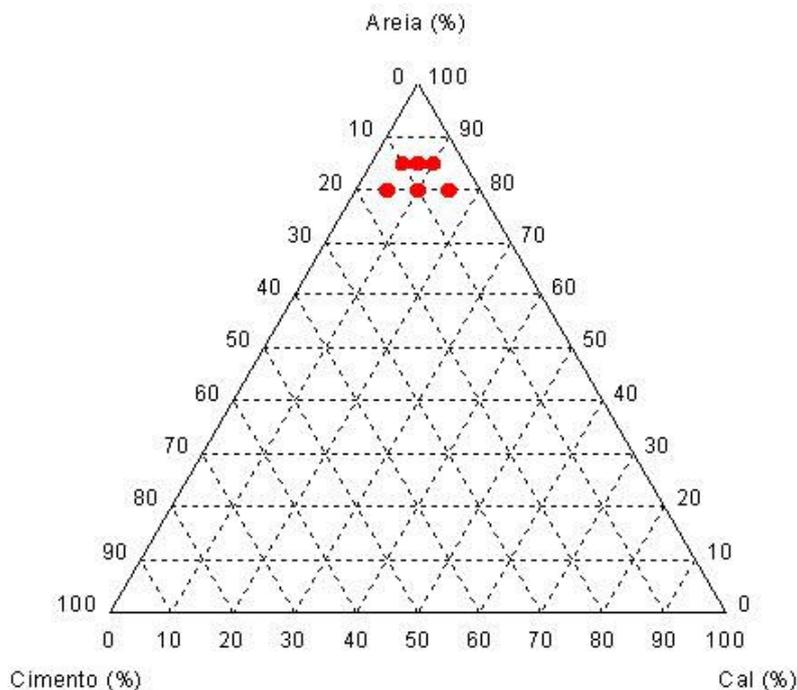


Figura 1 – Diagrama ternário para as misturas utilizadas

Nas seis misturas iniciais foi determinado o requisito de desempenho de resistência de aderência à tração. Estas misturas foram produzidas em obra, com peso controlado dos materiais e mão-de-obra especializada para execução. Foram aplicadas sobre base de blocos cerâmicos chapiscados com argamassa adequada (1:3 em volume de cimento:areia grossa), conforme mostra a Figura 2. O chapisco foi curado por um período de 3 dias, para posterior aplicação das argamassas de revestimento. A capacidade de aderência foi determinada de acordo com norma NBR 13528/95 [6], na idade de 28 dias.

A NBR 13749 [7] estabelece os requisitos mínimos para a resistência de aderência à tração, conforme a Tabela 1, servindo de referência para a designação dos traços de argamassas.

Tabela 1 – Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única (NBR13749/96)

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto		-	$\geq 0,20$

Onde Ra = resistência de aderência à tração.



Figura 2 – Aplicação da argamassa de emboço em obra

A partir dos resultados obtidos no delineamento experimental, para efeito de comparação de resistência de aderência, foram selecionados dois traços de argamassa com adição de cal, aditivos químicos (2 tipos) incorporadores de ar e um traço produzido com argamassa industrializada. Estes traços podem ser conferidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Composições de argamassas de revestimento utilizadas

Misturas	Traços – mistura em percentual de material seco					Índice de Consistência (cm)
	Cimento	Cal/ Aditivo	Areia	Água/ aglomerante		
Cal	1	10,0	5	85	1,15	27,0
	2	7,5	7,5	85	1,1	28,5
Aditivo 1	5	10,0	0,4	90	1,3	26,5
	6	12,5	0,4	87,5	1,1	26,5
Aditivo 2	7	10,0	0,4	90	1,5	26,0
	8	12,5	0,4	87,5	1,1	26,5
Industrializada	9	-	-	-	-	26,5

Foram realizados estudos das propriedades das argamassas no estado fresco: consistência e massa específica; e no estado endurecido: resistência de aderência à tração e absorção de água por capilaridade.

3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados da capacidade de aderência à tração, de acordo com as proporções das misturas, podem ser observados na Figura 3.

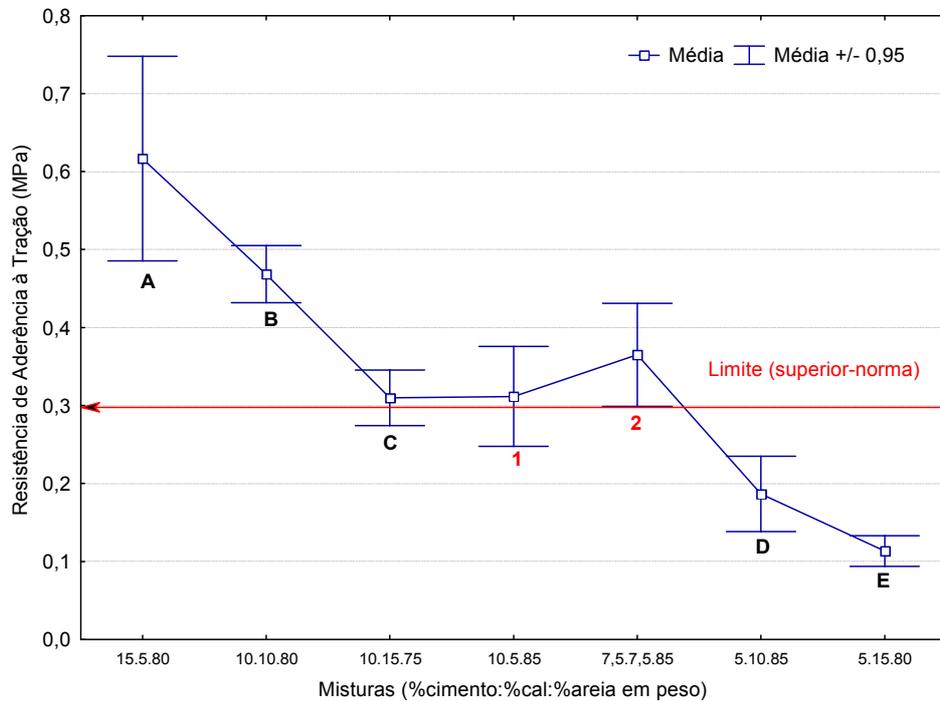


Figura 3 – Resistência de aderência à tração das argamassas de cal

Pode-se observar na Figura 3, que os traços das misturas A e B obtiveram resistências superiores ao limite mínimo (NBR 13749). Considerando que o consumo de cimento afeta diretamente a maior propensão à fissuração, devido a dois fatores: primeiro, quanto maior o consumo de cimento, maiores serão os efeitos da retração autóloga; em segundo lugar, quanto mais resistente for a argamassa, maior módulo de elasticidade e, terá, por consequência, menor capacidade de absorver movimentações normais de um sistema construtivo, como recalques de fundações, deformações da estrutura, esforços na interface alvenaria e estrutura, movimentações térmicas, movimentações higroscópicas e movimentações diferenciais entre os componentes. Soma-se a estes, o fato do maior custo para produção destas argamassas. Porém, deve-se considerar, que por apresentarem capacidade de aderência superior, poderão ser utilizadas sem o preparo da base (chapisco), como as argamassas industrializadas, uma vez que estudo realizado anteriormente, verificou que a perda de aderência sem a execução da camada de chapisco foi da ordem de 50% (para argamassas de cal).

A mistura D apresentou um valor mínimo para resistência de aderência em revestimentos internos sem a aplicação de revestimentos cerâmicos. Os resultados obtidos para mistura E foi uma tentativa de elaborar uma argamassa pobre em cimento, no entanto, sua aplicação em revestimentos mostrou-se inviável.

Ao considerar as misturas C, 1 e 2, pode-se observar que as misturas 1 e 2 apresentam os melhores índices de resistência à aderência, embora possuam um consumo de cimento menor. A mistura C foi retirada do estudo – inclusive para o delineamento de misturas, por apresentar um reduzido consumo de agregado.

Na Figura 4 pode-se observar a superfície de resposta para a resistência de aderência à tração das argamassas com adições de cal. A partir do delineamento de misturas, realizado juntamente com análise estatística por análise de variância, obteve-se a equação 1, que rege o comportamento de resistência de aderência à tração das argamassas de revestimento com adição de cal.

$$Ra = -1,1250 + 0,1088 X_1 + 0,1598 X_2 - 0,0034 X_1 X_2 - 0,0012 X_1^2 - 0,0063 X_2^2 \quad (1);$$

Sendo: Ra = resistência de aderência à tração (MPa); X_1 = teor de cimento; X_2 = teor de cal.

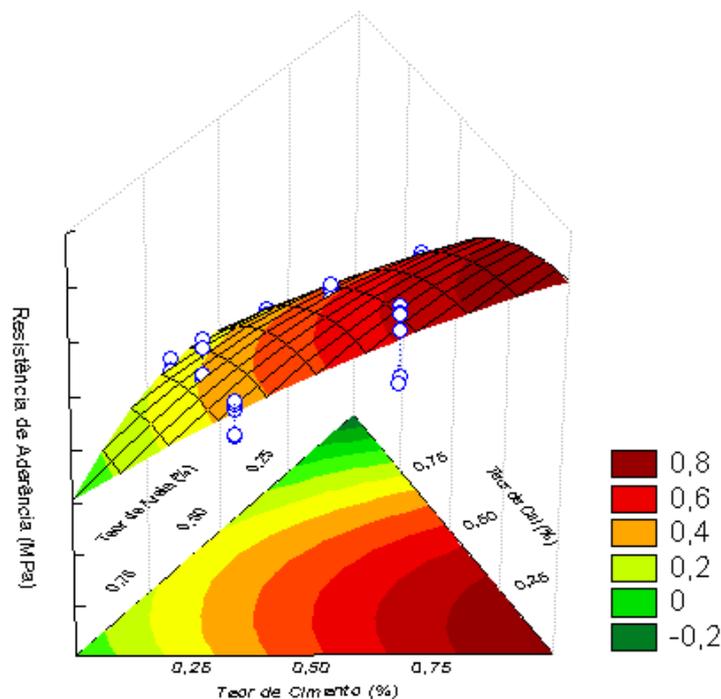


Figura 4 – Superfície de resposta para a resistência de aderência à tração

Ao realizar uma comparação entre os dois traços de argamassas com cal, verifica-se uma tendência de aumento de resistência para a mistura com um menor consumo de cimento, ocorrida em função da redução da relação água/aglomerante (de 1,15 para 1,10), proporcionada, provavelmente, pelo maior teor de cal da mistura.

As argamassas com a utilização de aditivos químicos incorporadores de ar, tem como função tornar a argamassa mais trabalhável com uma menor quantidade de água, e, devido ao efeito físico das bolhas de ar formadas, contribuem também para uma redução do módulo de deformação, além de formar uma argamassa com menor densidade no estado fresco e endurecido, facilitando assim a manipulação e aplicação pelo operário da construção civil. Pode-se observar na Figura 5, os resultados da capacidade de aderência de argamassas utilizando em sua composição dois tipos de aditivos – um dos mais comercializados no Brasil e um segundo fabricado na região sul do estado de Santa Catarina -, e dois traços de argamassas, equivalente ao produzido com cal com relação ao

consumo de cimento (10%), com o objetivo de manter-se nos patamares de resistência mínimos para atingir um desempenho adequado nas edificações.

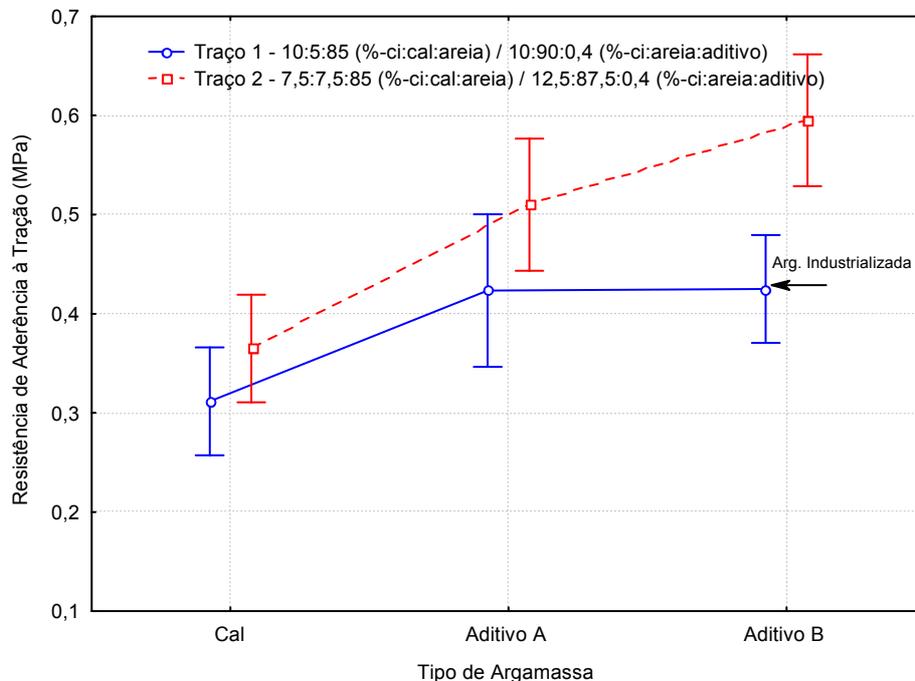


Figura 5 – Resistência de aderência à tração de argamassas com adição de cal e aditivos

Pode-se observar na Figura 5, para argamassa com aditivo A, que o traço mais rico em cimento (12,5%) influencia na capacidade de aderência em torno de 20% superior (0,42 para 0,51MPa). Com relação as argamassas produzidas com o aditivo B, pode-se verificar para o traço 1, a mesma resistência de aderência. No entanto, no traço 2, ela apresentou uma resistência superior de maneira pontual. Contudo, para verificar este possível efeito diferenciado foi realizada toda caracterização por ensaios mecânicos com menores variações normais de ensaios, bem como deverá ser replicado especificamente este traço.

No entanto, nos ensaios já concluídos, e que não poderão ser apresentados apenas neste artigo, verifica-se uma tendência de comportamento semelhante entre os dois aditivos. Também pode-se observar na Figura 5, o comportamento semelhante da argamassa tipo industrializada (0,42MPa) com relação as argamassas aditivadas (0,42MPa) do traço 1 – aditivo B.

Verifica-se na Figura 6, a capacidade média de aderência, considerando os dois traços, a fim de comparar os três tipos de argamassa.

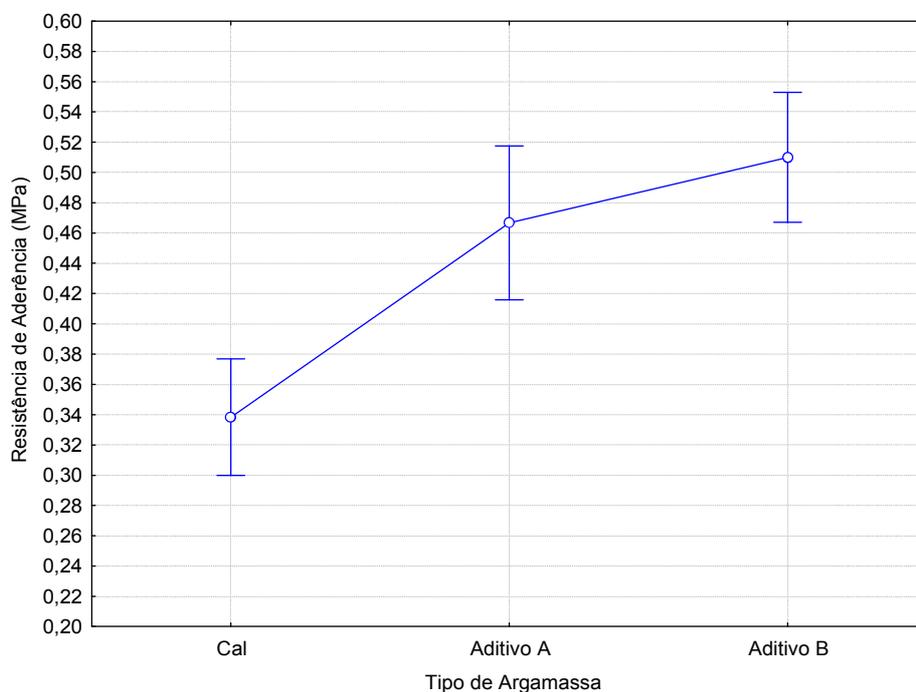


Figura 6 – Resistência de aderência à tração médias das misturas para as argamassas

Observa-se na Figura 6, para as argamassas produzidas com aditivo A e considerando equivalente os resultados encontradas para o aditivo B e argamassa industrializada, uma resistência de aderência superior em aproximadamente 35% com relação as argamassas produzidas com cal. Pode-se observar na Figura 7, o gráfico que mostra o índice de absorção de água por capilaridade, que a argamassa com aditivo, por ter efeito incorporador de ar – e um diâmetro médio dos poros maiores -, reduz os índices de absorção de água por capilaridade de forma significativa, com relação as argamassas com cal, auxiliando com o efeito benéfico da impermeabilidade em construções nos pavimentos térreos, sendo este, junto com infiltrações de maneira geral, um dos principais problemas patológicos em sistemas construtivos.

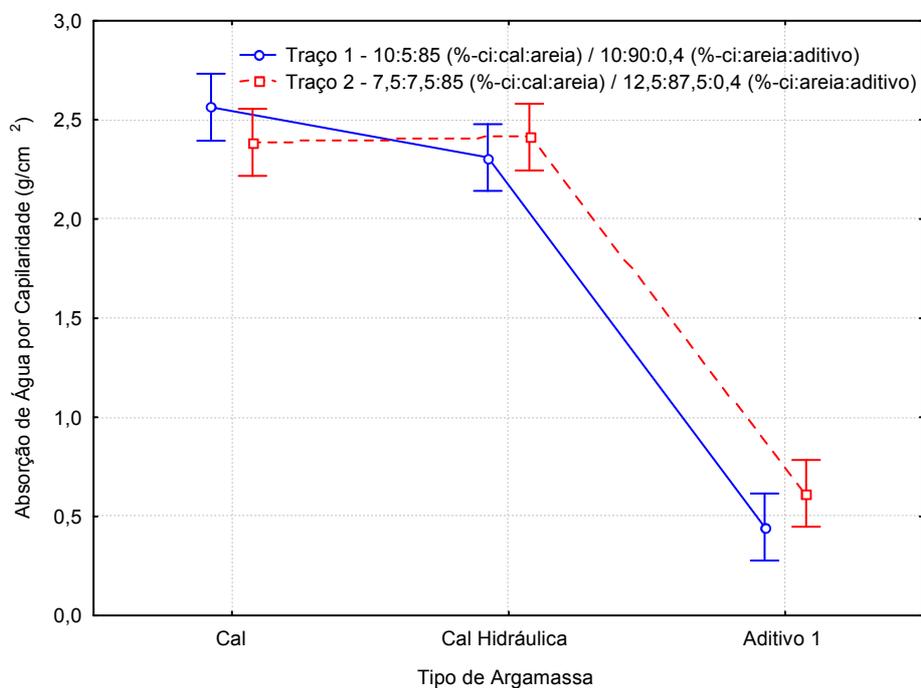


Figura 7 – Absorção de água por capilaridade nas argamassas em estudo

Finalizando esta etapa da pesquisa e, apresentando uma das principais propriedades das argamassas de revestimento, a resistência de aderência à tração, ainda é importante considerar para escolha de determinado tipo de argamassa, os custos dos materiais constituintes.

Pode-se verificar na Figura 8, os custos para produção de um metro cúbico das respectivas argamassas, sendo que o custo dos materiais utilizados foi retirado da revista Construção e Mercado (Dezembro de 2006), considerando os valores médios para o estado de Santa Catarina. O valor encontrado para o traço 10:5:85 (cimento:cal:areia) foi convertido para porcentagem e tomado como referência para os demais. Observa-se que os dois primeiros traços das argamassas de cal apresentam valores similares, pois apesar de reduzir o consumo de cimento de maneira significativa (44kg/m^3), a cal hidratada (CH-II) apresenta valores próximos ao cimento igualando os custos finais. Ao considerarmos o custo das argamassas aditivadas podemos observar além de uma redução do consumo de cimento, com relação ao traço 1, uma redução significativa dos custos em torno de 30%. Esta diferença acentuada explica-se, mesmo com um consumo de cimento aproximado para um dos traços, pelas argamassas aditivadas apresentarem uma densidade bastante reduzida pelo efeito da incorporação de ar causada pelo aditivo (1700 kg/m^3 aditivada – 2100 kg/m^3 de cal).

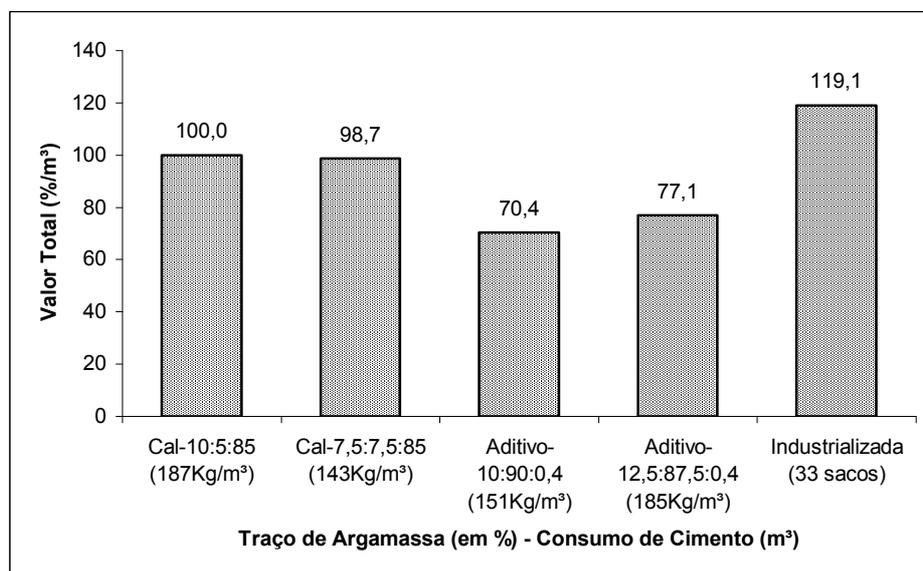


Figura 8 – Custos para produção das argamassas de revestimento

Verifica-se também que as argamassas de maior custo são as argamassas industrializadas, com um custo final aproximadamente 20% superior às argamassas de cal e 70% superior às argamassas aditivadas.

4. CONCLUSÕES

Os sistemas de revestimentos argamassados, são responsáveis pela proteção, valorização e gastos com manutenção das construções. Atualmente, a especificação das argamassas de revestimento é realizada de forma empírica, sem avaliar suas propriedades, e sem testar os vários tipos de argamassa que se encontram disponíveis no mercado.

Embora hajam poucos índices de desempenho que limitam a utilização das argamassas, quanto melhor o desempenho atingido, mediante vários requisitos, maior será a durabilidade do sistema construtivo. De uma maneira geral, todos os traços, das argamassas de cal e com aditivos químicos, atingiram um desempenho mínimo. No entanto, ao considerar todas as propriedades avaliadas, são as argamassas com aditivos incorporadores de ar que apresentam melhor desempenho.

Ao considerarmos a relação custo/benefício, foram as argamassas aditivadas que superaram as argamassas produzidas com cal. Estas argamassas aditivadas superaram também as argamassas industrializadas principalmente com relação ao custo final do material, atingindo ainda menores índices de absorção capilar de água. A argamassa com aditivo químico (traço 2), com maior consumo de cimento, alcançou uma resistência de aderência bastante elevada, que provavelmente poderá ser aplicada sem a tradicional camada de chapisco, gerando maior economia na execução dos revestimentos. No entanto estas verificações deverão ainda ser investigadas.

Porém, deve-se considerar que as argamassas aditivadas com incorporadores de ar são facilmente influenciadas pelo tempo de mistura em obras, ou seja, quanto maior o tempo de mistura, mais ar é incorporado, mais porosa e de baixa resistência se torna a argamassa, podendo causar defeitos catastróficos no revestimento de uma construção. Portanto sua eficiência depende da especificação adequada da mistura, matérias primas de qualidade, do adequado treinamento da equipe de obra, ferramentas adequadas para trabalho, bem como, de controles de qualidade para garantir eficiência e a vida útil do sistema de revestimento argamassado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CEOTTO, Luiz Henrique, BANDUK, Ragueb C., NAKAKURA, Elza Hissae. *Revestimentos de Argamassas*. 1.ed. Porto Alegre: Habitare, 2005. 96 p.
- [2] BARROS, Mércia Bottura. *Fachadas e paredes estão doentes*. *Téchne*, São Paulo, n. 58, p. 48-52, 11 jul. 2003. Entrevista concedida a Ubiratan Leal.
- [3] SABBATINI, Fernando Henrique. *Construção Crítica*. *Téchne*, São Paulo, n. 99, p. 24-29, 13 jun. 2005. Entrevista concedida a Heloísa Medeiros.
- [4] CINCOTTO, Maria Alba et al. *Massa Crítica pela Qualidade*. *Téchne*, São Paulo, n. 41, p. 68-72, 8 jul/ago. 1999.
- [5] JOHN, V. M. ROCHA, J. C. *Utilização de Resíduos na Construção Habitacional*. Metodologia para Desenvolvimento de Reciclagem de Resíduos – capítulo 2. Coletânea Habitare, vol 4. 2003.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13528: Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Determinação da Resistência de Aderência À Tração*. Rio de Janeiro, 1995.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação*. Rio de Janeiro, 1996.