

EFEITO DA ADIÇÃO DO GRUDE DA GURIJUBA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS ARGAMASSAS DE CAL

SOUZA, Manuella Araújo de

Universidade Federal da Bahia (Brasil) – manuellasz@gmail.com

SANTIAGO, Cybèle Celestino

Universidade Federal da Bahia (Brasil) – cybele@pq.cnpq.br

RESUMO

O “grude” da Gurijuba é um material orgânico obtido da bexiga do peixe que leva este nome, tendo sido, possivelmente, utilizado por séculos na construção artesanal, na região de Belém, PA. O presente estudo visa analisar a influência da adição deste material nas propriedades físicas e mecânicas de argamassas de cal, procedimento consagrado pela tradição oral. Assim, o grude foi adicionado às argamassas nos teores de 2% e 5% em relação à massa de cal, sendo os seus resultados comparados à amostra de referência (sem adição). Confeccionaram-se corpos-de-prova, que foram submetidos, após a idade de 150 dias, à caracterização física (absorção de água por capilaridade) e ao ensaio de resistência mecânica à compressão axial e tração na flexão. Os resultados mostraram que a adição do grude da Gurijuba melhorou as propriedades mecânicas e reduziu a absorção de água total e por capilaridade nas ditas argamassas de cal.

1. INTRODUÇÃO

As argamassas são materiais construção resultantes da adição de areia a uma pasta formada por aglomerante (cal ou cimento, por exemplo) e água. Nas argamassas, o aglomerante é o constituinte ativo da mistura e a areia, além de ser um material de enchimento, contribui com a estabilidade volumétrica, reduzindo a retração na secagem. Nas argamassas de cal, a presença da areia, além de oferecer as vantagens supracitadas, ainda facilita a passagem de anidrido carbônico do ar, que produz a recarbonatação do hidróxido de cálcio [1].

Em função da aplicação e do local onde foram executadas, as argamassas podem diferir quanto à composição, ao traço (proporção entre constituintes, em massa) e também devido à qualidade dos materiais empregados (Sayre *apud* Santiago) [2]. As argamassas desenvolvidas há alguns séculos, em sua maioria, eram compostas por cal, areia, água e eventualmente argila. Com o intuito melhorar suas propriedades, algumas vezes eram incluídos aditivos, tais como óleos, gorduras, ceras, sangue animal, urina, ovos, açúcar, óleo de linhaça etc.

Segundo recomendações, datadas de 27 a.C. ensinadas por Vitruvius [3], a argamassa deveria ser produzida na proporção de três partes de areia, para cada parte de cal (para areias de jazida) ou na proporção de duas partes de areia, para cada parte de cal (para areias de origem fluvial ou marinha).

O estudo de argamassas antigas faz-se relevante, pois, permite o entendimento das técnicas utilizadas, facilitando a recuperação de monumentos e intervenções restaurativas, além de desenvolver tecnologias de construção alternativas, evitando o uso de materiais que agridam o meio ambiente, tais como o cimento, cuja fabricação gera cerca de uma tonelada de gás carbônico (CO₂) para cada tonelada produzida, correspondendo a cerca de 5-8% de toda a emissão mundial [4].

Uma vez que o uso de aditivos varia de acordo com os materiais disponíveis, optou-se pelo estudo de material característico do litoral norte do Brasil e historicamente relatado como possível aditivo orgânico para argamassas: o “grude” da gurijuba (*Arius parkeri*), material obtido da bexiga natatória do peixe (órgão responsável por regular seu nível de profundidade).

Este estudo teve como objetivo identificar as propriedades da cola proteica da gurijuba e sua influência no desempenho das argamassas, visando a obtenção de material mais durável e compatível com os materiais de construção tradicionais, podendo ser utilizado para o preenchimento de lacunas em argamassas deterioradas de edifícios antigos. A argamassa pesquisada ainda não foi empregada na restauração de monumentos, embora essas possibilidades estejam sendo cogitadas para um período próximo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Utilizou-se na confecção dos corpos de prova, como aglomerante, uma cal hidráulica da marca Trevo, tipo CH-I (alta pureza), conforme estabelece a norma brasileira NBR 7175. Para esse tipo de cal, os parâmetros físicos e químicos devem estar de acordo com as especificações contidas nas tabelas 1 e 2 a seguir:

Tabela 1. Exigências físicas para a cal tipo CH-I, de acordo com a NBR 7175

Compostos		Limites
		CH-I
Finura (% retida acumulada)	Peneira 0,6 mm	≤ 0,5%
	Peneira 0,075 mm	≤ 10%
Retenção de água		≥ 75%
Incorporação de areia		≥ 3
Estabilidade		Ausência de cavidades ou protuberâncias
Plasticidade		≥ 110

Tabela 2. Exigências químicas para a cal tipo CH-I, de acordo com a NBR 7175

Compostos		Limites
		CH-I
Anidrido carbônico (CO ₂)	na fábrica	≤ 5%
	no depósito	≤ 7%
Óxidos de cálcio de magnésio não hidratado calculado (CaO+MgO)		≤ 10%
Óxidos totais na base de não-voláteis (CaO _t + MgO _t)		≥ 90%

Como agregado miúdo, foi utilizada areia de jazida, normalmente comercializada na cidade de Salvador, Bahia. Esta areia foi caracterizada quanto à sua massa unitária, massa específica e distribuição granulométrica.

Em abundância no litoral norte brasileiro, em especial na região do Salgado (município de Vigia, Pará), provavelmente, o “grude” foi utilizado como aditivo por suas propriedades aglutinantes (cola proteica). Alguns habitantes do Pará relatam a utilização da bexiga natatória da Gurijuba como aditivo orgânico na composição de argamassas entre os séculos XVII e XIX. Teria sido empregado na argamassa de assentamento das ruínas franciscanas da praia de Joanes, na ilha do Marajó (século XVII), na Capela do Senhor dos Passos e na Igreja Matriz Madre de Deus, ambas no município de Vigia (século XVIII), na colagem de pastilhas do piso no hall central do Theatro da Paz (fim do século XIX). De acordo com relatos históricos, o “grude” da gurijuba teria sido utilizado em substituição ao óleo de baleia, em falta, devido ao difícil comércio entre as capitânias.

Segundo relatos de habitantes da região, as principais igrejas da cidade de Vigia, construídas no final do século XVIII, possuem em suas argamassas, cal obtida a partir da concha do molusco bivalve, denominado vulgarmente cernambi (*Mesodesma mactroides*), e tiveram o “grude” como aditivo. Assim, este material foi caracterizado e suas propriedades foram devidamente estudadas.

2.2. Métodos

A caracterização dos materiais envolveu análises dos parâmetros físicos tais como a área superficial BET, determinação da massa específica dos agregados miúdos (NBR 9776), determinação da massa unitária e do volume de vazios dos agregados (NBR NM 45), absorção (NBR NM 30) e determinação da composição granulométrica (NBR NM 248).

As matérias-primas envolvidas neste trabalho foram caracterizadas fisicamente e partiu-se, então, para a elaboração do traço (relação entre os componentes da mistura, em massa). O traço escolhido seguiu recomendações de Vitruvius para areia de jazida, ou seja, 1 : 3 (cal : areia), medidos em volume [2]. Ao converter as medidas considerando a massa unitária da cal e da areia disponíveis, o resultado foi

1 : 8,4 : 2 (cal : areia : água), em massa. A cal em pasta foi inserida na mistura para reproduzir o processo de fabricação tradicional das argamassas de cal.

Foram moldados corpos de prova de referência (sem o grude) e contendo 2% e 5% de aditivo, em relação à massa de cal. As matérias-primas foram misturadas mecanicamente em argamassadeira durante dois minutos, sendo a mistura, a seguir, vertida em moldes prismáticos com dimensões de 4x4x16 cm. Após isso, foram vibradas durante 60 segundos, na frequência de 60 Hz. A metodologia para a moldagem dos corpos de prova seguiu as normas NBR 13279:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão), NBR 9778:2005 (Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica), NBR 15259:2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade), NBR NM 46:2006 (Agregados – determinação da massa unitária e volume dos agregados). A caracterização dos corpos de prova deu-se após 150 dias.

O limite de resistência à compressão simples é uma das propriedades mais importantes em materiais frágeis, como as cerâmicas e as argamassas, e é cerca de dez vezes superior ao limite de resistência à tração e à flexão. Numericamente, é calculado dividindo a carga máxima suportada pelo corpo de prova até a ruptura, por sua secção original. Para a determinação da resistência à tração na flexão, fez-se o ensaio tradicionalmente conhecido por flexão a três pontos, onde o corpo de prova prismático é apoiado sob dois pontos, com o rompimento sendo efetuado devido à ação de uma carga na região central da amostra.

O método utilizado para a determinação da absorção de água das argamassas é uma adaptação da norma NBR 9778 e consiste na imersão do corpo de prova, seco em estufa, em recipiente vedado contendo água. Com o auxílio de uma bomba de vácuo, que garanta a retirada do ar do recipiente bem como da amostra imersa, a água penetra nos vazios do corpo de prova, elevando sua massa aparente, quando é desfeito o vácuo.

De posse das massas (seca e saturada), introduzem-se os valores obtidos na fórmula abaixo e estabelecem-se os valores em porcentagem da quantidade de água absorvida, A(%), segundo a equação (I):

$$A(\%) = \frac{M_{SAT} - M_S}{M_S} \times 100 \quad (I)$$

Sendo M_{sat} a massa da amostra saturada e M_s a massa da amostra seca.

Verificar a absorção de água por capilaridade das argamassas é muito importante, pois uma absorção excessiva de água pode gerar a proliferação de fungos e bactérias danosos ao usuário do edifício e ao material, além de outros problemas, como o descolamento da argamassa e/ou do revestimento, a cristalização de sais e o destacamento da camada pictórica, além de ser um

indicador de maior difusão de elementos e soluções para o interior da mistura e, conseqüentemente, aumentando as chances de ocorrência de corrosão (para o caso de estruturas armadas [5]).

Para a determinação da absorção de água por capilaridade, os corpos de prova utilizados (três corpos de prova por composição) devem estar com 150 dias de idade para que a carbonatação da cal seja razoavelmente efetivada. Inicialmente, são secos em estufa por 24 horas e, após isso, resfriados à temperatura ambiente e têm suas massas determinadas.

Posicionam-se, então, os corpos de prova sobre suportes, preenchendo-se com água a bandeja do recipiente de ensaio, de modo que o nível de água permaneça constante e igual a (7 ± 1) mm da base inferior do recipiente, e evitando a molhagem de outras superfícies do corpo de prova. Durante o ensaio, determina-se a massa dos corpos de prova com intervalos de tempo normalizados pela NBR 15259/2005 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da absorção da água por capilaridade e do coeficiente capilar).

Calcula-se, dessa forma, o coeficiente de absorção capilar, que representa a massa de água absorvida por metro quadrado da argamassa em contato com a água, em função da raiz quadrada do tempo decorrido até atingir este ponto de absorção. Numericamente, este valor corresponde ao coeficiente angular da reta proveniente do gráfico “absorção (Kg/m^2) x raiz do tempo ($\text{min}^{0,5}$)” até que seja atingido o ponto de saturação, como pode ser visto na Figura 1.

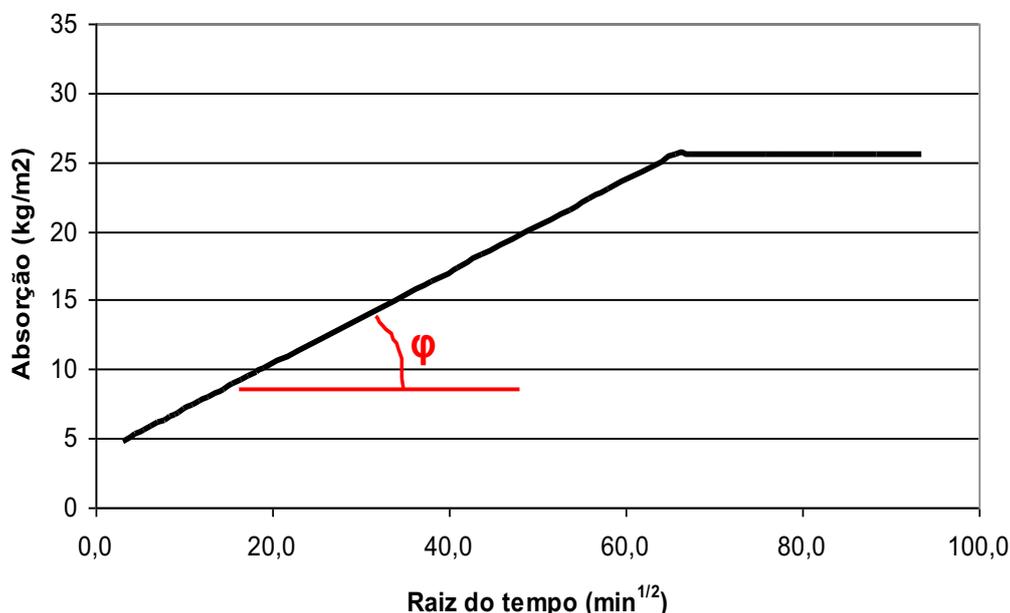


Figura 2. Curva de absorção capilar de água em função da raiz quadrada do tempo, segundo a NBR 15259 para determinação do coeficiente de absorção capilar ($Tg \varphi$).

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização das matérias-primas

A cal utilizada apresentou massa unitária de 0,41 Kg/dm³ e sua massa específica foi igual a 2,23 Kg/dm³.

A distribuição do tamanho de partículas da areia utilizada no presente estudo é mostrada na Figura 2. A NBR 7211 (Agregados para concreto – especificação) classifica as areias em quatro faixas, denominadas muito fina, fina, média e grossa. Ainda na Figura 2, podemos ver os limites inferior e superior que caracterizam uma areia como “muito fina” (faixa 1). Como pode-se perceber, todas as porções da areia utilizada colocam-se dentro da faixa em questão. A caracterização física da areia é mostrada na Tabela 3.

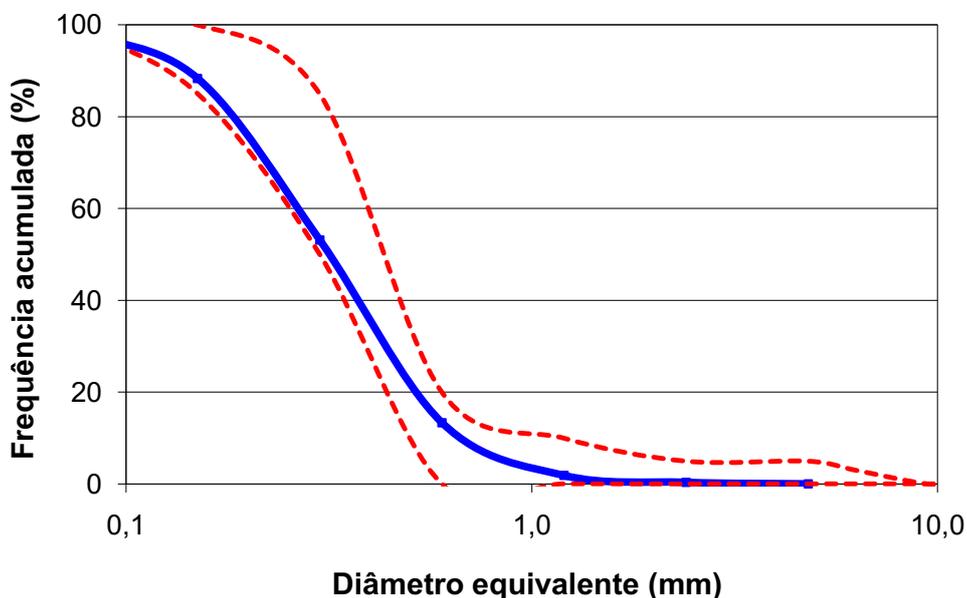


Figura 3. Distribuição granulométrica da areia utilizada e limites que a classificam como “areia muito fina – faixa 1”, segundo a NBR 7211.

Tabela 3. Caracterização física da areia utilizada na produção das argamassas

Grandeza	Resultado
Área superficial	0,68 m ² /g
Massa unitária	1,48 kg/dm ³
Massa específica	2,62 kg/dm ³
Módulo de finura	1,57
Dimensão máxima característica	1,18 mm
Absorção	0,10%
Teor de materiais pulverulentos	1,00%

O "grude" de Gurijuba foi pulverizado e sofreu pré-tratamento, permanecendo por 24 horas, em solução aquosa, com concentração de 10% (em massa), sendo posteriormente aquecido à temperatura de cerca de 40 °C, atingindo a consistência de uma cola (Figura 3). A seguir, esta cola proteica foi misturada à água de amassamento, nos teores de 2% e 5% em relação à massa de cal. Mesmo após alcançar resultado satisfatório, ainda restaram algumas pequenas fibras, que não interferem no aspecto final da argamassa, quando esta for de cal. Entretanto, se esta for de gesso e cola, para estucamento ou restauração, deve ser filtrada, afinal de contas, são de textura mais delicadas.



Figura 4. Processo de tratamento da bexiga natatória da gurijuba para uso como aditivo às argamassas de cal. (A) "Grude" de gurijuba seco, (B) após pulverização, (C) imerso em água a 40 °C e (D) sua consistência final (cola).

3.2. Caracterização das argamassas de cal

3.2.1. Resistência mecânica (simples e tração na flexão)

A norma brasileira NBR 13279 estabelece parâmetros e procedimentos para o ensaio de corpos de prova de argamassa de assentamento e revestimento, no estado endurecido. Assim, os corpos de prova foram ensaiados quanto à resistência à tração na flexão e compressão simples, após 150 dias de cura, a fim de avaliar o desempenho das mesmas e o efeito da presença do "grude" nos teores de 2% e 5%.

Os resultados de resistência à tração na flexão e à compressão simples são apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

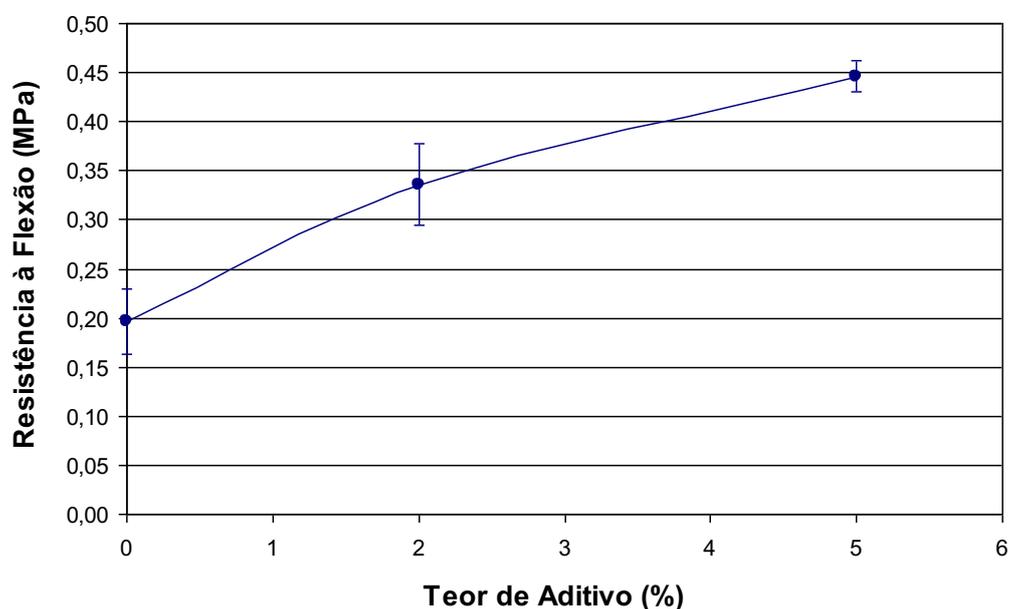


Figura 5. Resistência à tração na flexão das argamassas de cal (150 dias) em função do teor do aditivo estudado.

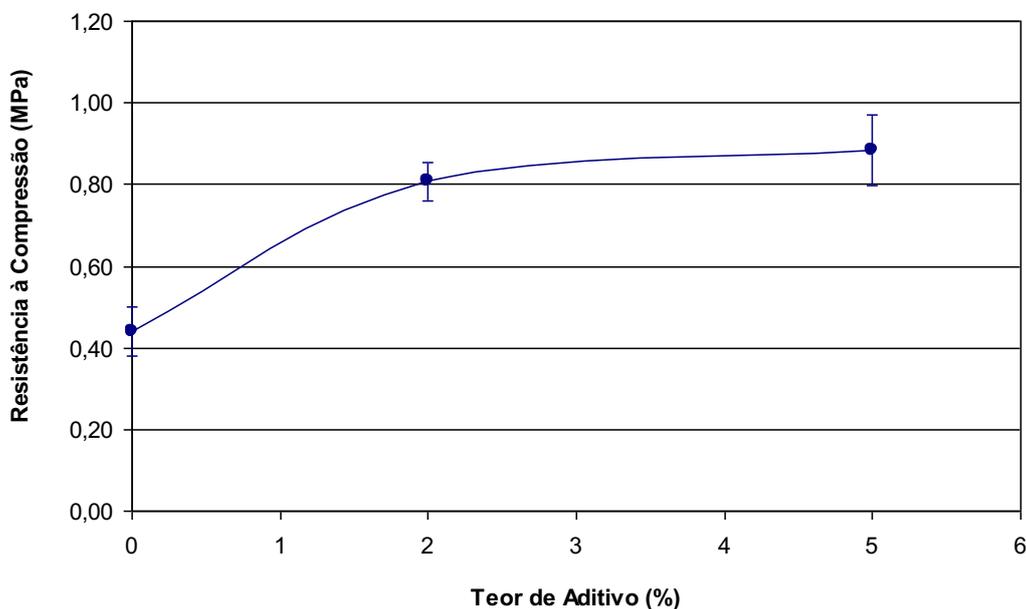


Figura 6. Resistência à compressão simples das argamassas de cal (150 dias) em função do teor do aditivo estudado

Observa-se nos resultados apresentados nas Figuras 4 e 5 que a adição da cola produzida com o "grude" de gurijuba aumentou consideravelmente a resistência mecânica das argamassas de cal, indicando uma razoável capacidade aglomerante deste material.

Dentre os resultados, alguns aspectos chamam a atenção: i) o aumento da resistência à tração na flexão das argamassas de cal foi de cerca de 125% (0,20 MPa versus 0,45 MPa) para um teor de 5% de adição da cola; ii) a resistência à compressão simples teve aumento de quase 100% após a adição de 2% de cola, mas pouco se modificou quando foram incorporados 5% do aditivo. Sugere-se a posterior realização de ensaios com corpos de prova aditivados a 1%, 1,5% e 2,5% de cola, para verificar se essa estabilidade se configura a partir da quantidade de 2% de cola ou os valores já se estabilizam a partir de 1%. Estes resultados merecem destaque e dão indícios quanto à qualidade deste aditivo. No entanto, por ser tratar de material orgânico, é válido observar seu comportamento após longos períodos, uma vez que a degradação pode ser acentuada.

3.2.2. Absorção total de água e absorção de água por capilaridade

Com o intuito de verificar a influência do aditivo de gurijuba na microestrutura das argamassas de cal, analisaram-se a absorção de água total, e por capilaridade, das amostras. Os resultados de absorção de água são indicativos indiretos da porosidade do material. Isto é, a maior absorção total de água, também pode ser entendida como maior porosidade da argamassa. Segundo estudos realizados por Ribeiro *et al.*, uma maior porosidade aparente costuma ter como consequência maior porosidade total [6].

Os resultados obtidos para a absorção de água total, mostrados na Figura 6, indicam que os corpos de prova com adição de 2% de cola não apresentaram significativa redução na absorção de água. No entanto, a presença do aditivo no teor de 5% contribuiu para razoável redução da absorção de água pela amostra, de cerca de 10% (21,4% contra 19,0%).

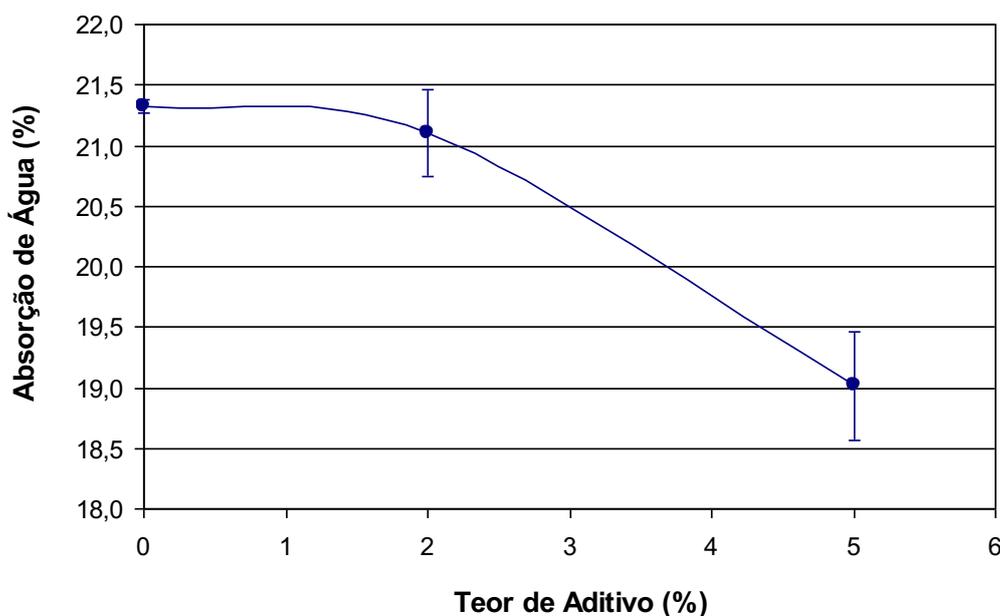


Figura 7. Absorção de água das argamassas de cal (150 dias) em função do teor do aditivo estudado.

A Figura 7 mostra os valores de absorção de água, por capilaridade, em argamassas de cal, com diferentes teores de cola. Como pode ser observado, há uma diminuição de cerca de 20% na sucção capilar, reduzida de $0,351 \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$ (sem cola) para $0,285 \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$ (5% de cola). No entanto, de maneira similar ao discutido, quanto à absorção total, a presença do aditivo proporciona redução da porosidade capilar, dificultando, possivelmente, melhor conexão entre os poros existentes.

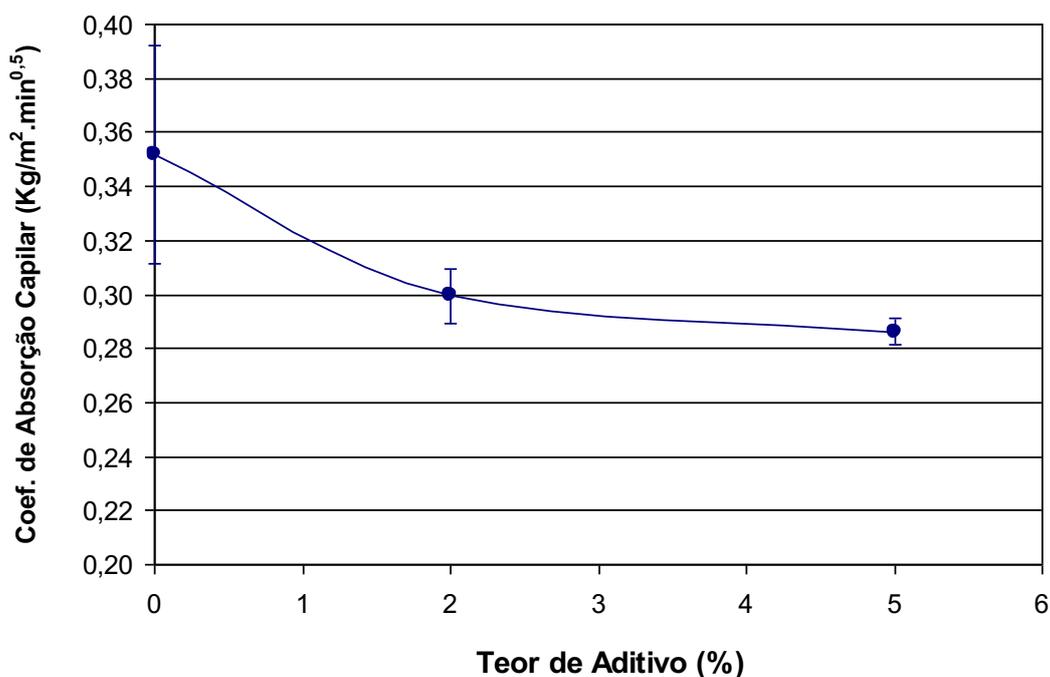


Figura 8. Coeficientes de absorção capilar das argamassas de cal (150 dias) em função do teor do aditivo estudado.

CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados apresentados, pode-se concluir que:

- A adição da cola proteica, produzida com o "grude" da Gurijuba, proporcionou aumento da resistência mecânica das argamassas de cal;
- A presença do referido aditivo reduziu a porosidade total e capilar das argamassas de cal, o que refletiu na redução da absorção de água total e por capilaridade;
- O uso da cola mostrou-se uma alternativa tecnicamente viável, o que reforça a possibilidade de seu uso em argamassas de cal, como referido na tradição e na história.

AGRADECIMENTOS

CNPq — Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

PPGAU / UFBA — Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia.

NTPR – Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração (UFBA).

CETA – Centro de Tecnologia da Argamassa (UFBA).

Mário Mendonça de Oliveira

Caroliny dos Santos Batista

Túlio Vasconcelos Cordeiro de Almeida

Daniel Véras Ribeiro

REFERÊNCIAS

- [1] Shichieri, P. S.; Pablos, J. M.; Ferreira, O. P.; Rossignolo, J. A. e Caram, R., (2008), "Materiais de Construção I : Aglomerantes Minerais, Agregados, Argamassas, Concretos e Dosagem", EESC-USP, Junho 2008, pp. 166-188.
- [2] Santiago, C. C., (1991), "Aditivos orgânicos em argamassas antigas". Dissertação de mestrado do PPGAU da UFBA (não publicada), 1991, pp. 70.
- [3] Vitruvius, M. L., (2007), "Tratado de Arquitetura"; tradução, introdução e notas: M. Justino Maciel, Coleção Todas as artes, Martins, 2007, pp 126-127.
- [4] Scrivener k. L. e Kirkpatrick R. J. "Innovation in use and research on cementitious material", 12th International Congress of Chemistry of Cement, Montreal, Canada, 2007.
- [5] Ribeiro, D. V. "Influência da adição da lama vermelha nas propriedades e na corrosibilidade do concreto armado". 2010. 222 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) – Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- [6] Ribeiro, D. V; Labrincha J. A.; Morelli, A. R., (2011), "Chloride Diffusivity in Red Mud-Ordinary Portland Cement Concrete Determined by Migration Tests", Materials Research, Vol. 14, No. 2, Maio/Junho 2011, 227-234.