

INFLUÊNCIA DA CAL HIDRATADA NAS PASTAS DE GESSO ENDURECIDAS

ANTUNES, Rubiane P. N. (1); JOHN, Vanderley M. (2)

(1) Eng. Civil, doutoranda do PCC USP - e-mail rubipna@pcc.usp.br
(2) Eng. Civil, Dr. Eng., Professor do PCC USP - e-mail vmjohn@pcc.usp.br
Ed. Eng. Civil - Cidade Universitária - São Paulo, SP, CEP 05508900
Fax: (011) 818 5544

RESUMO

A utilização emprego das pastas de gesso como revestimento interno vem ganhando espaço nos últimos anos. Entretanto, o pequeno *tempo útil* (aproximadamente 30min) das pastas de gesso ocasiona perdas de material e mão-de-obra. A adição de cal hidratada contribui para o aumento da consistência antes da formação da microestrutura das pastas elevando com isto seu tempo útil.

Este trabalho teve como *objetivo* avaliar a influência da adição de cal hidratada nas pastas de gesso no estado endurecido. Para isto foram realizados ensaios de resistência à compressão, módulo de elasticidade, resistência à tração na flexão, dureza superficial, porosidade e termogravimetria em pastas com teores de 0%; 13% e 23% de cal hidratada. Os ensaios foram feitos com 7 e 42 dias de idade, para avaliar também a possível interferência da carbonatação nas propriedades medidas.

A adição de cal às pastas de gesso, mantendo-se constante a relação a/g, proporcionou a diminuição do volume de poros e um incremento nas propriedades mecânicas das pastas. Este efeito pode ser atribuído à carbonatação do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ no interior do poros da pasta de gesso.

ABSTRACT

The employment of the plaster's pastes as internal coating has been increasing in the last years. The short *useful time* (~30min) of the plaster's pastes causes lost of materials and workmanship. The addition of hydrated lime contributes to the improvement of the consistency of the paste leading to an increment of the useful time.

The objective of this paper was the evaluation of the hydrated lime addition influence in the plaster's paste in the workmanship. Compression strength, elasticity module, flexural strength, superficial hardness, porosity and termogravimetry test were carried out in pastes with addition of 0%, 13% and 23% of hydrated lime. In order to analyze the possible interference of the carbonation in the properties, the test were conduct in pastes 7 and 42 days old.

It could be observed that if the w/p ratio is maintained, there was a decrease of the pores volume and an improvement of the mechanical properties with the addition of hydrated lime in the plaster's pastes. This effect can be attributed to the carbonation of the $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in the pores of the paste of plaster.

1. INTRODUÇÃO

Os ganhos de produtividade ocasionados pela utilização de revestimento em gesso vêm impulsionando seu crescimento no mercado cada vez mais competitivo da construção civil.

No procedimento tradicional de aplicação manual de revestimentos em gesso, o gesseiro gasta, em média, 30% do tempo total¹, esperando até que a pasta atinja a consistência adequada à aplicação – *consistência mínima*, gerando perdas na produtividade do serviço (ANTUNES *et al.* 1999).

A adição da cal hidratada (hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$) confere às pastas de gesso a *consistência mínima* adequada à aplicação logo após a mistura da pasta, ou seja, antes que ocorra o aumento da consistência que acompanha o início da pega do gesso. Este procedimento leva a ampliação do tempo útil e, consequentemente, pode aumentar a produtividade e diminuir as perdas de material (ANTUNES *et. al.* 1999).

Como todo aditivo ou adição, a cal hidratada também pode gerar *efeitos secundários* nas propriedades mecânicas do gesso. A intensidade desses efeitos vai depender dos teores adicionados e da forma de adição da cal.

De maneira geral, as *resistências mecânicas* da pasta de gesso são minoradas pela adição de cal hidratada (KARNI; KARNI, 1995). Sua elevada superfície específica obriga a adição de uma maior quantidade de água de amassamento para a obtenção da mesma trabalhabilidade e a resistência mecânica das pastas de gesso é inversamente proporcional à relação água/gesso (NOLHIER, 1986).

Assim, o *objetivo* deste trabalho foi determinar a influência dos diferentes teores de cal nas propriedades mecânicas das pastas de gesso e cal endurecidas, tomando como referência a pasta de gesso puro.

2. MATERIAIS

O gesso utilizado foi classificado de acordo com a NBR 13207/94 como sendo *gesso fino para revestimento*. A composição química do gesso determinada segundo a NBR 12130/91 foi a seguinte: 1,5% de água livre, 5,6% de água combinada, 37,8% de CaO , 53% de SO_3 e 1% de CO_2 . Os ensaios de caracterização físicas seguiram as prescrições da NBR 12127/91. O valor encontrado para a massa unitária foi de $590,2\text{Kg/m}^3$, o tempo de início de pega foi de 17,37min, enquanto o de fim de pega foi de 34,19min. A caracterização mecânica foi de acordo com as prescrições da NBR 12128/91, obtendo-se para a resistência à compressão 13,31MPa e para a dureza 33,35MPa.

A cal hidratada utilizada foi uma *cal cárquica do tipo CH I* (NBR 7175/92). Em sua composição química (NBR 6473/93 e NBR 11583/90) foram encontrados: 0,59% de umidade, 25,3% de perda ao fogo, 70,9% de CaO , 0,59% de MgO , 3,3% de CO_2 , 0% de óxidos não hidratados e 99,17% de óxidos totais. A massa unitária determinada foi 550Kg/m^3 e a massa específica foi 2310Kg/m^3 .

3. MÉTODOS

Os teores de cal hidratada escolhidos para serem utilizados neste estudo foram 13% e 23%, em massa, que correspondem aos traços 1:0,15 e 1:0,3 (gesso : cal), também em

¹ Tempo total do procedimento de aplicação manual de pastas de gesso é o intervalo de tempo correspondente ao contato do pó com a água e o final da utilização (ANTUNES, *et. al.* 1999).

massa. A pasta foi preparada conforme procedimento proposto pela NBR 12128/91: homogeneização do gesso e da cal, ambos em pó; polvilhamento durante 1 minuto do pó (gesso e cal); repouso da solução por 2 minutos; e mistura da pasta durante 1 minuto.

Os fatores considerados foram: (a) teor de cal e (b) relação a/a, ambos com 3 níveis, (c) idade, com 2 níveis 7 e 42 dias.

As variáveis avaliadas foram: resistência à compressão (Rc) (NBR 12129/91); módulo de elasticidade (E); resistência à tração na flexão (Rt) (ASTM C 348/97); e dureza superficial (D) (NBR 12129/91). Os ensaios foram realizados em duplicada, segundo programação aleatória. A Tabela 1 traz o resumo do arranjo experimental para as pastas no estado endurecido.

Tabela 1 - Arranjo experimental

Teor de Cal (%)	Relação a/a		
	0,5	0,6	0,7
0	Rc; E; Rt; D		Rc; Rt; D
13		Rc; E; Rt; D	
23			Rc; E; Rt; D

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O parâmetro escolhido para igualar as pastas foi a obtenção da *consistência mínima* (28 \pm 1mm) logo após a mistura para os três teores de cal estudados: 0%, 13% e 23%. Como a cal é um aglomerante aéreo, foi utilizada relação água/aglomerante (a/a) durante os ensaios ao invés da tradicional relação água/gesso (a/g). Por isto, a relação a/a foi o parâmetro escolhido para analisar a influência da adição de cal nas propriedades das pastas no estado endurecido. Entretanto, a adição de cal provoca incremento na relação a/g, para manter-se constante a consistência (ANTUNES, 1999). A Tabela 2 traz as relações a/a e as correspondentes relações a/g para os teores de cal estudados.

Como a relação a/g é o fator mais influente nas propriedades mecânicas, deste ponto em diante é esta relação que passará a ser utilizada.

Tabela 2 – Relação água/aglomerante(a/a) e a relação água/gesso(a/g) correspondente para os diferentes teores de cal hidratada

Teor de cal (%)	Relação a/a	Traço (massa)		Relação a/g
		Gesso	Cal	
0	0,50	1	0	0,50
13	0,60	1	0,15	0,69
0	0,70	1	0	0,70
23	0,70	1	0,30	0,91

4.1 Influência da cal nas fases hidratadas

Durante a hidratação das pastas de gesso e cal precipita dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Ao longo do tempo e com condições favoráveis (ciclos de molhagem e secagem e presença de CO_2) o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ reage com o CO_2 da atmosfera dando origem ao carbonato de cálcio (CaCO_3).

A presença de picos a aproximadamente 800°C na DTG das pastas mistas (Figura 1 (b) e (d)) comprova a presença de CaCO_3 , pois estes picos são decorrentes da dissociação do CO_2 do carbonato.

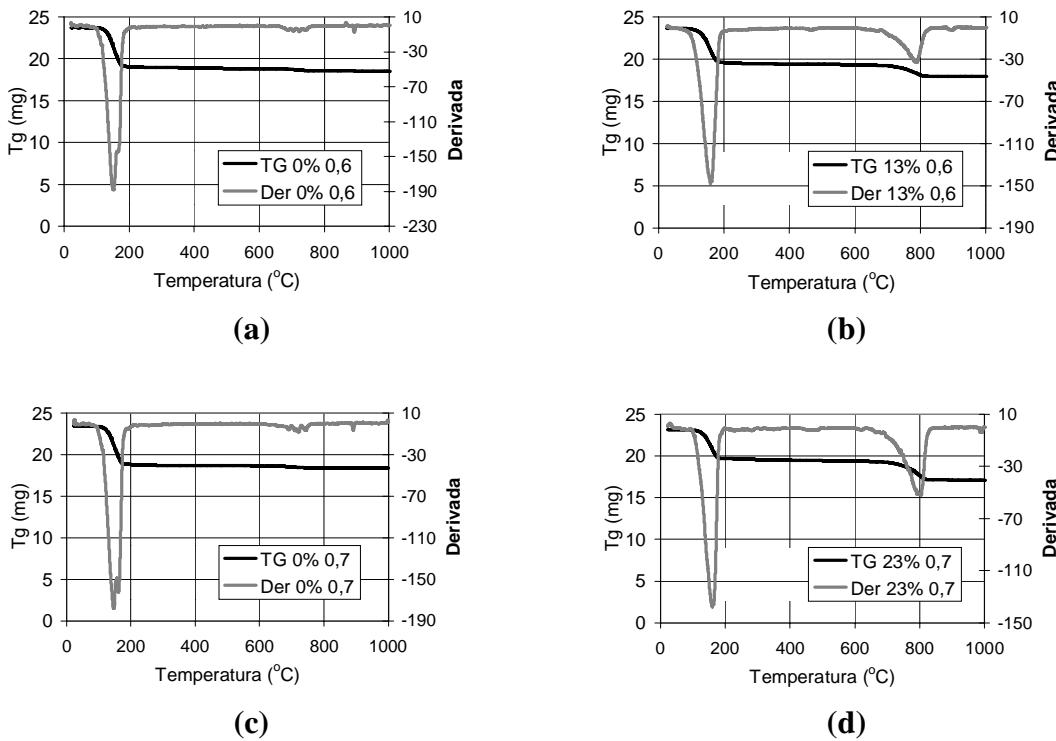


Figura 1 – Termogravimetria de pasta de gesso:

- (a) 0% de cal e relação a/a = 0,6; (b) relação a/a = 0,6 e 13% de cal
- (c) 0% de cal e relação a/a = 0,7; (d) relação a/a 0,7 e 23% de cal

4.2 Influência do teor de cal na porosidade das pastas

Para os intervalos de relação a/g e teores de cal estudados, o volume de mercúrio injetado (volume de poros) das pastas puras foi maior que o das pastas mistas, para a mesma relação a/g (Figura 2). O que permite inferir que mantendo-se constante a relação a/g, as pastas mistas apresentam menor volume de poros que as pastas puras.

Este comportamento pode ser atribuído à colmatação dos poros causada pela carbonatação do hidróxido de cálcio presente nas pastas mistas (Figura 1 (b) e (d)). Todavia, para confirmar esta tendência seriam necessários mais pontos.

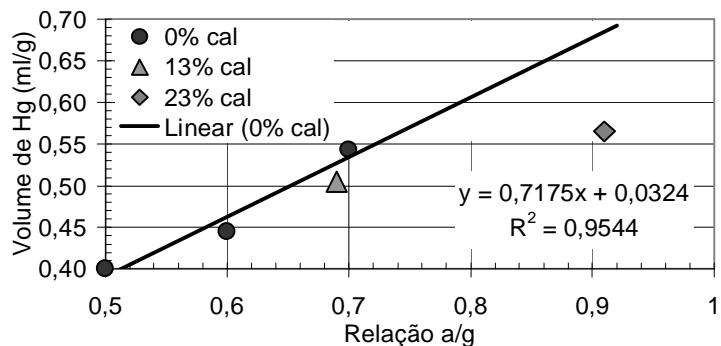


Figura 2 – Influência da relação a/g e do teor de cal no volume total de mercúrio injetado

4.3 Influência do teor de cal nas propriedades mecânicas

A Figura 3 traz a influência do teor de cal na resistência à compressão (*a*), no módulo de elasticidade (*b*), na resistência à tração na flexão (*c*) e na dureza superficial (*d*) de pastas com mesma consistência inicial (*consistência mínima*) para duas idades – 7 e 42 dias. Todas as propriedades cresceram com o passar do tempo. A queda observada com o aumento do teor de cal na pasta pode ser explicado pela elevação da relação a/g devido à adição de cal, pois, como já foi mencionado, para que a consistência permaneça constante a relação a/g tem que ser aumentada.

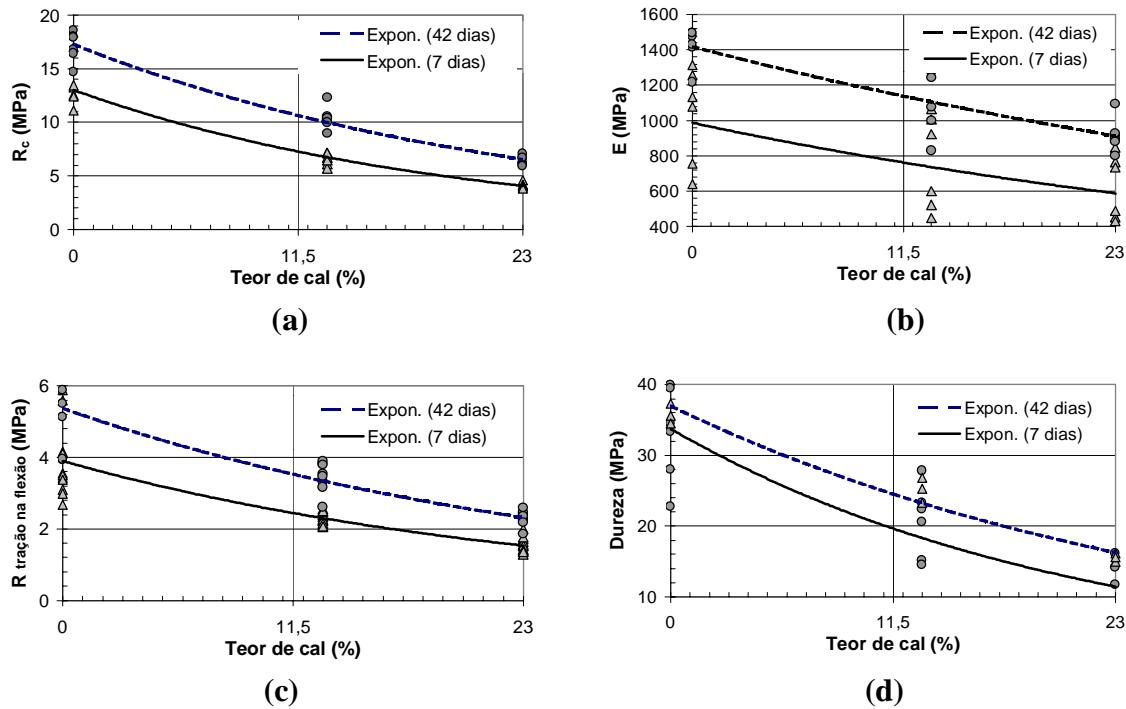


Figura 3 – Influência do teor de cal (pastas com mesma consistência inicial):
(a) na resistência à compressão; (b) no módulo de elasticidade;
(c) na resistência à tração na flexão e (d) na dureza superficial

4.4 Relação entre teor de cal, relação a/g, porosidade e propriedades mecânicas

Para comprovar qual dos dois fatores, relação a/g ou teor de cal, ocasionou a queda nas propriedades mecânicas foi feita a correlação entre cada uma das propriedades com a relação a/g e com a porosidade simultaneamente. Assim, a parte (*a*) da Figura 4, Figura 5, Figura 6 e Figura 7 apresentam a influência da relação a/g na resistência à compressão, no módulo de elasticidade, na resistência à tração na flexão e na dureza superficial. Enquanto a parte (*b*) traz a influência da porosidade nestas propriedades mecânicas.

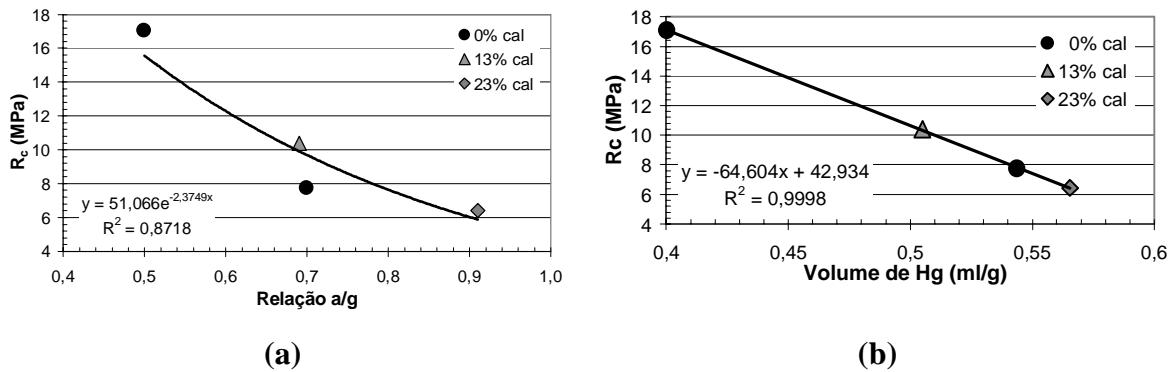


Figura 4 – (a) Influência da relação a/g e do (b) volume de poros na resistência à compressão das pastas de gesso puras e mistas.

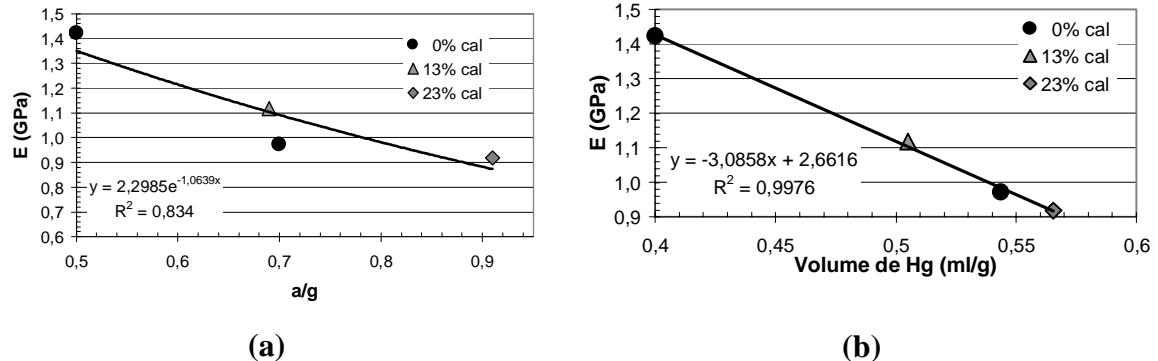


Figura 5 – (a) Influência da relação a/g e do (b) volume de poros no módulo de no módulo de elasticidade das pastas de gesso puras e mistas.

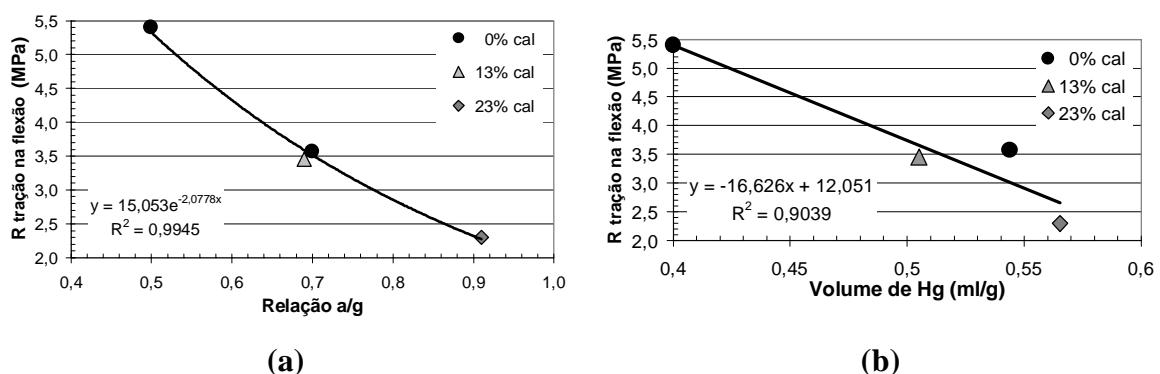


Figura 6 – (a) Influência da relação a/g e do (b) volume de poros na resistência à tração na flexão das pastas de gesso puras e mistas.

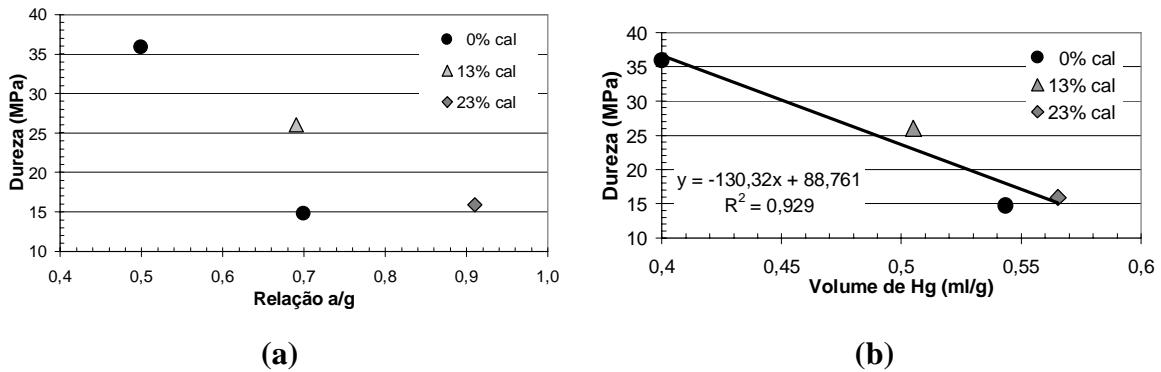


Figura 7 – (a) Influência da relação a/g e do (b) volume de poros na dureza superficial das pastas de gesso puras e mistas.

As propriedades mecânicas das pastas decrescem com o crescimento da relação a/g. Esta, por sua vez, provoca o aumento da porosidade total das pastas. Assim, a influência da relação a/g nas propriedades mecânicas é função, principalmente, da sua relação com a porosidade das pastas (RÖSSLER e ODLER, 1989).

Comparando as pastas que apresentam a relações a/g mais próximas (0,69 e 0,7, com 13% e 0% de cal, respectivamente) foi possível inferir a influência positiva da cal sobre as propriedades mecânicas. Como as duas relações a/g são muito próximas entre si, os valores encontrados para a resistência à compressão também deveriam ser próximos. Entretanto, para a resistência à compressão o incremento proporcionado pela cal foi de 35% em relação à pasta pura (Figura 4(a)). Neste mesmo intervalo, o módulo de elasticidade da pasta mista foi 15% superior ao da pasta pura (Figura 5(a)). A resistência à tração na flexão foi a única propriedade em que a pasta pura (3% superior) superou a pasta mista (Figura 6(a)), para o intervalo com relação a/g $\leq 0,7$. A dureza superficial foi a propriedade mais afetada pela adição da cal. O incremento proporcionado pela adição da cal no intervalo estudado foi de 77% em relação à pasta pura (Figura 7(a)).

RÖSSLER e ODLER (1989) observaram que a correlação entre as propriedades mecânicas e a porosidade é linear. Para os fatores estabelecidos neste trabalho também foram obtidas boas correlações lineares entre a porosidade e as propriedades mecânicas estudadas (Figura 4(b); Figura 5(b); Figura 6(b) e Figura 7(b)).

Analizando simultaneamente a relação entre propriedades mecânicas, relação a/g e porosidade é possível inferir que mantendo-se constante a relação a/g as pastas mistas apresentaram maiores valores de resistência que as pastas puras. Este comportamento é devido, provavelmente, à carbonatação do hidróxido de cálcio presente nas pastas mistas que provocou uma diminuição na porosidade das pastas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se inferir que para as condições deste estudo o efeito da cal na porosidade e nas propriedades mecânicas das pastas de gesso pode ser analisado de duas maneiras:

- mantendo-se a *consistência constante*: a adição de cal não teve grande efeito sobre o volume de poros das pastas, mas minorou as propriedades mecânicas, pois a relação a/g foi aumentada para manter a consistência inicial constante.
- mantendo-se a *relação a/g constante*: a adição de cal reduziu o volume de poros da

pastas, deslocou a faixa de maior concentração para poros de diâmetro menores e aumentou as propriedades mecânicas.

Como as relações a/g utilizadas em obra são da ordem de 0,7 a adição de 13% de cal hidratada em massa pode melhorar as propriedades da pasta endurecida. Este efeito pode ser atribuído à carbonatação do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ no interior do poros da pasta de gesso.

Assim, além do aumento no tempo útil, da economia de material (devido à substituição de parte do gesso pela cal) a adição de cal também tem efeito positivo sobre as propriedades mecânicas das pastas endurecidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, R. P. N.; JOHN, V. M.; ANDRADE, A. C. Produtividade dos revestimentos em gesso: influência das propriedades do material. *In: I Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho. Anais*, Recife, PE, (cd-rom), 1999.
- ANTUNES, R. P. N. **Estudo da influência da cal hidratada nas pastas de gesso.** Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da USP, PCC, São Paulo, 1999.
- CINCOTTO, M. A.; AGOPYAN, V. e FLORINDO, M. C. "O gesso como material de construção. Parte I e II." **Tecnologia de Edificações**, IPT-PINI, pp 53-60, 1988.
- KARNI, J. ; KARNI, E. Gypsum in construction: origin and properties. **Materials and Structure**, n 28, pp. 92-100, 1995.
- NOLHIER, M. **Construire en plâtre.** Paris, L'Harmattan, 1986.
- RÖSSLER, M.; ODLER, I. Relationships between pore structure and strength of set gypsum pastes Part I: Influence of water/gypsum ratio and temperature. **Zement-Kalk-Gips**, n° 2, pp. 96-100, 1989.