

Controle de qualidade da cal para argamassas - metodologias alternativas

PAIVA, Sérgio Carvalho¹; GOMES, Eduardo Alves de Oliveira¹;
OLIVEIRA, Romilde Almeida de²

¹Mestrando do Programa de Mestrado em Engenharia Civil da
Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP;

²Professor Doutor do Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências e Tecnologia, UNICAP;
Rua do Príncipe 526, Recife, Pernambuco, 50050-900, Brasil; e-mail: romilde@unicap.br.

Resumo

A cal hidratada, quando adicionada às argamassas de cimento e areia, utilizadas para assentamento de blocos ou revestimento de paredes, introduz grandes vantagens do ponto de vista econômico, ambiental e da melhoria da qualidade de desempenho. Dentre as características, ressalta-se a função de aglomerante, a trabalhabilidade, a resistência à penetração de água, a capacidade de retenção de água, além das questões da deformabilidade e da resistência à compressão. A falta de controle de qualidade das cales foi observada em vários trabalhos publicados em todo o país. Este trabalho teve o objetivo de realizar análises de seis cales comercializadas na região metropolitana do Recife. Analisaram-se a finura, para verificar o nível de trituração das cales, a determinação de anidrido carbônico, para estabelecer o controle da calcinação, a retenção de água, por ser umas das principais propriedades da cal hidratada nas argamassas, e umidade e sólidos insolúveis, para verificar a pureza do minério. Ao término dos experimentos, foi comprovada a falta de controle de qualidade nas cales, além da necessidade do cumprimento de uma exigência mínima para garantir a qualidade das construções. Ressalta-se que foi determinado em uma das cales, o teor de sílica e materiais insolúveis de 70 % e que apenas uma amostra de cal (16 %) obedeceu a todas as normas. É necessário que os construtores se organizem, para exigirem uma qualidade mínima para a cal, garantindo suas propriedades, tão importantes nas argamassas, visando a aumentar a segurança, o conforto e a durabilidade das construções civis.

Palavras-chave: cal hidratada, controle de qualidade, argamassas, impurezas da cal, alvenaria estrutural.

Quality control of hydrated lime for mortars – alternative methodologies

Abstract

The hydrated lime, when mixed to the sand and cement mortars, used to set blocks or to cover walls, brings great advantages not only by the economical and environmental point of view but also by the improvement of the performance quality. Among the characteristics of these mortars, the function of agglomerate, the workability, the resistance to water penetration, the capacity of retaining water, besides the question of deformability and the compression strength must be cited. The inefficient control of quality of lime has been cited in many papers published in Brazil. The objective of this paper was to analyze six brands of hydrated lime sold in the region of Recife, capital of Pernambuco state from Brazil. The analysis determined the fineness percentage; the amount of carbonic dioxide; the water absorption level; the humidity and the insoluble solids. As a result, only one sample of the hydrated lime (16%) was approved, comparing to the Brazilian Standard Specifications. Another sample showed the worst result for the silica percentage plus insoluble solids, 70%. It is necessary to organize the construction community to demand a minimum limit for the hydrated lime quality, in order to assure the guarantee of its properties, which are so important for the mortars, intending to improve the safety, the comfort and durability of civil constructions.

Key words: hydrated lime, quality control, mortars, purity of lime, structural masonry.

Introdução

As argamassas são misturas de cimento, areia, água e outros materiais, como cal, saibro, barro, caulim, ou outros plastificantes da região, acrescentados à argamassa, visando ao aumento da plasticidade (MEHTA, 1994). Apresentam propriedades semelhantes ao concreto, inicialmente moles, endurecendo e adquirindo resistência com o tempo. A plasticidade das argamassas durante sua utilização está relacionada com a sua aderência, o que garante uma vantagem nas aplicações.

Nas argamassas, a cal forma com a água e os inertes que a encorpam, uma mistura pastosa que penetra nas reentrâncias e vazios dos blocos construtivos, cimentando-os, principalmente pela recristalização dos hidróxidos e de sua reação química com o anidrido carbônico do ar. Durante o endurecimento, as partículas muito finas de hidróxidos se aglomeram, formando cristais que aumentam em número e tamanho à medida que a água se evapora. Esses cristais se entrelaçam, formando uma malha resistente que retém os agregados (GUIMARÃES, 1998).

Do ponto de vista técnico, a cal pode proporcionar às argamassas qualidade de desempenho com relação à função de aglomerante, à melhora na trabalhabilidade, ao aumento da resistência à penetração e à capacidade de retenção de água, além da contribuição na questão da deformabilidade e da resistência (GUIMARÃES, 1998).

A resistência à compressão das argamassas varia com a adição da cal hidratada. A cal hidratada diminui essa resistência tornando-a compatível com as exigências estruturais comuns feitas para as alvenarias.

Além disso, as argamassas com cal hidratada têm maior deformabilidade, ou resiliência, devido ao seu baixo módulo de elasticidade, o que acarreta melhor absorção das acomodações iniciais da estrutura. Dessa maneira, fica assegurada uma maior ductilidade dos painéis de alvenaria, ou seja, antes de atingir a ruptura, o painel dá avisos, o que não acontece com a alvenaria preparada com argamassa mais resistente que o bloco, onde a ruptura ocorre no bloco (ruptura brusca) (OLIVEIRA, 2006).

Essas argamassas têm versatilidade para auto-refazer muitas das pequenas fissuras que ocorrem ao longo do tempo, graças à sua atividade química, que só se extingue após muito tempo. Há uma reconstituição autógena de fissuras enquanto houver hidróxido de cálcio e/ou de magnésio livres na massa das argamassas, pois a água que circula pelos espaços intergranulares provoca reações químicas, preenchendo as descontinuidades (OLIVEIRA, 2006; GUIMARÃES, 1998).

Entre todos os plastificantes utilizados na preparação das argamassas, o mais recomendável para utilização é a cal hidratada (Ca(OH)_2), cujo desempenho como plastificante é comprovado em vários institutos de pesquisas. Seu uso é normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). As várias marcas de cales existentes no comércio são controladas através do selo de qualidade, fornecido pela Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABPC, 2006).

Do ponto de vista econômico e ambiental, a cal hidratada também confere vantagens às argamassas. A utilização da cal representa diminuição do custo do metro cúbico da argamassa, por permitir usar uma maior quantidade de agregados para uma mesma quantidade de cimento. As argamassas com cal contribuem para a qualidade do meio ambiente, devido a algumas características físicas e químicas da cal, como alcalinidade (pH maior que 11,5), o que torna o meio mais asséptico; e a cor branca, que clareia as misturas, tornando-as mais refletivas aos raios solares, transmitindo menos calor e diminuindo a iluminação artificial (GUIMARÃES, 1998).

Devido às grandes variações na qualidade das cales encontradas no comércio e às exigências dos construtores na qualidade das argamassas, torna-se necessária uma melhor fiscalização no processo de fabricação e no controle de qualidade para o consumidor

A cal hidratada para argamassas deve obedecer à NBR 7175 de maio de 2003. Essa norma especifica os requisitos exigidos no recebimento da cal hidratada, a ser empregada em argamassas para a construção civil. Os valores estabelecidos pela ABNT são máximos e mínimos e contemplam as características físicas e químicas, ilustradas na Tabela 1.

Tabela 1 Características químicas e físicas de cales

QUÍMICAS				
COMPOSTOS		LIMITES		
		CH-I	CH-II	CH-III
Anidrido carbônico (CO ₂)	na fábrica	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 13 %
	no depósito	≤ 7 %	≤ 7 %	≤ 15 %
Óxido de cálcio e magnésio não hidratado calculado (CaO+MgO)		≤ 10 %	≤ 15 %	≤ 15 %
Óxidos totais na base de não voláteis (CaO _T + MgO _T)		≥ 90 %	≥ 88 %	≥ 88 %
FÍSICAS				
Finura (% retida acumulada)	Peneira 0,600 mm	≤ 0,5 %	≤ 0,5 %	≤ 0,5 %
	Peneira 0,075 mm	≤ 10 %	≤ 15 %	≤ 15 %
Retenção de água		≥ 75 %	≥ 75 %	≥ 70 %
Incorporação de areia		≥ 3,0 %	≥ 2,5 %	≥ 2,2 %
Estabilidade		Ausência de cavidades ou protuberâncias		
Plasticidade		≥ 110	≥ 110	≥ 110

Legenda: CH-I, CH-II e CH-III = tipos de cales

Fonte: (ABNT, 2003a)

A qualidade de uma cal está relacionada ao seu processo de fabricação desde o controle de qualidade do minério até a forma de hidratação. A obtenção da cal pode ser de uma maneira artesanal ou industrializada. A primeira, sem controle de tamanho, temperatura de calcinação, volume de água para hidratar entre outros cuidados, origina uma cal com cristais insolúveis, produzidos com temperaturas elevadas, ou cristais com o seu núcleo carbonatado por falta de calor, além de partículas com tamanhos irregulares, produzidas por uma má trituração (figura 1). As cales industrializadas devem obedecer a todos os critérios, produzindo um material de qualidade e satisfazendo aos padrões requeridos pela construção civil.

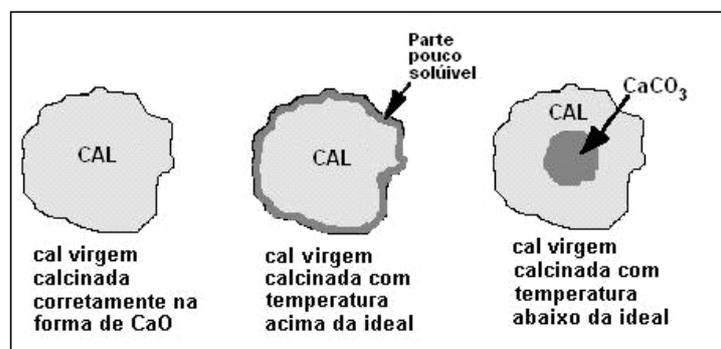


Figura 1 Calcinação da cal

Este trabalho foi realizado visando a verificar as qualidades das cales comercializadas no Recife, Pernambuco, para a construção civil. Foram realizados vários ensaios de laboratório, ressaltando as propriedades mais importantes nas argamassas de assentamento e revestimento.

Material e métodos

Ensaio

Os ensaios foram realizados nos laboratórios de Química e de Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco. Foram adquiridas seis cales de diferentes fabricantes, na região metropolitana do Recife, cujas marcas correspondem às mais procuradas na região, identificadas como C1, C2, C3, C4, C5 e C6 e descritas de acordo com a tabela 2.

Foram realizadas as seguintes determinações: massa unitária relativa, para verificar a massa específica das cales; retenção de água, propriedade importante das argamassas; finura, para indicar a quantidade de cal retida nas peneiras de 0,600 mm e de 0,075 mm; quantidade de dióxido de carbono, para verificar o nível de carbonato nas cales; sílica mais resíduos insolúveis, para quantificar as impurezas na cal; e umidade, para indicar a quantidade de água incorporada na amostra.

Descrição das cales estudadas

Identificação	Minério	Estado da produção	Selo de qualidade	Validade
C1	Dolomita	Pernambuco	N	12 / 2006
C2	Dolomita	Paraíba	CH II	8 / 2007
C3	N	Paraíba	N	3 / 2007
C4	N	N	N	N
C5	Dolomita	Paraíba	CH I	9 / 2003
C6	Calcita	Ceará	CH I	2 / 2008

Legenda: N = não especificado na embalagem

Determinação da massa específica da retenção de água

Foram pesadas 50 g de cada cal, em duplicata e colocadas dentro de provetas de 100 mL e determinado o volume ocupado por cada amostra; com esses dados, foi calculada a massa específica unitária de cada amostra (Tabela 3).

Para prever a incorporação de água pela cal, foi proposto o seguinte procedimento não normatizado: 50 g de cal foram transferidos para uma proveta de 250 mL, em seguida 100 g de água destilada foram adicionados em cada amostra e homogeneizada com auxílio de um bastão de vidro. Após a verificação do volume, foi deixado em repouso e anotado o volume da parte líquida que deixava de se incorporar na mistura por decantação, aos 25, 60, 90 e 150 minutos.

Determinação da finura

A norma NBR 9289 (ABNT, 2000) foi utilizada na determinação da finura em cal hidratada para argamassas. Neste ensaio, um peneiramento das amostras foi realizado, em duas peneiras diferentes para verificar quanto de material ficou retido em cada peneira. A norma especifica um valor máximo para essas quantidades. A figura 2 ilustra o procedimento para determinação da finura.

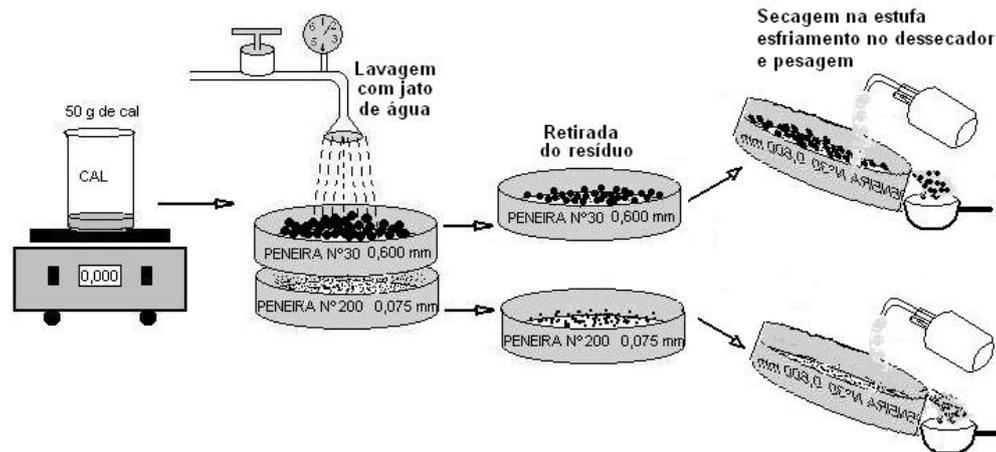


Figura 2 Determinação da finura em cal hidratada.

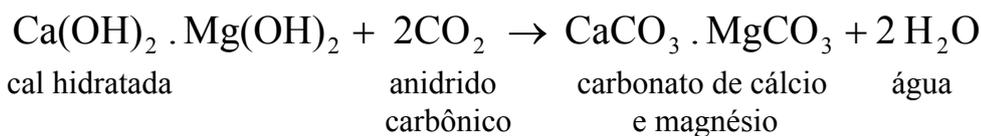
Determinação da quantidade de dióxido de carbono (CO₂)

A determinação da quantidade de CO₂, dióxido de carbono, na cal hidratada tem como função verificar se o minério foi bem calcinado ou se ficou parte sem reagir. A quantidade de CO₂ serve para verificar, também, se aconteceu uma carbonatação no armazenamento da cal hidratada por contato com o CO₂, dióxido de carbono do meio ambiente. As reações de carbonatação da cal hidratada com o anidrido carbônico podem ser verificadas nas equações 1 e 2:

(Equação 1)



(Equação 2)

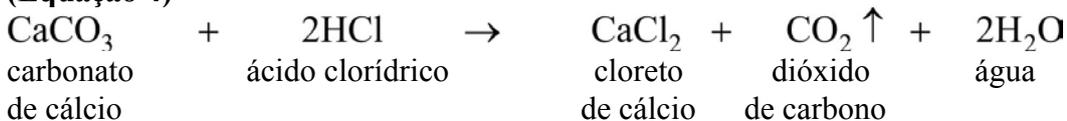


As reações da titulação do carbonato e hidróxido de cálcio com o ácido clorídrico ocorrem com desprendimento do anidrido carbônico (CO₂), podendo ser verificadas nas equações 4 e 5:

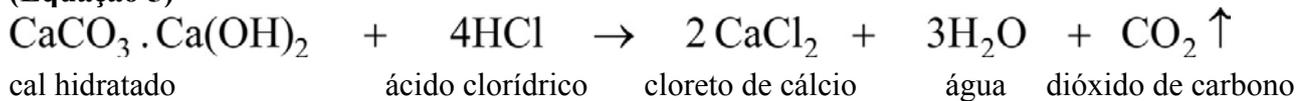
(Equação 3)



(Equação 4)



(Equação 5)



A norma ABNT - NBR 6473 item 6.9 – apresenta a determinação do anidrido carbônico (descarbonatação ácida), utilizando um equipamento específico ilustrado na figura 3.

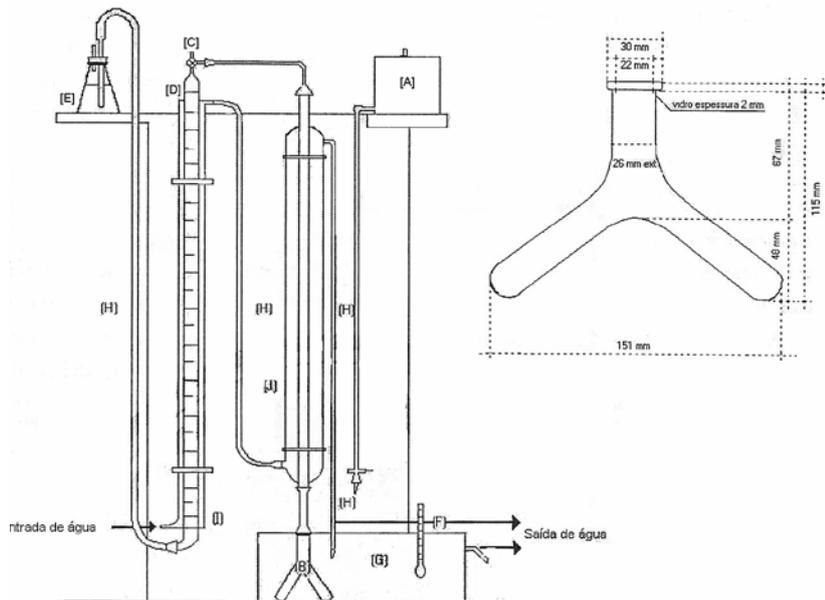


Figura 3 Esquema do sistema de determinação de anidrido carbônico

Nesse trabalho, para determinação do teor de CO_2 , foi utilizada uma metodologia alternativa mais simples e com a mesma precisão, idealizada e testada pelos autores deste trabalho, através da qual é determinada a massa do CO_2 liberado e não o volume.

O método consiste em pesar uma amostra da cal hidratada e colocar em um frasco de Erlenmeyer. Em seguida, pesar um volume (± 25 mL) de uma solução de ácido clorídrico de concentração 50 %, juntamente com a cal. Com cuidado, os dois recipientes são retirados da balança e o ácido é adicionado à cal, devendo-se aguardar o tempo necessário para que a reação se processe e a temperatura da reação se reduza para a ambiente, durante aproximadamente 10 min. Em seguida, efetuar nova pesagem do conjunto e calcular, por diferença, a massa de CO_2 liberada (figura 4).

A metodologia proposta foi aferida quando foi efetuado o ensaio, colocando uma amostra de hidróxido de cálcio PA (de pureza 99,98 %), tendo sido encontrado um rendimento de 100,21 % em média, confirmando, assim, a precisão do método, podendo ser, portanto, aplicado para a cal hidratada.



Figura 4 Determinação de CO₂

Determinação da quantidade de sílica mais resíduos insolúveis e da umidade

Foi utilizada a norma NBR 6473 (ABNT, 2003a) para determinar a quantidade de resíduo que não é cal e que está misturado para fornecer volume ao produto, diminuindo sua qualidade. Foi utilizada a mesma norma para determinar a quantidade de umidade presente em cada amostra de cal.

Resultados e discussão

Na tabela 3, estão ilustrados os resultados determinados em todas as análises realizadas e os valores máximos permitidos, especificados na norma NBR 7175 (ABNT, 2003b).

Tabela 3 Resultados das análises determinadas nas amostras de cal

DETERMINAÇÃO	UNIDADE	AMOSTRAS DE CAL						LIMITES		
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	CH-I	CH-II	CH-III
MASSA UNITÁRIA	Kg.m ⁻³	595	781	697	562	685	476	---	---	---
RETENÇÃO DE ÁGUA	%	86	48	53	96	61	92	≥ 75	≥ 75	≥ 70
FINURA (F ₃₀)	%	0,1	0,0	14,7	2,5	1,6	0,1	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
FINURA (F ₂₀₀)	%	20,9	12,4	49,5	12,6	10,6	2,1	≤ 10	≤ 15	≤ 15
CO ₂ (no depósito)	%	4,9	20,8	2,0	7,8	12,8	2,4	≤ 7	≤ 7	≤ 15
SiO ₂ + SÓLIDOS INSOLÚVEIS	%	9,5	14,7	69,8	8,8	2,7	0,3	---	---	---
UMIDADE	%	0,5	0,5	5,2	0,5	0,3	0,5	---	---	---

Na determinação da massa unitária, ficaram evidenciados diferentes volumes ocupados por 50 g de cada cal investigada (figura 5). Foi verificado que a cal C6 apresentou o maior volume, 105 mL, e que a cal C2, o menor, atingindo 64 mL, cujo valor foi 40 % menor que o máximo (figura 6). Esses resultados explicam as diferentes qualidades das cales no comércio e os volumes que cada embalagem de 20 kg apresenta. A massa unitária foi calculada dividindo a massa inicial (50 g) pelo volume determinado na proveta (figura 6).

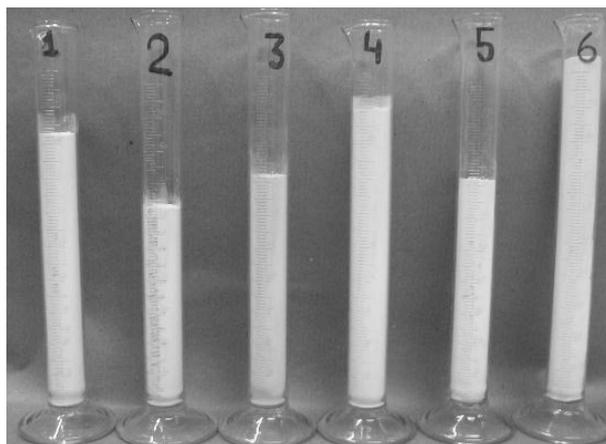


Figura 5 Volume ocupado por 50 g de amostras de cal

A tabela 3 apresenta a quantidade de água que ficou incorporada em cada amostra de cal hidratada. Comparando-se com as exigências normativas, apenas as amostras C1, C4 e C6 apresentaram valores acima do limite ($\geq 70\%$) permitido. Após a adição da água às 50 g das cales nas provetas (figura 5), foi verificado que o volume total ficou praticamente igual em todas as amostras (figura 6).

Figura 6 Retenção de água nas cales após 150 min

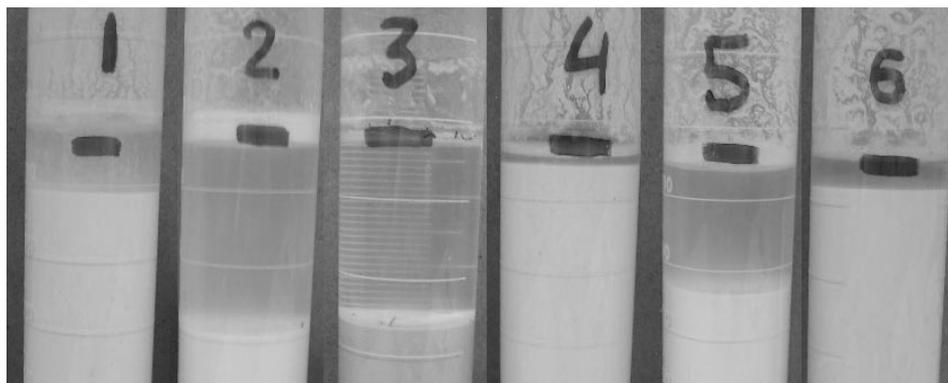


Figura 6 Retenção de água nas cales após 150 min

As cales de menor qualidade (C2, C3 e C5) apresentaram uma redução da água nos períodos de 25 min (figura 7). O valor máximo da redução de volume atingiu 40 % com a amostra C2. A cal C6 apresentou uma maior retenção de água por ter uma menor finura, proporcionando uma incorporação mais homogênea da água. Foi verificado, também, que nas cales C2 e C3 foi encontrada a menor absorção de água, coincidindo com as marcas de menor qualidade (figura 7).

Dentre as cales CH-I analisadas (C5 e C6), apenas a C6 apresentou resultados que obedecem às normas. A cal C5 não estava na validade desde setembro de 2003 e apresentou características que não obedecem aos padrões oficiais, confirmando assim que o selo de qualidade e a data de validade são importantes para a utilização de um produto.

A amostra C6 apresentou a redução mínima (1,5 %), comparando os volumes durante os 150 min. A figura 7 ilustra o comportamento de cada cal hidratada ao decorrer do tempo. Ressalta-se que a retenção de água é uma das principais propriedades da cal para argamassa (PRIORI, 2006).

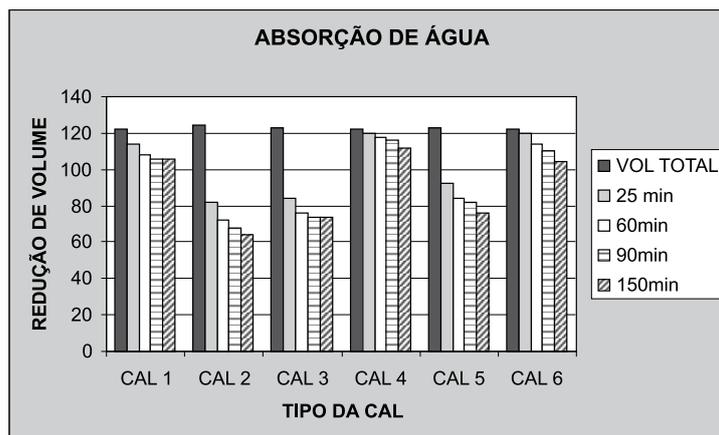


Figura 7 Gráfico da retenção de água com o tempo

A figura 8 ilustra a diferença das finuras F30 e F200 entre uma cal sem selo de qualidade, C3, e a finura de uma cal dentro da norma NBR 7175 (ABNT 2003b) de qualidade, C6.

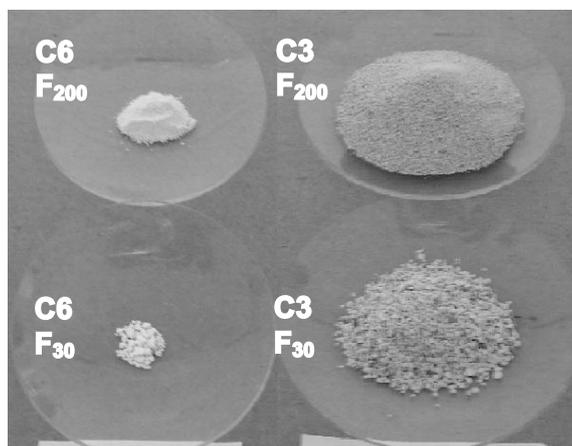


Figura 8 Resíduo das peneiras nº 30 (F₃₀) e nº 200 (F₂₀₀) das cales C3 e C6

A tabela 3 apresenta os resultados para a finura F₂₀₀ da cal C3 cujo valor foi (49,5 %) 3,3 vezes maior que o máximo permitido (F₂₀₀ ≤ 15 %) e para finura F30, foi determinado 14,75 %, valor 29 vezes maior que o máximo permitido (F₃₀ ≤ 0,5 %). Logo essa cal não atende às normas oficiais e não deve ser comercializada.

Analisando os resultados das quantidades de anidrido carbônico existentes nas cales e apresentado na tabela 3, foi verificado que as amostras C2, C4 e C5 estão acima dos valores máximos permitidos pela norma oficial. A cal C2 apresentou 20,8 % de CO₂, que corresponde a um percentual de carbonato de cálcio de 47 %, ressaltando assim uma falha na calcinação ou um armazenamento sob condições inadequadas (tabela 3). Problemas semelhantes ocorreram nas cales C4 e C5 cujos resultados foram 7,8 e 12,8 % de CO₂, respectivamente.

Os resultados do teor de sílica mais sólidos insolúveis estão representados na figura 9. Ficou confirmada a falta de controle das cales vendidas no estado de Pernambuco. A cal C3, apesar de apresentar a quantidade de CO₂ dentro da Norma, apresentou a quantidade de sílica 70 %, não obedecendo à legislação para ser comercializada.

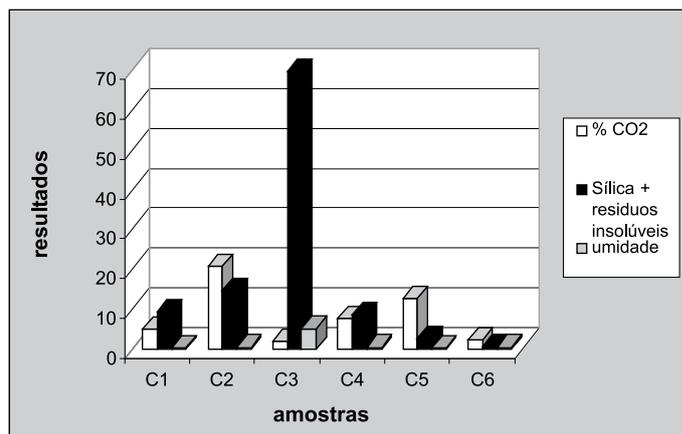


Figura 9 Quadro comparativo do CO₂, sílica + resíduos e umidade

A umidade nas amostras de cales investigadas apresentou valores semelhantes, variando de 0,32 % a 0,52 %, excluindo a C3 cujo valor foi 5,16 %, provavelmente devido às impurezas contidas nessa amostra.

Conclusão

A falta de qualidade das amostras de cales que não apresentam o selo de qualidade da ABPC fica confirmada nos resultados deste trabalho. É necessário que as cales comercializadas tenham selo de qualidade para que suas propriedades funcionem adequadamente e possam contribuir para uma maior eficiência nas argamassas, garantindo mais segurança na construção civil.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6473** Cal virgem e cal hidratada. Análise química, Rio de Janeiro, 2003a.

_____. **NBR 7175** Cal hidratada para argamassas, Rio de Janeiro, 2003b.

_____. **NBR 9289** Cal hidratada para argamassas determinação de finura, Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 9290** Cal hidratada para argamassas determinação de retenção de água, Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CAL. Negócios da Cal. publicação n. 85, São Paulo, 2006.

_____. **Assessoria do selo da qualidade.** A Cal Hidratada nas Argamassas. São Paulo, 2005.

COELHO, R. S. A. **Alvenaria estrutural.** São Luis: Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, 1998.

DURANTE, R. **Notas de aula - ST304 – Materiais de construção I - Aglomerantes.** Limeira: UNICAMP, 2001.

GUIMARÃES, J. E. P.; **A cal – Fundamentos e aplicações na engenharia civil.** São Paulo: PINI. 1998.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Cal Hidratada, Banco de dados. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/calHidratada.asp?iacao=imprimir>> Acesso em: 22 jan. 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Editora Pini, 1994.

OLIVEIRA, R.A. **Notas de aula – ENG 6201 (Mestrado) – Alvenaria estrutural**, Recife: UNICAP 2006

PRIORI JR., L. *et al.* **Estudo sobre a qualidade da cal produzida em Pernambuco e sua influência nas argamassas**, XI ENCONTRO Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Florianópolis, 2006.

WESTPHAL, E. **Argamassas**, Universidade Federal de Santa Catarina, Banco de dados. Disponível em: <<http://www.arq5661/Agamassas/Textos/classificacoes.html>> Acesso em: 6 fev. 2007.