

AValiação DO DESEMPENHO DOS TIPOS DE CAL HIDRATADA VENDIDA NO MUNICÍPIO DE PRINCESA ISABEL PARA USO EM ARGAMASSAS

Alison Pedro e Silva (1) José Carlos de Lima Alves (2) e Aline Nobrega Figueiredo de Azeredo (3)

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – campus Princesa Isabel
carlos.lima@academico.ifpb.edu.br, aline.azeredo@ifpb.edu.br, alison.pedro@ifpbensino.com.br*

Resumo: A cal é um dos materiais mais antigos utilizados pelo homem nas construções. O uso da cal na construção ocorre principalmente em argamassas. Este aglomerante tem funções importantes, como melhorar a trabalhabilidade, porém causa a diminuição da resistência à compressão. No mercado brasileiro são vendidos em geral 3 tipos de cal hidratada, CH I, CH II e CH III, classificadas assim conforme norma brasileira. No município de Princesa Isabel – PB há produtos sendo diversos sendo vendidos como material plastificante para argamassas e também cal hidratada CH I. Este trabalho, portanto, investigou a qualidade dos materiais vendido com cal hidratada ou plastificante de argamassas mais comumente no município e redondezas de Princesa Isabel-PB. Os materiais foram caracterizados quimicamente por fluorescência de raios x e fisicamente por ensaios como massa unitária, massa específica e granulometria. Para argamassas, foram moldadas várias misturas onde as mesmas ficaram em cura até 28 dias. Após o período de cura foram realizados testes como resistência mecânica (tração e compressão) e absorção por capilaridade.

Palavras-chave: Cal hidratada, Argamassas, Resistência.

1 Introdução

A cal é um dos materiais mais antigos utilizados pelo homem nas construções. Dentre os materiais aglomerantes utilizados nas edificações de hoje em dia, tais como cimento Portland, gesso, pozolanas e cal, este último é o que tem sido usado desde a época dos romanos.

O uso da cal nos dias de hoje ocorre principalmente em argamassas mistas de cimento Portland, cal e areia, com a finalidade de assentar blocos e revestir paredes e tetos. A cal é um aglomerante com funções importantes nas argamassas. Ela melhora a trabalhabilidade e outras propriedades, porém causa a diminuição da resistência à compressão (SILVA, 2006). Pode-se destacar que a cal confere plasticidade às pastas e argamassas no estado fresco, permitindo maiores deformações no estado endurecido e sem fissuração, o que não ocorre, com frequência, em caso de se empregar somente cimento Portland (CINCOTTO et al. 1995).

No mercado brasileiro os tipos de cal mais utilizadas nas argamassas são as cales hidratadas (CH). Este tipo de cal passa por um processo calcinação e depois por uma hidratação, saindo da fábrica direto para o uso nas obras. Os tipos de cales hidratadas encontradas no mercado são CH I, CH II e CH III, classificadas assim pela

NBR 7175 (2003). As principais diferenças entre estas cales são o teor de óxidos da sua composição química e a sua finura. A CH I é dita como a cal mais pura, ou seja, como maior teor de óxidos e mais fina. Entretanto mesmo havendo uma norma brasileira para a cal, é possível encontrar esse aglomerante vendido fora dos padrões de norma, principalmente nas cidades do interior.

Em trabalhos de pesquisa que já vêm sendo desenvolvidos no IFPB-Câmpus Princesa Isabel, foi possível detectar que mesmo a cal sendo do tipo CH I, por exemplo, sua qualidade e aparência física mudam muito de fabricante para fabricante. Em função disto este trabalho tem como se propõe a avaliar a qualidade e desempenho dos diversos tipo de cales vendidas no comércio do município de Princesa Isabel e cidades vizinhas afim de se verificar se realmente essas cales se encontram dentro dos padrões de norma.

2 Materiais e métodos

2.1 Aquisições dos Materiais

Começando os estudos uma pesquisa foi realizada no comércio de Princesa Isabel e região para ter conhecimento dos tipos cales CH I para argamassa que estava sendo vendidas. Foram adquiridos três tipos de cales, sendo duas delas cal CH I para argamassa (chamadas neste trabalho de cal A e C), e outra conhecida no comércio como “cal para reboco” (Cal B). Com posse dessas cales, as mesmas foram levadas para o laboratório de materiais de construção do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Princesa Isabel.

2.2 Caracterizações dos Materiais

Para a caracterização dos materiais foram realizados os seguintes ensaios:

- I. **Massa Unitária:** foi obtida através da relação entre a massa do agregado e o seu volume total, colocando o material cuidadosamente para não adensa os grãos em um recipiente de vidro, com volume de 750 cm³ em seguida colocado na balança para obter o peso, tendo feito esse mesmo procedimento cinco vezes tiramos a média dos resultados. Para a areia foi feito o ensaio com base na com base na NBR NM 45 (2006).
- II. **Massa específica do cimento, da cal e da areia:** para a cale cimento foi obtida através do frasco volumétrico de Le Chatelier de acordo com a NM 23 (2000). Para a Areia foi

utilizado o frasco de Chapman conforme NBR 9776 (1987).

III. Análise granulométrica:

- a. Granulometria por peneiramento: A granulometria da areia foi determinada através do ensaio por peneiramento, conforme preconiza a NBR NM 248 (2003). Foi utilizada a série de peneiras com aberturas de #4,8; # 2,4; # 1,2; # 06, # 0.3; # 0,15 e # 0,075 mm.
- b. Granulometria a laser: Para obter o resultado da granulometria a laser foi encaminhada amostras dos três tipos de cales para o laboratório da UFPB campus João Pessoa. A análise granulométrica a laser foi feita em um equipamento CILAS 1090LD seguindo o seguinte procedimento: as amostras foram diretamente dispersadas na cuba do equipamento com água destilada sob agitação mecânica e bombeamento peristáltico contínuos em modo úmido até atingir 15% de obscuração. A dispersão durou 1 minuto, onde o dispersor ultrassônico de 30 W permaneceu ligado. Após a dispersão, o dispersor ultrassônico foi desligado e a coleta de dados durou mais 1 min ainda sob agitação mecânica e bombeamento peristáltico contínuo. Esta análise foi realizada na UFPB.

IV. Determinação da Finura: Na realização deste ensaio foi feita uma lavagem das cales com jatos de água, utilizando duas peneiras diferentes, uma com malha de 0,600 mm e a outra de 0,075 mm para verificar quanto de material ficou retido em cada peneira. O ensaio foi feito conforme a NBR 9289 (2000).

V. Retenção de água: Para ter uma estimativa da incorporação de água pela cal, foi proposto um procedimento não normatizado baseado no trabalho de PAIVA (2007), 100g de água foram transferidos para uma proveta de 250 ml, em seguida 50g de cal foram adicionadas em cada amostra e homogeneizadas 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 30 e 60 minutos.

VI. Análise química: A fluorescência de raios x foi obtido de forma semi-quantitativa em um equipamento *Rigaku* modelo RIX 3000 no Laboratório de Solidificação da Universidade Federal da Paraíba.

2.3 Preparação e moldagem das argamassas

Para a preparação das argamassas confeccionamos um pequeno caixote de madeira 5 x 5 x 5 cm internamente tendo assim um volume de 125 cm³. Com os traços para argamassa de 1:2:8, 1:2:6, 1:3:8 e 1:1:6 (cimento : cal : areia) em volume (método mais utilizado em construções corriqueiras na localidade de Princesa Isabel – PB e região) começamos a elaboração das argamassas. A quantidade de água foi determinada de forma empírica verificando a facilidade de trabalhabilidade da mistura manualmente, preparamos as argamassas com os três tipos de cales (argamassa A B e C respectivamente para Cal A, B e C). Detalhe das misturas se encontra na Tabela 01. Com as argamassas foram moldados três corpos de prova nas formas prismáticos com dimensões de 4 x 4 x 16 cm. Após ter completado 24h da moldagem os corpos de provas foram desmoldados e colocados no recipiente com água para a cura de 28 dias.

Tabela 01 - Detalhamento das Misturas das Argamassas peso aproximando em gramas.

Traço em Volume	Cimento (g)	Cal (g)			Areia (g)	Água (g)		
		Cal A	Cal B	Cal C		Cal A	Cal B	Cal C
1: 2: 8	122	120	204	168	1440	310	310	310
1: 2: 6	122	120	204	168	1080	240	270	250
1: 3: 8	122	180	306	252	1440	354	390	354
1: 1: 6	122	60	102	84	1080	240	270	250

3.4 Ensaio nas Argamassas

3.4.1 Densidade de massa em estado fresco

As argamassas ainda em seu estado fresco foram colocadas em um recipiente cilíndrico com um volume de 395 cm³. Pesou-se cada mistura e com os dados foi possível obter a densidade de massa. Este ensaio foi feito com base na NBR 13278 (2005).

3.4.2 Ensaio de tração na flexão e compressão

Tendo completado os 28 dias de cura os corpos de provas foram encaminhados para o laboratório da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, para a realização dos ensaios. Estando com os corpos de prova o técnico do laboratório da UFPB realizou os ensaios de tração na flexão e compressão.

3.4.3 Densidade de massa em estado endurecida

Para determina a densidade os corpos de prova foram medidos com um paquímetro para verifica se ocorreu alguma retração de massa em seguida pesou-se cada argamassa e com os dados foi possível obter a densidade de massa.

3.4.3 Determinação da absorção de água por capilaridade

Os corpos de prova foram secados em estufa com temperatura de $105 \pm 5 \text{ C}^\circ$ em seguida resfriados a temperatura ambiente ($23 \pm 2 \text{ C}^\circ$) e determinado sua massa, colocados em um recipiente e posicionados em cima de um suporte os corpos de prova ficaram de modo que o nível da água permanece se constante a 1 cm acima da face inferior, durante o ensaio os corpos de prova foram pesados em 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121 e 144 minutos contados a partir da colocação destes em contato com a água.

4 Resultados e discussão

Nesta seção encontra se todos os resultados obtidos durante a pesquisa em relação aos materiais e as argamassas.

Analisando os resultados apresentados na tabela 02 a massa unitária mostrou uma diferença entre as cales principalmente entre a Cal A e Cal C que são do tipo CHI ficando uma diferença de aproximadamente 15% e a Cal B, a qual não vem intitulado na sua embalagem o nome cal, há uma diferença de aproximadamente 38% em relação à Cal A e de 18% para a Cal C. De acordo com esses resultados observa-se que apenas a cal A apresenta valor de massa unitário esperado comparado com os da literatura. Como seu valor foi o menor entre as outras, isto implica dizer que seu uso em argamassas tem maior rendimento. Já para a massa especifica apresentaram uma diferença de aproximadamente de 3% entre a cal A e cal C, e para a cal B mostrou uma diferença de aproximadamente 10 % em relação a cal A e de 6% para a cal C. Observa-se que a cal A e a C apresentaram valores semelhantes aos valores citados na literatura para esse tipo de cal, enquanto que a cal B ficou um pouco diferente em relação às outras.

Tabela 02 – Resultados dos ensaios de massa unitária e especifica

Matérias	Unitária (g/cm ³)	Especifica (g/cm ³)
Areia	1,500	2,63
Cal A	0,498	2,30
Cal B	0,802	2,54

Cal C	0,658	2,38
Cimento	1,170	3,00

Fonte: Autores (2017)

Conforme os dados da análise granulométrica por peneiramento, a areia estudada apresenta uma granulometria uniforme distribuída, ou seja, os grãos possuem pouca variação de diâmetro (figura 01).

Figura 01 – Curva granulométrica da areia

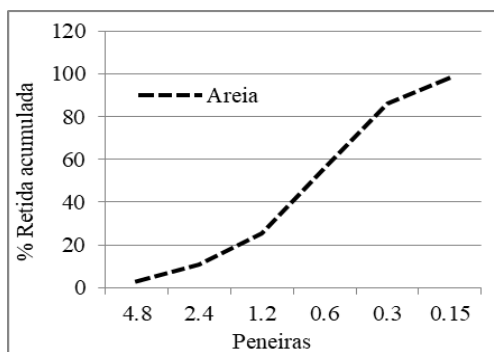
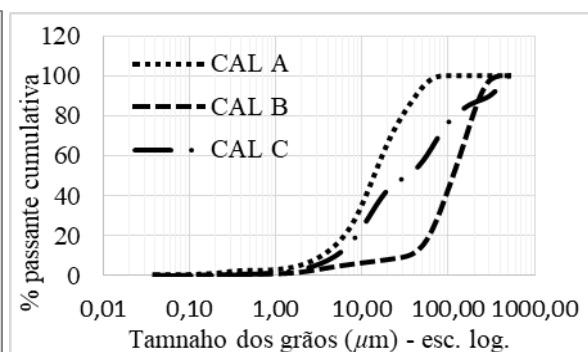


Figura 02 – Distribuição Granulométrica para Cal A, Cal B e Cal C



Fonte: Autores (2017)

Para a análise granulométrica a laser, a cal A apresentou um diâmetro médio de 18.54 µm, a Cal B mostrou um diâmetro médio de 125.78 µm e para a Cal C mostrou um diâmetro médio de 85.12 µm. Somente a cal A obteve uma granulometria uniforme distribuída, ou seja, os grãos possuem pouca variação de diâmetro (figura 02).

Analisando os dados obtidos pelos ensaios de finura podemos observar que a Cal C mesma indicado em sua embalagem ser uma cal hidratado CH1 não obteve a exigência mínima que a NBR 7175 (2003) estabelece que é $\leq 0,5\%$ para a peneira 0,600 mm e de $\leq 10\%$ para a peneira 0,075 mm sendo sim não pode ser classificada como CH1, a Cal A ficou com os resultados de acordo com norma mostrando ser uma cal de qualidade podendo ser classificada como CHI, a Cal B como já esperado teve os resultados bem inferiores as demais calças (tabela 03).

Tabela 03 – Determinação da Finura em %

Cales	F30	F200
Cal A	0,2	9,3
Cal B	5,2	60,4
Cal C	2	34

Fonte: Autores (2017)

Analisando as cales CH-1 (Cal A e Cal C) verificou se que apenas a Cal A apresentou um resultado que obedece a norma que é de $\geq 75\%$, a Cal B apresentou uma menor retenção de água por seus grãos ser maiores não obteve uma boa homogeneização da água (tabela 04).

Tabela 04 – Retenção de água nas cales após 60 min em %

Cal A	Cal B	Cal C
80	42	54

Fonte: Autores (2017)

Na análise química por fluorescência de raio x mostra que Cal B foi a que apresentou menor teor de óxido de cálcio. Isto mostra que realmente esse material não é uma cal hidratada, o que está de acordo com a especificação em sua embalagem. Esse material tem um alto teor de sílica, cerca 60%. A cal A foi a que apresentou maior teor de óxido de cálcio, cerca de 97%, o que é uma indicação de sua qualidade como uma cal hidratada do tipo CH I. A cal C apresentou cerca de 70% de teor de óxido de cálcio, indicando que sua qualidade é inferior a cal A, e que também não poderia ser classificada como CH I (tabelas 05, 06 e 07).

Tabela 05 - Resultado Análise química por fluorescência de raio x para a Cal A (em %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	Cl	TiO ₂	P ₂ O ₅
1,5393	0,4677	0,0929	97,3342	0,4406	-----	-----	-----	-----	-----
SO ₃	Rb ₂ O	MnO	MbO	ZrO ₂	ZnO	SrO	CuO	Ga ₂ O ₃	-----
0,0624	-----	-----	-----	-----	-----	0,0629	-----	-----	-----

Fonte: Autores (2017)

Tabela 06 - Resultado Análise química por fluorescência de raio x para a Cal B (em %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	Cl	TiO ₂	P ₂ O ₅
63,3178	38,337	3,5969	2,136	1,2297	0,4242	0,3203	0,2655	0,1183	0,0603
SO ₃	Rb ₂ O	MnO	MbO	ZrO ₂	ZnO	SrO	CuO	Ga ₂ O ₃	-----
0,0593	0,0501	0,0303	0,0127	0,0109	0,0105	0,0072	0,0069	0,0063	-----

Fonte: Autores (2017)

Tabela 07 - Resultado Análise química por fluorescência de raio x para a Cal C (em %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	Cl	TiO ₂	P ₂ O ₅
17,0637	8,6614	0,7136	68,7191	0,9749	3,5169	-----	0,0478	0,0927	0,0303
SO ₃	Rb ₂ O	MnO	MbO	ZrO ₂	ZnO	SrO	CuO	Ga ₂ O ₃	-----
0,0666	0,0234	0,0248	-----	-----	0,0213	0,0434	-----	-----	-----

Fonte: Autores (2017)

Observa-se nos resultados dos ensaios de determinação de densidade de massa no estado fresco, que as argamassas apresentaram valores semelhantes sem muita alteração ficando numa faixa de 1800 a 2000 Kg/m³ para todos os tipos de traço (tabela 08).

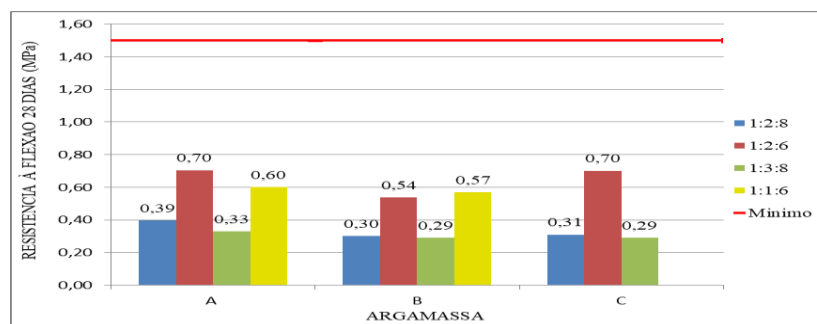
Tabela 08 - Densidade de massa no estado fresco (Kg/m³).

Argamassa	Traço 1:2:8	Traço 1:2:6	Traço 1:3:8	Traço 1:1:6
A	1962	1964	1878	1954
B	1904	1883	1848	1904
C	1937	1949	2005	1929

Fonte: Autores (2017)

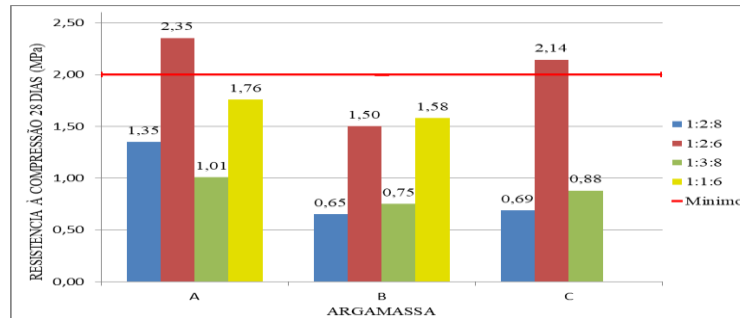
Para os ensaios de tração na flexão mostraram resultados baixos ficando abaixo da faixa de 1,5 MPa, o traço que obteve o melhor desempenho na tração na flexão os 28 dias foi 1:2:6 que com a Cal A e Cal C ficaram em torno de 0,70 MPa, já para os ensaios de compressão os resultados mostraram que só as misturas que tem em sua composição a Cal A ficou com os melhores resultados. O traço 1 : 2 : 6 teve o melhor desempenho, alcançando a faixa de 2 MPa com a Cal A e a Cal C, compressão mínima para argamassa de assentamento entrada na literatura. De acordo com a NBR 15281 (2005) as argamassas com o traço 1:2:6 são classificadas como P2 e as demais como P1 para compressão. Na flexão todas as argamassas se classificam como R1 como é apresentado na figura 03 os resultados de tração na flexão e figura 04 os de compressão.

Figura 03 – Resultados de tração na flexão



Fonte: Autores (2017)

Figura 04 – Resultados de Compressão



Fonte: Autores (2017)

Conforme o resultado apresentado nas argamassas estuda a densidade de massa em seu estado endurecido ficou com uma baixa variação em elas em torno de 1600 à 1760 Kg/m³. Todos os traços contendo em sua composição a Cal B ficaram uma menor densidade em torno de 1600 Kg/m³ (tabela 08).

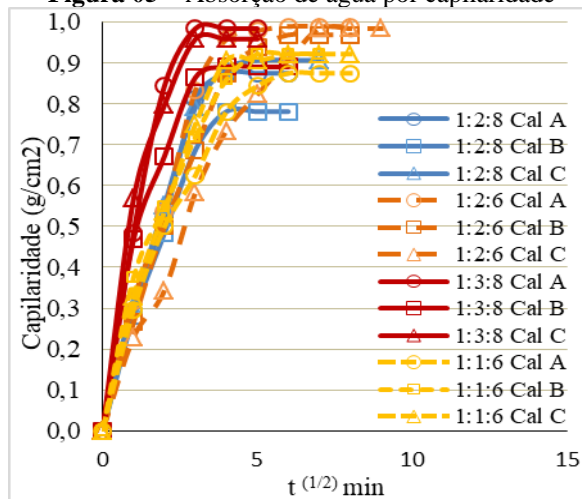
Tabela 08 - Densidade de massa no estado endurecido (Kg/m³)

Argamassa	Traço 1:2:8	Traço 1:2:6	Traço 1:3:8	Traço 1:1:6
A	1730	1762	1703	1707
B	1602	1656	1652	1629
C	1645	1734	1695	1711

Fonte: Autores (2017)

Analisando os dados do ensaio de absorção de água por capilaridade nota-se que a argamassa com o traço 1:3:8 se estabilizaram mais rápido em cerca de 10 minutos atingindo um valor de capilaridade na média de 0,94 g/cm². As demais argamassas ficam com valores semelhantes sem muitas alterações (figura 05).

Figura 05 – Absorção de água por capilaridade



Fonte: Autores (2017)

4 Conclusão

Os resultados obtidos mostram uma diferença entre as cales de aproximadamente 38% entre a Cal A e Cal B, 15% entre a Cal A e Cal C e 18% entre a Cal B e Cal C em sua massa unitária. Observa-se diante destes resultados que apenas a cal A apresenta valor de massa unitária esperado comparado com os da literatura. Como seu valor foi o menor entre as outras, isto implica dizer que seu uso em argamassas tem maior rendimento. Para a massa específica observa-se que a cal A e a C apresentaram valores semelhantes aos valores citados na literatura para esse tipo de cal na faixa de 2,30 g/cm³, enquanto que a cal B foi em torno de 2,54 g/cm³.

Na finura a Cal A mostra um resultado de 0,2% para F30 e 9,3 para F200 enquanto a Cal C ficou com 5,2% para F30 e 60,4 para F200. A retenção de água a Cal A ficou com 80% e a Cal C com 54%, na análise química por fluorescência de raio x mostra que apenas a Cal A apresenta teor de CaO maior que 80 %, esses resultados mostram que entre as cales CHI (Cal A e Cal C) estudadas só a Cal A alcança a classificação CHI.

De acordo com a curva granulométrica observa-se que a Cal A apresenta menores tamanho de grãos. As mostraram que tem em sua composição a Cal A apresentaram maior resistência mecânica os 28 dias de cura, o traço 1:2:6 mostra um melhor resultado alcançando a faixa de 2 MPa com a Cal A e a Cal C, compressão mínima para argamassa de assentamento entrada na literatura. Com a Cal A e a Cal C, compressão mínima para argamassa de assentamento entrada na literatura.

Essa pesquisa cumpriu com seu principal objetivo, onde se procurou analisar a qualidade das cales vendidas no mercado do município de Princesa Isabel. Os resultados mostram que nem todo material vendido como cal pode receber essa classificação.

5 Agradecimentos

Agradecemos neste trabalho ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Princesa Isabel pelo apoio.

6 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13276: - Argamassa para assentamento de paredes e tetos - Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência padrão. Rio de Janeiro 2005.

_____. NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação densidade de massa e teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15259: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade, Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15281: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos, Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 7175: Cal hidratada para argamassas – Requisito. Rio de Janeiro, 2003.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. Boletim Técnico n. 68.

FIORITO, A. J. S. **Manual de argamassas de revestimento: estudos e procedimentos de execução**. 1 ed. São Paulo, Pini, 1994

FONSECA, T. V.; MENDONÇA, L. K. M.; SOUZA, D. P. P.; TORRES, T. C.; ANJOS, M. A. S. In: II Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de construção sustentáveis. João Pessoa-PB, 2016.

JOHN, V. M. Repensando o papel da cal hidratada nas argamassa. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 5, Anais..., São Paulo, 2003.

MELO, K. A., ANDRADE, A. F. L., LIRA, E. M., FRANÇA, M. S.; QUEIROZ, M. M.; CARNEIRO, A. M. P. A influência do teor de cal hidratada nas Propriedades de argamassas de cimento, cal e areia. In: 2º Congresso Nacional em argamassas de construção. Lisboa – Portugal, 2007.

GUIMARÃES, J. E. P., **Cal: Fundamentos e Aplicações em Engenharia Civil**. 2ª Ed.-São Paulo, editora PINI, 2002.

PAULO, R. S. V. M. N. **Caracterização de argamassas industriais**. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental, Materiais e Valorização de Resíduos), Universidade de Aveiro, Aveiro – Portugal, 2006.

QUARCIONI, V. A. N. J. D. **Estudo da cal hidratada nas idades iniciais da hidratação do cimento Portland**. Tese (Doutorado em Engenharia) USP, São Paulo, 2008.

POLITO, G. Avaliação Da Introdução De Cal Hidratada Nas Argamassas Aplicadas Sobre

Blocos Cerâmicos E Sua Influência No Desempenho E Morfologia. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), UFMG, Belo Hosrizonte, 2008.

RACENA, F. A. P., **Conhecendo Argamassa**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

PAIVA, Sérgio Carvalho; GOMES, Eduardo Alves de Oliveira. Controle de qualidade da cal para argamassas - metodologias alternativas. 2007. 11p. Artigo (Mestrando do Programa de Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2007.

SILVA, N. G. da. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), UFPR, Curitiba, 2006.