

PASTA DE GESSO COM INCORPORAÇÃO DE SEU RESÍDUO

A. P. M. Trovão (1); G. L. Vieira (2); F. A. Tristão (3)

Centro Tecnológico do Departamento de Engenharia Civil - Laboratório de Ensaios de Materiais de Construção (LEMAC) - UFES

Av. Fernando Ferrari, nº514 - Goiabeiras. Cep. 29075-910 - Vitória / ES.

(1) E-mail: milagrestrovao@yahoo.com.br

(2) E-mail: geilma.vieira@gmail.com

RESUMO

A geração de resíduo de gesso de construção representa um problema tanto econômico quanto ambiental devido ao grande volume gerado. O objetivo deste artigo é apresentar o desempenho das pastas de gesso com incorporação de seu resíduo e aditivos retardadores de pega bórax e ácido cítrico. As pastas foram elaboradas com teores de 0%, 5% e 10% de substituição de resíduo. Foram avaliadas as propriedades da pasta no estado fresco e endurecido. Os resultados dos ensaios de dureza, resistência à compressão, tempo de pega e consistência útil indicaram o melhor desempenho para as pastas com 5% de resíduo e aditivo bórax apresentando um tempo útil de 27 minutos, resistência à compressão de 9,43MPa e dureza 30,85N/mm², comprovando a possível utilização do resíduo em pastas de gesso.

Palavras-chave: Resíduo, consistência e aditivo.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico associado ao aumento populacional e sua demanda de consumo vêm gerando a exploração desordenada de recursos não renováveis, o aumento do consumo de energia e a geração de um grande volume de resíduos urbanos e industriais. A construção civil representa um universo de problemas e soluções nesse cenário. A construção civil é um agente impactante devido ao grande consumo de matérias primas e energia, e por ser um grande

gerador de resíduos. Por outro lado, o setor apresenta um grande potencial de utilização de resíduos proveniente de diversos setores, além de sua importância sócio-econômica.

O impacto ambiental da construção civil é proporcional a sua tarefa social e é através da reciclagem de resíduos que a construção civil destaca-se como uma grande recicladora da economia ⁽¹⁾.

Dentre os resíduos gerados pela indústria da construção civil, o gesso apresenta-se como um material cuja utilização gera uma grande quantidade de resíduo, cuja média é estimada em 45% nos canteiros de obra ⁽²⁾.

Resíduo de gesso

A maior geração deste tipo de resíduo acontece na fase da aplicação da pasta como revestimento de paredes e tetos e é devido a dois principais fatores: a mão-de-obra não qualificada e ao rápido endurecimento das pastas de revestimento ⁽³⁾.

A geração de resíduo de gesso de construção representa um problema econômico com graves conseqüências e impacto ecológico, pois é um material tóxico que libera íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} alterando a alcalinidade do solo e contaminando os lençóis freáticos ⁽⁴⁾.

Além do impacto ao meio ambiente, o custo com sua deposição reduz a lucratividade do setor.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nº 431/2011, confere ao resíduo de gesso a classificação B, que enquadram os resíduos recicláveis para outras destinações, juntamente com plásticos, papel, papelão, metais, vidros e madeiras. A norma brasileira NBR 10.004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos de acordo os riscos potenciais de danos ao meio ambiente e à saúde humana. Os resíduos de gesso enquadram-se à classe II – A, onde “II” representa “não perigoso” e “A”, não inerte, pois apesar de não apresentar concentrações substâncias relacionadas no anexo G, possuem propriedades específicas (biodegradabilidade e/ou solubilidade em água).

Alternativas de uso do resíduo de gesso

O gesso pós hidratação retorna a composição de gipsita, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, cuja presença nas pastas acelera o processo de hidratação. A presença do dihidrato,

CaSO₄.2H₂O (gipsita) nas pastas de gesso atua como acelerador da reação de hidratação agindo como núcleos de cristalização ⁽⁵⁾.

A incorporação de resíduo de gesso às pastas de gesso é problemática por acelerar ainda mais a reação de hidratação podendo ocasionar perdas maiores nos canteiros de obra.

Possíveis alternativas de aplicação do resíduo são, a fabricação de gesso acartonado, a correção de acidez do solo, a redução de odores, tratamento de águas turvas acelerando a precipitação de partículas de argila em suspensão e para absorção de óleo ⁽⁶⁾.

Estudos apontam a viabilidade do uso do resíduo na fabricação de cimento em substituição à gipsita utilizada ⁽⁷⁾ e também em argamassas de gesso com adição de 5% e 10% de resíduo nas pastas de gesso introduzidas à frações da masseira próximo ao início de pega ⁽⁸⁾.

O beneficiamento do resíduo através da calcinação, na tentativa de remontar a composição de hemidrato, aponta a viabilidade do uso do resíduo calcinado à 200°C por apresentar características químicas semelhantes ao gesso de construção e tempos de pega em concordância com a norma, sendo necessário estudos detalhados relativos às exigências químicas, físicas e mecânicas (dureza e resistência à compressão e aderência) ⁽⁹⁾.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para a realização desta pesquisa foram o gesso lento para revestimento proveniente do nordeste brasileiro, inspecionado, armazenado e caracterizado segundo a norma vigente. O resíduo utilizado foi coletado em obras que utilizam o mesmo gesso dessa pesquisa, tendo sido armazenado, beneficiado e caracterizado no Laboratório de Ensaio e Materiais de Construção (LEMAC) - UFES.

Objetivando reduzir as perdas por endurecimento rápido das pastas de gesso foram testados dois aditivos retardadores de pega mais comumente utilizados nos canteiros de obra, o ácido cítrico em concentração de 0,030% e o bórax em 0,7%. Tais concentrações retardam o início de pega das pastas puras em 1 hora sem prejuízo às propriedades mecânicas ⁽¹⁰⁾.

A matriz experimental deste trabalho é composta por 9 misturas (M), identificadas de 1 a 3 pelo grupo sem aditivo, de 4 a 6 pelo grupo com aditivo ácido

cítrico e 7 a 9 pelo grupo com aditivo bórax. Cada grupo apresenta misturas com 0% de incorporação de resíduo, 5% e 10% em substituição do gesso, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Matriz experimental das misturas com incorporação de resíduo de gesso

MISTURAS	GESSO (%)	RESÍDUO (%)	A/G	ADITIVO (%)
M1	100	0	0,7	-
M2	95	5	0,7	-
M3	90	10	0,7	-
M4	100	0	0,7	AC 0,03
M5	95	5	0,7	AC 0,03
M6	90	10	0,7	AC 0,03
M7	100	0	0,7	B 0,7
M8	95	5	0,7	B 0,7
M9	90	10	0,7	B 0,7

Caracterização física e química

A caracterização física do gesso e do resíduo foi executada no LEMAC-UFES através dos ensaios de granulometria, cálculo do módulo de finura e massa unitária através do método descrito na norma NBR 12127 (ABNT, 1991).

Os ensaios de caracterização química foram executados conforme a NBR 12130 (ABNT, 1991), no Laboratório de Química Analítica (DQUI) - UFES.

Propriedades físicas da pasta

Foram feitos ensaios de determinação de consistência normal e tempo de pega segundo a NBR 12128 (ABNT, 1991), e ensaios de consistência útil, adaptado da NBR 12128 (ABNT, 1991), constando da utilização do aparelho de Vicat modificado, do uso de água não destilada, leituras sequenciais das penetrações da sonda cônica entre 32mm até 0mm, e registro do tempo. As leituras neste intervalo representam o início e o fim de utilização da pasta. Simultaneamente ao ensaio de consistência útil, foi realizado o ensaio de tempo de pega com o objetivo de verificar o tempo em que a pasta permanece em condições trabalháveis e confirmar que o tempo de início e fim de pega não tem relação com os tempos de uso das pastas. A faixa de consistência útil é definida como o intervalo entre a consistência mínima e máxima em que a pasta pode ser utilizada ⁽¹¹⁾.

Propriedades mecânicas

Foram executados os ensaios de dureza e resistência à compressão conforme a NBR 12129 (ABNT, 1991) realizados na máquina universal de ensaio AMSLER para ensaios de madeira, escala de sensibilidade para 6000Kg e 600Kg.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos ensaios dos materiais apresentam-se descritos nas tabelas juntamente com a solicitação das respectivas normas.

Resultados da caracterização física e química

A tabela 2 exhibe o módulo de finura, massa específica e massa unitária das amostras de gesso e resíduo e as respectivas solicitações das normas.

Tabela 2 – Resultados de caracterização física do gesso e do resíduo

	GESSO	RESÍDUO DE GESSO	NBR 13207	NBR 12127
MÓDULO DE FINURA	0,85	0,44	< 1,10	-
MASSA ESPECÍFICA (ρ/cm^3)	2,59	2,30	-	-
MASSA UNITÁRIA (Kg/m^3)	604,11	520,38	-	> 700,00

Os resultados do módulo de finura indicam tratar-se material fino, porém os resultados da massa unitária contradiz a norma mesmo atendendo a solicitação do módulo de finura.

A tabela 3 exhibe os resultados obtidos nos ensaios de determinação de água livre e de cristalização e de teores de óxidos de cálcio e anidrido sulfúrico das amostras de gesso e resíduo e as respectivas solicitações das normas.

Tabela 3 – Resultados da caracterização química do gesso e do resíduo

DETERMINAÇÕES QUÍMICAS	GESSO (%)	RESÍDUO (%)	LIMITES (%) NBR 13207
ÁGUA LIVRE	0,94	0,11	Máx. 1,3
ÁGUA DE CRISTALIZAÇÃO	5,85	19,70	4,2 a 6,2
ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO)	39,89	38,57	Mín. 38,0
ANIDRIDO SULFÚRICO (SO ₃)	55,59	53,83	Mín. 53,0

Os resultados obtidos na caracterização química do gesso e do resíduo atendem as solicitações de teores de óxido de cálcio e anidrido sulfúrico da norma

vigente, e o percentual de água livre e água de cristalização para o gesso condiz com o solicitado. O resíduo, por se tratar de um dihidrato, apresenta o percentual de água de cristalização superior ao limite, uma vez que trata-se de um material hidratado com núcleos cristalinos já formados.

Propriedades físicas da pasta

A relação água/gesso (a/g) estabelecida pelo ensaio de consistência normal foi 0,7, com penetração de 28 mm.

A figura 1 exibe o gráfico com os resultados dos tempos de pega e de consistência útil das pastas com 5% de resíduo e a mistura piloto M1.

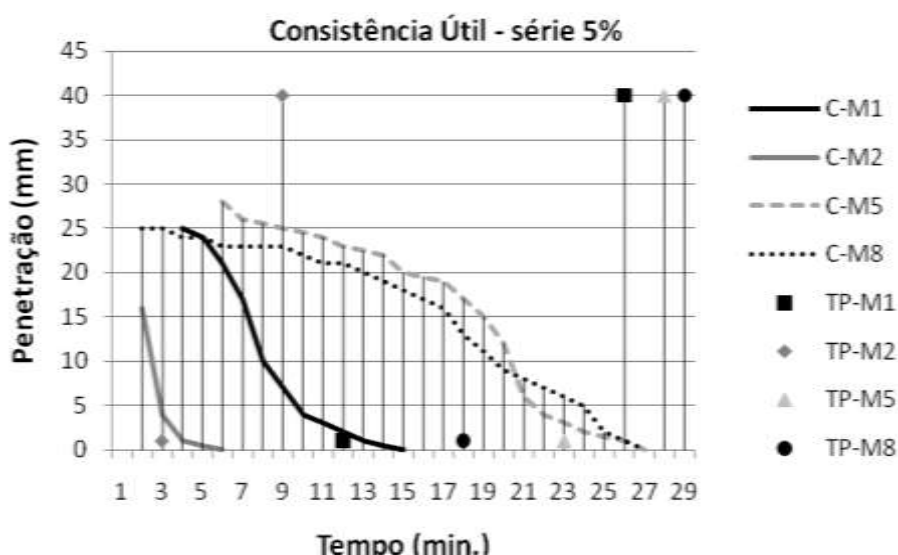


Figura 1 – Gráfico de consistência útil(C) e tempo de pega (TP).

Para a série de ensaios com a utilização de 5% de resíduo em substituição ao gesso, o gráfico da figura 1 apresenta os resultados dos ensaios de consistência útil e tempo de pega nas misturas M1, M2, M5 e M8. A mistura M1 apresentou o tempo de consistência útil terminado em 15', tempo de início de pega de 12' e fim de pega em 26'. A mistura M2 apresentou o tempo de consistência útil de 6', acelerado pela incorporação do resíduo, e tempo de início de pega em 3' e fim de pega em 9'. A mistura M5 apresentou o tempo de consistência útil de 27' e tempo de início de pega de 23' e fim de pega de 28'. A mistura M9 apresentou o tempo de consistência útil de 27' e tempo de início de pega de 18' e fim de pega de 28'. Tanto M5 como M9 apresentaram um tempo de consistência útil 12' a mais que a pasta M1(piloto),

representando uma ampliação do tempo de consistência útil em 44,44% enquanto a pasta M2, sem aditivo, apresentou uma redução de 60% no tempo útil.

A figura 2 exibe o gráfico com os resultados dos tempos de pega e de consistência útil das pastas com 10% de resíduo e a mistura piloto M1.

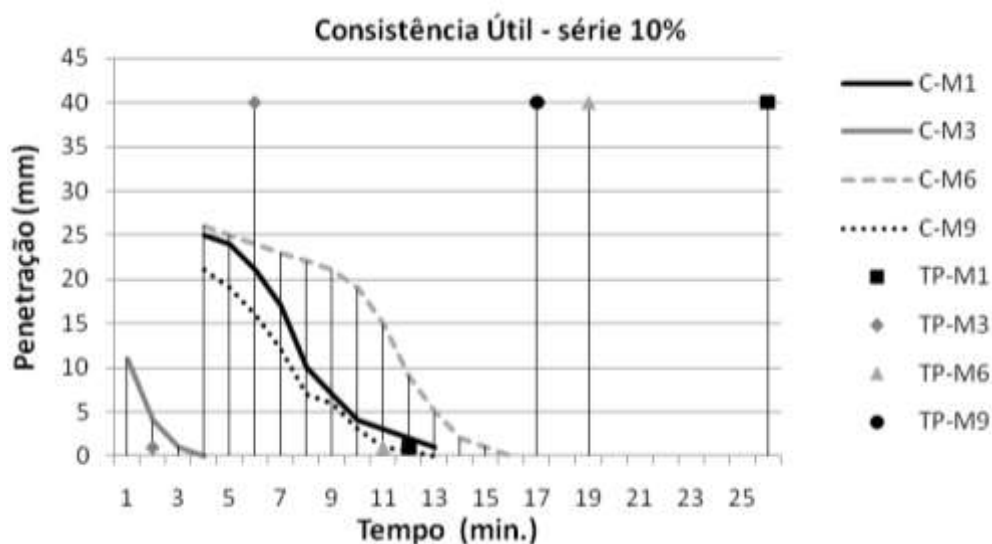


Figura 2 – Gráfico de Consistência útil e TP

O gráfico da figura 2 apresenta os resultados dos ensaios de consistência útil e tempo de pega nas misturas M1, M3, M6 e M9. A mistura M1, apresentou o tempo de consistência útil terminado em 15', tempo de início de pega de 12' e fim de pega de 26'. A mistura M3 apresentou o tempo de consistência útil de 4', acelerado pela incorporação do resíduo, tempo de início de pega de 2' e fim de pega em 6'. A mistura M6 apresentou o tempo de consistência útil de 16', tempo de início de pega de 11' e fim de pega de 19'. A mistura M9 apresentou tempo de consistência útil de 13', tempo de início de pega de 12' e fim de pega de 17'.

Resultados de dureza e resistência à compressão

O gráfico apresentado na figura 3 exibe os resultados dos ensaios de dureza realizados nos corpos de prova das séries com 0% de resíduo, 5% de resíduo e 10% de resíduo incorporado à pasta.

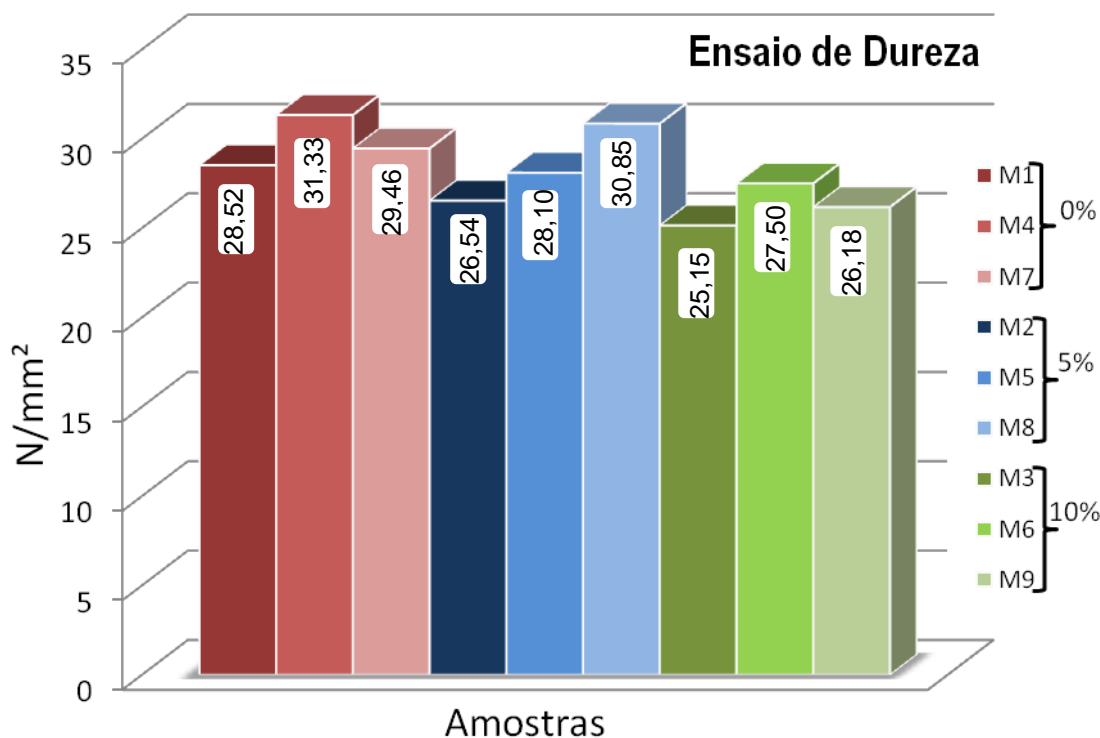


Figura 3 – Gráfico dos ensaios de dureza

a) Análise da série 0%

A utilização do aditivo ácido cítrico na pasta sem incorporação de resíduo elevou a dureza em 8,96% em relação à pasta piloto M1. A ação do bórax promoveu um aumento de 3,19% em relação a M1.

b) Análise da série 5%

Com a incorporação de 5% de resíduo, a pasta sem aditivo M2, apresentou redução de 6,94% em relação à pasta piloto M1. A pasta com ácido cítrico, M5, apresentou uma redução na dureza de 1,47% enquanto a pasta com o bórax, M8, promoveu um aumento de 7,55% em relação a M1 e 13,97% em relação à mistura com 5% de resíduo e sem aditivo, M2. O aditivo retardador bórax, no teor utilizado, apresentou-se como eficiente retardador mediante a incorporação de até 5% de resíduo. Provavelmente por ampliar as ligações de hidrogênio que unem as camadas de sulfato de cálcio dihidratado, conferindo-lhes maior adesão. O comportamento mecânico do gesso pode ser alterado pela presença de substâncias que atuem sobre as ligações de hidrogênio ⁽¹²⁾.

c) Análise da série 10%

Com a incorporação de 10% de resíduo sem aditivo (M3), apresentou redução de 11,81% em relação à M1. A pasta M6 com ácido cítrico apresentou uma redução de 3,57% em relação a M1, e aumento de 8,54% em relação a M2. A pasta M9 com bórax promoveu uma redução de 8,20% em relação a M1 e 3,93% em relação a mistura com 10% de resíduo e sem aditivo, M3. Nenhuma mistura atingiu o valor mínimo exigido para gesso de construção pela NBR 13207 (ABNT, 1994). Os teores de aditivos utilizados não proporcionaram trabalhabilidade às pastas para moldagem eficiente com a incorporação de 10% de resíduo, formando blocos mal moldados.

O gráfico apresentado na figura 4 exibe os resultados dos ensaios de resistência à compressão, realizados nos corpos de prova das séries com 0% de resíduo, 5% de resíduo e 10% de resíduo incorporado à pasta.

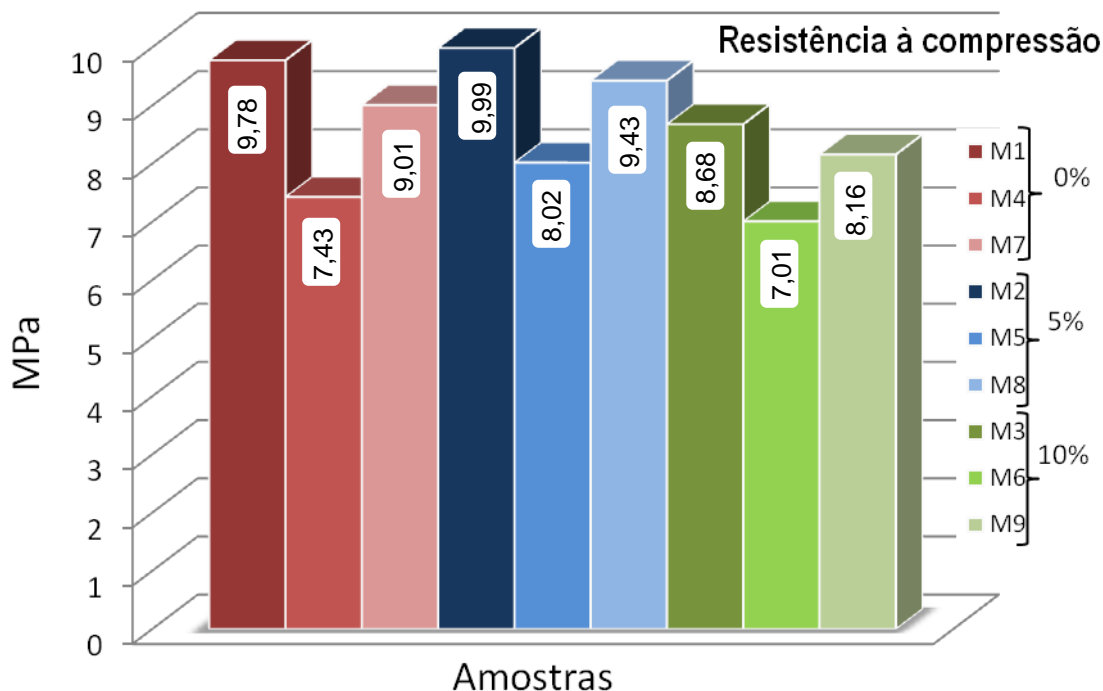


Figura 4 – Gráfico de resistência à compressão

a) Análise da série 0%

A utilização do aditivo ácido cítrico na pasta sem incorporação de resíduo reduziu a resistência em 24,02% em relação à pasta piloto M1, não atingindo o mínimo exigido em norma. A pasta com bórax, M7, apesar de ter sido superior a solicitação da norma, apresentou uma redução de 3,57% em relação a M1.

b) Análise da série 5%

A incorporação do resíduo aparenta ter promovido um incremento na resistência, porém a pasta com o ácido cítrico e 5% de resíduo reduziu a resistência em 17,99% em relação à pasta piloto M1. A pasta com bórax, M8, apresentou uma redução de 3,57% em relação a M1, porém é superior a solicitação da norma em 10,92%.

c) Análise da série 10%

A pasta M3, com incorporação de 10% de resíduo e sem aditivo, apesar da redução de 11,24% em relação a M1, manteve-se no limiar da norma, apresentando-se 3,22% superior ao exigido pela norma. A pasta com aditivo ácido cítrico e incorporação de resíduo a 10%, M6, reduziu a resistência em 28,32% em relação à pasta piloto M1, não atendendo a solicitação da norma. A pasta com bórax, M9, apresentou uma redução de 16,56% em relação a M1, e em relação à solicitação da norma, redução de 2,85%.

CONCLUSÕES

O resíduo de gesso na forma de dihidrato apresenta a propriedade de acelerar a reação de hidratação, cuja incorporação às pastas de gesso acarretaria em maior geração de resíduo do que as pastas normais. No entanto ao associar a incorporação de 5% desse resíduo com a ação do aditivo retardador bórax em relação água/gesso 0,7, foi possível verificar a ampliação do tempo de consistência útil da pasta e a eficiência nos resultados dos ensaios de dureza e resistência à compressão. Os resultados obtidos foram superiores às solicitações das normas brasileiras.

REFERÊNCIAS

(1) JOHN, Vanderley Moacir. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000.113p. Tese (Livre Docência) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

- (2) SOUZA, U. E. L. de; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. de; AGOPYAN, V. Os valores das perdas de materiais nos canteiros de obras do Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO, Tecnologia e gestão na produção de edifícios – Soluções para o terceiro milênio, 1998, São Paulo. **Anais...** PPC-USP, 1998 p. 355-362.
- (3) AGOPYAN, V. *et al.* Alternativas para redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras. Relatório Final. São Paulo: FINEP, ITQC, PCC, 5V. 1998.
- (4) NASCIMENTO, F. J. de F.; PIMENTEL, L. L. Reaproveitamento de resíduo de gesso. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUC, XV., 2010, Campinas. **Anais...** Campinas: Pontifícia Universidade Católica, 2010.
- (5) JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Gesso de construção civil. In: _____. **IBRACON, Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** Nº1, G.C. Isaia, 2007. Cap.22.2, p.727-760.
- (6) MARVIN, E. Gypsum Wallboard Recycling and Reuse Opportunities in the State of Vermont. **Vermont Agency of Natural Resources**, Waste Management Division, EUA, 2000.
- (7) CHANDARA, C.; AZIZ LI, K. A. M.; AHMAD, Z.A.; SAKAI, E. Use of waste gypsum to replace natural gypsum as set retarders in Portland cement. **Waste Management**, n.29, p. 1675-1679, 2009.
- (8) TAVARES, Y. V. P.; LORDSLEEM JR. A. C.; SCHMITZ, I. B. T. A.; JOHN, V. M. Reaproveitamento do resíduo de gesso de revestimento interno de vedação vertical. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.10, nº 1, p.103-119, jan/mar, 2010.
- (9) ROQUE, J. A.; LIMA, M. M. T. M.; CAMARINI, G. Características químicas e propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado calcinado na temperatura de 200°C. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 49º, 2005, São Pedro. **Anais...** São Pedro, SP, 2005.
- (10) HINCAPIÉ, A. M.; CINCOTTO, M. A. Seleção de substâncias retardadoras do tempo de pega do gesso de construção. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, v.184, 25p, 1997.
- (11) ANTUNES, Rubiane Paz. do Nascimento. **Estudo da influência da cal hidratada nas pastas de gesso.** 1999. 145p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- (12) KANNO, Wellington Massayuki. **Propriedades mecânicas do gesso de alto desempenho.** 2009. 130p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ciências e Engenharia de Materiais. Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

PASTE PLASTER WITH INCORPORATION OF YOUR WASTE

ABSTRACT

The generation of waste gypsum building represents both an economic and environmental problem due to the large volume generated. The aim of this article is to show the performance of plaster paste with incorporation of your waste and set retarders borax and citric acid. The pastes were prepared with contents of 0%, 5% and 10% substitution of waste. Were evaluated the paste properties in fresh and hardened the test results of hardness, compression strength, set time and consistency working indicate the best performance for the paste with 5% waste and borax additive showing a work time of 27 minutes, resistance compression of 9,43MPa and hardness of 30,85N/mm², demonstrating the possible use of waste into plaster paste.

Key-words: Waste, consistency and additives.