

## PROPRIEDADES DO GESSO RECICLADO EM DIFERENTES FINURAS

**KOSOSKE, Beatriz Martins (1); COLOMBO, Emerson Siviero (1); OLIVEIRA, Lucas Paulo Gomes (1); SOUZA, Janaina Domingos de (2); FERREIRA, Sara Beloti (3); CAMARINI, Gladis (4).**

(1) PIBIC-EM, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. (2) Graduação, Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios Curso, Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, janaina\_domsouza@hotmail.com. (3) Pós-Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, sarabeloti@yahoo.com.br. (4) Professora Titular, Grupo de Estudos em Desenvolvimento Regional e Reciclagem de Resíduos Industriais e de Construção - GEDRRIC, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, gcamarini@gmail.com

**Resumo:** *objetivo da pesquisa foi analisar diferentes finuras do gesso reciclado como um novo critério para o processo de reciclagem do material já que é um fator que influencia no desempenho da pasta. O gesso reciclado foi estudado em duas finuras: 0,30 e 0,105mm e posteriormente calcinados a 150°C. As amostras foram estudadas no estado fresco e endurecido e comparadas com o gesso comercial. Foram avaliados o tempo de pega (Vicaf), cinética de hidratação, dureza, tração e compressão e comparados com o gesso comercial. Todas as pastas foram feitas a uma relação água/gesso 0,7, em massa. Os resultados indicaram que o gesso reciclado na finura 0,105mm apresenta um tempo de pega muito rápido em relação às outras finuras do gesso reciclado e do gesso comercial, dificultando a trabalhabilidade. O gesso com finura 0,3mm apresentou o melhor desempenho mecânico. Os resultados indicaram que a finura 0,3mm apresentou o melhor desempenho geral em relação às outras finuras de gesso reciclado. O desempenho mecânico dos gessos reciclados foi melhor do que o do gesso comercial. O estudo contribuir para confirmar que finuras muito elevadas do gesso reciclado reduzem a trabalhabilidade, dificultando a aplicação do produto na produção de componentes.*

**Palavras-chave:** *Gesso, Reciclagem, Finura.*

**Área do Conhecimento:** *Características tecnológicas e de desempenho – Tecnologias de componentes construtivos.*

### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, em 2010 a lei 12.305 de 2/08/2010 é criada e institui a Política De Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecendo diretrizes através de gestões integradas entre os diversos setores da indústria bem como definindo responsabilidades quanto à geração e destino adequado aos resíduos, inclusive os considerados perigosos (BRASIL, 2010).

Com a implantação da PNRS os diversos setores da indústria passaram a serem cobrados por uma postura mais responsável em relação ao meio ambiente, principalmente quanto à geração de resíduos, aumentando, assim ações para reduzir, reutilizar e reciclar os diversos materiais dentro de sua cadeia produtiva.

No entanto, dentre todos os ramos da produção industrial, o setor da construção civil é o responsável por mais da metade de todo resíduo gerado em massa, conhecidos como resíduo de construção e demolição (RCD) (ÂNGULO, 2000). Tal condição coloca uma responsabilidade consideravelmente maior sobre todas as atividades da construção civil, desde a extração de matéria prima, procedimentos para produção de materiais e artefatos construtivos, escolha de materiais e técnicas construtivas para os projetos à execução e manutenção do edifício.

O RCD também representa preocupação para o meio ambiente já que sua destinação oferece risco de contaminação dos solos e lençol freático (PINHEIRO, 2011).

Nesse sentido, muitas pesquisas nacionais e internacionais vêm sendo realizadas sobre a viabilidade

técnica do RCD na construção. Os resultados têm mostrado que é possível e economicamente viável sua utilização. No entanto, no país, apesar da criação de leis e demais instrumentos reguladores, há ainda poucas pesquisas e ações concretas sobre o tema.

Dentre os elementos que compõem o RCD, o gesso é um material apresenta um papel importante e vantajoso já que seu processo de aproveitamento é viável em termos técnicos e econômicos, conforme pesquisas já feitas em âmbito nacional e internacional (PINHEIRO, 2011).

Assim, o trabalho teve o objetivo de dar continuidade aos estudos do gesso reciclado, avaliando granulometrias diferentes do material por meio de ensaios no estado fresco e endurecido em relação ao gesso comercial.

## **2. GESSO**

O gesso é um material já conhecido desde as antigas civilizações do período neolítico cerca de 7000 anos antes de Cristo, tendo sido encontrado vestígios do material em pisos, paredes e ornamentos foram descobertos por pesquisadores em diferentes locais, como a Turquia, Iraque, Palestina, dentre outros (GOURDIN;KINGERY,1975). A exploração e o uso do gesso nas construções continuou por todos os períodos seguintes, utilizado como argamassa na construção de paredes, posteriormente como blocos vedação, entre outras aplicações. Com o aumento de recursos tecnológicos e científicos, o gesso foi sendo empregado de forma mais eficiente, conhecendo melhor o material e aprimorando os procedimentos de extração, manipulação e utilização para os mais diversos fins na construção civil (GOURDIN;KINGERY,1975).

Em relação aos outros aglomerantes minerais (cal hidratada e cimento Portland), o gesso oferece algumas vantagens em termos técnicos e ambientais já que necessita de um gasto energético consideravelmente menor comparado ao cimento e à cal hidratada, possui um processo de endurecimento da pasta rápido viabilizando um amplo emprego do material na construção de placas de vedação vertical externas e internas (ISAIA, 2010). O gesso também apresenta características de proteção ao fogo, bem como um desempenho térmico melhor em relação aos outros materiais de construção (CANUT, 2006).

O material é gerado a partir da extração do minério gipso, a partir de rochas sedimentares, denominadas evaporito ou pelo reaproveitamento do RCD, principalmente quando utilizado em revestimentos (ISAIA, 2010).

O processo de produção é feito pela extração desse minério, britagem, moagem e depósito do material em local fechado. Posteriormente é retirada a água que ainda está presente para então calcinar o gesso em fornos. Durante a calcinação do minério gipso, em temperaturas próximas de 160 °C o sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) perde parte da água transformando-se em sulfato de cálcio hemi-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) (CANUT, 2006), sendo este o gesso comercial e está pronto para uso. Se o hemi-hidrato entrar em contato com água, voltará a sua condição inicial de sulfato de cálcio di-hidratado, formando cristais durante o processo de endurecimento da pasta.

## **3. MATERIAIS**

### **3.1 Gesso comercial**

O gesso comercial (GC) utilizado foi o gesso para construção civil, em conformidade com norma brasileira NBR 13.207 (ABNT, 1994), gesso fino para fundição. O gesso comercial foi utilizado como material de referência e para o processo de geração do gesso reciclado.

### **3.2 Água**

A água utilizada para fazer as pastas foi a fornecida pelo sistema público de abastecimento de água de campinas e apropriada para uso na construção civil.

## **4. MÉTODOS**

Foram utilizados métodos de ensaio no estado fresco e endurecido para análise das pastas experimentais.

#### 4.1 Processo de reciclagem do gesso comercial.

O gesso comercial foi utilizado para produzir o gesso reciclado. Foi empregado a metodologia de reciclagem adotado por Pinheiro (2011). O gesso totalmente hidratado é triturado e calcinado a 150 °C, revertendo o composto sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) para a fase hemi-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) (PINHEIRO, 2011).

O gesso hidratado foi fragmentado em pequenas placas e posteriormente triturado por um moinho de martelos. Depois de moído, o gesso colocado em estufa a uma temperatura de 50°C por 30 minutos para evitar que o hemi-hidratado absorvesse água do ambiente. Posteriormente, foi peneirado em duas finuras diferentes: 0,3 mm e 0,105 mm. Depois de peneirados, os gessos foram calcinados por 1 hora (PINHEIRO, 2011).

#### 4.2 Misturas Experimentais.

As misturas experimentais do gesso foram feitas com relação água/gesso 0,7 em massa para as duas finuras de gesso reciclado: 0,105mm e 0,3mm. O material foi polvilhado sobre a água e homogeneizado manualmente até obter uma pasta uniforme. As misturas foram denominadas conforme a finura do gesso reciclado utilizado e o gesso comercial de referência (Quadro 1).

**Quadro 1 – Relação das misturas experimentais**

Mistura	Sigla	Relação água /gesso
Gesso comercial	GC	0,7
Gesso reciclado finura 0,3mm	GR0,3	0,7
Gesso reciclado finura 0,105mm	GR0,105	0,7

#### 4.3 Tempo de Pega (Vicat) e Cinética de hidratação.

Os tempos de início e fim de pega das pastas de gesso reciclado foram determinados com o aparelho Vicat, conforme norma NBR 13.278 (ABNT, 1991). Os resultados foram expressos em minutos. O início do tempo de pega foi contado no momento em que o gesso foi adicionado à água.

A cinética de hidratação das pastas experimentais foi feita com um Datalogger, modelo Texto 177-T3 com três canais de leitura. As medições foram em condições semi-adiabáticas. Em cada mistura é colocado um termopar conectado ao datalogger que registra a temperatura da pasta ao longo do tempo. Na pesquisa o ensaio foi feito medindo-se a temperatura da pasta a cada 5 segundos por um período de 24 horas.

#### 4.4. Ensaios no estado endurecido

Os ensaios mecânicos de dureza, resistência à compressão e resistência à tração por flexão foram realizados nas idades de 7 e 28 dias. As amostras foram ensaiadas na prensa Versa Tester (capacidade máxima de carga de 150kN). O ensaio de dureza e de resistência à compressão foram realizados em conformidade com a norma NBR12.129 (ABNT-1999). O ensaio de resistência à tração na flexão foi realizado em conformidade com a norma NBR 13279 (ABNT- 2005).

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Propriedades no estado fresco

A Figura 1 mostra o resultado dos tempos de pega das misturas experimentais. O GR0,3 e GR0,105 apresentaram uma redução no início e no fim de pega em relação ao gesso comercial, oferecendo assim um tempo menor para trabalhar as pastas. A redução do tamanho das partículas de gesso em dimensões menores aumenta a superfície de contato com a água, acelerando o processo de hidratação das partículas de gesso fazendo com que o tempo de pega se acelere. Na mistura GR0,105 houve uma maior dificuldade para obter a homogeneização completa e moldagem nos corpos de prova por apresentar um intervalo de tempo

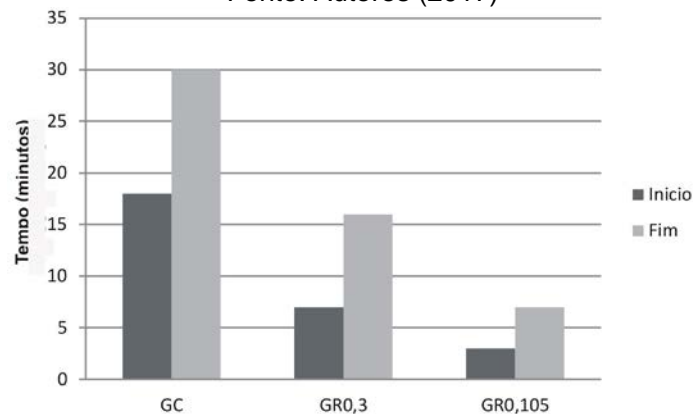
consideravelmente pequeno para realizar o trabalho de mistura e moldagem.

A Figuras 2 (a e b) mostra o ensaio de cinética de hidratação das pastas. As misturas GR0,3 e GR0,105 apresentam um comportamento semelhante entre si. Ambas as misturas obtiveram um comportamento similar do decorrer do processo de hidratação.

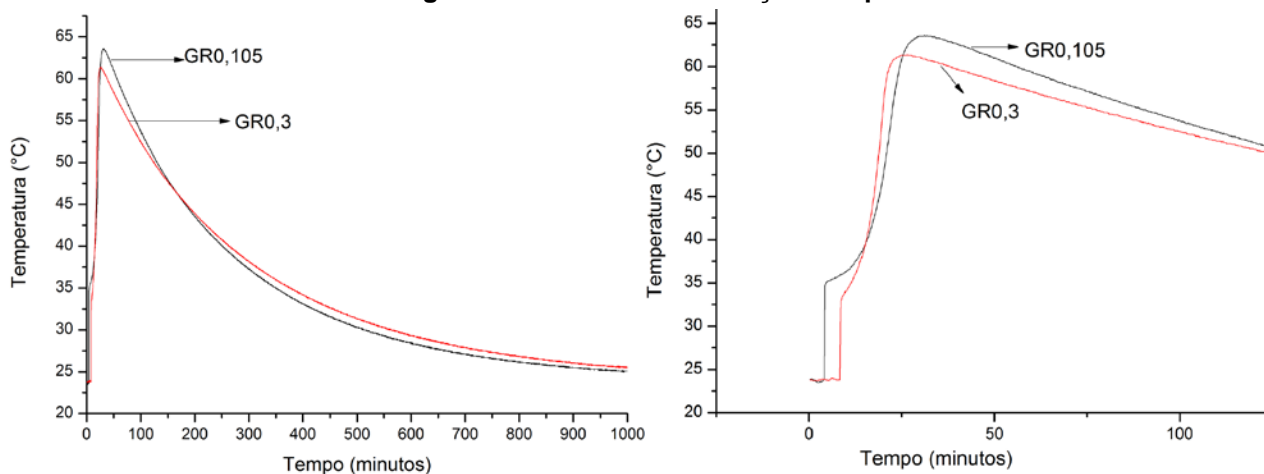
A mistura GR0,105 apresenta um valor maior de pico exotérmico com 64 °C e GR0,3 com 61 °C.

**Figura 1: Tempos de pega (Vicat)**

Fonte: Autores (2017)



**Figura 2: Cinética de hidratação das pastas**



Fonte: Autores (2017)

## 5.2 Propriedades no estado endurecido

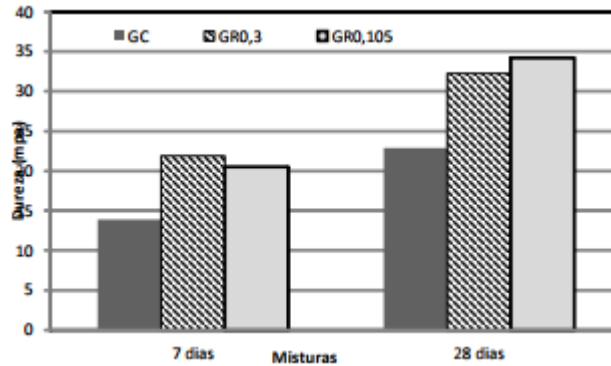
A Figura 3 o resultado do ensaio de dureza. A durezas das três pastas (GC, GR0,3 e GR0,105) aumentaram dos 7 aos 28 dias de idade. Observa-se, também, que a dureza dos gessos reciclados são maiores do que a referência. Além disso, não há diferenças significativas entre os resultados dos gessos reciclados.

A Figura 4 apresenta os resultados de resistência à compressão das misturas estudadas. A resistência à compressão das três pastas GC, GR0,3 e GR0,105 aumentaram dos 7 aos 28 dias de idade. Aos 7 dias os resultados foram bastante semelhantes. Aos dias os gessos reciclados apresentaram melhores resultados do que a referência e não houve diferenças significativas entre eles.

A Figura 5 mostra os resultados do ensaio de resistência à tração na flexão das pastas experimentais. A resistência à tração na flexão das três pastas GC, GR0,3 e GR0,105 aumentaram dos 7 aos 28 dias de idade. Aos 7 dias houve uma diferença no resultado do gesso GR0,3. No entanto, pode ter ocorrido algum problema

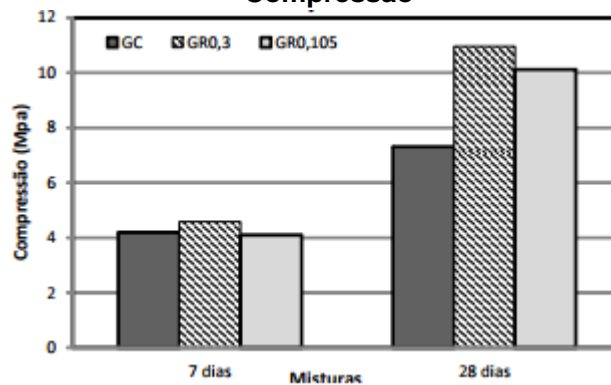
no ensaio, pois aos 28 dias o resultado foi semelhante ao GR0,105, sendo superior à referência.

**Figura 3: Resultados do ensaio de dureza das pastas.**  
Dureza



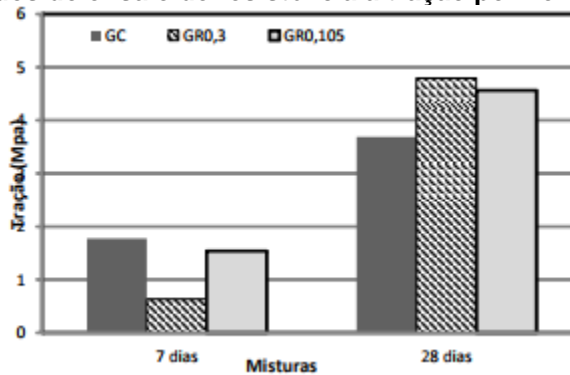
Fonte: Autores (2017).

**Figura 4: Resultados do ensaio de resistência à compressão das pastas.**  
Compressão



Fonte: Autores (2017).

**Figura 5: Resultados do ensaio de resistência a tração por flexão das pastas.**Tração



Fonte: Autor (2017)

## 6. CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho foi avaliar como a diferença de finura pode interferir no desempenho do gesso reciclado. Os resultados revelaram que o gesso reciclado nas finuras de 0,3mm e 0,105mm apresentaram perda de trabalhabilidade e fluidez, principalmente para a pasta GR0,105 evidenciando uma considerável dificuldade para manusear a pasta até atingir sua completa homogeneização. No estado endurecido as pastas estudadas apresentaram um aumento de desempenho aos 28 dias de idade em comparação à pasta de referência, notadamente o GR0,3 obteve o melhor desempenho mecânico.

O estudo concluiu que finura 0,3mm do gesso reciclado permite obter uma pasta com melhores resultados mecânicos e boa trabalhabilidade, apesar de ter um tempo de manuseio reduzido comparado à pasta de referência na mesma relação água/gesso. A viabilidade técnica e econômica do gesso reciclado foi reforçada conforme já evidenciado em diversos estudos anteriores.

O trabalho pode contribuir para confirmar que o gesso reciclado com partículas muito finas reduz a trabalhabilidade, dificultando a aplicação do produto na produção de componentes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro concedido à pesquisa. Aos técnicos do laboratório de Aglomerantes e Resíduos (LARES-UNICAMP) pelo suporte técnico.

## REFERÊNCIAS

ADDIS, Bill. Edificação: 3000 anos de Projeto, Engenharia e Construção. Tradução: Alexandre Salvaterra. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 640p.

ÂNGULO, S. C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.279: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão: Rio de Janeiro, 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.278: gesso para construção: determinação das propriedades físicas da pasta: Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.207: gesso para construção civil: Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **LEI Nº 12.305**, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2 ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm).

CANUT, M.M.C. Estudo da viabilidade do uso do resíduo fosfogesso como material de construção. 2006. 154p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

GOURDIN, W. H.; KINGERY, W. D. The beginnings of pyro technology: Neolithic and Egyptian lime plaster. *Jornal off Field Archaeology*, Boston, v. 2, n. 1, p.133-150, 1975. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/529624>>. Acesso em: 29 maio 2017.

ISAIA, G.C. Materiais de Construção e princípios de ciência e engenharia de materiais, São Paulo: Ibracon, vol1, 2010.

PINHEIRO, S.M.M, Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes. 2011, 299p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2011.

ROAF, S. Ecohouse, Porto Alegre: Bookman, 2ed, 2006