

UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS RETARDADORES PARA ALTERAR O TEMPO DE PEGA DO GESSO RECICLADO

Izabella Luyse de Oliveira¹; Heloísa Cristina Fernandes Cordon²

¹ Aluna de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professora da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *A utilização do gesso ganhou um grande destaque por ser uma excelente alternativa na construção civil na forma de revestimentos internos e placas divisórias. Porém, trata-se de um material com alta velocidade de endurecimento, e muitas vezes, por falta de controle no momento de aplicação, ocorre um grande desperdício do material, gerando grandes quantidades de resíduos que são de difícil destinação. Com foco na sustentabilidade e aprimoramento de estudos da viabilização do processo de reciclagem do gesso, a utilização de aditivos pode controlar algumas propriedades que são negativamente afetadas principalmente pelo primeiro ciclo de secagem e calcinação. O gesso reciclado comporta-se de maneira diferente em relação ao comercial, apresentando características específicas como a redução no tempo de pega, fator este que compromete sua aplicação, resultando em mais resíduos. Após a análise das alterações, por meio dos ensaios de caracterização nas diferentes etapas que o gesso sofre durante este processo, fez-se o uso de variações percentuais de determinados aditivos, e observou-se que, 0,24% de Citrato de sódio e 1,5% de Bórax causaram efeito satisfatório restabelecendo o tempo de pega do gesso reciclado.*

1. Introdução

A utilização do gesso na construção civil vem crescendo devido ao baixo custo do material, facilidade de obtenção e utilização e rapidez na aplicação. O consumo aparente de gipsita no ano de 2016 foi de aproximadamente 2,89 Mt e destina-se predominantemente para utilização na construção civil, sendo um percentual pequeno utilizado como corretivo agrícola. O consumo *per capita* anual de gesso no Brasil é de aproximadamente 14 kg, valor bem abaixo da média dos países industrializados (“SUMÁRIO MINERAL Departamento Nacional de Produção Mineral”, 2017).

Entretanto, o volume de resíduos gerados compromete o meio ambiente e esta perda de material é tão grande que o desperdício durante a aplicação pode representar até 45% de todo material aplicado (MORAES PEREIRA; CAMARINI, 2015). Por necessitar de baixa temperatura durante a calcinação, a reciclagem do resíduo de gesso é atrativa, porém, estudos mostram que o material reciclado se torna mais reativo, reduzindo o tempo útil de aplicação e podendo gerar ainda mais resíduos (PINTO, 2014).

A *pega* pode ser descrita segundo um fenômeno físico-químico. De acordo com Antunes e John (ANTUNES; JOHN, 2000), o início da reação corresponde à formação de núcleos de cristais de gipsita que crescem durante o período de indução. Após esse período, os cristais de dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) começam a precipitar ocasionando um aumento na consistência da pasta conhecido como *início da pega*. Com o aumento da taxa da reação de hidratação, a pasta vai adquirindo cada vez mais resistência mecânica até o seu completo endurecimento, podendo dizer que se deu o *fim da pega*.

Esta reação de hidratação é fortemente influenciada por vários fatores, entre eles, temperatura da água, do ambiente, e a velocidade de procedimento, que afeta diretamente a energia usada durante a mistura da pasta de gesso (CAMARINI et al., 2016).

Componentes retardadores têm sido intensivamente estudados. Trabalhos recentes têm mostrado algumas substâncias que, com determinadas dosagens, podem controlar o tempo de

pega do gesso reciclado (MESQUITA; POVOAS, 2016). O objetivo almejado é tratar o resíduo de gesso, de forma a viabilizar seu uso, e para isso, o mesmo deveria poder se comportar como o gesso comercial, que possui características padronizadas e exigências químicas, físicas e mecânicas definidas pela norma brasileira representadas nas tabelas a seguir (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1 - Exigências físicas e mecânicas do gesso para a construção civil

Determinações Físicas e Mecânicas	Unidade	Limites
Resistência à compressão	MPa	>8,40
Dureza	N/mm ²	>30,00
Massa unitária	kg.m ⁻³	> 600,00

Fonte: NBR 13207 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a).

Tabela 2 - Exigências físicas do gesso para construção civil

Classificação do gesso	Início de pega	Fim de pega
Gesso para fundição	<10	<20
Gesso para revestimento (sem aditivo)	>10	>35
Gesso para revestimento (com aditivo)	>10	>45

Fonte: NBR 13207 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a).

2. Objetivo

Esta pesquisa tem como objetivo estudar o impacto da incorporação de aditivos retardadores de pega, através de análises da cinética de temperatura, na reatividade e propriedades físicas de pastas de gesso reciclado, de forma a restabelecer seu tempo de endurecimento e viabilizar sua aplicação.

3. Materiais e Métodos

3.1. Materiais

3.1.1. Gesso

O gesso utilizado na pesquisa foi obtido no mercado da Grande São Paulo, sendo este indicado para o uso na construção civil. A marca escolhida é exclusiva para revestimentos.

3.1.2. Aditivos

O impacto da utilização de aditivos nas propriedades do gesso reciclado foi analisado para 5 tipos diferentes, sendo eles:

- *Citrato de Sódio*: sal tribásico do ácido cítrico, é produzido por neutralização total do mesmo com uma fonte de sódio de alta pureza, como o hidróxido de sódio. Tem a capacidade de diminuir a consistência, aumentando a fluidez, o tempo de pega é estendido, mas estudos mostram que a dureza e a resistência à compressão apresentam piora (CAMARINI et al., 2016).
- *Adiment Premium*: composto basicamente por policarboxilatos, é indicado para proporcionar uma alta dispersão de partículas de cimento. Embora o gesso não esteja incluso nos campos de aplicação deste aditivo, o mesmo foi acrescentado para efeito experimental, já que pode proporcionar ótimas características como alta fluidez e excelentes resistências iniciais e finais.(BAUMGART, [s.d.]).
- *Master Glenium 51*: assim como o *Adiment Premium*, é um aditivo para concretos, com base em uma cadeia de éter carboxílico modificado. Utilizado para obter mais fluidez e,

apesar de não alterar o tempo de pega, torna um concreto com maior trabalhabilidade e melhores resistências finais. (BASF, [s.d.]).

- *Bórax*: também conhecido como Borato de Sódio, é um mineral alcalino derivado da mistura de um sal hidratado de sódio e ácido bórico. Age como retardador promovendo ampliação no tempo de pega de utilização da pasta de gesso e o aumento nas propriedades mecânicas (TROVÃO, 2012).
- *Power Mix retard 225*: retardador de pega de cimento, é utilizado para estabilização de argamassas de cimento e cal, garantindo plasticidade, trabalhabilidade e adesão.

3.2. Métodos

3.2.1. Estudo do comportamento do gesso comercial

No estágio inicial da pesquisa foram realizados ensaios de caracterização do material em seu estado virgem (comercial) – amostra designada como G.C – definindo-se as propriedades físicas do pó e as propriedades físicas e mecânicas da pasta. Obedecendo os métodos de ensaio das normas brasileiras NBR 12127 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017b), NBR 12128 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017c) e NBR 12129 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017d) fez-se os procedimentos para obter a massa unitária, granulometria, tempo de pega, pasta de consistência normal, compressão e dureza. Para uma análise mais completa, foram realizados também os ensaios de massa específica pela NBR NM 23 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015), teor de umidade e cinética de temperatura descritos a seguir.

- Massa específica

Este ensaio, assim como o de massa unitária, retorna resultados de densidade. Porém, neste caso, é possível desconsiderar o volume de vazios, já que o aparelho utilizado contém líquido em seu interior (no caso, querosene), fazendo com que o ar presente seja extraído em bolhas, portanto todo volume é assumido apenas pelas partículas do material.

- Teor de água

Com o auxílio de uma balança medidora de umidade modelo MOC63u da SHIMADZU CORPORATION, determinou-se o teor de água presente em uma amostra de gesso comercial. Para isto, cerca de 2 g foram dispostos em um recipiente de alumínio com aproximadamente 10 cm de diâmetro, que foi inserido no compartimento da balança. O material foi exposto a uma temperatura de 160 °C, fazendo com que a água nele evaporasse e conseqüentemente com que sua massa diminuísse. Essa diferença de massa foi quantificada e computada, permitindo uma medição precisa da umidade presente no material, servindo como referência para a verificação da umidade presente no material após o processo de reciclagem, garantindo sua eficiência.

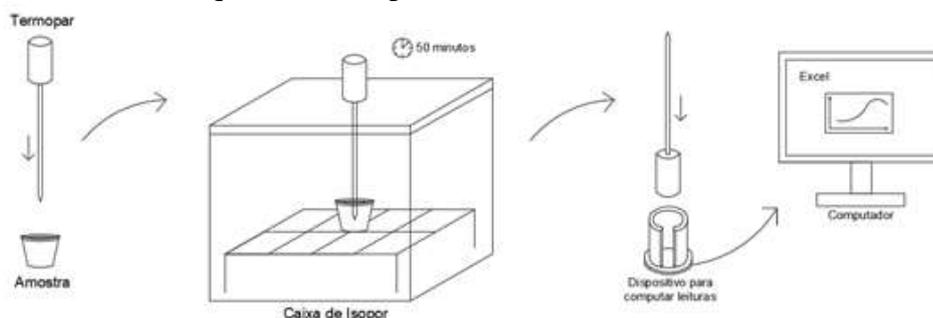
Figura 1 – Balança medidora de umidade modelo MOC63u



- Cinética de temperatura

Quando em contato com a água, o gesso passa por uma reação de hidratação que libera calor. O ensaio de cinética de temperatura consiste em registrar a temperatura ao longo do tempo. Para tanto, a ponta de um termopar é inserida na pasta preparada com 20 g de gesso e o teor de água determinado pelo ensaio de pasta normal. Foi necessário encurtar o tempo de preparo da pasta, já que, ao seguir o que é estabelecido pela norma, o G.R endurece instantaneamente, impossibilitando a realização do ensaio. Para uma melhor comparação, o tempo que permitiu o ensaio no G.R foi padronizado em 1 minuto para todas as amostras. A amostra deve ser termicamente isolada dentro de uma caixa de isopor e, durante um período de cerca de 50 minutos, coleta-se dados da temperatura da pasta em função dos segundos, permitindo futuras análises gráficas.

Figura 2 – Desenho esquemático do procedimento de ensaio de cinética de temperatura.



3.2.2. Produção do resíduo

Para a determinação da relação ideal de água que proporcionasse uma consistência padrão da pasta preparada com o G.C., foi realizado o ensaio de pasta de consistência normal com o aparelho modificado de Vicat, preconizado pela norma NBR 12128 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017c). Neste caso, a consistência é considerada normal quando o aparelho penetrar de (30 ± 2) mm na pasta.

Com essa relação conhecida, fez-se a hidratação do material, denominado então G.C.h, em grande quantidade, que foi distribuída em finas camadas dentro de bandejas metálicas forradas. Este procedimento, simularia uma aplicação realizada em obras.

Após sua completa secagem, o G.C.h passou pelo moinho de martelos, assumindo a forma em pó novamente. Esse novo estado representa o resíduo que é desperdiçado durante a aplicação.

3.2.3. Reciclagem do gesso

Para a reciclagem do resíduo, o G.C.h moído foi disposto em bandejas metálicas, em camadas de no máximo 5 mm e submetido a uma temperatura de 145 °C por um período 27 minutos em uma estufa de esterilização e secagem. Estudos mostram que o processo controlado

a uma temperatura em torno de 150 °C por um certo período remove as ligações químicas da água, resultando em sulfato de cálcio hemi-hidratado com a fórmula química $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, igual à do gesso comercial que deu origem ao processo (CAMARINI et al., 2016). A amostra foi dividida em 100 g por vez na estufa para garantir que o calor atingisse todo material de forma igual e que a calcinação ocorresse em todas as partículas. Ao longo deste procedimento, fez-se o controle de umidade para acompanhar sua eficiência. Por fim, a amostra designada como G.R foi misturada e homogeneizada para a realização dos ensaios seguintes.

3.2.4. Análise dos aditivos

Com o ensaio de cinética de temperatura, foi possível analisar a influência de diferentes teores de cada aditivo na reatividade do G.R. A quantidade a ser usada foi ajustada, de forma a melhorar suas características e as porcentagens foram calculadas em relação à massa de gesso. Para o processo de mistura das amostras, fez-se primeiramente, a dissolução dos aditivos na água e em seguida, 20 g de resíduo de gesso foram polvilhados e misturados a fim de obter uma pasta uniforme. O objetivo principal consiste em tornar as curvas do gesso reciclado o mais semelhante possível da curva do comercial, ou seja, tornar o tempo de pega igual para ambos estados.

Tabela 2 – Teores utilizados para cada aditivo

Aditivos	Teores testados			
Power Mix Retard 225	4,0%	6,0%	12,0%	
Adiment Premium	6,0%	9,0%	12,0%	
Master Glenium 51	2,0%	2,5%	3,0%	
Citrato de Sódio	0,06%	0,09%	0,12%	0,15%
	0,18%	0,21%	0,24%	0,27%
Bórax	0,24%	1,0%	1,25%	1,50% 2,0%

3.2.5. Qualidade final

A resistência final do G.R com os teores dos aditivos que tiveram os melhores desempenhos foi testada. Corpos de prova foram moldados e passaram por ensaios de dureza e resistência à compressão para ser avaliada a interferência desses aditivos na qualidade final do produto.

4. Resultados e Discussões

Através dos ensaios normatizados e não normatizados, foi possível entender as mudanças causadas pelo processo de reciclagem nas propriedades do gesso.

4.1. Resultados dos ensaios com o pó seco

Os resultados dos ensaios de massa unitária, massa específica, umidade percentual e constam na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Propriedades do Pó

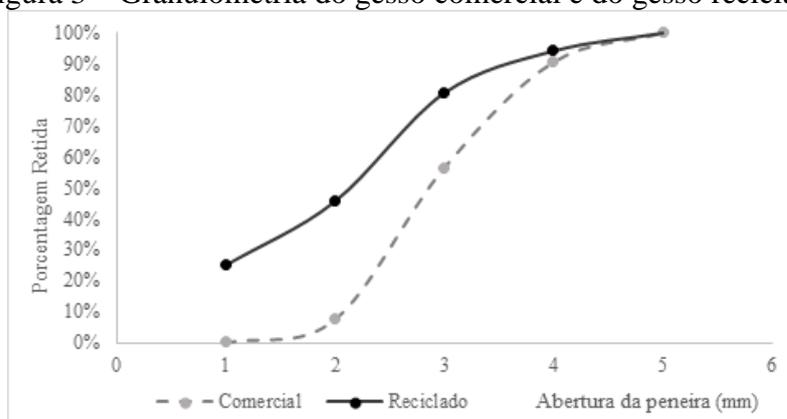
	Massa Unitária ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Massa Específica ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Umidade (%)
G.C	710,06	2591	7,290
G.C.h	680,40	2283	18,810
G.R	592,46	2589	7,293

A massa unitária do gesso diminuiu 16,6% após a calcinação. Estudos sugerem que a reciclagem causa alterações físicas no material como o aumento da porosidade interna dos grãos (CORDON, 2017), o que explica cada vez necessitar de menos massa para ocupar o mesmo volume, mostrando que o material se tornou mais leve e menos denso.

Porém a massa específica se manteve semelhante, apesar de uma leve diminuição no estado hidratado, o que é compatível com o esperado, já que se trata do mesmo componente químico. O processo de reciclagem provou-se eficiente, pois o gesso reciclado apresentou os mesmos parâmetros de umidade do gesso comercial, em torno de 7,29%.

O resíduo de gesso, que foi moído no moinho de martelos e passado pela peneira de 2 mm para padronização, apresentou mudança no perfil granulométrico, se tornando mais grosso em comparação ao comercial. As curvas da abertura da peneira em função da porcentagem retida do material em cada uma estão representadas na Figura 3.

Figura 3 – Granulometria do gesso comercial e do gesso reciclado



A peneira de menor abertura reteve 25% a mais de partículas de gesso reciclado em comparação ao gesso comercial. Conclui-se, portanto, que o material reciclado está mais grosso que o material comercial.

4.2. Resultados dos ensaios da pasta

4.2.1. Tempo de pega

Para o estudo do tempo de pega, foi necessário determinar a relação água/gesso para a produção de uma pasta de consistência normal de acordo com a NBR 12128 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017c). Essa relação apresentou um aumento de 30% após a calcinação, ou seja, para o preparo da pasta com G.R é necessário usar uma quantidade maior de água (65%) do que com o G.C (50%).

A Tabela 3 mostra que o gesso comercial não atendeu por completo as especificações da norma sobre o tempo de pega. Seu início obedece ao critério estabelecido de mais que 10 minutos, entretanto, seu fim, que deveria ultrapassar 35 minutos, alcançou apenas 20 minutos, apresentando um tempo útil de aplicação de 5 minutos e 20 segundos

Tabela 3 - Tempo de pega

	Início de pega (min's'')	Fim de pega (min's'')	Tempo Útil de pega (min's'')
G.C	14'40"	20'00"	5'20"
G.R	---	---	---

Já o gesso reciclado, ao seguir o tempo de preparo da pasta adequado, endureceu instantaneamente, impossibilitando a leitura do ensaio. Isso prova que o tempo de aplicação é intensivamente afetado com o processo de reciclagem e pode ser explicado novamente pela alteração da estrutura da partícula, uma vez que com o aumento da porosidade, deduz-se que o material pode absorver água com mais intensidade, tornando a hidratação mais reativa e, conseqüentemente, fazendo com que o gesso endureça mais rápido.

4.2.2. Resultados dos ensaios de cinética de temperatura.

Os gráficos da

Figura 4 até a Figura 9 apresentam os resultados de cinética de hidratação do gessos comercial e reciclado, sem e com aditivos. Na

Tabela 4 estão os resultados de temperatura máxima e tempo para atingi-la para as pastas de gesso comercial, de gesso reciclado sem aditivos e de gesso reciclado com os teores de aditivos que apresentaram os melhores resultados, ou seja, os que mais se aproximaram do comportamento do gesso comercial. O tempo para atingir a temperatura máxima representa o quanto o gesso demora para alcançar seu estado endurecido, mostrando quando seu tempo de aplicação chega ao limite.

Figura 4 – Curva de cinética de temperatura do gesso Reciclado x Comercial

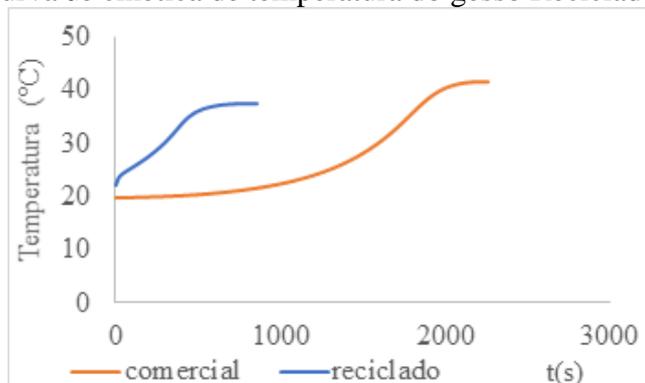


Figura 5– Curva de cinética de temperatura com Power Mix retard 225

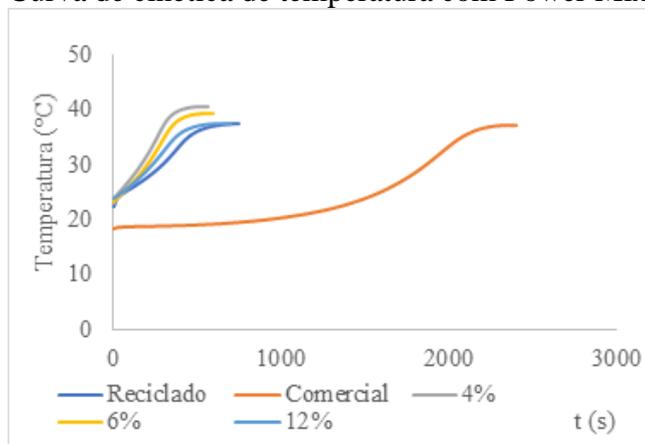


Figura 6 – Curva de cinética de temperatura com Adiment Premium

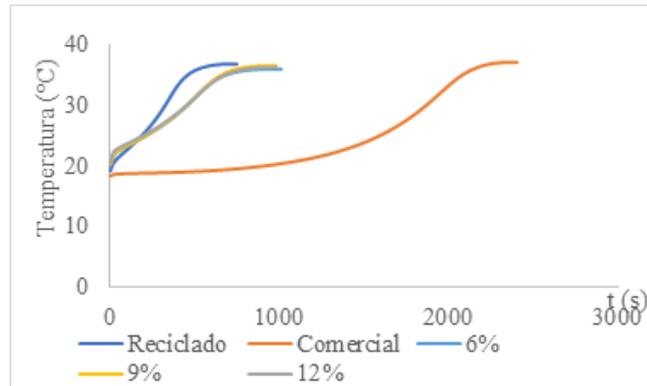


Figura 7 – Curva de cinética de temperatura com Master Glenium 51

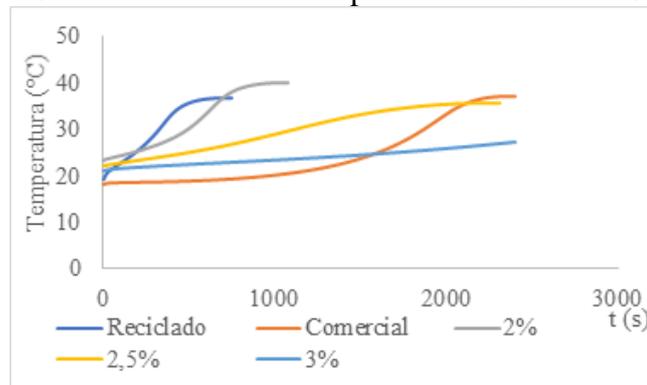


Figura 8 – Curva da cinetica de temperatura com Citrato de Sódio

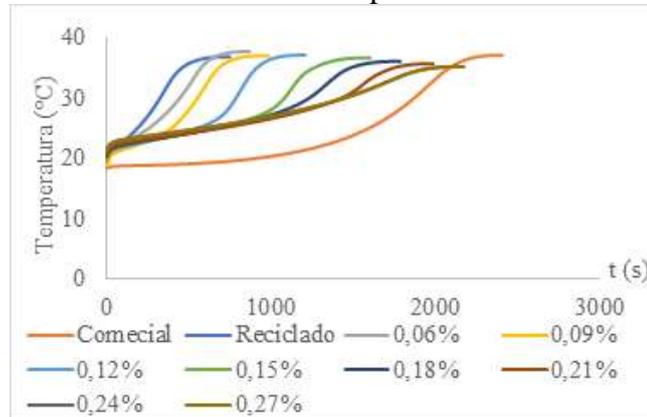


Figura 9 – Curva da cinética de temperatura com Bórax

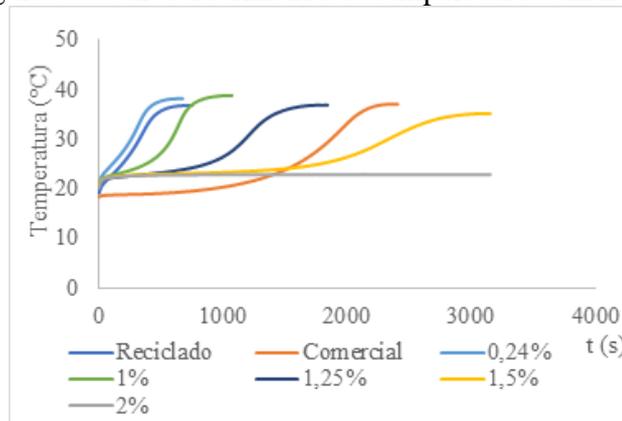


Tabela 4 – Tempo para atingir a temperatura máxima.

Amostra	Aditivo	Teor	Temperatura máxima	Tempo para atingi-la
G.C.	-	-	37,00 °C	40 min
	-	-	37,35 °C	12 min 25 s
	Power Mix Retard	12,0%	37,53 °C	11min 25 s
G.R	Adiment Premium	12,0%	36,13 °C	16 min 18 s
	Master Glenium	2,00%	40,00 °C	17 min 56 s
	Citrato de Sódio	0,24%	35,17 °C	35 min 46 s
	Bórax	1,50%	35,40 °C	52 min 15 s

O gesso comercial apresentou uma temperatura máxima de 37 °C e o tempo para atingi-la foi em torno de 40 minutos. Já o gesso reciclado alcançou 37,35 °C com um tempo claramente reduzido de 12 minutos e 25 segundos para atingi-la.

O aditivo Power mix Retard 225 não forneceu resultados satisfatórios, uma vez que as amostras do G.R com todos teores utilizados se apresentaram inferiores e com pequenas melhoras. O melhor resultado se deu a partir de 12%, com 11 minutos e 25 segundos para atingir a temperatura máxima.

O aditivo Adiment premium apresentou uma leve melhora, porém conforme o teor aumenta, seu comportamento não avança, todos se comportaram de forma semelhante, evidenciando uma saturação logo com 6%, tendo em torno de 16 minutos para alcançar a temperatura máxima.

O aditivo Master Glenium foi o que apresentou o comportamento mais brusco. Com 3%, fez com que o gesso reciclado demorasse em torno de 6 a 7 horas para endurecer. O comportamento ideal se deu com 2%, demorando aproximadamente 18 minutos para endurecer.

Os aditivos que tiveram os melhores desempenhos foram o citrato de sódio e o bórax. Seus tempos de pega se estenderam conforme o aumento de teor. Com aproximadamente 36 minutos, a melhor curva do citrato se deu a partir de 0,24% de aditivo em relação à massa de gesso, já com o bórax, essa quantidade provou-se ineficiente e comportou-se de forma inferior ao gesso reciclado sem aditivo. Porém, em proporções maiores como 1,5%, foi capaz de atuar com um tempo de pega melhor que o comercial como demonstrado pela curva amarela da Figura 9 acima, atuando com 52 minutos para atingir a temperatura máxima.

4.2.3. Ensaio com o material endurecido

Corpos de prova com o gesso comercial, reciclado, reciclado com citrato e reciclado com Bórax foram moldados de acordo com a NBR 12129 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017d) e tiveram suas resistências determinadas, como mostra o gráfico da Figura 10. Os aditivos foram escolhidos conforme o desempenho no ensaio de cinética de temperatura.

Figura 10 – Resistência à compressão e dureza das amostras.



O G.C atendeu as especificações de resistência à compressão, mas não obedeceu aos critérios de dureza. Houve uma queda de qualidade após o processo de calcinação, mostrado nos valores acima. Os corpos de prova com aditivos em sua composição fraturaram durante a aplicação da carga para o ensaio de dureza, impossibilitando as leituras e o ensaio de resistência de compressão, evidenciando uma baixa resistência mecânica do produto final.

5. Conclusão

O tempo de pega do resíduo pode ser restabelecido e se comportar como o gesso comercial com 0,24% de citrato de sódio e 1,5% de bórax em sua composição, porém a qualidade final do gesso endurecido não se apresentou satisfatória, tornando-se mais frágil. Uma possível solução consiste em compor uma mistura de diferentes tipos de aditivos na elaboração da pasta de resíduo, sendo estes, um retardador de pega e um que recupere as qualidades de resistências finais.

6. Referências Bibliográficas

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 23:2000 Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica**Rio de JaneiroABNT, , 2015.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207: Gesso para construção civil — Requisitos**Rio de JaneiroAB, , 2017a.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12127: Gesso para construção civil — Determinação das propriedades físicas do pó**Rio de JaneiroABNT, , 2017b.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12128: Gesso para construção civil — Determinação das propriedades físicas da pasta de gesso**Rio de JaneiroABNT, , 2017c.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12129 - Gesso para construção civil — Determinação das propriedades mecânicas**Rio de JaneiroABNT, , 2017d.
- ANTUNES, R. P. DO N.; JOHN, V. M. **O conceito de tempo útil das pastas de gessoO conceito do tempo de vida útil das pastas de gesso**São Paulo, 2000.
- BASF, T. C. C. **Ficha Técnica de Produto - Glenium® 51**, [s.d.]. Disponível em: <<https://cdn.ntcbrasil.com.br/wp-content/uploads/glenium-51-basf-especificacao-completa.pdf>>

BAUMGART, V. **Adiment premium** Vedacit / Otto Baumgart, , [s.d.]. Disponível em:
<<http://www.vedacit.com.br/produtos/download?pdf=adiment-premium>>

CAMARINI, G. et al. Effect of citric acid on properties of recycled gypsum plaster to building components. **Construction and Building Materials**, v. 124, p. 383–390, 2016.

CORDON, H. C. F. **Caracterização estrutural e avaliação do processo de reciclagem de diferentes formas de gesso**. [s.l.] UFABC, 2017.

MESQUITA, L.; POVOAS, Y. Influência de Aditivo Retardador de Pega na Argamassa de Gesso. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 1, p. 17, 8 nov. 2016.

MORAES PEREIRA, V.; CAMARINI, G. Evaluation of Dehydration Temperature on Properties of Recycled Gypsum Plaster. **Key Engineering Materials**, v. 668, p. 275–282, out. 2015.

PINTO, M. C. C. **Avaliação das propriedades do gesso reciclado contendo aditivos**. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2014.

SUMÁRIO M INERAL Departamento Nacional de Produção Mineral. v. 35, 2015.

TROVÃO, A. P. M. **Pasta de gesso com incorporação de resíduos de gesso e aditivo retardador de pega**, 2012. Disponível em:
<[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/nometese_216_Ana Paula Milagres Trov% E3o.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/nometese_216_Ana%20Paula%20Milagres%20Trovao.pdf)>