



## INFLUÊNCIA DA CALCINAÇÃO E DA GRANULOMETRIA NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE GESSO RECICLADO

Micaela Silva de Assis (\*), Maryanne Alcía da Silva, Fábio Lindemberg Coelho Cortez, Marcella de Sá Leitão Assunção

\* Instituto Federal do Rio Grande do Norte, micaelasilva184@gmail.com

### RESUMO

O gesso é um material branco pulverulento, obtido da calcinação da gipsita e é comumente utilizado na construção civil, tendo várias aplicações. Devido a rapidez do tempo de pega, esse produto acaba gerando um montante elevado de resíduos que não podem ser descartados em aterros sanitários devido a sua solubilidade em água e risco de contaminação do lençol freático pela sulfurização do solo. Em 2011 o CONAMA alterou a classificação do gesso, passando a considerá-lo um resíduo reciclável, na Resolução nº 431/2011. Essa mudança e a necessidade de destinação correta desse resíduo abriu caminho para estudos sobre possíveis aplicações do gesso reciclado, sendo de suma importância entender o funcionamento do seu ciclo de calcinação e hidratação. Nesse contexto, insere-se a presente pesquisa, cuja proposta foi avaliar a microestrutura do material e a influência da calcinação e tamanho de grão na confecção de blocos de gesso. Foram realizados ensaios de granulometria, MEV, EDS, análise dimensional, tempo de pega e absorção de água, de acordo com as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, no gesso comercial e no gesso reciclado com algumas variações de faixas granulométricas. Os resultados mostraram que o gesso reciclado proveniente de usina possui impurezas, provavelmente devido a mistura com outros materiais no canteiro de obra. Esse material apresentou elevado tempo para início de pega, principalmente para faixas granulométricas menores e uma retração da ordem de 3%, o que pode comprometer sua utilização em peças que haja exigência de precisão dimensional. A etapa da calcinação antes do amassamento também interferiu no tempo de pega, acelerando essa etapa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gesso reciclado, Bloco de Gesso, Tempo de pega, Granulometria, Calcinação

### ABSTRACT

Gypsum is a white powdery material, obtained from gypsum calcination and is commonly used in civil construction, having several applications. Due to the fast handling time, this product ends up generating a high amount of waste that cannot be disposed of in landfills due to its solubility in water and the risk of contamination of the water table by the sulfurisation of the soil. In 2011 CONAMA changed the classification of gypsum, considering it a recyclable waste, in Resolution 431/2011. This change and the need for correct disposal of this waste paved the way for studies on possible applications of recycled gypsum, and it is of paramount importance to understand the operation of its calcination and hydration cycle. In this context, this research is inserted, whose proposal was to evaluate the microstructure of the material and the influence of calcination and grain size in the manufacture of gypsum blocks. Tests of grain size, SEM, EDS, dimensional analysis, time of grabbing and water absorption were performed, according to the recommendations of the Brazilian Association of Technical Standards - ABNT, in commercial gypsum and recycled gypsum with some variations of granulometric ranges. The results showed that the recycled plaster from the plant has impurities, probably due to the mixture with other materials on the construction site. This material presented a high time for the start of the handle, mainly for smaller granulometric ranges and a retraction in the order of 3%, which may compromise its use in parts that require dimensional precision. The calcination stage before the kneading also interfered in the gripping time, accelerating this stage.

**KEY WORDS:** Recycled Plaster, Plaster Block, Grab Time, Granulometry, Calcination

### INTRODUÇÃO

O gesso é um material muito utilizado na área da construção civil, servindo para ornamentações, forros, vedações, entre outras utilizações. Esse leque de aplicações é diverso devido à excelente plasticidade, homogeneidade, facilidade de moldagem, boa aparência, entre outras características que o torna uma boa escolha para muitas esferas da construção civil. Contudo, por possuir uma alta solubilidade em água, o material é bastante desperdiçado, gerando uma quantidade significativa de resíduos.

Segundo Ferreira (2017), o nordeste brasileiro é um grande consumidor de gesso, uma vez que a região possui abundância e qualidade de sua matéria prima (gipsita), principalmente no polo gesso do Araripe, sertão de Pernambuco, responsável por mais de 90% da produção nacional, estimulando o emprego do material. Em 2007, somente em Pernambuco (de

longe, o maior produtor), as calcinadoras queimaram 1.102.800 metros cúbicos de lenha. O desenvolvimento de novas tecnologias ampliou o consumo no Brasil, atualmente em 30 Kg/habitante/ano, principalmente com a tecnologia Drywall, método de construção de paredes e tetos interiores utilizando-se painéis pré-moldados de gesso prensado entre duas folhas de papel acartonado e secas em estufas (Muños, 2014).

Embora a empregabilidade do gesso apresente diversos benefícios à obra, quando esse material é descartado de forma inadequada, pode incitar a liberação de gases inflamáveis, a contaminação do solo e do lençol freático, devido às suas características físico-químicas. Apresentando cerca de 4% dos entulhos dispostos na natureza, o gesso não possui, usualmente, destinação adequada após sua utilização, gerando, assim, grandes impactos ambientais. Portanto, cabe aos pesquisadores conceberem formas de reutilização viáveis à recuperação dos rejeitos desse material, sobre o ponto de vista não só econômico, como também sustentável e tecnológico.

Os gessos descartados, quando não contaminados, podem ser recuperados diversas vezes, mantendo as propriedades físicas e mecânicas originais. Os resíduos são submetidos a ciclos de reciclagem consecutivos, apresentando características químicas e microestruturas similares no desenvolvimento de cada processo, contribuindo, assim, para a sustentabilidade da construção. Analisando a fórmula química, é possível visualizar esses ciclos: o gesso é obtido da calcinação da gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), tornando-se hemidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ), que ao ser hidratado sofre uma reação exotérmica, voltando a sua forma original ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

A Resolução nº 431/2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2011), alterou a classificação do gesso, que antes era Classe C (resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação) e este passou a fazer parte da classe B (resíduos recicláveis para outras destinações). De lá para cá algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas para conhecer o comportamento do gesso reciclado e sua microestrutura.

De acordo com Ferreira (2017), a granulometria tem influência em diversas propriedades do gesso, como massa unitária, tempo de pega, dureza, resistência à compressão e consistência normal. Com relação à influência que a granulometria exerce no processo de hidratação do aglomerante, partículas com dimensões maiores têm uma menor velocidade de hidratação devido ao fato do processo de hidratação ocorrer da superfície externa do grão para o seu interior (BARDELLA, 2011; YE et al., 2011).

Ferreira (2017), também afirma que, quanto maior a quantidade de água utilizada, menor a resistência mecânica, pois aumenta a porosidade do produto final. Logo, quanto maior a granulometria do material, menor sua resistência mecânica. As variações de resistência à compressão, dadas as diferenças de granulometria, parecem influenciar apenas as idades iniciais: aqueles mais finos hidratam-se mais rápido, produzindo maior resistência nas idades iniciais (até 7 dias) e os mais grossos alcançam resistência semelhantes aos mais finos após os 28 dias (BARDELLA, 2011; KARNI, KARNI, 1995; Ye et al., 2011).

Com relação a calcinação, Ferreira (2017) afirma que a não uniformidade no processo de calcinação da gipsita influencia no tempo de pega, uma vez que pode formar anidritas III, II e I, que apresentam diferentes reatividades. O autor constatou que as diferenças ocorridas nos tempos de pega são devido a diferenças da matéria prima, ao processo de calcinação, ao tamanho das partículas e a relação água/gesso.

De acordo com a análise da microscopia eletrônica de varredura (MEV), realizada por Pinheiro (2011), o gesso comercial e gesso reciclado apresentam cristais morfológicamente semelhantes.

Segundo a análise de EDS, feita pelo mesmo autor, o gesso reciclado apresenta em sua composição a predominância do enxofre (S) e do cálcio, compatível com a composição química do material - sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Alguns artigos divergem no tempo de pega do gesso reciclado e granulometria recomendada, sendo de suma importância estudos que norteiem a indústria da construção civil acerca desta temática. Diante disso, a presente pesquisa tem por objetivo avaliar a correlação entre a calcinação do gesso reciclado e o seu tempo de pega, comparando com o gesso comercial de modo a subsidiar o reaproveitamento desse resíduo com grande potencial poluidor e de descarte frequente na indústria da construção.

## METODOLOGIA

Os procedimentos experimentais da pesquisa foram executados conforme fluxograma apresentado na Figura 1.

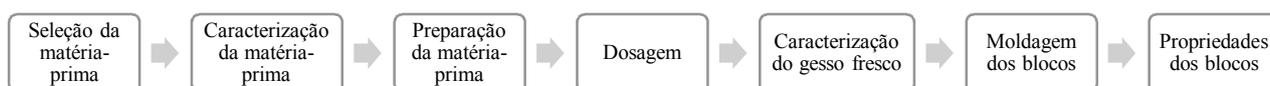


Figura 1: Fluxograma dos procedimentos experimentais. Fonte: Autor do trabalho.

A seguir detalharemos o procedimento executivo.

### 1. Seleção da matéria-prima

O gesso foi coletado em uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Natal/RN, que recebe resíduos da construção civil da capital e região metropolitana. Esses resíduos chegam a usina em caçambas de entulho e, teoricamente, as caçambas de gesso não podem conter outro material. Após chegar na usina o gesso passa por processo de trituração e é ensacado para reuso posterior.

### 2. Caracterização da matéria prima

Foram realizados ensaios de granulometria no gesso reciclado, de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 2016a). Para determinação da composição química foi feita Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS) e a sua microestrutura foi determinada através Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Para efeito de comparação estas últimas análises também foram realizadas no gesso comercial.

### 3. Preparação da matéria-prima

O gesso foi dividido, para efeitos de determinação de melhor condição de reutilização, em gesso calcinado (GC) e gesso não calcinado (GNC), sendo ambos obtidos do material reciclado. O gesso calcinado (GC) foi encaminhado para estufa a 150° C por uma hora após estabilização da temperatura do equipamento e em seguida foi triturado e peneirado, sendo separado em três granulometrias (0,150mm, 0,300mm e 0,600mm). O gesso não calcinado (GNC) passou apenas pelo processo de trituração, peneiramento e separação nas mesmas faixas granulométricas. O gesso comercial foi submetido a peneiramento e também dividido em granulometrias conforme os anteriores.

### 4. Dosagem

Após o beneficiamento foi feita a dosagem do teor de água a ser incorporado no gesso. Vários testes foram realizados, com teores variando de 30 a 50% de água, de modo a se obter uma trabalhabilidade adequada. O teor de 0,4 foi o adotado para o GNC, enquanto que ao GC foi incorporado o teor de 0,5, pois este valor apresentou melhor trabalhabilidade.

### 5. Propriedade do gesso fresco

Após a dosagem foi determinado o tempo de pega para cada um dos três tipos de gesso estudados e de acordo com a NBR 12.128 (ANBT, 2019) para as faixas granulométricas de 0,150mm, 0,300mm e 0,600mm.

### 6. Moldagem dos blocos

Foram moldados blocos de gesso de 4x4x16cm para os três tipos (GNC, GC e comercial), a partir da dosagem descrita anteriormente, sendo submetidos a ensaios posteriores.

### 7. Propriedades dos blocos

Após a cura os blocos foram submetidos à análise dimensional, de acordo com a NBR 12644 (ABNT, 2014) e absorção de água, de acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

## RESULTADOS

Os resultados obtidos na pesquisa são apresentados e discutidos a seguir:

### Granulometria

O gesso reciclado possui granulometria maior que o gesso comercial, apresentando maior percentual de grãos na faixa granulométrica de 0,300mm à 0,600mm, com 56,76%; e na faixa de 0,600mm à 1,180mm, com 38,62%. Essas informações podem ser observadas no gráfico apresentado na Figura 2. Os pontos correspondem as peneiras, da esquerda para a direita, de aberturas 0,075mm, 0,150mm, 0,300mm, 0,600mm e 1,180mm.

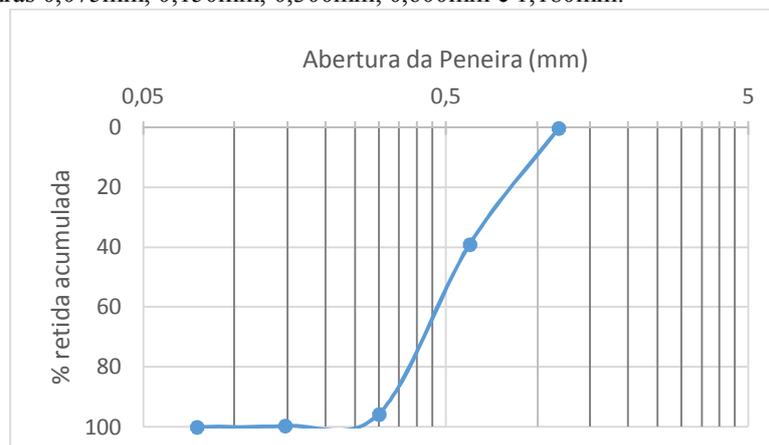


Figura 2: Curva granulométrica do gesso reciclado

**Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

Para a mesma faixa de ampliação é possível perceber a diferença entre a estrutura cristalina do gesso comercial e do gesso reciclado, que deveriam apresentar estruturas semelhantes. No entanto, essa análise só pode ser confirmada através da realização da Fluorescência de Raio-X (FRX), que determinaria quais óxidos foram formados, mas que não pode ser realizado.

No gesso comercial observam-se cristais de formas lamelares, com superfície lisa e irregular, compatível com resultados encontrados por Barbosa et al (2014). O gesso reciclado não calcinado apresenta estrutura cristalina em forma de agulhas, semelhante a cristais de pasta de gesso hidratado analisadas por outros autores (RASAHD et al., 2004; SINGH; MIDDENDORF, 2007).

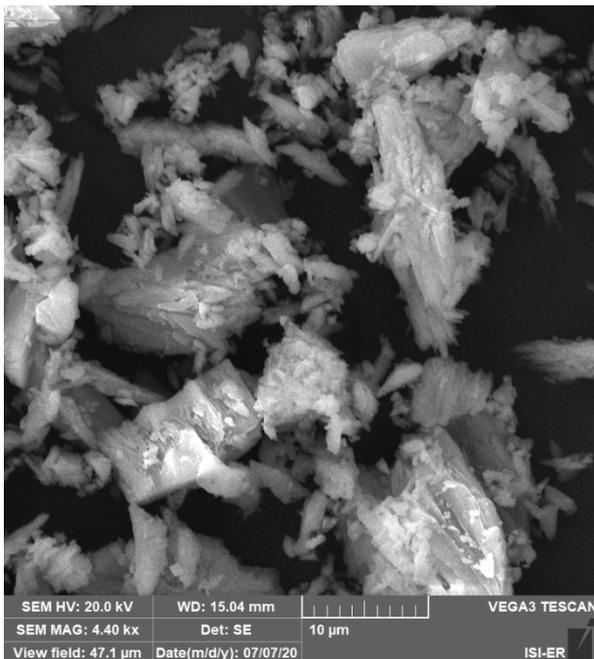


Figura 3a: Morfologias obtidas por microscopia eletrônica de varredura da microestrutura comercial

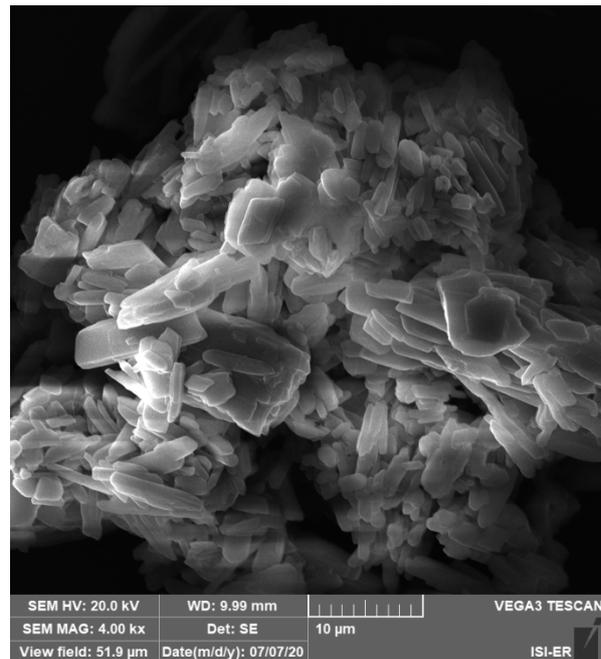


Figura 3b: Morfologias obtidas por microscopia eletrônica de varredura da microestrutura reciclado

**Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS)**

As impurezas encontradas no gesso reciclado foram alumínio, magnésio, ferro, cobre e silício, sendo os três primeiros compatíveis com os achados de Pinheiro (2011). Esses contaminantes provavelmente são oriundos de outros materiais de construção descartados junto ao gesso e não eliminados no processo de reciclagem. A partir da análise do EDS do gesso reciclado é possível perceber que, dentre as impurezas presentes, somente o silício e o alumínio possuem maiores teores na amostra, com valores de 2,2% e 0,8%, respectivamente. Já os outros três contaminantes (magnésio, cobre e ferro) apresentam um percentual de ocorrência muito pequeno no material e, somados, alcançam um valor de apenas 0,5%. Ou seja, mesmo somando-se todos os cinco componentes discutidos, o percentual alcança apenas 3,5% do total da amostra.

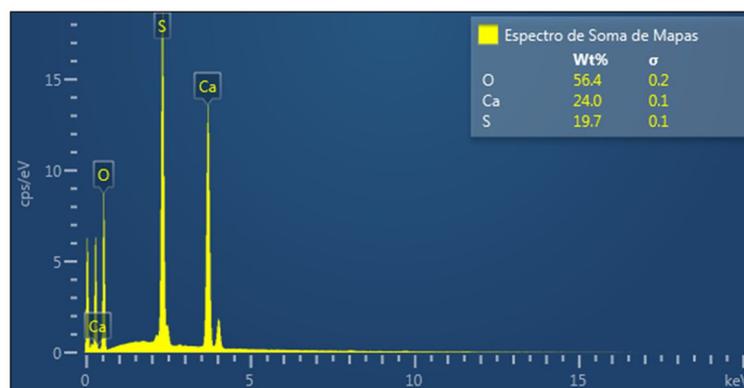


Figura 4: Espectro do gesso comercial.

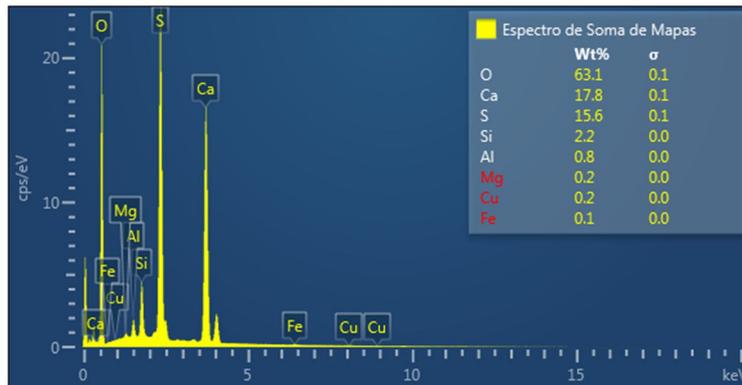


Figura 5: Espectro do gesso reciclado.

### Análise dimensional

Foi observada uma variação dimensional da ordem de 3% nos prismas moldados, sendo 3,4% para o eixo longitudinal e 3,7% no eixo transversal. Esses valores de retração foram similares para todos os corpos de prova moldados com os dois tipos de gesso reciclado (GNC e GC), independente da granulometria adotada (0,150mm, 0,300mm e 0,600mm), o que pode ser atribuído ao processo de re-hidratação do gesso. Porém o gesso comercial não apresentou variação dimensional perceptível a olho nú.



Figura 6: Prisma de gesso reciclado moldado.

### Tempo de pega

O início de pega do gesso comercial foi semelhante aos valores apresentados na literatura, havendo uma ligeira diminuição de tempo para as faixas granulométricas maiores. O gesso reciclado não calcinado teve maior lentidão no início de pega quando comparado ao gesso reciclado calcinado. Ambos apresentaram início de pega mais rápido para o gesso com maior granulometria, conforme Tabela 1.

É sabido que quanto maior a quantidade de água de amassamento, maior o intervalo de tempo necessário para saturar a solução, ampliando o período de indução, que retarda o início da precipitação dos cristais de dihidrato e, como consequência, aumenta o tempo de pega. Entretanto, análises complementares para o gesso reciclado não calcinado com teor de 30% de água, o suficiente para garantir trabalhabilidade, também apresentou tempo de pega elevado.

A morosidade no tempo de pega do gesso desse estudo pode ser justificada pela sua origem, já que o mesmo é coletado de caçambas de entulho e provavelmente possui impurezas, como constatado na Espectroscopia de Dispersão de Energia.

Tabela 1: Variações de início de pega

Diâmetro	Gesso comercial	Gesso reciclado não calcinado	Gesso reciclado calcinado
0,150mm	12min	10h	6h
0,300mm	9min	5h15min	4h30
0,600mm	9min	2h20	23min

É importante ressaltar que a pasta de gesso reciclado calcinado apresentou uma textura diferente das demais pastas, com muitos grãos, dando um aspecto granular a peça acabada.



Figura 7: Ensaio de tempo de pega.

### Absorção

O ensaio de absorção não demonstrou diferenças consideráveis entre o gesso comercial e o gesso reciclado não calcinado, que apresentaram absorção de água da ordem de 40% após 72h submersos. Já os blocos de gesso reciclado calcinado apresentaram absorção superior a 45%.

### CONCLUSÕES

Com as análises realizadas é possível concluir que:

- O gesso reciclado oriundo de usinas que recolhem entulho da construção civil podem ser contaminados com outros elementos do canteiro de obras, alterando suas propriedades e seu ciclo de hidratação e calcinação;
- O gesso calcinado apresenta melhores condições de pega que o gesso não calcinado, por retornar a forma de hemidrato;
- O gesso reciclado desenvolve uma maior retração que o gesso comercial, o que pode limitar sua utilização na produção de peças que, por algum motivo, não podem ter grandes variações dimensionais;
- São necessários estudos complementares para avaliar melhor o comportamento do gesso reciclado oriundo de usina de reciclagem.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. NBR 6136, ABNT, Rio de Janeiro, 2016.
2. \_\_\_\_\_. ABNT NBR 12644: Concreto leve – Determinação da densidade de massa aparente no estado fresco. Rio de Janeiro, 2014.
3. \_\_\_\_\_. ABNT NBR 12644: Concreto leve – Determinação da densidade de massa aparente no estado fresco. Rio de Janeiro, 2014.
4. \_\_\_\_\_. ABNT NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
5. \_\_\_\_\_. ABNT NBR 15270-2: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria, Rio de Janeiro, 2017.
6. BARBOSA, A. A. FERRAZ, A. V. SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso  $\beta$  obtido do pólo do Araripe. Revista Cerâmica 60 (2014) 501-508. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v60n356/v60n356a07.pdf>. Acesso em jul. 2020.
7. BARDELLA, P. S. Análise das Propriedades de Pastas de Gesso de Construção Reciclado. 2011. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2011. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000847076>. Acesso em: 09 jul. 2020.
8. BITENCOURT, D. V., e PEDROTTI A., 2008 - Usos da Casca de Coco: Estudo das Viabilidades de Implantação de Usina de Beneficiamento de Fibra de Coco em Sergipe - Revista da Fapese, v.4, n. 2, p. 113-122, jul./dez. 2008.
9. BONATO, M. M. et al., 2013 - Argamassas fotocatalíticas e concretos com adição de fibras de coco e sisal para a redução de impactos ambientais de gases poluentes, Rel. Técnico de Pesquisa LACTEC/COELBA/ANEEL, Curitiba, PR.



10. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 25 maio 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>. Acesso em: 08 jul. 2020.
11. FERREIRA, F. C. Estudo de caracterização do gesso para revestimento produzido no polo gesseiro do Araripe – UFPE, 2017
12. KARNI, J.; KARNI, E. Gypsum in Construction: origin and properties. *Materials and Structures*, v. 28, n. 176, p.92-100, 1 mar. 1995.
13. PINHEIRO, S. M. M. Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes. 2011. 330 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, 2011. Disponível em: . Acesso em: 05 mar. 2016.
14. RASHAD, M.M.; MAHMOUD, I. A.; IBRAHIM, E. A.; ABDEL-AAL, E. A. Crystallization of calcium sulfate dehydrate under simulated conditions of phosphoric acid production in the presence of aluminum and magnesium ions. *Journal of Crystal Growth*. North-Holland-Amsterdam, v. 267, 372 – 379, 2004.
15. SINGH, N. B; MIDDENDORF, B. Calcium sulphate hemihydrates hydration leading to gypsum crystallization. *Progress in crystal growth and characterization of materials*, v. 53, p. 57 – 77, 2007.
16. SILVA, G.O., e JERÔNIMO. C. E., 2012 - Estudo de alternativas para o aproveitamento de resíduos sólidos da industrialização do coco – Monografias Ambientais REMOA/UFMS v(10), nº 10, p. 2193 – 2208. e-ISSN: 2236-1308.
17. SILVA, E J. et al., 2014 - Resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibra de coco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.12, p.1268–1273.
18. SILVIO, A. Em busca do gesso sustentável. *Jornal da Unicamp*. Campinas, 17 de dezembro de 2012 a 31 de dezembro de 2012. Disponível em <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/550/em-busca-do-gesso-sustentavel>> Acesso: 28 de Março de 2019.