

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**HUEVERTON CARDOSO DE SOUSA  
KIVIA ESTAINI GODOY OLIVEIRA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE  
GESSO GERADOS EM OBRAS COMERCIAIS**

**PUBLICAÇÃO Nº:**

**CERES / GO  
2020**

**HUEVERTON CARDOSO DE SOUSA  
KIVIA ESTAINI GODOY OLIVEIRA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE  
GESSO GERADOS EM OBRAS COMERCIAIS**

**PUBLICAÇÃO Nº:**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

**ORIENTADOR: JANAINÉ MÔNICA DE OLIVEIRA SOUSA**

**CERES / GO: 2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA (exemplo)

SOUSA, Hueverton Cardoso de, OLIVEIRA, Kivia Estaini Godoy.

Estudo de viabilidade da reciclagem dos resíduos de gesso gerados em obras comerciais – Goiás, 2020.

xi, 27P, 297 mm (UniEVANGÉLICA, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - Unievangélica

Curso de Engenharia Civil.

1.Gesso

2. Resíduo

3.Reciclagem

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA (exemplo)

SOUSA, H. C; OLIVEIRA, K. E. G. Estudo de viabilidade da reciclagem dos resíduos de gesso gerados em obras comerciais – Goiás. TCC, Publicação ENC. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Anápolis, GO, 27p. 2020.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Hueverton Cardoso De Sousa; Kivia Estaini Godoy Oliveira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO. Estudo de viabilidade da reciclagem dos resíduos de gesso gerados em obras comerciais – Goiás.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Hueverton Cardoso de Sousa

76300-000 Ceres - GO

E-mail: [hueverton.cardoso@hotmail.com](mailto:hueverton.cardoso@hotmail.com)

---

Kivia Estaini Godoy Oliveira

76300-000 Ceres – GO

E-mail: [kiviaestayne2@gmail.com](mailto:kiviaestayne2@gmail.com)

**HUEVERTON CARDOSO DE SOUSA  
KIVIA ESTAINI GODOY OLIVEIRA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

---

**JANAÍNE MÔNICA DE OLIVEIRA SOUSA, Mestre (Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**LUIZ TOMAZ DE AQUINO NETO, Especialista (Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**RODRIGO NASCIMENTO PORTILHO DE FARIA, Mestre (Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: CERES/GO, 07 DE DEZEMBRO DE 2020**

**Estudo de viabilidade da reciclagem dos resíduos de gesso gerados em obras comerciais  
– Goiás, 2020**

Hueverton Cardoso De Sousa<sup>1</sup>  
Kivia Estaini Godoy Oliveira<sup>2</sup>  
Janaine Mônica de Oliveira Sousa<sup>3</sup>

**RESUMO**

O gesso é um dos materiais de maior utilização na construção civil, com grande destaque no emprego como pasta de gesso para revestimentos, divisórias e sancas. O gesso é obtido pelo aquecimento a cerca de 140° C a 160° C, da matéria-prima gipsita, seguido do processo de moagem. A hidratação do gesso é realizada pela utilização de água. A NBR 15113 (ABNT, 2004) considera o gesso como material de classe B, ou seja, resíduos que podem ser reciclados e reutilizados. Nesse contexto, o presente trabalho visa um estudo de caso em canteiro de obras para obter dados e informações, para coletar e analisar os métodos e materiais coletados de resíduos de gesso. Os resíduos utilizados para experimento foram coletados em obras, separados, triturados, seguidos de recalcinação. A calcinação do gesso deu-se a uma temperatura de 150° C, em seguida foram realizados ensaios de granulometria, ensaio de calcinação, consistência normal, tempo de pega, ensaio de resistência à compressão. Com os resultados, verificou-se que as amostras apresentam desempenhos satisfatórios para a reciclagem e reutilização desses resíduos.

**Palavras-chave:** Gesso. Resíduo. Reciclagem.

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [hueverton.cardoso@hotmail.com](mailto:hueverton.cardoso@hotmail.com)

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [kiviaestayne2@gmail.com](mailto:kiviaestayne2@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestre, professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [Monica.janaine@gmail.com](mailto:Monica.janaine@gmail.com)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
	2.1 Matéria prima do gesso .....	7
	2.2 Processamento .....	8
	2.3 Gesso na construção civil.....	8
	2.4 Resíduos de gesso da construção .....	9
	2.5 Processos de reciclagem do gesso.....	10
	2.6 Materiais utilizados.....	10
	2.7 Segregação e Coleta .....	11
	2.8 Trituração e Moagem .....	13
	2.9 Calcinação.....	14
	2.10 Granulometria.....	15
	2.11 Consistência Normal.....	16
	2.12 Tempo de pega.....	16
	2.13 Resistência a Compressão .....	18
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES.....</b>	<b>24</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Mesmo com intempéries em vários setores da sociedade, a construção civil tem crescido e o volume de resíduos acompanha esse crescimento. O gesso é cada vez mais utilizado e contribui para o montante de resíduos sólidos. O descarte de modo inadequado apresenta sérios danos ao meio ambiente. Os aspectos físico-químicos do resíduo necessitam de cuidados no descarte final, devido à sua potencialidade tóxica, à liberação de gases inflamáveis, alto risco de contaminação do solo e do lençol freático (PINHEIRO, 2011).

Munhoz (2008) afirma que para se atingir condições básicas para o desenvolvimento sustentável na construção civil é necessário à reciclagem dos resíduos gerados pelo setor de construção civil, e por ser o maior gerador de resíduos entre os grandes setores da economia, com isso permite realizar o ciclo de vida destes produtos.

O gesso é empregado cada vez mais nas obras, e visto pelas construtoras como um material alternativo que supri o resultado desejado, por sua aplicabilidade, qualidade em acabamento, baixo custo, substituição de alvenaria, dentre outras finalidades.

Segundo Bernhoeft et al. (2011), o gesso é um material que agiliza o processo construtivo, proporciona tipos de espaços novos, com amplos modos de execução na obra, as vantagens do revestimento em gesso seu uso e preparo estão ligadas à mistura fácil, utilizando-se apenas água e o próprio pó de gesso, sem necessidade do uso de agregados, importante fato, uma vez que a construção civil é responsável por parte do esgotamento desses recursos naturais.

Resíduos provenientes do gesso geram desperdício de materiais, despesas com armazenamento, remoção, transporte e tratamento. Diversos órgãos se uniram em ações do poder público e de entidades empresariais e comerciais que buscam regulamentar e induzir o processamento do entulho e a reutilização destes materiais oriundos dos canteiros de obras (APOLINARIO, 2015).

A resolução nº 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) autorizou a reutilização e reciclagem do gesso classificado como resíduo classe B, as regras para gestão do resíduo de gesso estão contidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, atestando assim seu acondicionamento e destino.

Com a falta de fiscalização o descarte incorreto acaba por destinar o resíduo gerado, na maioria das vezes, para aterros ou locais irregulares, sem controle. Por meio de pesquisa, entrevistas, coletas nos canteiros de obras e experimentos em laboratório para desenvolver o processo de reciclagem do resíduo de gesso, determinar as propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado proveniente destes resíduos.

O acompanhamento de obras de construção civil, mostra que é crescente a demanda por aplicação do gesso em revestimento interno de paredes, possivelmente por ser um material barato e alto desempenho, os meios construtivos com gesso destinam-se à utilização em ambientes internos sem função estrutural, sendo aplicados as diversos tipos de construções, ele é usado ainda como placas para forros, sancas e molduras, rebaixamento de tetos, revestimento de paredes, divisórias e como um dos componentes de Drywall.

A norma ABNT NBR 15758 (2009) estabelece as diretrizes para projeto e seleção de sistemas construtivos de paredes, forros e revestimentos em chapas de gesso para sistemas

Drywall, os procedimentos executivos para montagem e instalação e as verificações para recebimentos dos serviços.

O descarte de resíduo sólido do gesso contribui consideravelmente para o volume total produzido em uma construção civil, indicando problema econômico e ambiental. A pesquisa em torno desta problemática tem o objetivo de contribuir para estudos em virtude da crescente quantidade de descarte de resíduos de gesso e da necessidade e possibilidade da reutilização e reciclagem deste resíduo em atividades rentáveis da construção civil, avaliar a eficiência do uso destes, em relação com o gesso já comercializado, atender as novas necessidades do setor de modo econômico integrado as necessidades ambientais.

Realizar ensaios em laboratório com os resíduos coletados e obter os resultados com o experimento. O reaproveitamento do resíduo de gesso é uma alternativa que pode contribuir para a redução de resíduos e consequentemente redução de danos ao meio ambiente, e ganho econômico.

Com isso realizou-se uma pesquisa em parceria com as obras e empresas que atuam com esse tipo de serviços com gesso, podendo analisar os meios de utilização, aplicações, descartes destes resíduos. As possibilidades de minimizar o impacto ambiental, portanto, estão na redução da geração do resíduo, na reutilização e na reciclagem.

Por fim os objetivos de verificar a viabilidade de reciclagem do resíduo de gesso da construção civil, proveniente das obras de prédios comerciais, por comparação e análise de aplicabilidade, do reuso e do descarte destes resíduos gerados em obras. Realizou-se experimentos laboratoriais a fim de verificar a qualidade do resíduo e do gesso reciclado e verificar tempo de pega, resistências mecânicas e consistência entre o gesso reciclado e o gesso convencional.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Matéria prima do gesso

O gesso é um dos aglomerantes mais utilizados, sendo a matéria-prima natural empregada à gipsita, oriunda de rochas sedimentares muito solúveis, um tipo de mineral bastante abundante na natureza, que pode ser encontrada em diversos países. O Brasil possui a maior reserva, mas representa apenas 1,4% da produção mundial figura 1. O estado de Pernambuco é responsável por 95% da produção do país, na década de 60 teve maior destaque como produtor de gipsita, em meados de 1980 o estado do Rio Grande Norte foi o percussor na produção de gesso (APOLINARIO, 2015).

Figura 1 – Máquinas na extração da gipsita



Fonte: Site Siqueira Mineração (2013).

## 2.2 Processamento

O método de processamento é basicamente pela extração, seguida de britagem, moagem e calcinação do mineral gipsita. Após a extração, utilizam-se britadores de mandíbula e moinhos de martelo como mostra a figura 2. As rochas de gipsita são britadas com o objetivo de reduzir sua granulometria, em torno de 20 mm, após diminuir a gipsita extraída da mina para um produto mais fino, essa pode ser conduzida em esteira para a usina. Adequando ao forno de calcinação para a produção do gesso e remover materiais e contaminantes, realizadas por meio da separação granulométrica e em determinados casos, por filtração para a purificação da gipsita (APOLINARIO, 2015).

A calcinação é a etapa mais importante no processo de produção, sua obtenção consiste num aquecimento não muito elevado, quando calcinada à temperatura de 160°C. Esse processo de calcinação pode ser realizado em diferentes tipos de fornos, os quais devem assegurar uma distribuição e desidratação regular do material. A calcinação pode ser obtida por via seca ou por via úmida, podendo ocorrer em fornos sob pressão atmosférica ou em autoclaves, sendo um processo térmico pelo qual a gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é desidratada (MUNHOZ, 2008).

A hidratação do gesso ocorre à reação química do pó com a água, o gesso misturado com a água forma uma pasta homogênea e consistente, em poucos minutos a pasta torna-se trabalhável, em seguida a consistência aumenta, passa a ganhar resistência e endure. O gesso é denominado como um ligante hidrófilo. Os ligantes hidrófilos se classificam em hidráulicos ou aéreos, no caso o gesso é classificado como ligante hidrófilo aéreo, pois ao ser misturado com a água forma uma pasta que endurece ao ar e a pasta endurecida, com ou sem outros materiais inclusos, não é resistente à água. (MUNHOZ, 2008). Do ponto de vista prático a pega do gesso se encerra em cerca de duas horas.

Figura 2 – Britadores de mandíbula e moinhos de martelo



Fonte: Site Siqueira Mineração (2013).

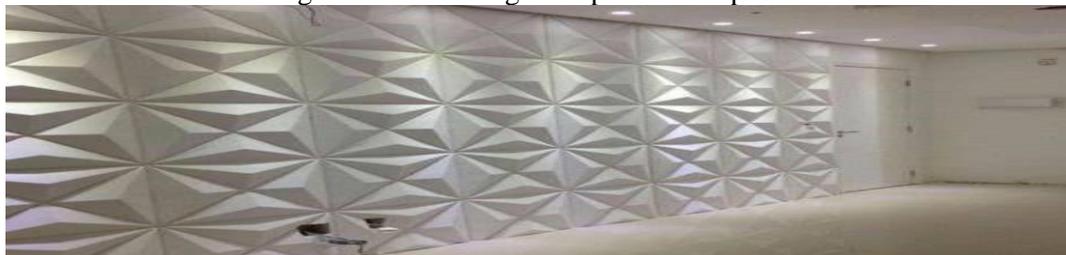
## 2.3 Gesso na construção civil

O gesso tem algumas propriedades que favorecem a sua aplicação como material para construção, como exemplo, a pega e endurecimento rápido, plasticidade da pasta, bom acabamento na superfície, estabilidade volumétrica, boa isolamento térmica, acústica e resistência ao fogo (ALVES, 2007).

A aplicação do gesso para revestimento é empregada para revestir paredes e tetos de ambientes internos e secos como mostra a figura 3 e 4. Gesso para fundição é o material

aplicado na fabricação de pré-moldados, placas para forro, blocos de gesso e chapas de gesso acartonado (Drywall), utilizados para fazer paredes divisórias e forros (MUNHOZ, 2008).

Figura 3–Placas de gesso aplicadas na parede



Fonte: Próprio autor (2020).

Figura 4–Placas de gesso sendo instaladas (forro)



Fonte: Próprio autor (2020).

É durante o processo de aplicação que se gera grande parte dos resíduos de gesso de construção. Os desperdícios em obra são de aproximadamente 45%, os principais motivos do grande desperdício de gesso durante sua aplicação, se dá devido a mão de obra não qualificada e o tempo de pega, pois o gesso é um material de pega rápida e, portanto requer um trabalho de execução qualificado sem perda de tempo, do contrário o material endurece e é descartado (ALVES, 2007).

## 2.4 Resíduos de gesso da construção

O gesso sendo um dos materiais mais desperdiçado durante uma obra. A perda de parte do material pode ser justificada pelo tempo de trabalho útil do gesso antes de ocorrer o endurecimento, ser curto e pela falta de preparo na mão de obra para aplicação. O volume de resíduo gerado durante o uso do gesso constitui um problema de ordem econômica e ambiental.

Quando descartado de forma inadequada em aterros, pode acarretar sérios problemas ambientais devido as suas características físicas e químicas, que em contato com ambiente pode se tornar tóxico. A facilidade de solubilidade promove a sulfurização do solo, que acaba criando bolsões onde desestabiliza o terreno e também ocorre a contaminação do lençol freático. A incineração do gesso também pode produzir o dióxido de enxofre, um gás tóxico. O gesso pode emitir gás sulfídrico, que é inflamável e altamente tóxico, além de contaminar o solo e lençóis freáticos, causando problemas econômicos e relevantes impactos ecológicos (CAETANO et al., 2017).

Conforme Santos et al. (2014) a destinação final do gesso gera sérios problemas ambientais, como a formação de gás sulfídrico ( $H_2S$ ), que é tóxico e altamente inflamável, e a alteração da composição química dos solos e das águas. Com isso, vários problemas de saúde estão relacionados à poeira gerada pelos resíduos de gesso. Uma grande preocupação, em relação à gestão e gerenciamento dos resíduos de gesso, com métodos para se reduzir o consumo de recursos naturais e a degradação ambiental, possibilitando a melhor qualidade de

vida da população, sendo a reciclagem uma das principais etapas utilizadas para o gerenciamento de resíduos.

Os entulhos oriundos das construções geram desperdícios de materiais, custos de remoção e tratamento, diversos órgãos e empresas buscam regulamentar e implantar o processamento do entulho e reutilização destes materiais, de forma sustentável e econômica, proporcionando materiais ecologicamente corretos, reduzindo impactos ao meio ambiente. Todo resíduo deve ser disposto em lugares adequados com licença para receber este material.

O CONAMA (2002) indica que a classificação do gesso de Classe C foi alterada (ou seja, materiais que devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas), para a Classe B (ou seja, materiais que deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados para áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura). Passa-se para a categoria de reciclagem obrigatória, já que o seu resíduo pode ser reciclado, mantendo as mesmas propriedades físicas e mecânicas. Os materiais que são passíveis de reaproveitamento por processos de reciclagem devem ser destinados a centros específicos para este processo.

Soken (2015) afirma que no Brasil, são estimados 5% do gesso acortonado e 30% do gesso de revestimento são transformados em resíduo durante a construção.

Existem diversas maneiras de utilização destes resíduos. Pode-se utilizar na área de construção civil, como fabricação de pré-moldados de gesso, reprocessando os resíduos, na agricultura para controle do pH do solo e secagem de esgoto (APOLINARIO, 2015).

## **2.5 Processos de reciclagem do gesso**

Para Alves (2007) o processo de reciclagem é mais complexo que o processo de produção a partir da matéria-prima. Com tudo exige mais mão de obra, para remoção de contaminantes, sendo necessário um sistema de segregação dos resíduos de gesso, a granulometria representa a distribuição dos tamanhos dos seus grãos, sendo um indicador da plasticidade da pasta e lisura da superfície de acabamento. As temperaturas de calcinação mais elevadas produzem maiores tempos de pega da pasta, que podem ser elevadas ainda mais se o gesso sofrer uma segunda cozedura.

A granulometria também influencia nos tempos de pega, serão menores para gessos com granulometria muito fina, em razão do aumento da superfície específica para hidratação, às pastas de gesso reciclado apresentam melhor trabalhabilidade, as misturas deste apresentam uma consistência pastosa, o fator água/gesso afeta diretamente a consistência da pasta, que está relacionada com a temperatura e tempo de calcinação do gesso (SOKEN, 2015).

De acordo com Apolinario (2015) a temperatura de calcinação e o módulo de finura influenciam na resistência do gesso, obtendo maior resistência com calcinação a temperaturas mais elevadas ou na moagem com elevada finura. A água de amassamento também exerce influência na resistência mecânica do gesso. A resistência à compressão é um dos indicadores da resistência mecânica e representa a capacidade que um determinado corpo tem para resistir aos esforços de compressão axial.

## **2.6 Materiais utilizados**

Para elaboração da pesquisa realizou-se estudos através de pesquisa bibliográfica sobre a utilização e descarte do gesso, estudo sobre os meios de uso e como adotá-lo pode beneficiar o meio ambiente, para o estudo comparativo de uso do gesso comercial e uso de gesso reciclado e suas aplicações. Utilizaram-se experimentos laboratoriais para cálculo de resistência, tempo de pega, cura do material, durante o processo de reciclagem em relação à produção convencional.

Foram feitas pesquisa de campo em obras comerciais nas cidades de Ceres e Rialma para coletar dados e informações de como são executados os serviços prestados pelas empresas que trabalham com gesso.

A pesquisa foi realizada em obras de maior porte para adquirir informações, dados, imagens para elaboração de tabelas sobre os dados apresentados e as informações adquiridas para melhor entendimento, com isso realizamos comparativo para fazer experimentos no laboratório.

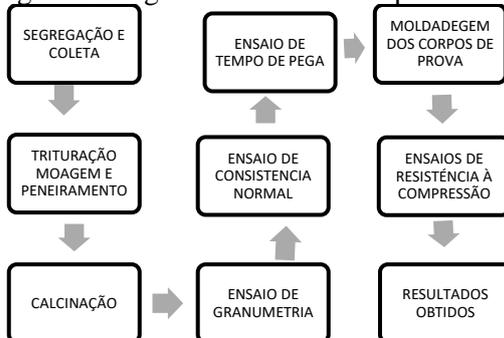
Para o experimento em laboratório, coletou-se material proveniente de resíduos gerados dos serviços nos canteiros de obras, triagem para separação destes resíduos, coletou-se dados quantitativos, meios físicos que apresentam grau de granulometria, com outros agregados, dentre outros.

Após a separação das amostras de resíduos coletadas in loco, foram submetidas a ensaios de granulometria, calcinação, tempo de início de pega, tempo de fim de pega e resistência á compressão. Utilizaram-se moldes para confecção de corpos de provas cilíndricos com dimensões 100x50 mm que foram ensaiados para os testes realizados em laboratório, de acordo com os seguintes passos:

Conforme as normas NBR 12127 ( ABNT 2017) ensaio de granulometria, NBR 13207 ( ABNT 2017) ensaio de calcinação, NBR 12128 ( ABNT 2017) ensaio de consistência normal, NBR 13207 ( ABNT 2017) ensaio de tempo de pega e NBR 12129 ( ABNT 2017) ensaio de resistência a compressão, o experimento desenvolvido no laboratório da UnieEvangélica – Campus Ceres.

O diagrama da figura 5 ilustra a metodologia utilizada das normas, cujas atividades das etapas estão descritas na sequência.

Figura 5-Diagrama do trabalho experimental



Fonte: Autoria própria.

## 2.7 Segregação e Coleta

A Segregação e coleta fazem parte da etapa de obtenção do resíduo de gesso nos canteiros de obra, onde a coleta pode ser realizada em parceria com transportadores capacitados na remoção dos mesmos e encaminhar para empresa de reciclagem. Para este experimento, a segregação e a coleta foram feitas em obras na cidade de Ceres – GO, onde se realizava a reforma do ambiente e já estava sendo aplicado as placas de gesso conforme figura 6 e figura 7.

Figura 6- Local de aplicação na construção civil



Figura 7- Resíduos gerados de sobras e material danificado



Fonte: Autoria própria.

Para realizar as análises em laboratório, foi coletada a quantidade de 30 kg de resíduo de gesso. Primeiramente, o material foi coletado após a retirada da obra, e trazida para a trituração.

O descarte de resíduos de gesso é feito juntamente com outros tipos de resíduos da construção civil como mostram as figuras 8 e 9, não havendo separação adequada para o descarte desses resíduos e posteriormente são despejados em lixões inadequados.

Figura 8-Descarte de resíduos



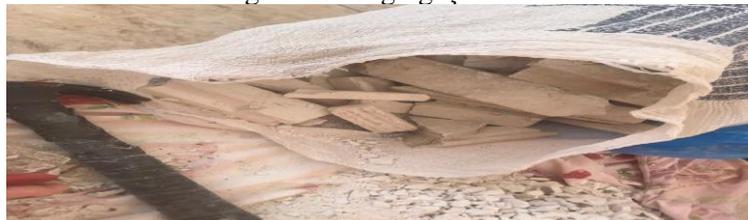
Figura 9- Resíduos coletados para o experimento



Fonte: Autoria própria.

Depois de realizada a coleta do resíduo de gesso como mostra a (figura 10) executou-se a segregação do material, eliminando outros tipos de agregados e impurezas, onde foi feito manualmente e com auxílio de uma trincha e escova para limpeza.

Figura 10- Segregação dos resíduos



Fonte: Autoria própria

## 2.8 Trituração e Moagem

O primeiro passo para moagem e peneiração, que tem por finalidade a redução dos pedaços para materiais com granulometria abaixo de 20 mm, melhor para moagem que tem por objetivo diminuir a granulometria, buscando melhor homogeneização do resíduo e redução do tempo necessário para o processo de peneiramento. Para realização dessa etapa utilizou-se martelo e marreta para diminuir a granulometria e posteriormente para moagem usou-se um pilão (figura 11).

Figura 11- Trituração dos resíduos



Fonte: Autoria própria.

Após realizar a moagem dos resíduos no pilão, obteve 28 kg de resíduos de gesso, onde teve perdas porque não estava sendo usado um material adequado para trituração e moagem (figura 12).

Figura 12-Moagem do resíduo de gesso e obtenção de 28 kg



Fonte: Autoria própria.

Para ser peneirado foi usada uma peneira com aberturas de 1,18mm, para já ser realizado o ensaio de calcinação como mostra a baixo (figura 13 e 14).

Figura 13- Peneira utilizada 1,18mm



Fonte: Autoria própria, laboratório Unievangélica

Figura 14- Resíduo após realizado peneiramento



Fonte: Autoria própria

## 2.9 Calcinação

Segundo a NBR 12127 (ABNT,1991) nessa etapa para o ensaio é necessário estufa de secagem com circulação natural, que permita elevação de temperatura até 200 °C (figura 15). O resíduo de gesso foi colocado em formas metálicas, onde se levou para a estufa, fazendo-se a desidratação do material em 24h, a uma temperatura de 150 °C (figura 16). Após esse processo deixou-se o material na estufa por 4 h para diminuir a temperatura e em seguida realizou-se a retirada do material, garantindo assim que o resíduo de gesso recupere as suas propriedades químicas e físicas e que consiga ser utilizado novamente como aglomerante.

A figura 15 mostra a estufa onde o resíduo ficou por 24h a uma temperatura de 150°C

Figura 15- Estufa para processo de calcinação



Figura 16- Estufa utilizada em laboratório



Fonte: Autoria própria.

Após o processo de calcinação, o material ficou por 7 dias armazenado em sacos plásticos para iniciar os testes de granulometria.

## 2.10 Granulometria

O ensaio de granulometria determina a classificação de partículas quanto ao tamanho do pó de gesso, serve para conhecer a finura e o tamanho dos grãos. No entanto, para o desenvolvimento do ensaio foram feitos testes de peneiramento em peneira nº 100, com abertura de 0,149 mm, peneira nº 200, com abertura de 0,074 mm podemos ver a baixo (figura 17).

Figura 17- Peneiras utilizadas



Fonte: Autoria própria.

Para determinação do ensaio de granulometria pesou-se 210g da amostra devidamente homogeneizada e preparada como mostra (figura 18).

Figura 18-Material separado, identificado e pesado



Fonte: Autoria própria.

Depois de o gesso separado, o material foi identificado e pesado, fazendo constar as informações no relatório de ensaio, iniciou-se o peneiramento, segurou-se a peneira ligeiramente inclinada e sacudiu-se a uma velocidade de 120 movimentos por minuto, para que o gesso se espalhasse uniformemente. A cada 25 movimentos girou-se a peneira a 90°, durante o peneiramento dava-se golpes suaves no rebordo do interior do caixilho com o cabo do pincel para facilitar o desprendimento das partículas aderidas à tela e à parede da peneira. O peneiramento foi considerado terminado quando entre duas pesagens a massa que passou foi menor que 0,4 g, conforme ilustram as figuras 19e 20.

Figura 19- Peneiramento do gesso reciclado



Fonte: Autoria própria.

Figura 20- Peneiramento do gesso comercial



Fonte: Autoria própria.

A NBR 12127 (ABNT, 1991) determina classificações físicas do gesso para construção civil de acordo com a granulometria encontrada podemos ver na (tabela 1).

**Tabela 1:** Classificações físicas do gesso para construção civil

Classificação do gesso	Tempo de pega		Módulo
	(min)		De
	(NBR 12128)		Finura
	Início	Fim	(NBR 12127)
<b>Gesso fino para revestimento</b>	> 10	> 45	< 1,10
<b>Gesso grosso para revestimento</b>	> 10	> 45	> 1,10
<b>Gesso fino para fundição</b>	4 - 10	20 - 45	< 1,10
<b>Gesso grosso para fundição</b>	4 - 10	20 - 45	< 1,10

## 2.11 Consistência Normal

A consistência normal na qual a relação água/gesso determinada pela NBR 12128 (ABNT, 1991), obtém uma fluidez da pasta adequada à manipulação de acordo com as exigências químicas. A amostra foi pesada e inserida água até obter uma pasta uniforme, onde a mistura da pasta foi transferida imediatamente para o molde.

Utilizou a sonda cônica e baixou-se até a superfície da pasta do centro do molde. Leu-se escala e deixou-se descer lentamente a haste, quando se cessou a penetração, leu-se novamente e escala. A consistência é considerada normal quando for obtida uma penetração de 30 mm + 2 mm.

Neste ensaio de consistência normal preparou-se a amostra conforme procedimento da norma 12128 (ABNT, 1991), utilizou-se 400 g de gesso reciclado quanto para o gesso comercial, no entanto, para relação de água/gesso foram feitas adições de água até a consistência desejada.

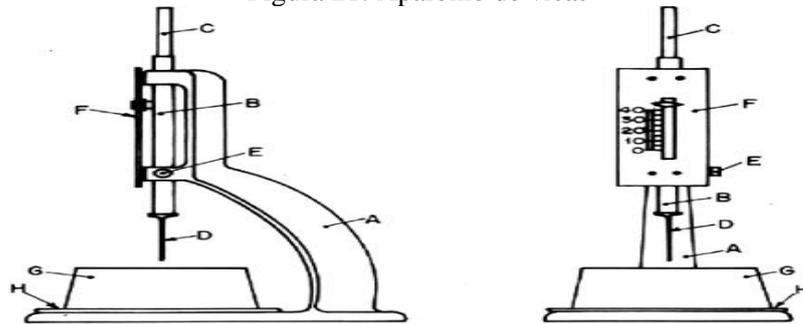
## 2.12 Tempo de pega

O tempo inicial de pega e tempo final de pega é estabelecido através da conferência de penetração da agulha do aparelho de vicat como mostra (figura 21) na pasta do molde. A agulha é inserida no molde e aos poucos se permite a penetrabilidade da mesma na pasta.

Moldou-se um corpo de prova e levou-se para aparelho de vicat para analisar o tempo de início e fim de pega, sendo analisado no instante em que agulha para 1 mm de distância da

base, já que o fim de pega é dado pelo momento em que a agulha não consegue a penetração na amostra.

Figura 21: Aparelho de vicat



Fonte: Da internet

Para realização do ensaio utilizou-se 400 g de resíduo de gesso podemos ver a (figura 22), em posteriormente colocou-se o material pesado em um recipiente, adicionou-se 325 mL de água, fazendo-se movimentos circulares até obter uma pasta uniforme como mostra (figura 23). Para gesso comercial utilizou-se 400 g de gesso e 285 mL de água.

Figura 22- Pesagem do gesso reciclado



Fonte: Autoria própria.

Figura 23- Mistura da pasta



Fonte: Autoria própria.

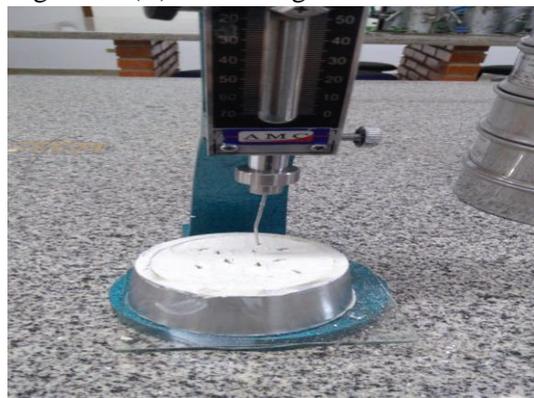
Após o procedimento da preparação da pasta transferiu-se imediatamente a pasta para o molde como mostra (figura 24). Iniciaram-se as análises de tempo de início e fim de pega. Acionado o cronômetro para verificação do tempo de pega, começou-se a realizar as aplicações da ponta da agulha sobre a pasta, foram realizadas nove no reciclado, e seis no comercial, aplicação na pasta do gesso em lugares diferentes até o completo endurecimento da pasta, ou seja, fim de pega.

Figura 24 (A)- Pasta de gesso reciclado



Fonte: Autoria própria.

Figura 24 (B)- Pasta de gesso comercial



Fonte: Autoria própria

### 2.13 Resistência a Compressão

Para o ensaio de resistência à compressão recomendado pela NBR 12129 (ABNT, 1991), uma quantidade de água de amassamento, representada pelo fator água/gesso e as condições ambientais de endurecimento, que interfere substancialmente na resistência do gesso foram levadas em consideração para análise.

Para o ensaio utilizou-se formas cilíndricas de 5cm x 10cm na moldagem para os corpos de prova, para a preparação dos corpos de prova aplicou-se uma película de óleo na parte interna do molde, logo ajustou-se firmemente os corpos de prova, a fim de evitar vazamentos durante a moldagem como mostra (figura 25 e 26).

Após a moldagem dos corpos de provas esperou-se o completo endurecimento da pasta, que pode ser considerada pelo fim isotérmica, logo se identificou os corpos de prova na superfície deixada secar sob ar circulante como mostra (figura 27), até a massa constante. Após isso, o ensaio consiste na aplicação de uma carga, assim cada corpo de prova de gesso foi aplicado, passando a ter valores quantitativos e significativos para a resistência da peça.

Figura 25- Corpos de prova fabricados gesso convencional



Fonte: Autoria própria.

Figura 26- Corpos de prova fabricados gesso reciclado



Fonte: Autoria própria.

Figura 27 A- Corpos de prova



Figura 27 B- Corpos de prova confeccionados



Fonte: Autoria própria.

Na realização deste ensaio foram utilizadas dez amostras, tanto para o gesso reciclado quanto para o gesso comercial. Só foram ensaiadas as amostras após a constância da massa, ou seja, após a mistura parar de perder umidades, para que houvesse um parâmetro de comparação como mostra (figura 28a e 29b).

Figura 28 a- Prensa utilizado em laboratório



Figura 29 b- Detalhe da amostra



Fonte: Autoria própria

A norma NBR 12129 (ABNT, 1991), descreve que o gesso tem de garantir limites maiores que 8,40 Mpa de resistência à compressão.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com o experimento apresentam dados importantes, o ensaio de granulometria é de fundamental importância, pois é uma das propriedades que mostra a melhor aplicação para o gesso. O módulo de finura dá uma ideia de finura do material, uma vez que representa uma medida da quantidade de material retida nas peneiras. Assim, à medida que aumenta o módulo de finura, tem-se um gesso mais fino, com maior área específica e para os maiores valores de módulo de finura, tem-se um gesso mais grosso, com menor área específica. (FERREIRA, 2018).

Realizado o processo de peneiramento e anotado os valores retidos e passantes, pode-se obter o resultado do material retido de cada peneira. Abaixo, ensaio com respectivos valores obtidos como mostra a (tabelas 2 e 3), as tabelas mencionadas a seguir tem por objetivo uma melhor comparação da finura entre os materiais, utilizando duas peneiras, n° 100 e n° 200, que são utilizadas para materiais pulverulentos.

Os resultados de granulometria utilizaram-se a peneira n° 200, abertura de 0,074 mm, passou uma quantidade mínima apresentou resultado como material passante para o gesso reciclado que foi 02,03 g, para o gesso comercial teve resultado como material passante de 05.09g.

**Tabela 2:** Granulometria do gesso reciclado'

**Gesso Reciclado**

<b>PENEIRAS UTILIZADAS</b>	<b>MATERIAL PASSANTE</b>	<b>MATERIAL RETIDO</b>	<b>TEMPO DE PENEIRAMENTO</b>
PENEIRA 100mm	52.13g	157.87g	01:30:00
PENEIRA 200mm	02,03g	50,10 g	00:40:00

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 3:** Granulometria do gesso comercial

**Gesso Comercial**

<b>PNEIRAS UTILIZADAS</b>	<b>MATERIAL PASSANTE</b>	<b>MATERIAL RETIDO</b>	<b>TEMPO DE PENEIRAMENTO</b>
PENEIRA 100mm	58.43g	151.57g	01:30:00
PENEIRA 200mm	05.09g	53.34g	00:40:00

Fonte: Autoria própria.

O gesso reciclado na peneira de 200 mm tem um pouco de material passante. E o gesso comercial também teve resultado de material passante como mostra a (figura 30).

Figura 30- Detalhe do material passante na peneira de 200 mm  
(A) Gesso Reciclado (B) Gesso Comercial



Fonte: Autoria própria.

Abaixo, imagens das peneiras dos ensaios de granulometria encontrados para gesso reciclado como mostra a (figura 31) e para gesso comercial podemos ver a (figura 32).

Figura 31- Granulometria do gesso reciclado



Fonte: Autoria própria.

Figura 32- Granulometria do gesso comercial



Fonte: Autoria própria.

A relação de água/gesso foi de 0,80 % para o gesso reciclado, já para o gesso comercial a relação foi de 0,72 %. A relação de água/gesso é maior no caso do gesso reciclado, pelo motivo dele ter maior volume de material.

Observa-se que o gesso comercial apresenta menor volume, porém com maior peso, conforme ilustra a figura 33, em relação à quantidade de material. A diferença de volume de gesso pode ter ocorrido em virtude do tempo de moagem, formato dos grãos e pelo tipo de moedor utilizado.

Figura 33- Imagem de ensaio de consistência normal

(A) 210,08 g Gesso reciclado

(B) 210,03 g Gesso comercial



Fonte: Autoria própria

A relação da água/gesso foi de 0,80 % para gesso reciclado, e para o gesso comercial foi de 0,72 %.

Para os resultados dos tempos de pega foram feitas duas comparações, duas para o gesso reciclado e duas para o gesso comercial, para melhor análise dos resultados obtidos.

Seguem os resultados como mostra a (tabela 4) para gesso reciclado e gesso comercial

**Tabela 4:** Classificações físicas do gesso para construção civil  
**1º Análise do tempo de pega (aparelho de Vicat)**

<b>Gesso Comercial</b>		
TEMPO INICIAL DA PEGA	TEMPO	PENETRAÇÃO
-	8min	17mm
-	10min	19mm
-	11min	22mm
-	13min	27mm
TEMPO DE FINAL DE PEGA	15min	FIM

**2º Análise do tempo de pega (aparelho de Vicat)**

<b>Gesso Reciclado</b>		
TEMPO INICIAL DA PEGA	TEMPO	PENETRAÇÃO
-	5min	7mm
-	10min	17mm
-	11min	20mm
-	13min	24mm
-	15min	27mm
-	19min	30mm
-	20min	34mm
-	22min	37mm
TEMPO DE FINAL DE PEGA	25min	FIM

Fonte: Autoria própria

Observa-se os resultados que o gesso reciclado teve início ao tempo de pega com medição aos cinco minutos com penetração de 7mm e fim de pega aos vinte e cinco minutos, já o gesso comercial teve início de pega com medição aos oito minutos com penetração de 17mm e com tempo final de pega com quinze minutos. Representando 208% do tempo de pega do gesso comercial.

O resultado de resistência à compressão, no qual define a densidade aparente no gesso no momento de sua ruptura, obteve resultados como mostra na tabela e o gráfico seguintes:

**Tabela 5-** Ensaio de resistência à compressão do gesso reciclado

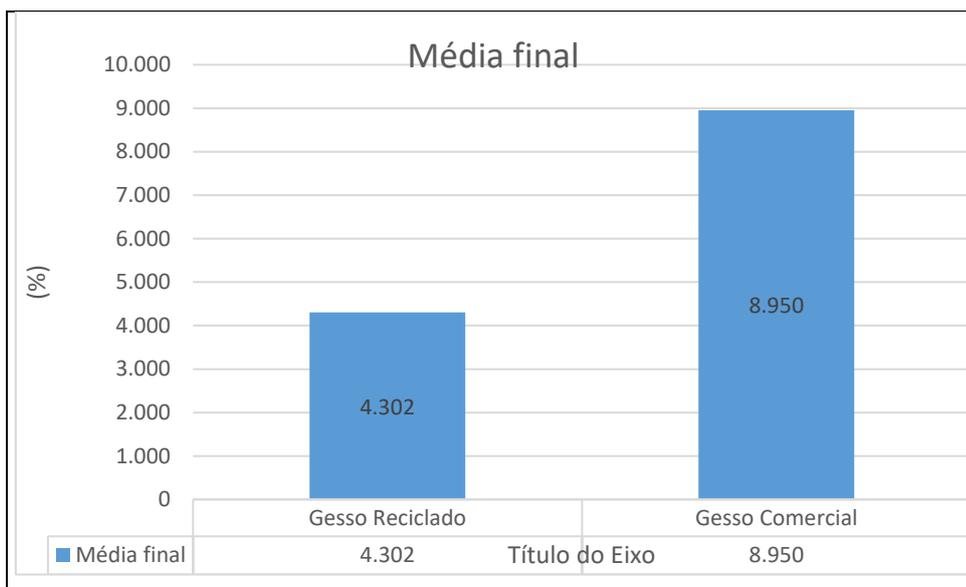
<b>Relatório de Ensaio de Compressão</b>		
<b>Gesso Reciclado</b>		
Corpo de Prova	Seção Inicial (mm <sup>2</sup> )	Força Max e Tensão
CP1	0	6.214
CP2	0	5.216
CP3	0	5.147
CP4	0	3.213
CP5	0	4.521
CP6	0	5.487
CP7	0	3.246
CP8	0	2.142
CP9	0	3.293
CP10	0	4.541
<b>Média final</b>	-	4.302

**Tabela 6-** Ensaio de resistência à compressão do gesso comercial

<b>Relatório de Ensaio de Compressão</b>		
<b>Gesso Comercial</b>		
Corpo de Prova	Seção Inicial (mm <sup>2</sup> )	Força Max e Tensão
CP1	0	9.467
CP2	0	8.865
CP3	0	8.263
CP4	0	7.610
CP5	0	11.88
CP6	0	9.172
CP7	0	8.568
CP8	0	10.81
CP9	0	8.931
CP10	0	6,021
<b>Média final</b>	-	<b>8,95</b>

Fonte: Autoria própria

**Gráfico 1-** Média gesso comercial e reciclado.



Fonte: Autoria própria

O gesso reciclado apresentou valor médio de 4,303 Mpa, já o gesso comercial apresentou valor médio de 8,95 Mpa. O gesso reciclado ficou abaixo do exigido pela resistência à compressão (NBR 12129) maior que 8,40 Mpa. Portanto, pode-se aumentar a temperatura de calcinação do resíduo de gesso.

## 4 CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho observa-se que a indústria da construção civil é grande geradora de impactos ambientais, a expressiva quantidade de resíduos gerados e o descarte inadequado nos remetem à necessidade urgente de uma ação conjunta da sociedade, poderes públicos, setor industrial da construção civil na busca de soluções eficazes para minimizar os impactos socioambientais, preservar recursos naturais, por tanto esses recursos são uma solução correta e viável, podendo realizar a reciclagem do resíduo.

No decorrer deste material buscou-se apresentar e discutir assuntos relacionados à gestão de resíduos, novos recursos para reciclagem, sua concepção baseia-se na segregação dos resíduos no canteiro, de forma a reaproveitá-los ou conduzi-los à destinação adequada e no incentivo à redução da geração de resíduos da construção. A reciclagem do gesso é um fator fundamental para o desenvolvimento sustentável.

Para que isso aconteça, é necessário reestudar os processos, visando estabelecer formas de evitar a geração de resíduos. Além de reduzir, reutilizar e reciclar é preciso, antes de tudo, repensar na real necessidade de utilização e meios de aplicação.

O foco do trabalho obteve-se no estudo de caso, um levantamento de dados que demonstram que o resíduo de gesso depois de submetido ao processo de moagem e calcinação a 150° C e análise dos tempos de início e tempos de fim de pega descrevem um grande potencial para a reutilização, como objetivo foi realizado um estudo de caracterização e avaliação de conformidade de amostras de gesso reciclado e comercial, esse estudo permitiu avaliar os requisitos, métodos de ensaios, baseados em especificações das normas brasileiras voltadas para gesso.

O estudo consistia em verificar a possibilidade de reutilização do resíduo de gesso. Portanto, conclui-se que é possível tecnicamente produzir um material equiparável ao gesso comercial, adequando ao tempo de calcinação e relação água/gesso.

Conclui-se que em relação à granulometria, o gesso reciclado apresentou finura maior que o do gesso comercial, quanto à consistência normal percebeu-se que o gesso reciclado necessita de maior quantidade de água/gesso do que o gesso comercial, quanto aos tempos de pega constatou-se que o gesso reciclado apresentou tempos de início e final de pegas maiores do que o gesso comercial, permitindo assim melhor trabalhabilidade com a pasta evitando o desperdício devido a tempo de pega da mistura.

Quanto aos resultados de resistência à compressão: verificou-se que os valores variam e necessitam de aumentar o tempo de calcinação e diminuir a relação água/gesso.

Com base nos resultados obtidos, fica viável reciclar resíduos de gesso para reutilização na construção civil por meio do aumento de temperatura no processo de calcinação desse material. Visto que o descarte por muitas vezes é realizado de forma inadequada. Com o processo de reciclagem evita-se a contaminação do solo, contribuindo de forma sustentável e econômica para obra, mantendo as propriedades físicas e mecânicas do gesso comercial.

## REFERÊNCIAS

ALVES, D. C. **Reciclagem e reutilização do gesso descartado na construção civil**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenheiro Civil) – Curso de Engenharia Civil da Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade São Francisco, Itatiba, 2007.

APOLINARIO, G. M. **Reutilização do resíduo de gesso da construção civil**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

**NBR 15.758**: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall: Rio de Janeiro, 2009.

**NBR 15.113**: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – aterros – diretrizes para projeto, implantação e operação: Rio de Janeiro, 2004.

**NRB 13207**: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. gesso para construção civil: requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

**NBR 12129**: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. gesso para construção: determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 1991.

**NBR 12128**: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. gesso para construção: determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro, 2017.

**NBR 12127**: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. gesso para construção: determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 1991.

BERNHOEFT, L. F.; GUSMÃO, A. D.; TAVARES, Y. V. P. **Influência da adição de resíduo de gesso no calor de hidratação da argamassa de revestimento interno**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.11, n.2, p.189-199, abr./jun. 2011.

CAETANO, D. S.; COSTA, P. H. M. **Análise das práticas utilizadas para o gerenciamento dos resíduos de gesso da Construção Civil: Estudo de caso no município de Maceió – AL**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) CESMAC, Maceió, 2017.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 307.2002**. Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br). Acesso em: 20 abr. 2020.

FERREIRA, F. C.; SOUSA, J. G. G. de; CARNEIRO, A. M. P. **Caracterização mecânica do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araípe**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n.4, p. 207-221, out./dez. 2019.

MUNHOZ, F. C. **Utilização do gesso para fabricação de artefatos alternativos, no contexto de produção mais limpa. 2008. 164p. Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

PINHEIRO, Sayonara Maria de Moraes. **Gesso Reciclado: Avaliação de Propriedades para Uso em Componentes.** Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2011. 352p. Tese (Doutorado). Departamento de Arquitetura e Construção, UNICAMP, 2011.

SANTOS, P. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S. D.; BARROS, M. F. C.; SILVA, E. F. F. **Uso de resíduos de gesso com corretivo em solo salino-sódico.** Pesq. Agrope. Trop., Goiânia, v.44, n.1, p.95-103, jan./mar. 2014.

SIQUEIRA MINERAÇÃO. **Estrutura.** Site da construtora Siqueira Mineração, Ipubi – PE, 2013. Disponível em: <http://www.siqueiraminerao.com.br/estrutura>. Acesso em 07 jun. 2020.

SOKEN, E. M. **Reaproveitamento do gesso descartado na construção civil em cerâmica vermelha.** 2015. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Londrina, 2015.