

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CAMPUS DO SERTÃO

ENGENHARIA CIVIL

HILDEGARD ANGELO DE MIRANDA JUNIOR

**AVALIAÇÃO DO USO DE ADITIVO HIDROFUGANTE NO GESSO
PARA CONSTRUÇÃO**

DELMIRO GOUVEIA

2023

HILDEGARD ANGELO DE MIRANDA JUNIOR

AVALIAÇÃO DO USO DE ADITIVO HIDROFUGANTE NO GESSO PARA CONSTRUÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Campus do Sertão como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Alexandre Nascimento de Lima

Coorientadora: Profa. Dra. Regina Camara Lins

DELMIRO GOUVEIA

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

M672a Miranda Júnior, Hildegard Ângelo de

Avaliação do uso de aditivo hidrofugante no gesso para construção /
Hildegard Ângelo de Miranda Júnior. - 2023.
73 f. : il.

Orientação: Alexandre Nascimento de Lima.
Coorientação: Regina Câmara Lins.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas.
Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2023.

1. Construção civil. 2. Gesso. 3. Aditivo hidrofugante. 4. Materiais.
5. Propriedades físicas e mecânicas. I. Lima, Alexandre Nascimento de.
II. Lins, Regina Câmara. III. Título.

CDU: 666.9.035

HILDEGARD ANGELO DE MIRANDA JUNIOR

AVALIAÇÃO DO USO DE ADITIVO HIDROFUGANTE NO GESSO PARA CONSTRUÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal
de Alagoas - UFAL, Campus do Sertão como
requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Alexandre Nascimento de
Lima

Coorientadora: Prof. Dra. Regina Camara Lins

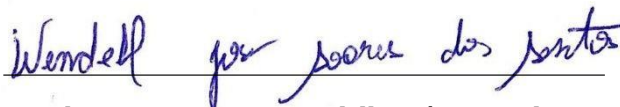
Banca examinadora:



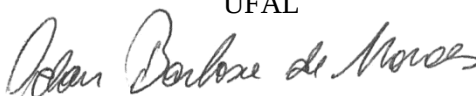
Orientador – Prof. Msc. Alexandre Nascimento de Lima, UFAL

 Documento assinado digitalmente
REGINA CAMARA LINS
Data: 14/08/2023 20:35:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Coorientadora – Profa. Dra. Regina Camara Lins, UFAL



Examinador Interno - Msc. Wendell José Soares dos Santos,
UFAL



Examinador Interno - Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes, UFAL

Agradeço de coração aos meus pais, que dedicaram suas vidas para tornar este sonho possível. Agradeço também à minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo todo o apoio necessário durante toda a jornada. E acima de tudo, sou imensamente grato a Deus, que tem sido a minha fonte de força e inspiração para perseverar e lutar por esse objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por todas as bênçãos concedidas ao longo dessa jornada. Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha família pelo constante apoio, amor e encorajamento em todas as etapas da minha formação. Aos meus professores, que compartilharam seu conhecimento e dedicaram seu tempo para me orientar e inspirar, meu sincero agradecimento. Também sou grato aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante os momentos bons e difíceis, oferecendo seu apoio e colaboração.

Gostaria de destacar e expressar meu especial agradecimento aos orientadores Alexandre, Regina e ao técnico do laboratório, Arnon, pelo incansável esforço, dedicação e valioso auxílio durante o desenvolvimento deste estudo. A orientação e expertise dos colaboradores foram fundamentais para a realização do estudo.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a minha formação ao longo deste período. Cada pessoa e cada experiência foram valiosas e contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço a todos pelo apoio, encorajamento e confiança em mim depositados.

Em seu coração
o homem planeja o seu caminho,
mas o Senhor determina
os seus passos.
Provérbios 16:9

RESUMO

O gesso é amplamente empregado na construção devido à sua aplicação prática e versatilidade. Apesar disso, o gesso apresenta limitações quando utilizado em áreas com alto teor de umidade. Em vista disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o uso do aditivo hidrofugante como uma alternativa para melhorar as propriedades do gesso utilizado nas construções. Nesse contexto, o desenvolvimento do programa experimental do estudo foi dividido em duas etapas: estudo da caracterização do gesso e avaliação do aditivo nas propriedades físicas e mecânicas no estado endurecido. Foram desenvolvidos os ensaios de granulometria uma vez e massa unitária duas vezes onde foi retirada a média do ensaio, além de no estado endurecido foram produzidos 3 corpos de prova para cada amostra por ensaio. A primeira etapa contemplou a análise granulométrica, a medição da massa unitária e a determinação do tempo de pega. Dois ensaios de tempo de pega foram conduzidos para cada amostra, com diferentes percentuais de dosagem do aditivo hidrofugante: 0,2%, 0,3% e 0,6% em relação à massa do gesso utilizado na amostra. Na segunda etapa, as amostras foram submetidas a um processo de produção, com uma relação água/gesso de 0,7, e mantidas em temperatura ambiente por 7 dias até atingirem a constância de massa. Após esse período, passaram por um dessecador para eliminar a umidade residual. Na sequência, foram submetidas a ensaios de absorção de água, resistência à compressão e dureza, com o objetivo de comparar os resultados com a amostra pura. Os resultados evidenciam que o gesso, em sua forma em pó, está em conformidade com as normas estabelecidas. No que tange às propriedades físicas e mecânicas, embora a adição do aditivo tenha acarretado em uma redução no tempo de pega, juntamente com a diminuição nos índices de absorção e a aproximação dos resultados de resistência à compressão às amostras contendo o aditivo hidrofugante, ainda assim esses valores não atenderam aos critérios mínimos exigidos pela norma para a aplicação do gesso na construção. Contudo, é válido ressaltar que a dureza obteve um notável aumento com a incorporação do aditivo, atendendo às exigências estabelecidas. Em trabalhos futuros, é recomendado reconsiderar alguns fatores importantes, como o processo de desenvolvimento das amostras, o tempo necessário para que as amostras atinjam as características desejadas e a relação água/gesso. A reavaliação desses aspectos poderá resultar em um uso mais eficiente e eficaz do aditivo, permitindo que o gesso atenda às demandas específicas de diferentes aplicações e condições ambientais.

Palavras-chave: Gesso. Construção. Aditivo. Propriedades físicas e mecânicas. Limitações.

ABSTRACT

Gypsum is widely used in construction due to its practical application and versatility. Despite this, gypsum has limitations when used in areas with high moisture content. In view of this, the present work aims to evaluate the use of water repellent additive as an alternative to improve the properties of plaster used in construction. In this context, the development of the study's experimental program was divided into two stages: study of the gypsum characterization and evaluation of the additive in terms of physical and mechanical properties in the hardened state. The granulometry tests were carried out once and unit mass twice where the average of the test was taken, in addition to the hardened state, 3 specimens were produced for each sample per test. The first stage included the granulometric analysis, the measurement of the unitary mass and the determination of the setting time. Two setting time tests were carried out for each sample, with different dosage percentages of water repellent additive: 0.2%, 0.3% and 0.6% in relation to the mass of plaster used in the sample. In the second stage, the samples were subjected to a production process, with a water/plaster ratio of 0.7, and kept at room temperature for 7 days until they reached mass consistency. After this period, they passed through a desiccator to eliminate residual moisture. Subsequently, they were subjected to water absorption, compressive strength and hardness tests, with the aim of comparing the results with the pure sample. The results show that gypsum, in its powdered form, complies with established standards. Regarding the physical and mechanical properties, although the addition of the additive resulted in a reduction in the setting time, together with the decrease in the absorption rates and the approximation of the compressive strength results to the samples containing the water repellent additive, even so these values did not meet the minimum criteria required by the standard for the application of plaster in construction. However, it is worth mentioning that the hardness obtained a notable increase with the incorporation of the additive, meeting the established requirements. In future work, it is recommended to reconsider some important factors, such as the sample development process, the time required for the samples to reach the desired characteristics and the water/gypsum ratio. Reassessing these aspects could result in more efficient and effective use of the additive, allowing gypsum to meet the specific demands of different applications and environmental conditions.

Keywords: Plaster. Construction. Additive. Physical and mechanical properties. Limitations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Placas de gesso	27
Figura 2 - Montagem das chapas de gesso acartonado.....	28
Figura 3 - Execução de revestimento em gesso.....	29
Figura 4 - Peneira para separação granulométrica.....	33
Figura 5 - Aparelho para determinar a massa unitária.....	35
Figura 6 - Aparelho de Vicat	36
Figura 7 - Ensaio de absorção.....	37
Figura 8 - Rompimento dos corpos de prova	39
Figura 9 - Ensaio de Dureza do gesso	40
Figura 10 - Fluxograma das etapas do trabalho experimental.....	41
Figura 11 - (a)Aditivo e pigmento e (b) Gesso Obtido.....	42
Figura 12 - Material necessário para produção das pastas de gesso.....	44
Figura 13 - Molde confeccionado.....	45
Figura 14 - Amostra de gesso	46
Figura 15 - Amostra na estufa	47
Figura 16 - Materiais utilizados no ensaio de massa unitária.....	48
Figura 17 - Aparelho de Vicat	49
Figura 18 - Moldagem das amostras de gesso	50
Figura 19 - Dessecador	51
Figura 20 - Amostra em contato com a água.....	52
Figura 21 - Prensa CBR - MARSHALL	53
Figura 22 - Ensaio de dureza a partir do uso da prensa de adensamento do solo.....	54
Figura 23 - Extensômetro	55
Figura 24 - Resultados do ensaio de Tempo de Pega.....	58
Figura 25 -Absorção de água das amostras	59
Figura 26 - Absorção de água das amostras em temperatura ambiente.....	60
Figura 27 - Ensaio de Resistência à Compressão	62
Figura 28 - Resultados da Resistência à Compressão	63
Figura 29 - Dureza superficial das amostras	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do mineral gipsita	20
Tabela 2 - Requisitos físicos do gesso para construção civil (granulometria via seca).....	34
Tabela 3 - Requisitos físicos do gesso para construção civil (Tempo de pega)	36
Tabela 4 - Matriz Experimental de estudo	43
Tabela 5 - Massa obtida em ensaio.....	56
Tabela 6 - Tempo de pega para pastas de gesso	57
Tabela 7 - Resultados do ensaio de Resistência à Compressão.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais áreas de utilização do gesso	24
Quadro 2 - Identificação dos blocos	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas;

NBR Norma Brasileira Regulamentadora;

UFAL Universidade Federal de Alagoas;

SINAT Sistema Nacional de Avaliações Técnicas.

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
β	Beta
°C	Graus Celsius
a/g	Água/Gesso
mm	Milímetro
ml	mililitro
g	Grama

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Geral	17
1.1.2	Específicos	17
1.2	Estrutura do trabalho	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Histórico do gesso	19
2.2	Produção do Gesso	20
2.3	Tipos de gesso e suas aplicações	22
2.4	Tecnologias empregadas à base de gesso na construção	25
2.4.1	Blocos de gesso	25
2.4.2	Placas de gesso	26
2.4.3	Gesso acartonado.....	27
2.4.4	Revestimento de gesso	29
2.5	Uso do gesso com aditivo hidrofugante	30
2.6	Principais ensaios para avaliação do gesso nas construções.....	32
2.6.1	Ensaio de granulometria do gesso	32
2.6.2	Ensaio da massa unitária	34
2.6.3	Ensaio de tempo de pega	35
2.6.4	Ensaio de absorção de água.....	37
2.6.5	Ensaio de resistência à compressão.....	38
2.6.6	Ensaio de dureza superficial.....	40
3	METODOLOGIA	41
3.1	Matéria-Prima	42
3.2	Pastas de gesso	43
3.3	Caracterização do gesso	45
3.3.1	Granulometria	45
3.3.2	Massa Unitária	47
3.3.3	Tempo de pega	48
3.4	Propriedades físicas.....	49
3.4.1	Preparação das amostras.....	49
3.4.2	Absorção de água	51
3.5	Propriedades mecânicas	52
3.5.1	Determinação da resistência à ruptura na compressão	52

3.5.2	Determinação da Dureza	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1	Granulometria da matéria prima	56
4.2	Massa unitária da matéria prima	56
4.3	Tempo de pega das amostras.....	57
4.4	Absorção de água	59
4.5	Resistência à Compressão.....	61
4.6	Dureza	64
5	CONCLUSÕES	66
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	67
	REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia vem transformando o mundo com avanços em diversos aspectos. Todavia, os impactos ambientais decorrentes dessas transformações não podem ser deixados de lado, tendo em vista os contextos políticos, socioeconômicos e culturais que devem ser analisados em escalas semelhantes.

Nesse contexto, é importante entender que a evolução e a utilização de quaisquer tecnologias geram degradações dos recursos naturais, por meio de geração de resíduos, consumo de energia e de outros insumos. Ademais, é necessário buscar novas atividades direcionadas à diminuição dos impactos na natureza, bem como as discussões, considerando o avanço maciço da população mundial e suas necessidades.

Entre os diferentes recursos encontrados no planeta, o gesso é uma das principais alternativas para que a tecnologia construtiva evolua de maneira positiva, a partir da ideia de diminuição dos impactos ambientais, como a liberação de menos dióxido de carbono e outros gases poluentes na atmosfera (BASSO, 2022). Inquestionavelmente, o material derivado da gipsita possui grande relevância para sociedade em diversos sentidos, além de se enquadrar no processo do desenvolvimento sustentável, tendo em vista sua alta capacidade de reciclagem e reutilização emerge como um ponto crucial, desempenhando um papel significativo na redução de resíduos e na preservação de recursos (BARDELLA, 2011).

O gesso é um material amplamente utilizado por apresentar propriedades vantajosas, tais como: baixo custo, bom isolamento térmico e acústico e resistência ao fogo (MARTIAS; JOLIFF; FAVOTTO, 2014). Além disso, o gesso apresenta diversas vantagens, como ser um material mais leve, financeiramente acessível e fácil de trabalhar, o que o torna uma alternativa promissora para a indústria da construção.

O Brasil detém reservas significativas de gipsitas localizadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (PERES; BENACHOUR; SANTOS, 2008). Nesse contexto, torna-se estratégico ampliar o uso do gesso na construção civil e substituir materiais que causam maiores impactos ambientais, como o cimento e seus derivados. No mercado brasileiro, o gesso para construção pode ser encontrado em três formas: gesso para fundição, revestimento e gessos especiais. Essas variedades oferecem opções flexíveis para o uso do material, atendendo às necessidades de diferentes projetos (CAGNONI e CORDON, 2016).

O gesso, apesar de suas vantagens ambientais e sua ampla aplicação em diversas áreas, possui algumas desvantagens que limitam seu uso em certos ambientes. Como um aglomerante aéreo, ou seja, um material que endurece por reação química com o ar, ele não é adequado para áreas molhadas ou externas, já que sua resistência é afetada pelo contato com a água (BARDELLA, 2011). Dessa maneira, buscam-se alternativas que minimizem as limitações do uso do gesso no processo construtivo através da adição de novas substâncias (aditivos) ao aglomerante, a fim de alterar suas propriedades básicas e potencializar seu uso em ambientes adversos.

Uma das alternativas citadas anteriormente é o uso dos aditivos hidrofugantes ao gesso devido a sua fácil utilização e sua capacidade de repelir a água, possibilitando, portanto, o uso do gesso em áreas úmidas e molhadas (RODRIGUES et al., 2022). Em virtude disso, a difusão do impermeabilizante, feito à base de solvente no mercado de produção, principalmente em blocos de gesso, evidencia-se como uma ótima alternativa para uso em locais com umidade considerável. Todavia, pouco se conhece sobre os efeitos nas demais propriedades do material, tais como: resistência à compressão, durabilidade e capacidade de absorção de água.

Levando em conta os pontos abordados, o presente estudo em questão representa uma investigação dos impactos decorrentes da adição de hidrofugante no comportamento do gesso, objetivando fornecer informações de relevância significativa no sentido de mitigar as limitações encontradas no contexto construtivo. Além disso, a validação do estudo será importante, concernindo que os resultados desse estudo podem nortear o crescimento do uso de gesso nas construções civis.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Investigar o impacto do aditivo hidrofugante em diferentes dosagens nas propriedades físicas e mecânicas do gesso utilizado na construção, visando compreender as mudanças resultantes da adição desse aditivo.

1.1.2 Específicos

- Verificar a viabilidade técnica e eficácia do uso de um aditivo hidrofugante no gesso para construção, analisando seu impacto nas propriedades físicas e mecânicas do gesso;
- Identificar os ensaios de laboratório que permitam avaliar as alterações que o aditivo hidrofugante pode provocar nas propriedades do gesso nos estados fresco e endurecido;
- Aprofundar o conhecimento sobre aditivos hidrofugantes e sua aplicação em produtos de gesso na construção.

1.2 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, os quais são resumidamente descritos a seguir:

- Capítulo 1: Apresentação do tema do gesso e aditivo hidrofugante, enfatizando sua importância e definindo os objetivos do trabalho.
- Capítulo 2: Exploração do histórico, usos e limitações do gesso, juntamente com os conceitos e aplicação de aditivos hidrofugantes, incluindo ensaios de verificação.
- Capítulo 3: O processo metodológico abrange a obtenção dos materiais necessários para avaliação do estudo, e os ensaios realizados para avaliar a eficiência do aditivo hidrofugante.
- Capítulo 4: Apresentação e análise dos resultados dos ensaios, demonstrando a eficácia do aditivo hidrofugante e fornecendo argumentos baseados nos dados obtidos.
- Capítulo 5: Conclusões finais do trabalho, destacando as principais descobertas e implicações, além de sugerir possíveis direções para futuras pesquisas relacionadas ao tema estudado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A presente fundamentação teórica aborda a temática do gesso, abrangendo a história, produção, utilização, tipos e uso de aditivos na sua composição. Além disso, dados mais recentes apresentados por organizações estatais, diversidade de aplicações e a variedade de aditivos usados em gesso para construção também serão referenciados, destacando sua função e importância para o crescimento da produção e aplicação do gesso no Brasil.

2.1 Histórico do gesso

O gesso é dos mais antigos materiais de construção fabricados pelo homem, como a cal e a terra cota. Dessa maneira, edificações antigas, como a grande pirâmide erguida por Queops, rei do Egito, da 4ª dinastia, no ano de 2.800 a.C, preserva umas das mais antigas construções compostas por gesso (MENDONÇA, 2015). É importante destacar que até os dias atuais surgem dúvidas de qual foi a técnica empregada para utilização do gesso na sua construção, visto a precisão dos assentamentos de blocos com cerca de 16 toneladas.

Segundo Rocha e Dorival (2007), no continente africano, foram construídas diversas barragens e canais utilizando gesso de elevada resistência, com intuito de armazenar água das chuvas para abastecimento de água dos palmeirais de *Mozabe*. Essas obras trouxeram grandes benfeitoria, que, por muito tempo, garantiu água para toda população africana. Paralelamente, diversas habitações foram construídas usando blocos de gesso na época.

No século XVIII ocorreu uma grande propagação do gesso em construções, uma vez que grande parte das edificações eram construídas com madeira revestida com gesso. No entanto, nesse período, a fabricação era de maneira rude e experimental. No ano de 1768, o francês Lavoisier, considerado o “pai da química moderna”, trouxe os primeiros estudos sobre a composição do gesso, além do seu comportamento na água (FERNANDES, 2017).

Durante o século XX, em função da evolução industrial, que consolidou o capitalismo, tendo em vista a evolução das indústrias. Dessa forma, ocorreram transformações, tanto no processo de fabricação dos materiais, como na mecanização da produção do gesso, que deixaram de ter conceitos primitivos e passaram a aplicar ferramentas mais tecnológicas (RIBEIRO, 2006).

No Brasil, a produção de gesso teve origem no estado do Rio Grande do Norte, que liderou a produção nacional por cerca de duas décadas. No entanto, as camadas de gipsita encontradas nas jazidas eram muito rasas, o que inviabilizou a extração (GOMES, 2012). Na década de 1960, surgiram jazidas em Pernambuco com grande potencial de extração, o que impulsionou o desenvolvimento da produção de gesso e seus derivados, como blocos e placas, atendendo à alta demanda no setor de construções da região Sudeste, principalmente em São Paulo (Lins, 2019). Com infraestrutura mais adequada, como livre acesso por terra, fácil pavimentação e energia, o estado de Pernambuco tornou o gesso mais acessível para o mercado consumidor e até hoje é o líder nacional na produção de gesso (Ribeiro, 2006).

Atualmente, a busca por materiais que utilizem menos combustíveis no processo produtivo e apresentem menor impacto ambiental tem sido constante. Nesse contexto, o gesso se destaca como uma matéria-prima de grande potencial em todo o mundo, devido ao seu custo-benefício, baixo consumo energético e alta capacidade de reciclagem (CAGNONI; CORDON, 2016). Além disso, o gesso oferece diversos benefícios e se mostra como um material viável para utilização em diversas áreas e por longos períodos de tempo, dada a grande quantidade de reservas disponíveis no mundo.

2.2 Produção do Gesso

A etimologia da palavra “gesso” vem do grego “*gypsos*”, que é conceituado como um mineral aglomerante derivado da gipsita, sendo ele, o mais abundante na natureza (CUNHA, 2015). Vale destacar que, sua composição tem como maior parte o sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e hemidrato, da calcinação desse ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). (BORRACHERO et al., 2008). A Tabela 1 mostra o percentual de cada elemento contido na gipsita.

Tabela 1 - Composição química do mineral gipsita

COMPOSTO	Nome	COMPOSIÇÃO (%)
Ca	Cálcio	32,5
SO ₃	Sulfato	46,6
H ₂ O	Água	20,9

Fonte: (Luz et al., 2008)

A composição mineralógica é um fator determinante nas propriedades do gesso em uso, como evidenciado por Silva (2018). A predominância de diferentes fases de sulfato, que é o

principal composto da gipsita, pode afetar diretamente as propriedades do material. A gipsita, por sua vez, é geralmente encontrada em granulação fina a média, apresentando uma estrutura estratificada ou maciça e coloração que varia entre amarelo claro e marrom (LYRA; AMARAL; DANTAS, 2004).

O uso da gipsita pode ocorrer de duas formas: a primeira é por meio da calcinação, que resulta na produção de gesso, sendo a forma mais comum e tradicionalmente comercializada, seguida da forma natural do mineral, comumente utilizada na agricultura e na fabricação de cimento (LYRA; AMARAL; DANTAS, 2004). É importante ressaltar que a calcinação é realizada em fornos, geralmente alimentados com lenha como combustível, e ocorre em temperaturas de até 180°C (SOBRINHO, 2021).

Considerando a importância da gipsita e suas diversas possibilidades de uso, é possível afirmar que é um material extremamente versátil, que encontra aplicação em diferentes setores da economia, tais como a construção civil e indústrias. Suas propriedades físicas e químicas conferem uma ampla gama de possibilidades em aplicações industriais.

Na forma bruta, é empregada na fabricação de tintas, discos, pólvoras, botões de fósforos, acabamento de tecidos de algodão, entre outros usos (RIBEIRO, 2006). Além disso, pode ser adicionada à água utilizada na cerveja para aumentar a sua "dureza", no polimento de chapas estanhas e como filler na construção de estradas asfaltadas (PERES; BENACHOUR; SANTOS, 2008).

No entanto, é após a etapa de calcinação que a gipsita se transforma em gesso e passa a ser amplamente utilizado pela indústria da construção civil. O gesso é utilizado na forma de pré-moldados e em revestimento de paredes como elemento de decoração arquitetônico. É também empregado na confecção de moldes para indústrias cerâmicas, metalúrgicas e de plástico, em moldes artísticos, ortopédicos e dentários, como agente desidratante, aglomerante de giz e na briquetagem do carvão (MELO, 2013).

No contexto atual de preocupação com o meio ambiente e o uso consciente dos recursos naturais, a gipsita traz diversos aspectos positivos. Seu principal derivado, o gesso, tem sido cada vez mais utilizado como alternativa aos materiais inorgânicos convencionais, como o cimento, devido a suas propriedades físicas e químicas favoráveis. Além de ser produzido com menor demanda energética em comparação com outros materiais, o gesso é reciclável e pode ser utilizado em diversas aplicações (MUNHOZ, 2008).

A produção de gesso tem apresentado um crescimento significativo em todo o mundo, como indicado pelo Levantamento Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey - USGS) em 2020. De acordo com os dados, a produção mundial de gesso alcançou cerca de 150 milhões de toneladas, representando um aumento de 6% em relação ao ano anterior.

O setor de produção de gipsita no Brasil também tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos. De acordo com dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), a produção de gipsita em 2020 foi de cerca de 3,2 milhões de toneladas, registrando um aumento de aproximadamente 7% em relação ao ano anterior. É importante ressaltar que o estado de Pernambuco é o maior produtor de gesso no país, respondendo por 97% da produção, conforme divulgado pela Agência Câmara de Notícias (2023). O polo gesseiro do Araripe, localizado no Oeste pernambucano, é um dos principais responsáveis pela extração da gipsita e é composto pelos municípios de Araripina, Ipubi, Trindade, Ouricuri e Bodocó.

De acordo com Baltar, Bastos e Borges (2004), as jazidas de gipsita provenientes da região do Araripe em Pernambuco são consideradas as melhores do mundo em termos de qualidade, uma vez que apresentam teores de pureza que variam de 88% a 98%. Vale destacar, que o maior valor de pureza do minério, até então encontrado, foi na França, com cerca de 78%.

É importante destacar que a gipsita em seu estado bruto não apresenta valores elevados de mercado. Portanto, o comércio internacional do material é limitado, sendo a sua transformação o principal fator para o seu impacto, especialmente na cadeia da construção civil (COSTA, 2013). Apesar disso, o uso deste mineral ainda é relativamente baixo no Brasil, se comparado ao consumo e produção de países mais desenvolvidos, conforme evidenciado pelos dados apresentados anteriormente.

2.3 Tipos de gesso e suas aplicações

Segundo Fernandes (2017), o gesso é produzido por meio da calcinação da gipsita através da desidratação do minério, sendo possível, de acordo com as características térmicas, obter dois tipos de gesso: tipo β e o tipo α . O primeiro é resultado da calcinação sob pressão atmosférica, processo que pode ser realizado em diversos tipos de fornos (LIMA FILHO et al., 2014). Já no segundo, o processo de calcinação é realizado com pressões superiores à pressão atmosférica (COSTA, 2013).

Processos diferentes de calcinação resultam características distintas dos materiais produzidos. Para Cunha (2015), o gesso tipo α possui, como características principais, a existência de cristais compactos com alta resistência, regulares e com pouca porosidade, porém, seu custo é pelo menos 6 vezes mais elevado em relação ao tipo β . O gesso tipo β , é considerado o mais barato, predominando na construção civil, sendo utilizado na produção de placas, blocos e divisórias para paredes internas (SANTOS, 2020). É importante destacar sua facilidade de aplicação em diversos tipos de superfícies, além de ser leve, e também não necessitar de mão de obra especializada.

A produção de gesso segue de acordo com as condições impostas pelos usuários, pois os produtos comercializáveis à base de gesso possuem diversas funções e características, quanto (ALBUQUERQUE, 2012):

- à granulometria: gesso grosso e gesso fino;
- ao modo de aplicação: manual ou por projeção mecânica;
- ao tempo de pega: gesso de pega rápida, de pega normal ou de pega lenta.

Diante disso, a versatilidade do gesso traz consigo diversas possibilidades de uso, pois, além de ser um material de boa resistência, possui uma boa relação custo-benefício. Consequentemente, com a globalização, houve o aumento da procura do gesso, a partir das diferentes visões do produto e novas variedades para atender o mercado consumidor (BARZOTTO, 2015). De acordo as informações presentes no Quadro 1, é possível verificar as possibilidades do material quanto as suas aplicações.

A utilização da gipsita em cada uma dessas áreas requer condições específicas em relação ao tipo de mineral, ou de forno, além de condições de calcinação e, em seguida, ao tratamento posterior. Dessa maneira, a diversidade de uso da gipsita pode ser utilizada nas indústrias médica, farmacêutica, alimentícia, entre outros. Na área médica, o uso de gesso é concentrado em cirurgia, traumatologia, odontologia, como desinfetante e como matéria-prima para muitos medicamentos. Na indústria alimentícia, o gesso é usado para condicionar a água de fermentação (MORATO, 2008).

Na área da construção civil, o gesso é um material de grande importância, devendo ser utilizado de acordo com as características adequadas descritas na NBR 13207 (ABNT 2017). Essas características incluem o material em forma de pó, obtido da calcinação da gipsita, constituído predominantemente de sulfato de cálcio, podendo conter aditivos controladores de tempo de pega. No entanto, é importante ressaltar que fatores, como a relação água/gesso (a/g),

podem influenciar na qualidade do material produzido e causar o aparecimento de poros durante a fabricação dos elementos construtivos. A presença de porosidade pode afetar negativamente a elasticidade e resistência do material, comprometendo a qualidade e durabilidade da construção (BRANDÃO, 2015).

Quadro 1 - Principais áreas de utilização do gesso

ÁREAS	DESCRIÇÃO
Agricultura	Usa-se como corretivo de solos, por meio do gesso agrícola, possui a função de neutralizar os solos alcalinos e salinos e, além de melhorar a permeabilidade de solos argilosos, contribuindo com o enxofre.
Cerâmica	O gesso é utilizado em processos de prensagem e colagem.
Construção civil	Faz uso a partir de produtos pré-fabricados para a construção civil, caso de blocos e placas, gesso acartonado, pranchas e chapas de fibra prensada para paredes, e para revestimento de alvenarias convencionais, como também na fabricação de cimento.
Papel	Utilizado como carga de alta qualidade na produção do papel.
Química	O gesso é utilizado na produção de enxofre, ácido sulfúrico, sulfato de amônio. Além fazer parte da composição do cimento.
Tintas	Utilizado em cargas de tinta gesso.
Tratamento de água	Utiliza-se o gesso na modificação da qualidade da água
Medicina	O gesso é tem função importante na confecção de próteses provisórias e na produção de modelos para uso ortodônticos.

Fonte: Peres, Benachour e Santos (2008).

Já na área industrial, de acordo com Silva (2018), as indústrias cimenteiras são grandes consumidoras da gipsita, com objetivo de retardar o tempo de pega, visto que são adicionados 3% a 5%, em massa, ao clínquer, no processo de fabricação do cimento. Em consonância, fatores da composição química do gesso devem ser observados, quando aplicado nas construções, por seu alto poder oxidante quando em contato com componentes ferrosos e a capacidade de expansão das moléculas, quando em contato com cimento (RIBEIRO, 2011).

A cada momento, novos materiais ou formas construtivas são incorporados à construção civil. Com o passar dos tempos, diversos compostos ganharam espaço e passaram a ter usos

indispensáveis, em detrimento de outros. Dos ligantes inorgânicos disponibilizados a pedido do mercado da construção civil, o gesso, muito utilizado na Europa há tempos, ganhou força nacional. Embora em menor escala de utilização em relação a outros ligantes como o cimento e a cal, no Brasil, a operação do gesso em sua forma pastosa sempre foi tradicionalmente utilizada no revestimento interno de estruturas (SILVA et al., 2018).

2.4 Tecnologias empregadas à base de gesso na construção

A composição química e a microestrutura do gesso conseguem impedir a propagação do calor, pois os derivados da gipsita possuem camada protetora. Além disso, mantém-se estável quanto a sua forma (BERTOLINI, 2010). De acordo com o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) Nº 008 (BRASIL, 2017), o gesso pode ser considerado incombustível, pois consegue manter a estanqueidade, assegurando o isolamento necessário para casos de fogo. Dessa forma, o uso de gesso nas construções, é concentrada na produção de artefatos de placas para forro, blocos, revestimentos e chapas acartonadas, as quais têm vastas aplicações.

2.4.1 Blocos de gesso

De acordo com Rocha (2007), a utilização dos blocos de gesso na construção brasileira é restrita, por motivos como a falta de conhecimento da tecnologia e localização dos polos gesseiros, sendo distante dos grandes centros econômicos.

As normas técnicas para bloco de gesso no Brasil devem ter similaridade quantos aos requisitos de qualidade. Dessa forma, as principais usadas no país são a NBR 16494 (ABNT, 2017) - que corresponde aos fatores necessários para alvenaria de vedação para blocos de gesso, e a NBR 16575 (ABNT, 2017) - que traz requisitos em relação ao gesso-cola na aplicação em paredes e tetos.

Conforme estabelecido pela NBR 16494 (ABNT, 2017), a alvenaria construída com blocos de gesso deve apresentar as seguintes características:

- Dimensões padrão (666,7 mm x 500 mm x 70 mm), sendo que, com apenas três blocos, é possível formar 1 m² de alvenaria, proporcionando maior produtividade;
- Exigem-se apenas blocos e gesso-cola para a confecção da alvenaria, possibilitando procedimento limpo e quase secos;

- Encaixes de blocos machos e fêmeas preenchem as juntas entre os blocos de alvenaria facilitando a construção de alvenarias;
- Facilidade de corte, sendo possível utilizar as sobras, possibilitando praticidade e menor desperdício na construção de alvenaria;
- Fácil embutimento de instalações elétricas e de comunicação na alvenaria.

Em seguida, a norma divide os tipos de blocos de acordo com a necessidade de utilização, bem como a diversidade das propriedades físicas. As especificações quanto a identificação dos blocos com uso de aditivos está representada no Quadro 2.

Quadro 2 - Identificação dos blocos

Densidade	Cor
Densidade alta hidrofugado	Verde
Densidade média hidrofugado	Azul
Densidade baixa hidrofugado	Lilás

Fonte: NBR 16494 (ABNT, 2017).

As paredes em alvenaria de blocos de gesso são amplamente empregadas como vedações verticais em edificações de um ou vários pavimentos (SOBRINHO, 2021). No processo construtivo dessas paredes, os blocos comuns são destinados aos ambientes sem contato com água.

Já os blocos hidrofugados são indispensáveis em áreas molhadas, como banheiros e áreas de serviço, e em ambientes molháveis, como cozinha, lavabo e sacada coberta. De acordo com Silva (2018), é extremamente importante a utilização de blocos hidrofugados na primeira fiada em todos os ambientes da edificação, a fim de garantir a proteção contra a umidade, prevenir o aparecimento de manchas e prolongar a vida útil das paredes de gesso. Em suma, a escolha dos tipos de blocos adequados é um fator determinante para a qualidade da obra e a satisfação do usuário.

2.4.2 Placas de gesso

As placas de gesso estão disponíveis em dois tamanhos: 60 cm x 60 cm e 65 cm x 65 cm, ambas com 4 cm de espessura, compostas principalmente por gesso e utilizadas principalmente para construção e rebaixamento de tetos na construção civil. Alguns fabricantes fizeram algumas modificações em suas características para melhor atender o mercado, como

painéis de impermeabilização reforçados com fibra de vidro, texturas e acústica (PERES; BENACHOUR; SANTOS, 2008).

Segundo SAVI (2013), no contexto brasileiro, a fabricação de placas de gesso ainda é predominantemente artesanal, caracterizada por uma dependência significativa de mão de obra e pela baixa automação nas fábricas. Esse cenário é reflexo do alto custo de maquinário necessário para implementação, o que limita a capacidade de produção das empresas (CUNHA, 2015). No processo de produção, são empregados diversos equipamentos, como moldes, régua e tubos. A Figura 1 ilustra placas de gesso vistas pela face superior, destacando os elementos utilizados na sua fabricação.

Figura 1 - Placas de gesso



Fonte: Autor (2023).

Vale destacar que a face superior da placa de forro de gesso, embora não seja visível após a instalação, apresenta um sistema de nervuras, que tem como objetivo aumentar sua rigidez estrutural.

A utilização de placas de gesso é comum em edifícios residenciais e comerciais. Este sistema permite a fixação de instalações hidráulicas e elétricas no teto, de modo que possam ficar ocultas. Além do uso em forros, as placas de gesso também são empregadas como elemento decorativo na arquitetura e na criação de moldes para iluminação diferenciada em ambientes (SILVA et al., 2018).

2.4.3 Gesso acartonado

O gesso acartonado, mais conhecido como *drywall*, consiste de uma chapa fabricada por meio do processo e laminação contínua, através da mistura de gesso, água e aditivos, entre duas lâminas de papel cartão (PERES; BENACHOUR; SANTOS, 2008). A Figura 2 ilustra a aplicação prática do gesso acartonado em construções.

Figura 2 - Montagem das chapas de gesso acartonado



Fonte: Lopes (2018).

As paredes que utilizam placas de gesso acartonado, tem espessura inferior à de alvenaria, aumentando o espaço interno de cômodos das construções, sem comprometer a segurança estrutural (TOLEDO, 2020). Vale ressaltar que é gerado relativamente pouco entulho e que as juntas e reparos dispensam o uso de argamassa e, consequentemente, o custo em acabamentos são menores.

Outrossim, como as paredes de gesso acartonado são ocas, existe facilidade de adicionar instalações necessárias no ambiente, como fiação elétrica, telefonia, sistemas hidráulicos e outros (TOLEDO, 2020). O uso das chapas de *drywall* podem ser tanto para paredes em ambientes internos, quanto para forro e revestimento. Segundo Mitidieri (2018), o gesso acartonado é recomendado onde se exige desempenho diferenciado, de acordo com as exigências ou necessidades de cada ambiente em termos de comportamento mecânico, térmico e ao fogo.

2.4.4 Revestimento de gesso

O gesso utilizado em revestimentos funciona a partir de misturas plásticas com água e areia, no qual servem para ligar pedras naturais e artificiais das construções de alvenarias e, em seguida, às revestir com camadas protetoras ou decorativas (ALBUQUERQUE, 2012). De acordo com Cunha (2015), o gesso é perfeitamente adequado para serviços de revestimento, pois a pasta que se obtém do amassamento com a água, possui as mesmas condições da argamassa. A Figura 3 exemplifica o uso do gesso como revestimento em uma parede de alvenaria.

Figura 3 - Execução de revestimento em gesso



Fonte: Freitas (2021).

Para Garcia (2015), os revestimentos à base de gesso são classificados como lentos, de maneira que para essa aplicação tem-se um maior tempo de pega, quando comparado a outros materiais. A aplicação condiz com a possibilidade de minimizar o consumo de recursos em construções, haja vista que o elemento pode ser aplicado pontualmente sobre a alvenaria, pois possui elevada capacidade de aderência aos substratos (MAEDA, 2002).

O gesso em revestimentos, dependendo da preparação da pasta e da aderência, tem possibilidade de substituição de todo o processo feito com argamassas, caso das etapas de chapisco, emboço, reboco e massa corrida (SANTOS, 2020). Além disso, o gesso é um material

versátil, pois pode ser usado para criar diferentes tipos de acabamentos, desde texturas lisas até texturas mais elaboradas com durabilidade e facilidade de limpeza.

Em resumo, diversos estudos sobre os materiais nas construções apontam para a importância de alternativas para altas taxas de desperdícios de material, atraso de cronograma de produção, além de serviços com qualidade inadequada. Segundo Ribeiro (2006), o uso do gesso em revestimentos possibilita uma maior racionalização das etapas de construção, uma vez que é possível substituir todas as camadas convencionais de revestimento (como chapisco, massa grossa, massa fina e massa corrida) por uma única aplicação. Além disso, o gesso apresenta características de não combustão e termo isolante, como ressaltado por Ferreira (2018), proporcionando diversas vantagens em relação à argamassa. Por ser um material leve, resistente, de fácil manuseio e instalação, e ainda ser ecológico, o gesso se torna uma excelente alternativa para construções eficientes, ecológicas e de qualidade.

2.5 Uso do gesso com aditivo hidrofugante

Segundo Albuquerque (2012), o conceito de aditivo é aplicado a substâncias que são utilizadas para modificação de propriedades de outras substâncias. Deste modo, o emprego de aditivos em pastas de gesso, argamassas e concretos, são basicamente utilizados como plastificantes, redutores de água, redutores de pega, entre outros (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Segundo Lopes (2018), o gesso composto por aditivos apresenta propriedades que são de grande valia, tendo em vista o ganho percentual de desempenho, em curto e médio prazos. Em consonância, a utilização de aditivos na composição de materiais a base de gesso na construção civil, tem como objetivo principal alterar as propriedades do gesso. Em vista disso, o aditivo hidrofugante surgiu como alternativa para o uso de gesso em ambientes com relativas umidades, com objetivo impedir o contato com água, evitando a desagregação do material (SILVA et al., 2018).

Nesse âmbito, os aditivos hidrofugantes são compostos por polímeros sintéticos, que formam uma película protetora na superfície do gesso, que impedem a penetração da água. Além disso, esses aditivos também aumentam a resistência mecânica do gesso, pois melhoram a aderência entre suas partículas, como também a resistência à compressão e à flexão, visto que

são incorporados com simultaneidade à água e ao gesso na etapa de mistura (RODRIGUES et al., 2022).

É comum a utilização dos hidrofugantes na produção de blocos. A Diretriz do SINAT N° 008 (BRASIL, 2017), estabelece que os blocos de gesso devem ser fabricados com aditivos específicos para aumentar a resistência à água, além de serem revestidos com tinta à base de água, na cor azul. Esta diretriz também estabelece que os blocos de gesso devem ser instalados de acordo com as normas técnicas e de segurança vigentes. Além disso, a diretriz recomenda que os blocos de gesso sejam testados para garantir que eles atendam às especificações de resistência à água.

Sobrinho (2021) efetuou estudo sobre o processo de degradação de blocos de gesso comum (standard) e com adição de hidrofugante (hidro), causando desgastes durante 10 ciclos de aquecimento e resfriamento. No fim, foram encontrados resultados em que os blocos do tipo hidro tiveram velocidades inferiores de degradação em relação aos blocos comuns.

Eventualmente, é importante destacar que fatores como a qualidade do material, a quantidade de aditivo usada, as condições climáticas e a exposição a agentes externos podem influenciar nos resultados. A exemplo, os blocos de gesso com aditivos hidrofugantes podem durar mais tempo se forem usados em ambientes internos, onde não há exposição a agentes externos, como chuva ou sol (SANTOS, 2017). Por isso, é importante que os materiais sejam de boa qualidade para garantir que eles tenham uma vida útil mais longa.

O estudo realizado por Rodrigues et al. (2022) teve como objetivo avaliar o comportamento do gesso com aditivo hidrofugante durante o processo de envelhecimento natural. As pastas de gesso com e sem o impermeabilizante foram avaliadas em diferentes idades (30, 60, 90, 120 e 150 dias) expostas ao ambiente natural. Os resultados mostraram que a adição do aditivo nas pastas de gesso foi eficaz na melhoria das propriedades mecânicas e na redução da absorção de água diante das condições meteorológicas da região para idades menores. No entanto, foi observado que o efeito do hidrofugante diminuiu significativamente ao longo do tempo de exposição a diferentes temperaturas, aumentando assim a absorção de água. É importante ressaltar que o estudo não estabeleceu níveis de dosagem ideais para a eficiência do hidrofugante e também não avaliou as condições das amostras em temperatura constante, o que pode ser uma limitação a ser considerada em futuros estudos.

Kondratieva et al. (2017) buscaram estudar sobre os efeitos de aditivos no desempenho do gesso β , com teores de até 1% na composição mistura da pasta. Os pesquisadores concluíram

que os hidrofugantes podem melhorar a taxa de hidratação e levam a formação de textura densa e compacta, consequente o aumento de resistência da água em relação as amostras de referência.

Nesse cenário, a pesquisa de Silva (2018) preconiza que, apesar das vantagens associadas ao uso dos aditivos conhecidos pelo mercado de produção, os resultados ainda são prévios, quanto ao conhecimento da vida útil e à durabilidade dos materiais.

2.6 Principais ensaios para avaliação do gesso nas construções

No processo de avaliação do gesso com a adição do aditivo hidrofugante, é essencial cumprir os requisitos da NBR 13207 (ABNT, 2017) para o gesso de Construção Civil, que estabelece critérios físicos e mecânicos para garantir as características necessárias do material na construção. No início do estudo, é importante realizar ensaios de granulometria, massa unitária e tempo de pega para avaliar as propriedades do gesso. Esses ensaios são essenciais para determinar a melhor aplicação e a trabalhabilidade do gesso, conforme apontado por Costa (2013).

Além dos ensaios mencionados anteriormente, como absorção de água, resistência à compressão e dureza, esses ensaios são de extrema importância para analisar as propriedades do gesso e os efeitos do aditivo hidrofugante. O ensaio de absorção de água é relevante para avaliar a capacidade do gesso de absorver umidade, especialmente em áreas com maior grau de umidade. Isso permite verificar se o aditivo hidrofugante reduz efetivamente a absorção de água, conferindo maior resistência à umidade e prevenindo problemas como manchas ou deterioração do material (SILVA et al., 2018). Por outro lado, o ensaio de resistência à compressão é fundamental para avaliar a capacidade do gesso de suportar cargas e resistir a esforços mecânicos, garantindo a integridade estrutural do material.

2.6.1 Ensaio de granulometria do gesso

O ensaio de granulometria segue as prescrições estabelecidas pela norma NBR 12.127 (ABNT, 2017), que determina a análise da distribuição granulométrica do material. Segundo Ferreira, Sousa e Carneiro (2019), o conhecimento da distribuição granulométrica do material, desempenhando um papel significativo na classificação adequada do gesso, seja para aplicações em fundição ou revestimento.

Para a realização da análise granulométrica, é imprescindível a preparação adequada do gesso, o qual passa por uma etapa inicial de secagem controlada em estufa, mantendo a temperatura de 40 ± 4 °C. O ensaio consiste na divisão do gesso em duas categorias: gesso para fundição e gesso para revestimento, de acordo com a avaliação de uso do mesmo. Segundo a NBR 12.127 (ABNT, 2017), para o primeiro, utiliza-se uma peneira com abertura de 0,29 mm, enquanto que, para o segundo, emprega-se uma peneira com abertura de 0,21 mm. A Figura 4 ilustra a peneira empregada no ensaio de acordo com o tipo de gesso utilizado.

Figura 4 - Peneira para separação granulométrica



Fonte: Lins (2019).

É importante ressaltar que as amostras devem permanecer na estufa até o momento do ensaio, mantendo uma temperatura de 23 ± 4 °C e uma umidade relativa de $60 \pm 5\%$. No início do ensaio, são retirados 50 ± 1 g do material que passou pela peneira de 2 mm. O procedimento consiste em realizar 125 movimentos manuais, sendo que, a cada 25 movimentos, a peneira deve ser girada 90° e ligeiramente batida nas laterais com as mãos.

O ensaio é considerado concluído quando os resultados de duas determinações não divergirem de mais de 5% em relação à média aritmética, ou quando os resíduos forem menores que 2 g, a diferença não deve ser maior que 0,1 g, conforme NBR 12127 (ABNT, 2017). A Tabela 2 representa os requisitos necessários para determinar a granulometria adequada, que garante que o material seja adequado para suas aplicações na construção civil.

Tabela 2 - Requisitos físicos do gesso para construção civil (granulometria via seca)

Classificação do gesso	Granulometria mínima
Gesso para fundição	(Peneira abertura 0,29mm) ≥ 90% passante
Gesso para revestimento	(Peneira abertura 0,21mm) ≥ 90% passante

Fonte: NBR 13207 (ABNT, 2017)

2.6.2 Ensaio da massa unitária

A massa unitária é uma propriedade de grande importância no estudo dos aglomerantes, pois influencia diretamente o desempenho das argamassas, a dosagem e o consumo dos aglomerantes (SAVI et al., 2013). No caso dos aglomerantes, como o gesso, que precisam ser dissolvidos, espera-se que a massa unitária aumente, o que resulta em uma maior superfície específica e, consequentemente, em uma maior área de contato entre o soluto e o solvente, neste caso, a água.

O experimento de massa unitária do gesso prescrito na NBR 12127 (ABNT, 2017), tem como objetivo determinar a densidade do gesso em pó. A densidade é uma medida da massa por unidade de volume de uma substância. A Figura 5 ilustra a aparelhagem utilizada para o cálculo da massa unitária do gesso, composto por um funil cônico, tripé de apoio, recipiente de medida e uma peneira de malha com abertura de 2 mm. A utilização desse conjunto de equipamentos é indispensável no procedimento de cálculo da massa unitária do gesso.

É importante ressaltar que as condições adequadas para a realização do ensaio de massa unitária envolvem uma temperatura controlada de 23 ± 4 °C e uma umidade relativa de $60 \pm 5\%$. Além disso, é fundamental assegurar que todos os equipamentos utilizados estejam devidamente limpos antes da execução do procedimento.

Os resultados obtidos no ensaio são descritos na norma NBR 13207 (ABNT, 2017). A massa unitária do gesso utilizado na construção civil deve obedecer ao limite inferior de 600 g/cm³. Dessa maneira, o ensaio de massa unitária é essencial para o controle de qualidade, dimensionamento estrutural, desempenho e estimativa de consumo do gesso em construções, fornecendo informações importantes para garantir a adequada utilização do gesso (JOHN; CINCOTTO, 2007).

Figura 5 - Aparelho para determinar a massa unitária



Fonte: Savi et al., 2013

Para Campos, Calaes e Hermann (2007), a massa unitária de um material é afetada tanto pelo índice de vazios quanto pela massa específica da rocha que deu origem a esse material. Esses dois fatores desempenham um papel importante na determinação da densidade do material, que, por sua vez, influencia diretamente suas propriedades físicas e mecânicas.

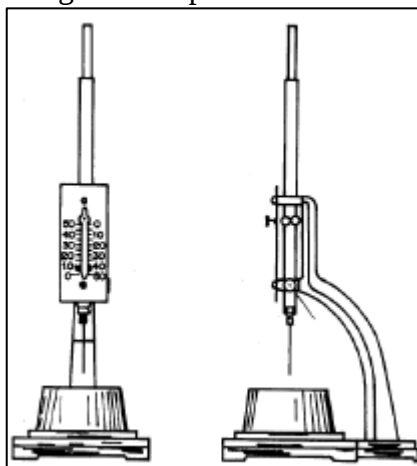
É importante ressaltar que existem outros fatores que podem interferir na massa unitária, como as características do material, as condições ambientais e operacionais durante a realização do ensaio (BARDELLA, 2011).

2.6.3 Ensaio de tempo de pega

O ensaio para determinação do tempo de pega do gesso é realizado de acordo com o método descrito na norma NBR 12128 (ABNT, 2019). Esse método consiste em avaliar o tempo de início e de fim de pega, expressos em minutos e segundos. O tempo de início de pega é contado a partir da mistura do gesso com a água até que a agulha do aparelho de Vicat pare a 1 mm da base do equipamento. Já o tempo de fim de pega é determinado quando a agulha não deixa mais marcas na superfície das pastas. A realização desse ensaio é essencial para compreender o comportamento do gesso e sua aplicação em diferentes contextos de engenharia. O aparelho de Vicat, ilustrado na Figura 6, é utilizado para a realização desse ensaio e

desempenha um papel fundamental na obtenção de informações precisas sobre as propriedades do gesso.

Figura 6 - Aparelho de Vicat



Fonte: NBR 12128 (ABNT, 2019).

O ensaio previsto na norma permite avaliar propriedades como a consistência, a retenção de água, a trabalhabilidade e o tempo de início e fim de pega do gesso. As propriedades comentadas anteriormente são importantes para garantir que o gesso tenha uma boa aplicação e aderência, além de assegurar que o gesso possa resistir a eventuais esforços mecânicos (JOHN; CINCOTTO, 2007). A fim de orientar o controle e a avaliação da qualidade do gesso, a Tabela 3 estabelece os requisitos mínimos para obtenção de resultados favoráveis, considerando as diferentes aplicações.

Tabela 3 - Requisitos físicos do gesso para construção civil (Tempo de pega)

Ensaio	Tempo de pega (min)	
	Início	Fim
Gesso para fundição	≤ 10	≤ 20
Gesso para revestimento (sem aditivos)	≥ 10	≥ 35
Gesso para revestimento (com aditivos)	≥ 4	≥ 50

Fonte: NBR 13207 (ABNT, 2017)

2.6.4 Ensaio de absorção de água

A análise da absorção de água em materiais de gesso exige a observância de normas específicas, que variam de acordo com o tipo de material utilizado na construção. Nesse sentido, a norma NBR 16495 (ABNT, 2016) desempenha um papel fundamental, pois estabelece diretrizes essenciais para assegurar a qualidade e o desempenho adequado dos materiais de gesso, abrangendo os blocos de gesso e os procedimentos necessários para avaliar suas propriedades essenciais no contexto da construção, como a absorção de água.

O ensaio de absorção de água, conforme estabelecido pela norma NBR 16495 (ABNT, 2016), tem como objetivo determinar a quantidade de água absorvida por corpos de prova de gesso após um período de imersão de 120 minutos. Durante o ensaio, os corpos de prova são submersos em um reservatório de água de forma que a face inferior não entre em contato com o fundo e a face superior fique com uma lâmina de água de 5 ± 1 cm de altura. A Figura 7 mostra o funcionamento do ensaio de absorção de água.

Figura 7 - Ensaio de absorção



Fonte: Munhoz, 2008

Com base nas massas inicial e final dos corpos de prova, é possível realizar o cálculo da absorção de água em termos percentuais, o que proporciona informações valiosas acerca da capacidade de um material em absorver umidade. Ao quantificar a absorção de água, é possível

compreender a resposta do material à exposição à umidade e avaliar sua capacidade de lidar com a penetração e retenção de água (SILVA et al., 2018).

Dessa forma, os resultados obtidos no ensaio de absorção de água em pastas de gesso são fundamentais para a caracterização desses materiais, abrangendo aspectos relacionados à durabilidade, desempenho e controle de qualidade. Para Bardella (2011), a análise minuciosa da absorção de água auxilia no entendimento do comportamento dos materiais e possibilita a tomada de decisões embasadas na escolha e no uso adequado desses materiais em projetos e construções.

Para avaliar os índices de absorção de água em materiais derivados do gesso, é importante seguir as normas estabelecidas pela ABNT. Na construção civil, por exemplo, a NBR 16494 (ABNT, 2017) estabelece os requisitos mínimos de 5% de absorção de água para blocos de gesso. Essa norma também se aplica às chapas de drywall, conforme previsto pela NBR 14715 (ABNT, 2021). Seguir essas normas é essencial para garantir a qualidade e o desempenho adequado desses materiais em aplicações construtivas.

2.6.5 Ensaio de resistência à compressão

O gesso, em comparação a outros materiais utilizados na construção civil, apresenta uma resistência mecânica à compressão consideravelmente baixa e é altamente suscetível a ambientes úmidos (KONDRATIEVA, 2017). Vale ressaltar que as propriedades mecânicas do gesso estão diretamente relacionadas à relação água/gesso utilizada durante o processo de mistura. Para Cunha (2012), essa relação pode variar de 0,6 a 0,8 ou até mesmo ser maior. No entanto, reduzir essa relação para um valor inferior pode acarretar dificuldades no que diz respeito à trabalhabilidade do material.

De acordo com Coutinho (2006), em condições de umidade relativa média ao ar livre, é possível observar um aumento significativo na resistência do gesso entre o primeiro e o sétimo dia após o início do processo de endurecimento. A Figura 8 representa o procedimento para realização do ensaio de resistência à compressão de acordo com a NBR 12129 (ABNT, 2019).

Figura 8 - Rompimento dos corpos de prova



Fonte: Basso (2022).

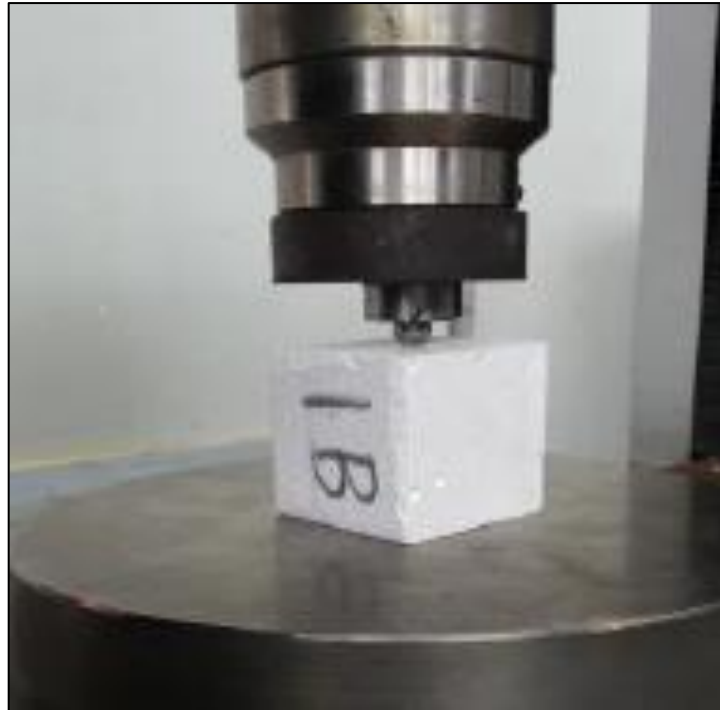
Conforme estabelecido na NBR 12129 (ABNT, 2019), o ensaio de determinação da resistência mecânica requer corpos de prova cúbicos com aresta de 50 mm, os quais são moldados em moldes de três compartimentos. A medição da resistência mecânica é realizada utilizando uma prensa de ensaio com capacidade de carga superior a 2000 N e exatidão mínima de 200 N. Para a análise dos resultados de resistência à compressão, foi utilizado o valor de referência recomendado na edição anterior da NBR 13207 (ABNT, 1994), uma vez que a versão atual da norma (ABNT, 2017) não especifica um valor de referência específico para a resistência à compressão do gesso. De acordo com a norma anterior, uma resistência à compressão mínima de 8,40 MPa era recomendada para o gesso de construção produzido com a relação água/gesso na consistência normal.

Para analisar os resultados, é importante ressaltar que a resistência mecânica de diversos materiais está correlacionada com a dureza do material, sendo que a presença de defeitos pode afetar essa resistência (SANTOS, 2020). Um dos principais defeitos que podem ocorrer durante o processo de moldagem é a formação de vazios, resultantes da falta de energia de compactação durante a moldagem (FREITAS, 2021). Tal insuficiência pode ser atribuída às características reológicas do material utilizado e à complexidade do processo de moldagem.

2.6.6 Ensaio de dureza superficial

Para realizar os ensaios de dureza em pastas de gesso, são empregados os procedimentos descritos na norma NBR 12129 (ABNT, 2019). Esses procedimentos consistem na aplicação de duas forças distintas: primeiramente, uma força de 50 N durante 2 segundos, seguida imediatamente por uma força de 500 N por um período de 15 segundos. A aplicação dessas forças é realizada utilizando uma esfera de aproximadamente 10 mm. O ensaio é executado em três faces de cada amostra em estudo, resultando em uma deformação no corpo de prova. Para obter o valor de dureza, é necessário medir a profundidade da deformação em cada uma das faces testadas. A Figura 9 ilustra a realização do ensaio de dureza para amostras de gesso.

Figura 9 - Ensaio de Dureza do gesso



Fonte: Medeiros (2017).

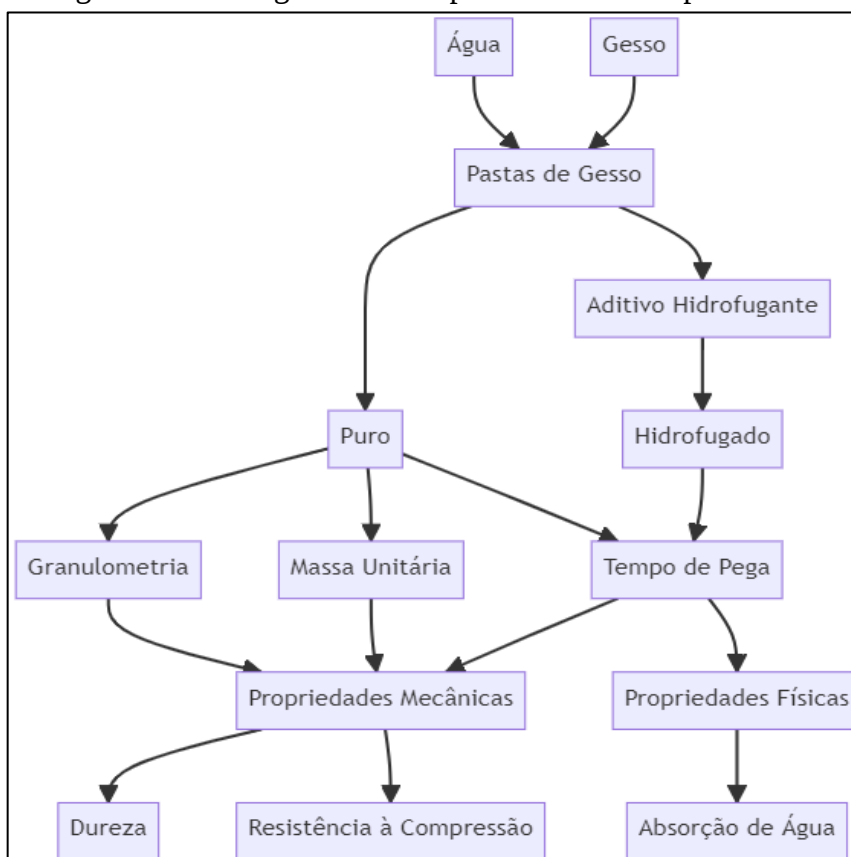
Vale ressaltar, a importância da dureza como uma propriedade significativa, uma vez que ela representa a resistência do gesso ao entrar em contato com outros materiais. Nesse sentido, a NBR 13207 (ABNT, 2017) estabelece que a dureza do gesso utilizado em construções deve estar dentro do limite de 20 N/mm². A dureza é uma medida fundamental para avaliar a capacidade do gesso de resistir a riscos, deformações ou abrasão, o que impacta diretamente em sua durabilidade e desempenho em diferentes aplicações (SAVI et al., 2013).

3 METODOLOGIA

Os ensaios foram conduzidos utilizando os equipamentos disponíveis no laboratório de materiais da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus do Sertão, com o objetivo de investigar as propriedades do gesso e a adição do aditivo hidrofugante. O programa experimental desta pesquisa foi elaborado para estudar o gesso utilizado na construção e avaliar sua conformidade com as normas da ABNT. Os estudos abrangeram tanto o estado endurecido quanto o fresco do material, permitindo uma análise abrangente em diferentes estágios.

Foi realizada uma comparação entre as amostras com e sem aditivo hidrofugante, a fim de identificar possíveis melhorias e benefícios proporcionados por esse aditivo no desempenho do gesso. Procedimentos específicos foram adotados e diversos testes foram realizados para obtenção dos resultados desejados. O fluxograma experimental foi elaborado, levando em consideração as diversas atividades e etapas conduzidas em laboratório ao longo da pesquisa. A Figura 10 apresenta o fluxograma das etapas executadas durante a realização do estudo.

Figura 10 - Fluxograma das etapas do trabalho experimental

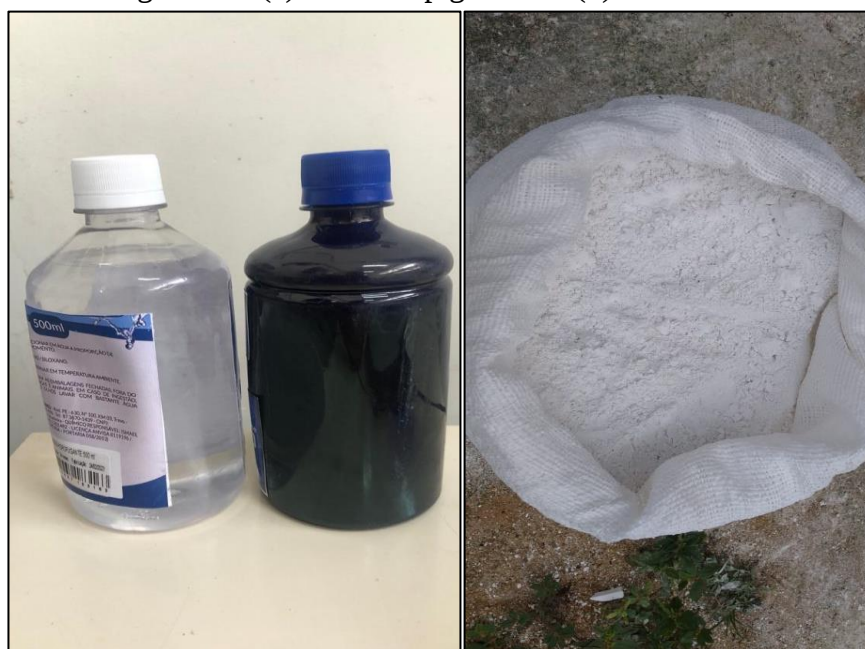


Fonte: Autor (2023).

3.1 Matéria-Prima

Para a realização deste estudo, foram utilizados 40 kg de gesso do tipo β , comumente comercializado no mercado, proveniente do Polo Gesseiro do Araripe, localizado em Pernambuco, adquirido através de fornecedor situado na cidade de Parnamirim/PE. Para a composição do material e avaliação de sua funcionalidade, foram adquiridos no mesmo local o aditivo hidrofugante e o pigmento, que permite a obtenção de amostras com cores específicas, ambos com 500 ml de volume (Figura 11). Vale ressaltar que, seguindo as diretrizes do SINAT (2017), os blocos de gesso hidrofugados devem estar na cor azul, o que foi atendido na escolha do pigmento.

Figura 11 - (a) Aditivo e pigmento e (b) Gesso Obtido



Fonte: Autor (2023).

Neste estudo, utilizou-se o aditivo hidrofugante amplamente empregado no Polo Gesseiro do Araripe e comercializado. Esse aditivo possui uma consistência semelhante à de um óleo, translúcido e de cheiro forte. As proporções do aditivo recomendadas pelo fabricante, indicam a utilização de 0,1% a 0,3% em relação à massa de gesso.

3.2 Pastas de gesso

O processo de preparo da pasta de gesso é uma etapa crucial para definir as propriedades da matriz de gesso. Um preparo inadequado pode comprometer a qualidade e as propriedades físicas e mecânicas do produto final. Para garantir a qualidade, é essencial controlar de forma adequada todos os aspectos do processo de preparo, desde a seleção do material até a quantidade e a forma de mistura. A preparação foi realizada manualmente, conforme NBR 12128 (ABNT, 2019), seguindo as seguintes etapas:

- Mistura do aditivo à água;
- Polvilhamento do gesso em pó sobre a água durante 1 min;
- Descanso da mistura por 2 min;
- Mistura dos materiais por 1 min;

Adicionalmente, a fim de avaliar a influência do teor do aditivo nas propriedades do gesso em estado endurecido, foram fabricadas três amostras com diferentes proporções para ensaio do estudo, conforme descrito por Rodrigues, Souza e Oliver (2022). Observa-se que, com o intuito de garantir a robustez e a relevância dos resultados obtidos, foram realizadas múltiplas repetições dos procedimentos para cada ensaio, resultando no desenvolvimento de mais de uma amostra.

A abordagem metodológica foi adotada com o propósito de assegurar a confiabilidade dos resultados, considerando a possibilidade de variações experimentais e a obtenção de dados consistentes e representativos. As amostras foram preparadas incorporando aditivos em proporções distintas conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Matriz Experimental de estudo			
Pasta	Gesso	Aditivo Hidrofugante	Relação água/gesso
AM REF	100%	-	0,7
AM 01	100%	0,20%	0,7
AM 02	100%	0,30%	0,7
AM 03	100%	0,60%	0,7

Fonte: Autor (2023).

Com o objetivo de diferenciar as amostras com diferentes dosagens de aditivo, utilizou-se o prefixo "AM". Para fins de estudo, a pasta AM REF, desprovida de aditivo, foi utilizada como referência. As pastas AM 01, AM 02 e AM 03, por sua vez, foram produzidas com diferentes teores de aditivo. O material para confecção das amostras é descrito na Figura 12.

Figura 12 - Material necessário para produção das pastas de gesso



Fonte: Autor (2023).

Para garantir a precisão das dimensões dos corpos de prova destinados aos ensaios mecânicos, foi utilizada uma forma de 50 mm x 50 mm x 50 mm, como ilustrado na Figura 13. Essa medida foi tomada de acordo com as especificações da NBR 12129 (ABNT, 2019) para os corpos de prova.

Figura 13 - Molde confeccionado



Fonte: Autor (2023).

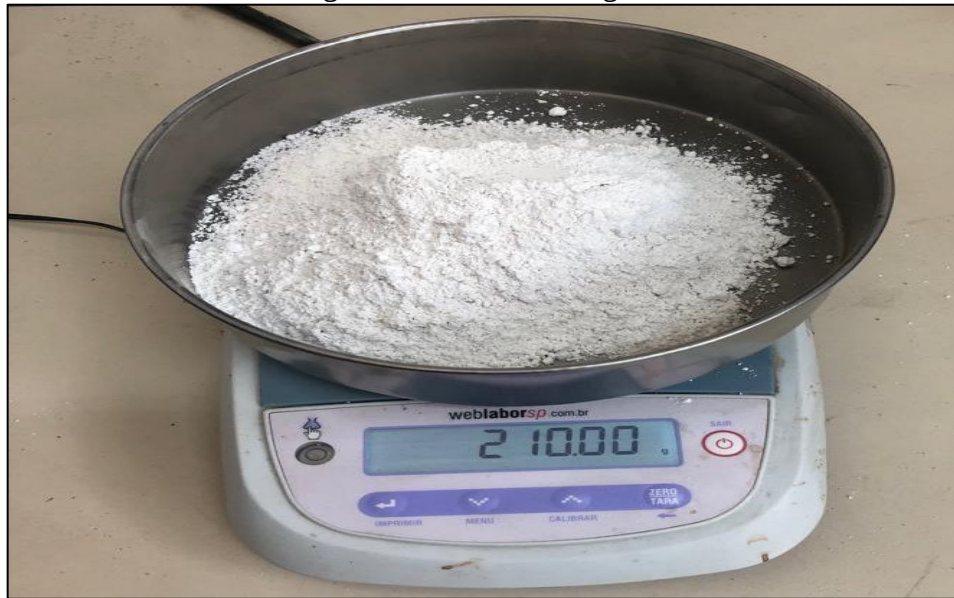
3.3 Caracterização do gesso

Para avaliar as propriedades físicas e mecânicas das pastas de gesso, foi adotada a relação a/g de 0,70. A escolha se deve ao fato de que essa relação é comumente utilizada na fabricação comercial de blocos de gesso no Polo Gesseiro do Araripe (SILVA, 2018).

3.3.1 Granulometria

A determinação das propriedades físicas do gesso em pó requer a identificação de sua granulometria, o que foi feito seguindo as recomendações da norma NBR 12127 (ABNT, 2017). Para isso, foi coletada uma amostra de gesso, que foi passada por uma peneira de 2 mm, com auxílio de um pincel, e a parte retida foi descartada. A Figura 14 mostra a pesagem do gesso passante na peneira.

Figura 14 - Amostra de gesso



Fonte: Autor (2023).

Posteriormente, os grãos de gesso foram submetidos a um período mínimo de 24 horas de secagem em estufa, até que seja alcançada a constância de massa. A Figura 15 ilustra o processo de remoção da umidade dos materiais.

Após a secagem da amostra em estufa, foi realizado o peneiramento utilizando a peneira de 0,29 mm, indicada para gessos de fundição ou gesso rápido. O prosseguimento do ensaio foi conduzido manualmente, segurando a peneira com uma mão e realizando 125 movimentos de agitação com a outra. Em seguida, foi realizado o cálculo do material passante utilizando a Equação 1, conforme estabelecido na NBR 13207 (ABNT, 2017), e o valor obtido foi comparado com o limite indicado pela norma.

$$R = \frac{m}{M} * 100 \quad (1)$$

Sendo:

R – Material passante, expresso em porcentagem;

m – Material passante, em gramas (g);

M – Massa inicial, em gramas (g).

Figura 15 - Amostra na estufa



Fonte: Autor (2023).

3.3.2 Massa Unitária

Para a execução do ensaio de massa unitária do gesso, adotaram-se as orientações estabelecidas pela NBR 12127 (ABNT, 2017). Contudo, em virtude da inexistência dos equipamentos específicos no laboratório, foi necessário promover adaptações que preservassem a confiabilidade dos resultados. Nesse contexto, recorreu-se à utilização de um funil e de uma peneira com abertura de 2,0 mm como alternativas para a etapa de peneiramento. Adicionalmente, a amostra de gesso passou por uma prévia secagem em estufa a 40 ± 4 °C, com o intuito de eliminar a umidade presente. As modificações foram conduzidas com cautela, assegurando-se a manutenção do rigor necessário para a obtenção de resultados fidedignos e representativos das características do gesso.

O procedimento de ensaio consistiu na colocação de uma amostra de 100 g no funil e sua escoação para o recipiente inferior até que ocorresse o transbordamento e nivelamento final (Figura 16). Para garantir a precisão dos resultados, o procedimento foi repetido mais uma vez. Caso os resultados não atendessem aos requisitos da norma, o ensaio seria refeito.

Figura 16 - Materiais utilizados no ensaio de massa unitária



Fonte: Autor (2023).

Para calcular a massa unitária, utilizou-se da Equação 2, sendo que o valor encontrado deve ser conferido com indicado na NBR 13207 (ABNT, 2017).

$$M_u = \frac{M}{V} * 1000 \quad (2)$$

Sendo:

M_u – Massa unitária, em gramas por metro cúbico (kg/m³);

M – Massa do gesso, em gramas (g);

V – Volume do recipiente, em cm³.

3.3.3 Tempo de pega

A norma NBR 12128 (ABNT, 2019) estabelece que o tempo de pega é o intervalo de tempo decorrido desde o momento em que a água é adicionada ao gesso até a agulha do aparelho de Vicat (Figura 17) não penetrar mais no fundo da pasta. No ensaio, foram realizadas análises de amostras tanto do gesso de referência quanto das amostras contendo aditivos. O objetivo foi avaliar o tempo de pega de cada uma delas, seguindo as diretrizes estabelecidas pela norma, a fim de verificar se a presença dos aditivos influenciou significativamente o tempo necessário para a pega do gesso.

Figura 17 - Aparelho de Vicat



Fonte: Autor (2023).

Nesse contexto, foram conduzidos três ensaios nas pastas contendo cada dosagem em estudo do aditivo hidrofugante, além da pasta de referência. Os resultados obtidos foram calculados como a média dos tempos registrados em cada ensaio, levando em consideração as diferentes dosagens analisadas.

O procedimento realizado seguiu as orientações descritas na NBR 12128 (ABNT, 2019), e os tempos obtidos foram comparados com os requisitos estabelecidos pela NBR 13207 (ABNT, 2017).

3.4 Propriedades físicas

3.4.1 Preparação das amostras

Com o objetivo de assegurar a exatidão das dimensões dos corpos de prova destinados aos ensaios mecânicos, utilizou-se o molde confeccionado em aço galvanizado, conforme ilustrado na Figura 18. O molde foi cuidadosamente preenchido com as pastas em duas camadas, visando evitar a ocorrência de bolhas de ar. Para assegurar a compactação uniforme das camadas, aplicaram-se impactos suaves nas laterais por meio de um martelo de borracha. Essa metodologia de preparo foi aplicada em 48 corpos de prova, garantindo a homogeneidade das amostras, fundamental para os subsequentes ensaios mecânicos.

Figura 18 - Moldagem das amostras de gesso



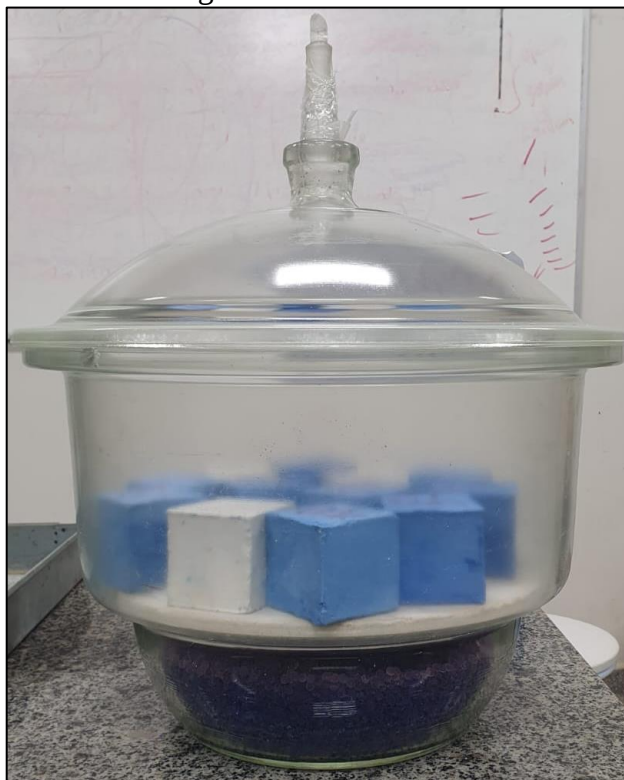
Fonte: Autor (2023).

Antes da realização dos ensaios de absorção de água, dureza e resistência à ruptura na compressão, conforme estabelecido pela norma NBR 12129 (ABNT, 2019), é indispensável executar o procedimento de secagem das amostras com o objetivo de eliminar a umidade presente. Inicialmente, as amostras foram mantidas em um ambiente controlado de laboratório até que a variação de massa fosse inferior a 5%, assegurando que as amostras alcancem uma condição de equilíbrio em relação à umidade, garantindo a estabilidade necessária para os ensaios subsequentes.

Em seguida, na Figura 19, é representado o último estágio desse processo, que envolve o uso de um dessecador que desempenha um papel fundamental ao isolar as amostras do

ambiente externo, criando internamente um ambiente seco e controlado e protegendo-as da exposição à umidade. Dessa forma, é possível minimizar a influência de variáveis externas e obter resultados mais precisos e confiáveis nos ensaios subsequentes.

Figura 19 - Dessecador



Fonte: Autor (2023).

3.4.2 Absorção de água

Os ensaios para determinação de absorção foram realizados tomando-se como referência a norma NBR 16495 (ABNT, 2016). Para iniciar o ensaio, todos os corpos de prova devem estar secos, sendo retiradas do dessecador imediatamente antes da realização do experimento. O ensaio realizado visa medir a variação de massa das amostras antes e depois de serem submersas em água por um período de 2 horas, mantendo a temperatura constante em 23 °C. Com o intuito de detectar possíveis variações, o ensaio de absorção foi repetido em condições de temperatura ambiente, especificamente a 31°C, para possibilitar uma comparação dos resultados. A Figura 20 ilustra o ensaio de absorção por imersão.

Figura 20 - Amostra em contato com a água



Fonte: Autor (2023).

Para a obtenção dos resultados, foi adotado como valor representativo a média de três determinações de pesagem das amostras com diferentes dosagens por ensaio. O percentual de absorção de água foi obtido pela diferença entre a massa inicial e a massa após a absorção, dividido pela massa inicial, conforme a Equação 3:

$$A_{A2hr} = \frac{M_f - M_i}{M_i} * 100 \quad (3)$$

Sendo:

A_{A2hr} - Absorção de água após 2 horas de imersão em água (%);

M_f - Massa final do corpo de prova (g);

M_i - Massa inicial do corpo de prova (g).

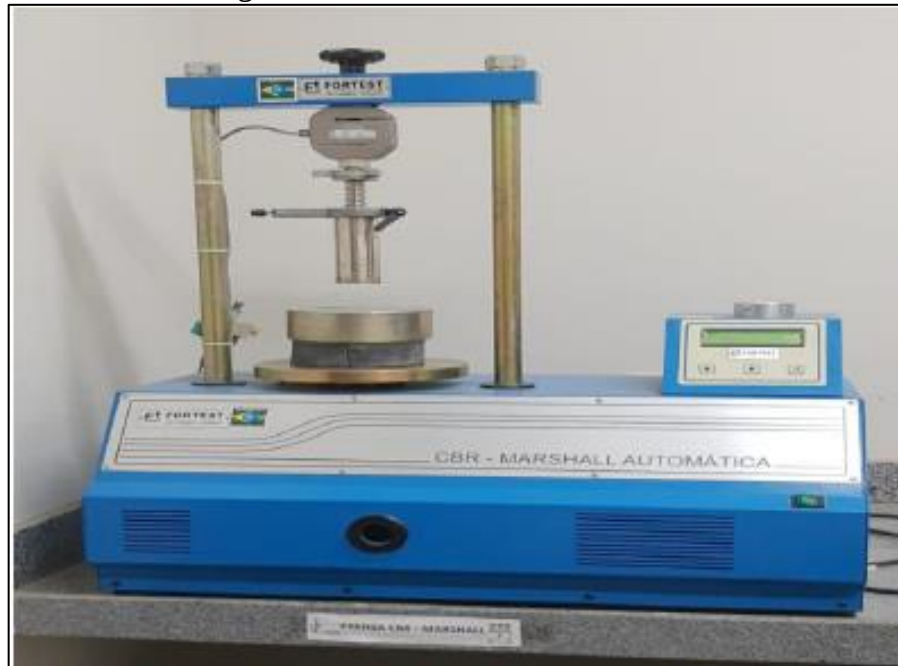
3.5 Propriedades mecânicas

3.5.1 Determinação da resistência à ruptura na compressão

A resistência mecânica à compressão é um parâmetro fundamental que mede a capacidade de um material em suportar cargas antes de sofrer ruptura. No presente estudo, os ensaios de compressão foram conduzidos de acordo com os procedimentos estabelecidos na

norma NBR 12129 (ABNT, 2019). As amostras de gesso, preparadas conforme descrito anteriormente foram submetidas ao ensaio de compressão. O procedimento foi realizado utilizando uma Prensa CBR-Marshall (Figura 21), na qual as cargas foram aplicadas gradualmente até que ocorresse o rompimento das amostras.

Figura 21 - Prensa CBR-MARSHALL



Fonte: Autor (2023).

No experimento conduzido para avaliar a resistência à compressão do gesso, foram selecionadas amostras com uma idade de 7 dias, garantindo que o material tivesse atingido um estado de massa constante. Após a ruptura das amostras, a carga de ruptura foi devidamente registrada pelo equipamento utilizado. Em seguida, a carga foi utilizada na Equação 4 para cálculo da resistência à compressão das amostras de gesso.

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (4)$$

Em que:

R_c - Resistência à compressão (MPa);

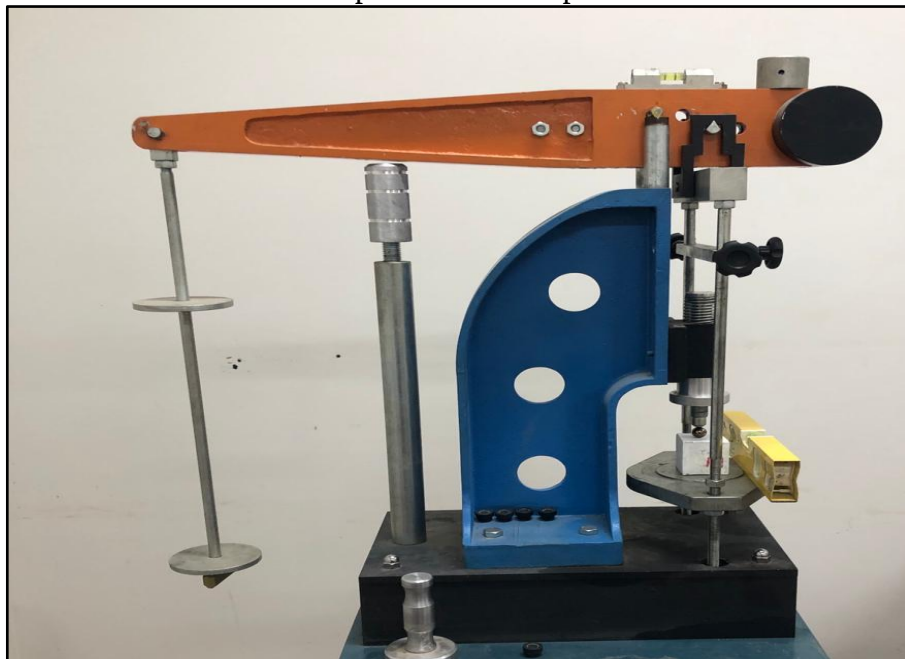
F_c - é a carga máxima à fratura em N/mm²;

A - Área do corpo de prova.

3.5.2 Determinação da Dureza

Para avaliar a dureza superficial das amostras, foi empregada a norma NBR 12129 (ABNT, 2019) e foram utilizados corpos de prova cúbicos com 50 mm de aresta. O ensaio foi conduzido utilizando uma adaptação da prensa de adensamento com alavanca de carregamento posterior, conhecida como tipo Bishop, como ilustrado na Figura 22. A carga axial máxima aplicada durante o ensaio foi de 500 N. O procedimento envolveu a aplicação contínua de cargas por meio de um braço de alavanca, que transferia o peso para uma esfera de aço posicionada no centro das três faces das amostras.

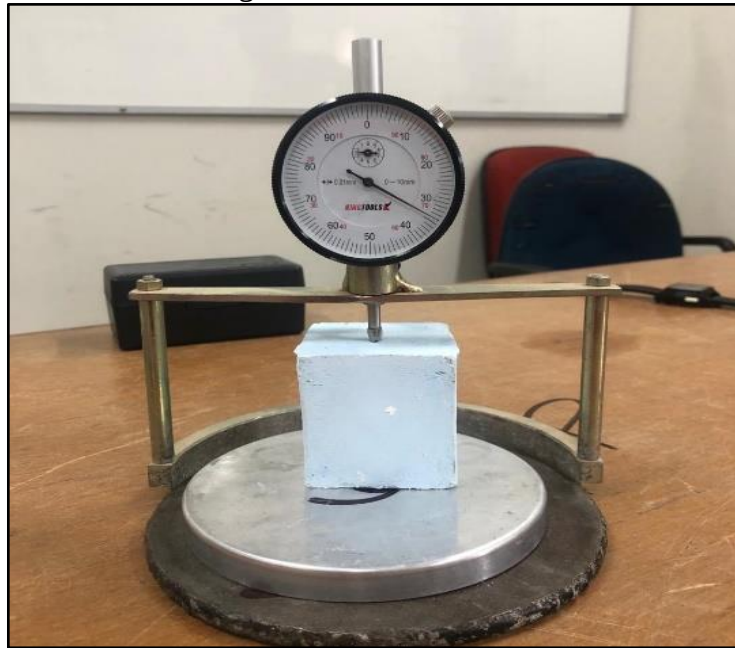
Figura 22 - Ensaio de dureza a partir do uso da prensa de adensamento do solo



Fonte: Autor (2023).

Ao término do ensaio, procedeu-se ao cálculo da média aritmética das profundidades obtidas em cada série. Para tal, fez-se uso de um extensômetro a fim de mensurar a penetração da esfera em todas as faces da amostra, conforme ilustrado na Figura 23.

Figura 23 - Extensômetro



Fonte: Autor (2023).

Com as medidas da profundidade conhecidas para amostras em estudo, foi possível determinar a dureza do gesso utilizando a Equação 5:

$$D = \frac{F}{\varnothing * t * \pi} \quad (5)$$

Onde:

F – Carga, expressa em Newton (N);

$\varnothing$ - Diâmetro, em milímetros (mm);

T – Média da profundidade, em mm.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados os resultados e discussões dos estudos realizados durante o programa experimental. Através da análise e interpretação dos dados obtidos nos ensaios, será possível avaliar o impacto do aditivo hidrofugante nas propriedades físicas e mecânicas das pastas de gesso em diferentes dosagens, bem como sua viabilidade para aplicações na construção civil.

4.1 Granulometria da matéria prima

A análise da granulometria desempenha um papel fundamental na determinação da melhor aplicação do gesso (COSTA, 2013). É um procedimento essencial para garantir a eficácia do gesso em várias aplicações, uma vez que permite identificar as características de tamanho e distribuição das partículas. No presente estudo, ensaio de granulometria foi conduzido em uma única ocasião, gerando resultados que, ao utilizar a peneira de 0,29 mm como referência, demonstraram-se favoráveis. Isso se evidencia pelo fato de que 97,7% do material passou através da peneira em relação à massa inicial. Esse desfecho indica uma granulometria condizente com as diretrizes delineadas na NBR 13207 (ABNT, 2017). Consequentemente, o gesso atende aos critérios de granulometria estabelecidos, assegurando uma avaliação precisa e confiável do material empregado no estudo.

4.2 Massa unitária da matéria prima

A determinação da massa unitária é fundamental para avaliar a qualidade dos materiais de construção, conforme estabelecido pela NBR 13207 (ABNT, 2017), que define um valor mínimo de 600 kg/m³ (0,6 g/cm³) para a massa unitária. Os dados obtidos estão em conformidade com as especificações da norma, fornecendo evidências sólidas de que o gesso analisado possui uma densidade adequada para sua aplicação.

Vale ressaltar que a massa unitária, um parâmetro crucial que impacta diretamente na resistência e durabilidade do material, foi avaliada através de dois ensaios distintos. Assim, a conclusão positiva quanto à massa unitária do gesso reforça sua conformidade com as demandas

técnicas estabelecidas. Para uma visão detalhada, os resultados integrais do estudo estão disponíveis na Tabela 5.

Tabela 5- Massa obtida em ensaio

Nº do Ensaio	Massa (g)	Volume (cm ³)	M _u (kg/m ³)
1º	592,61	1000	-
2º	607,56	1000	-
Média	600,085	1000	600,09

Fonte: Autor (2023).

A obtenção de resultados satisfatórios para a massa unitária e granulometria do gesso proporciona uma base sólida para a utilização do gesso para os ensaios subsequentes. A conformidade com as diretrizes estabelecidas aumenta a confiança na qualidade e desempenho do gesso, contribuindo para a eficiência do aditivo nas propriedades físicas e mecânicas.

4.3 Tempo de pega das amostras

Conforme abordado anteriormente, os tempos de início e fim de pega estão intimamente relacionados à taxa de crescimento dos cristais de gesso, bem como ao processo de hidratação do material, desempenhando um papel crucial nas propriedades mecânicas.

A Tabela 6 apresenta os valores para os tempos de início e fim de pega das pastas, obtidos em condições de temperatura ambiente controlada em torno de 25 °C. O intervalo de tempo em minutos (Δt) representa as variações do início ao fim da pega do gesso para cada amostra.

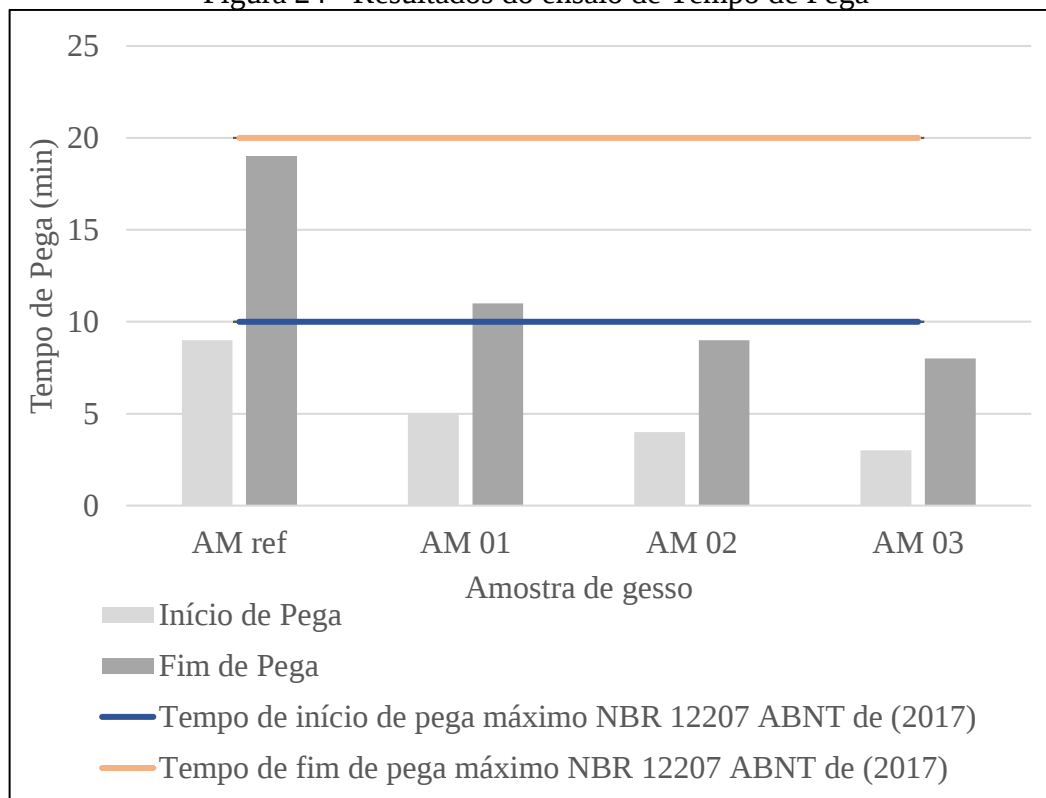
Tabela 6 - Tempo de pega para pastas de gesso

Pasta	Tempos de pega (min)		
	Início de Pega	Fim de Pega	Δt
AM REF	9	19	10
AM 01	5	11	6
AM 02	4	9	5
AM 03	3	8	5

Fonte: Autor (2023).

Para uma representação mais clara, a Figura 24 apresenta os dados encontrados em relação aos requisitos mínimos de tempo de pega, em conformidade com a norma NBR 13207 (ABNT, 2017).

Figura 24 - Resultados do ensaio de Tempo de Pega



Fonte: Autor (2023).

Conforme evidenciado na Figura 24, houve uma diferença significativa nos tempos de início e fim de pega ao adicionar o hidrofugante, em comparação à pasta de referência (AM REF). No entanto, os tempos encontrados ficaram abaixo das exigências técnicas para todas as amostras avaliadas.

À medida que a dosagem do aditivo foi aumentada, observou-se uma redução considerável no tempo de pega da pasta de gesso. Esses resultados indicam que o aditivo hidrofugante possui a capacidade de acelerar o processo de pega do gesso, especialmente quando sua dosagem na mistura é aumentada.

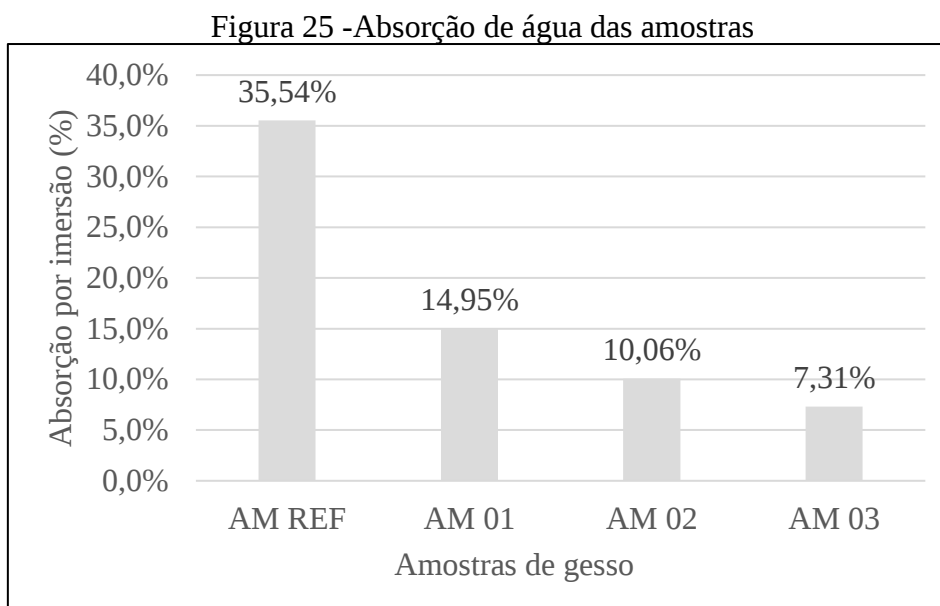
A redução no tempo de pega é uma informação relevante, pois implica em maior rapidez no endurecimento da pasta de gesso, o que pode ser vantajoso em diferentes aplicações. Em situações em que se busca acelerar a secagem ou agilizar certas etapas da construção, uma alternativa viável pode ser aumentar a dosagem do aditivo hidrofugante. É importante ressaltar que os resultados obtidos neste estudo foram alcançados em condições de temperatura controlada, mas na prática as condições climáticas exercem influência durante a utilização do gesso, tanto com o aditivo, quanto sem ele. O estudo conduzido por Ferreira (2018) realizou o

ensaio de tempos de pega em condições de temperatura controlada, mantendo a temperatura constante em 26 °C, de acordo com os requisitos da norma para as amostras estudadas. Contudo, Ferreira (2018) destaca que a temperatura ambiente em um canteiro de obras pode afetar os tempos de início e fim de pega do gesso durante uso. Dessa maneira, é importante considerar as condições reais do ambiente durante a utilização do gesso com e sem aditivo hidrofugante.

No mesmo contexto, Brandão (2015) realizou um estudo sobre os tempos de início e fim de pega do gesso com dosagens maiores de aditivo, considerando um fator a/g de 0,4. Os resultados indicaram que os tempos de pega foram maiores e estavam de acordo com as normas estabelecidas. Essa observação ressalta que o aumento nos tempos de pega é proporcional ao aumento do volume de água nas pastas de gesso. Considerando os ensaios realizados em diversas dosagens, utilizando um fator a/g de 0,7, observou-se que o aumento da quantidade de água pode ser um fator determinante para alcançar maiores tempos de início e fim de pega.

4.4 Absorção de água

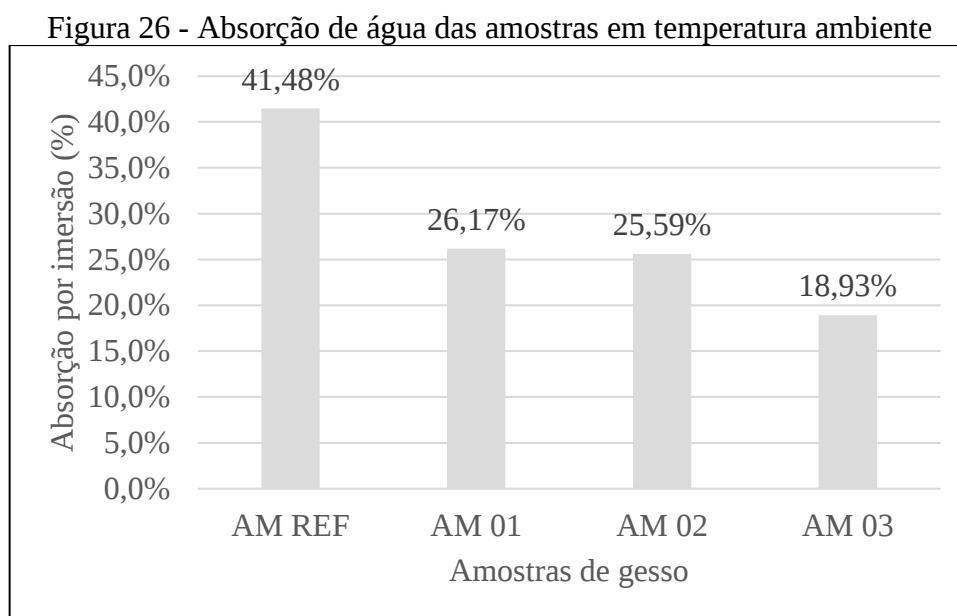
Conforme mencionado anteriormente, uma das principais limitações do uso do gesso na construção civil é a sua vulnerabilidade à água. Mesmo em seu estado endurecido, o gesso permanece solúvel em água. A Figura 25 ilustra os resultados encontrados em ensaios de absorção por imersão em temperatura de 23°C, como recomendado.



Fonte: Autor (2023).

Na Figura 25, é possível observar que o aumento da dosagem do aditivo hidrofugante em relação à massa de gesso resulta em uma redução significativa média de 24,8% na absorção de água. Isso comprova a eficácia do aditivo em relação ao seu princípio de uso. Os resultados obtidos para a resistência à absorção de água foram consideravelmente satisfatórios, em conformidade com a função do aditivo e as informações técnicas fornecidas em sua ficha técnica.

Em seguida, foram encontrados resultados para amostras em temperatura ambiente de aproximadamente 31 °C, com objetivo de identificar possíveis diferenças ao teste anterior. Na Figura 26 são apresentados os valores encontrados para o ensaio de absorção em temperatura ambiente.



Fonte: Autor (2023).

É relevante ressaltar que, durante a segunda etapa do ensaio, foi observado um aumento na absorção das amostras, tanto com aditivo quanto sem aditivo, quando realizadas em temperatura ambiente, considerando as condições de baixa umidade e alta temperatura.

Nesse contexto, a análise dos resultados obtidos durante o ensaio foi realizada levando em consideração os requisitos estabelecidos pela norma NBR 16494 (ABNT, 2016) para blocos de alvenaria de vedação vertical. Segundo a norma, os blocos hidrofugados devem apresentar índices de absorção iguais ou inferiores a 5%. No entanto, nos dois ensaios realizados, os

valores encontrados foram superiores ao limite permitido para o uso de blocos com o aditivo hidrofugante.

No entanto, o estudo conduzido por Carvalho et al. (2020) analisou a influência da dosagem do aditivo, com variações de 5% a 10% e um fator a/g de 0,75. O resultado mais favorável encontrado pelo autor foi um índice de absorção de aproximadamente 8%. Embora os resultados obtidos tenham sido semelhantes aos do estudo, não alcançaram os padrões normativos estabelecidos. É importante destacar que essa diferença pode ser atribuída ao aumento da porosidade do material devido ao maior teor de água utilizado na formação da pasta, o que resulta em uma maior absorção de água.

Em consonância com essa linha de raciocínio, o estudo de Rodrigues et al. (2022) investigou teores menores do aditivo hidrofugante com uma relação a/g semelhante. Apesar das diferenças nos procedimentos experimentais, como o tempo de cura de 4 dias e a forma de cura em estufa até a constância de massa, os valores encontrados estavam fora dos padrões normativos. É importante evidenciar que, apesar das variações nos procedimentos de preparação antes do ensaio, os resultados obtidos foram semelhantes.

No contexto do uso de chapas de *drywall*, é importante mencionar que a norma NBR 14715 (ABNT, 2021) estabelece requisitos específicos para a absorção máxima de umidade em chapas resistentes à umidade, estipulando um limite de 5%. Nesse sentido, os resultados obtidos neste estudo não estão em conformidade com esse valor máximo permitido pela norma para o uso dessas chapas em sistemas de *drywall*.

Portanto, com base nessas observações, fica evidente que, apesar das diferenças na preparação antes do ensaio, os resultados foram semelhantes. É importante ressaltar que possíveis abordagens de investigação para melhorar os resultados podem envolver o aumento das dosagens do aditivo hidrofugante ou a redução da quantidade de água utilizada na preparação da pasta de gesso.

4.5 Resistência à Compressão

A análise da resistência à compressão permite avaliar a capacidade do material em suportar cargas de compressão, revelando sua resistência estrutural. Tanto no estudo do gesso com hidrofugante quanto no estudo do gesso sem hidrofugante, o ensaio de resistência à compressão fornece informações cruciais para a seleção adequada e segura do material na construção. Uma resistência à compressão adequada desempenha um papel fundamental na

preservação da estabilidade estrutural, prevenção de deformações indesejadas e evitando falhas prematuras ao longo do tempo. A Figura 27 ilustra o rompimento da amostra de referência na Prensa CBR-Marshall, procedimento que foi repetido para todas as amostras estudadas.

Figura 27 - Ensaio de Resistência à Compressão



Fonte: Autor (2023).

É importante destacar que a carga de ruptura para cada tipo de amostra foi considerada como sendo a média aritmética dos valores de cada 3 corpos de prova ensaiados. A Tabela 7 apresenta a distribuição dos resultados do ensaio de resistência à compressão das amostras em estudo, incluindo as dimensões e a carga de rompimento.

Tabela 7 - Resultados do ensaio de resistência à compressão

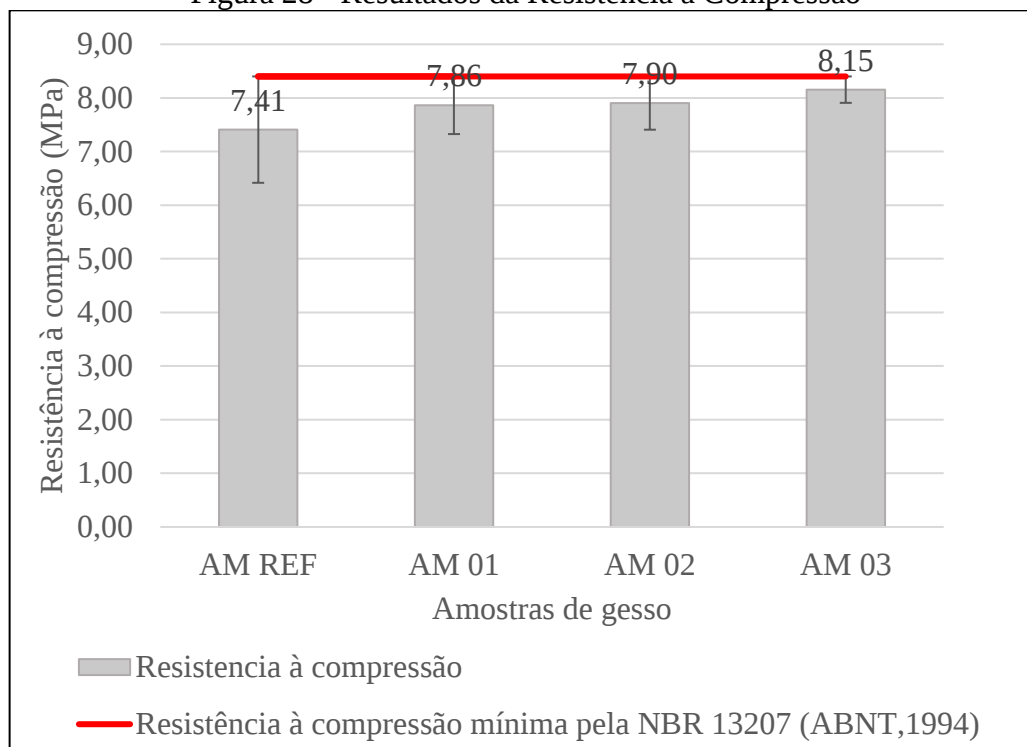
Amostra	Dimensões			Resistencia à compressão		
	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Carga de Ruptura (kN)	Tensão (MPa)
AM REF	4,97	5,00	5,00	24,9	18,41	7,41
AM 01	5,00	4,96	4,98	24,8	19,68	7,94
AM 02	4,98	5,00	4,99	24,9	19,50	7,83
AM 03	4,96	4,97	5,00	24,7	20,10	8,15

Fonte: Autor (2023).

A representação da Figura 28 apresenta uma forma mais adequada de demonstrar os resultados encontrados, onde é possível visualizar a resistência mínima recomendada pela

norma NBR 13207 (ABNT, 1994). A inclusão dessa referência permite uma comparação direta entre os valores obtidos experimentalmente e o padrão estabelecido pela norma.

Figura 28 - Resultados da Resistência à Compressão



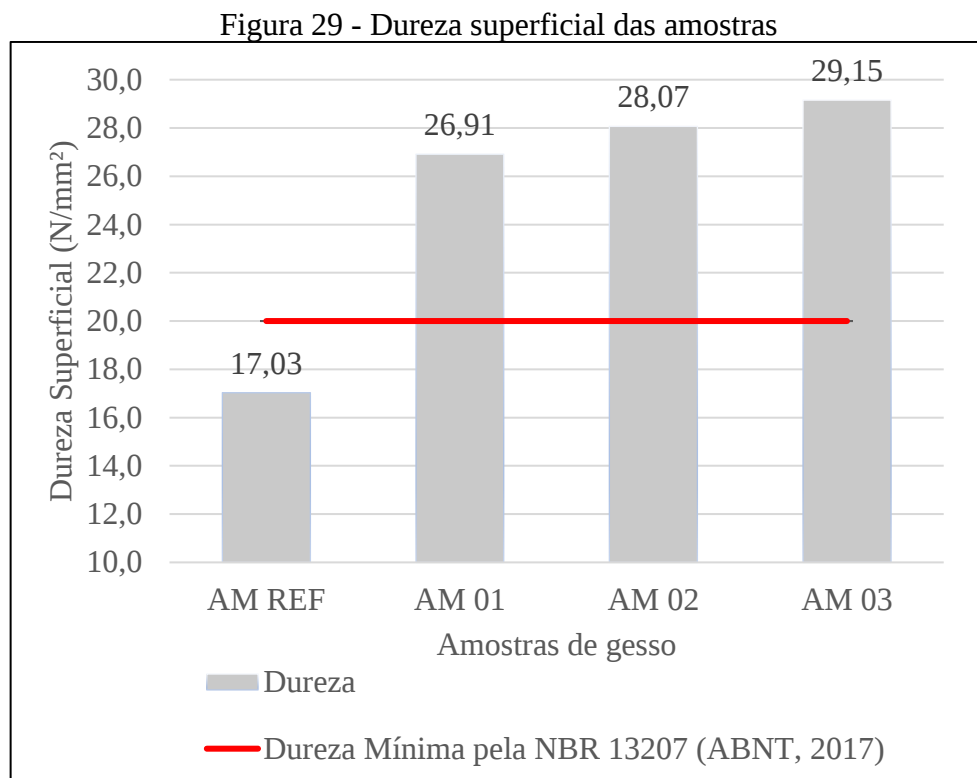
Fonte: Autor (2023).

Com base nos resultados apresentados na tabela anterior e em conformidade com a norma NBR 13207 (ABNT, 1994), verificou-se que os valores de resistência à compressão obtidos estão próximos dos padrões estabelecidos. Os resultados indicam que a adição do aditivo hidrofugante não compromete substancialmente as propriedades mecânicas do material.

É relevante ressaltar que, conforme Sobrinho (2021), produtos à base de gesso sem aditivo tendem a ter sua resistência reduzida quando expostos a alta umidade, corroborando os resultados obtidos no estudo. Além disso, de acordo com Freitas (2021), a relação a/g também influencia na resistência à compressão, sendo que uma relação maior resulta em uma menor resistência. Em concordância com esses estudos, a escolha da relação a/g foi importante para obter resultados intermediários que se aproximaram do limite estabelecido pela norma.

4.6 Dureza

A dureza é uma propriedade importante que determina a resistência do gesso a deformações e desgaste, influenciando diretamente em sua durabilidade e desempenho ao longo do tempo. Ao realizar o ensaio de dureza, foi possível obter informações sobre a resistência do gesso a forças externas, como impactos e atritos. A Figura 29 apresenta os resultados médios encontrados para o ensaio de dureza para amostras em estudo.



Fonte: Autor (2023).

Com base na análise dos resultados, é notável que as amostras com aditivo hidrofugante apresentaram um aumento médio de aproximadamente 39% na dureza, atendendo aos requisitos mínimos estabelecidos pela norma NBR 13207 (ABNT, 2017). Por outro lado, a amostra sem aditivo não apresentou os valores desejados de dureza, como especificado na mesma norma. Essa diferença na dureza superficial das amostras com e sem aditivo hidrofugante também foi observada por Silva et al., (2018), porém os resultados encontrados diferem, uma vez que a dureza nas amostras com aditivo apresentou uma diminuição em relação às amostras sem aditivo. No estudo realizado por Rodrigues et al. (2022), foram avaliadas amostras de gesso com aditivo em diferentes idades e temperaturas ambiente. Os resultados mostraram um

aumento de aproximadamente 8% na dureza em relação às amostras sem aditivo, mesmo em condições de alta umidade durante o estudo. A variação de temperatura não influenciou significativamente nos valores de dureza do gesso, enquanto eventuais reduções nos resultados podem estar relacionadas à relação água/gesso e ao método de preparo das amostras.

A NBR 16494 (ABNT, 2017), que aborda os blocos hidrofugados e padrão utilizados na construção, estabelece um requisito mínimo de dureza para os blocos hidrofugados de alta dureza, sendo igual ou superior a 20 MPa. Assim, os resultados obtidos estão em conformidade com as diretrizes da norma, evidenciando a qualidade das amostras.

Em consonância, é relevante ressaltar a eficácia do aditivo hidrofugante na aprimoração da consistência do gesso em seu estado sólido. O ensaio de dureza revelou que o gesso hidrofugado, por atender aos requisitos normativos, possui a capacidade de resistir a danos e deformações, garantindo sua integridade estrutural e funcional. Tal informação possui extrema importância para assegurar a segurança e qualidade das construções, uma vez que um gesso com baixa dureza poderia resultar em fissuras, quebras ou um desgaste prematuro, prejudicando sua durabilidade e desempenho ao longo do tempo. De forma geral, para análise dos resultados, a correlação de Pearson revelou um valor de 0,91 para os resultados das amostras nas propriedades mecânicas, o que indica uma relação linear de crescimento entre a resistência à compressão e a dureza do material de acordo com aumento da dosagem do aditivo.

5 CONCLUSÕES

A realização deste trabalho proporcionou um aprofundamento no conhecimento sobre o uso do aditivo hidrofugante em combinação com o gesso, avaliando sua aplicabilidade em materiais de construção e analisando a possibilidade de superar as limitações do gesso, referente sua vulnerabilidade à água. Dessa forma, a identificação criteriosa dos ensaios foi essencial para garantir que o estudo sobre o uso do aditivo hidrofugante oferecesse informações sólidas para embasar conclusões e tomadas de decisão relacionadas ao gesso na construção. Foi importante observar que, em comparação com outros materiais de construção, o gesso apresenta diversas qualidades, como redução de resíduos e diminuição do tempo de execução dos serviços, conforme evidenciado pelo estudo bibliográfico realizado.

A adição dos aditivos hidrofugantes proporcionou melhorias nas propriedades mecânicas e físicas das amostras analisadas. Especificamente, quando a temperatura foi controlada, houve um aumento significativo nos índices de absorção. Foi observada uma redução expressiva na absorção total das amostras, cerca de 25% em comparação com a média das amostras sem aditivo, considerando a relação a/g adotada. No entanto, os resultados obtidos não atingiram os níveis normativos desejados de absorção para as amostras. É importante ressaltar a eficácia do aditivo hidrofugante em relação aos demais ensaios, mesmo que não tenha sido favorável em todos os aspectos. Nas propriedades mecânicas, foi observado um aumento médio de 23% com a adição do aditivo.

Durante a condução deste trabalho, foram enfrentadas diversas dificuldades que merecem destaque. Em primeiro lugar, o clima úmido em diversos dias durante a preparação das amostras representou um desafio significativo. A umidade ambiente interferiu na obtenção de uma massa constante das amostras, o que é essencial para assegurar resultados precisos. A secagem adequada das amostras também foi afetada pela umidade, o que poderia impactar nas propriedades avaliadas. No entanto, diante dessa adversidade, foram desenvolvidas novas amostras em períodos de clima mais favorável, de modo a obter resultados confiáveis e coerentes com os objetivos do estudo.

Além disso, a busca e aquisição de equipamentos específicos para a realização dos ensaios necessários também representou um desafio. A obtenção desses equipamentos exigiu tempo e esforço, uma vez que nem sempre estavam prontamente disponíveis no laboratório ou

na instituição de pesquisa. Portanto, a busca por soluções alternativas e a tomada de precauções adequadas permitiram contornar os desafios e prosseguir com o trabalho de forma eficiente.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Apesar dos resultados satisfatórios obtidos neste estudo, é necessário aprofundar várias linhas de pensamento com base nos resultados apresentados, a fim de fundamentar adequadamente o uso do aditivo hidrofugante em construções. Como complemento aos resultados aqui apresentados, sugerem-se as seguintes linhas de pesquisa:

- Repetir os ensaios realizados utilizando corpos de prova fabricados com pastas de gesso com aditivo, submetendo-os a testes de absorção de água e avaliação de capacidade mecânica, principalmente com fatores a/g (água/gesso) inferiores aos utilizados aqui. Isso permitirá uma análise mais abrangente da eficácia do aditivo em diferentes condições.
- Verificar a eficiência do aditivo hidrofugante em relação ao gesso reciclado. É importante investigar se o aditivo mantém sua capacidade de reduzir a absorção de água e melhorar as propriedades do gesso mesmo quando este é proveniente de reciclagem, contribuindo para a sustentabilidade do material.
- Pesquisar outras formas de utilização do aditivo, considerando o desenvolvimento da pasta de gesso e o tempo necessário para que a massa esteja completamente adequada para uso ou ensaio. Explorar diferentes dosagens, tempos de cura e métodos de aplicação do aditivo pode fornecer informações importantes sobre as melhores práticas para obter os resultados desejados.

Essas linhas de pesquisa complementares permitirão uma análise mais completa e embasada sobre o uso do aditivo hidrofugante no gesso para construção, contribuindo para a evolução do conhecimento na área e fornecendo subsídios para a utilização correta e eficiente desse material em diversas aplicações.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS. **Força-tarefa aponta irregularidades no trabalho em polo gesso de Pernambuco**. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/877793-forca-tarefa-aponta-irregularidades-no-trabalho-em-polo-gesso-de-pernambuco/>. Acesso em: 19 jan. 2023.
- ALBUQUERQUE, C. M. A. M. **Produção de Gesso de Revestimento Utilizando Anidrita II**. Dissertação (Pós-Graduação) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12127**: gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 2017a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12128**: Gesso para construção: Determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro, 2019a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12129**: Gesso para a construção civil – Determinação das propriedades mecânicas, 2019b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13207**: Gesso para construção civil - Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14715-1**: Chapas de gesso para drywall- Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16495**: Bloco de gesso para vedação vertical — Requisitos: Rio de Janeiro, 2016.
- BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; BORGES, L. E. P. **Variedades mineralógicas e processos utilizados na produção dos diferentes tipos de gesso**. Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Anais. Florianópolis, 2004.
- BARDELLA, P. S. **Análise das Propriedades de Pastas de Gesso de Construção Reciclado**. 235 f. Campinas, 2011. (Tese) – Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
- BARZOTTO, M. V. **Gestão de resíduo de gesso na construção civil: Um estudo de caso**. 2015 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Unidade Acadêmica de Graduação, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2015.
- BASSO, R. S. **Caracterização de pasta de gesso com diferentes porcentagens de substituição do gesso in natura por gesso recalcinado**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Caxias do Sul, Área de conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, Bento Gonçalves, 2022.
- BERTOLINI, L. **Materiais de Construção – patologia / reabilitação / prevenção**. Ed.: Oficina de Texto, 2010. ISBN.: 978-85-79750106. Português, p. 414.

BRANDÃO, C. P. **Compósito com matriz de gesso e reforço de manta de sisal**. 2015. Dissertação – Departamento de Construção e Estruturas. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

BRASIL. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos**. Vedações verticais internas em alvenaria não estrutural de blocos de gesso, SINAT, n. 008. Brasília, 2017b. Disponível em: <https://pbqp-h.mdr.gov.br/biblioteca/diretriz-sinat-n-008-revisao-02/>. Acesso em: 04 fev. 2023.

CAGNONI, F. C.; CORDON, H. F. **Estudo do processo de calcinação como alternativa para a reciclagem de gesso proveniente da construção civil**. Disponível em: <https://maua.br/files/122016/estudo-do-processo-calcinacao-como-alternativa-para-reciclagem-gesso-proveniente-construcao-civil-270908.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2023.

CAMPOS, E. E.; CALAES, G. D. e HERMANN, H. **Agregados para Construção Civil no Brasil**. Fundação Tecnológica de Minas Gerais - CETEC. Belo Horizonte. 2007.

CARVALHO, M. C et al. **A influência da incorporação de resinas acrílicas para impermeabilização de blocos de gesso**. In: CONGRESSO ARAGUAIEENSE DE CIÊNCIAS EXATA, TECNOLÓGICA E SOCIAL APLICADA, p. 1-12, 2020, Santana do Araguaia. Anais... Santana do Araguaia: II CONARA, 2020.

Construção Civil. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba. 105 p. 2006.

COSTA, J. E. B. **Análise Comparativa Entre as Propriedades do Gesso Obtido de Rejeito da Produção de Sal e Gessos Comerciais**. 79 f. Natal, 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

COUTINHO, J. S. **Materiais de Construção 2 – 1ª Parte – Ligantes e Caldas**. 2006, Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~jcouti/ligantes2006.pdf>. Acesso em: 29 maio. 2023.

CUNHA, T. A. **Viabilidade da projeção de gesso na construção civil, Estudo de caso: Edifício D'ouro Tambaú Residense Club**. 2015. 71p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2015.

FERNANDES, J. C. V. **Revestimentos de argamassa convencional e de gesso reciclado projetado: Um estudo comparativo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

FERREIRA, F. C.; SOUSA, J. G. G. de; CARNEIRO, A. M. P. **Caracterização mecânica do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 207-221, out./dez. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/YNtm5WcPD4ph74kW6hwSRnz/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.

FERREIRA, G. F. **Estudo Comparativo de desempenho e custo entre revestimento em argamassa convencional e pasta de gesso em alvenarias.** Centro Universitário do Cerrado Patrocínio – UNICERP. Patrocínio, 2018.

FREITAS, C. M. **Panorama da gestão dos resíduos de gesso na construção civil: um estudo de caso no município de Tabuleiro do Norte – CE.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, 2021.

GARCIA, V. L. **Análise das manifestações patológicas encontradas em revestimento de pasta de gesso em obras de uma construtora de Porto Alegre.** Porto Alegre, 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia.

GOMES, M. F. **Otimização do tempo e temperatura no processamento da gipsita oriunda dos cristalizadores da produção de sal para obter gesso de uso na construção civil.** Natal, 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Gesso de construção civil.** In: IBRACON, Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. Nº1, G.C. Isaia, Cap. 23.1, p.727-760. 2007.

KONDRATIEVA, N.; BARRE, M.; GOUTENOIRE, F.; Sanytsky. **Estudo do ligante de gesso modificado.** Construction and Building Materials, v. 148, p. 718-725, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.140>. Acesso em: 11 jan. 2023.

LIMA FILHO, H. J. B.; LIMA, J. C. S.; BENACHOUR, M.; SANTOS, V. A. **Tratamento dos resíduos de gesso da construção e da demolição-rcd para a produção de gesso beta reciclado**", p. 6712-6719. In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014. São Paulo: Blucher, 2015.

LINS, J. A. G. **Aplicação do material gesso e da mistura gesso e barita como blindagem para baixas energias na área de radiodiagnóstico.** 96 f. il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

LOPES, V. H. S. **Estudo comparativo de sistemas construtivos para vedação: alvenaria drywall e alvenaria em bloco cerâmico.** 56 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

LYRA SOBRINHO, A. C. P.; AMARAL, A. J. R. e DANTAS, J. O. C. (2004). Gipsita. Sumário Mineral DNPM, p. 80-81.

MAEDA, F. M. **Produtividade da mão-de-obra nos serviços de revestimento interno de paredes e tetos em argamassa e em gesso.** 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-10122002-141407/>. Acesso em: 07 fev. 2023.

MARTIAS, C; JOLIFF, Y; FAVOTTO, C. Effects of the addition of glass fibers, mica and vermiculite on the mechanical properties of a gypsum-based composite at room temperature and during a fire test. *Compos B Eng* 2014; 62:37–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.02.019>.

MEDEIROS, D. C. B. **Análise de propriedades térmicas e mecânicas de compósito de gesso, sisal e papel**. Natal, RN, 2017. 19 f. il. Artigo científico (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, J. M. P. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. 4. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MELO, R. A. D. P. **Estudo do efeito de aditivos nas propriedades do gesso alfa produzido em meio aquoso**. Recife, 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, 2013.

MENDONÇA, R. S. **Desidratação Térmica de Resíduos de Placas de Gesso em Forno Contínuo de Elemento Móvel Helicoidal**. Recife, PE, 2015. 119 f. : il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco.

MITIDIERI, C. **Drywall no Brasil: Reflexões Tecnológicas**. [S. l.]: Associação Brasileira do Drywall, 2018. Disponível em: <https://drywall.org.br/blogabdrywall/drywall-no-brasil-reflexoes-tecnologicas-2/>. Acesso em: 13 fev. 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Anuário Estatístico: Setor Transformação Não Metálicos** 2019. Brasília, DF: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM), 2020. 115p. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario-estatitico-2021-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos-ano-base-2020.pdf/view>. Acesso em: 27 jan. 2023.

MORATO, J. A. **Divisórias de Gesso Acartonado: Sua utilização na construção civil**. 2008. 74 f. Monografia (Graduação) - Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2008.

PERES, L. S.; BENACHOUR, M.; SANTOS, V. A. **Gesso: Produção e Utilização na Construção Civil**. 2. ed. Recife: SEBRAE, vol. 1, p.119, 2008.

RIBEIRO, A. S., **Produção de Gesso Reciclado a Partir de Resíduos Oriundos da**

ROCHA, C. A. L.; DORIVAL, C. P. **O gesso na indústria da construção civil: considerações econômicas sobre utilização de blocos de gesso**. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

RODRIGUES, S. D. de S.; SOUSA, J. G. G. de; OLIVIER, N. C. **Efeitos do envelhecimento acelerado sobre o gesso beta com a adição de hidrorrepelente de massa.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 22, n. 4, p. 355-369, out./dez. 2022. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212022000400644>.

RODRIGUES, S. D. S; SILVA, M. A; SOUSA, J. G. G; OLIVIER, N. C. **Comportamento do gesso com aditivo hidrorrepelente sob o envelhecimento natural.** Universidade Federal do Vale do São Francisco, Departamento de Engenharia Civil, Juazeiro, BA, Brasil. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132022683873270>. Acesso em: 09 fev. 2023.

SANTOS, A. N. **Comportamento higrotérmico de paredes em gesso: avaliação da adequabilidade a zonas climáticas do Brasil.** Porto, 2017. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017.

SANTOS, R. I. dos. **Métodos construtivos de revestimento interno em gesso aplicado por projeção mecânica e manual – análise comparativa.** São Paulo, 2020. 149 p.

SAVI, O.; SOUZA, R. A.; MANICARDI FILHO, A. M.; ROMERA, G.; PEREIRA, J. J. **Massa Unitária do gesso reciclado e convencional.** In: ENTECA 2013 - IX Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura, 2013. Disponível em: http://www.dec.uem.br/eventos/enteca_2013/Artigos/CTM/1058.pdf. Acesso dia 13 de jun de 2023.

SILVA, D. B. P. **Efeito do aditivo hidrofugante nas propriedades e na durabilidade das pastas de gesso de fundição.** 2018. 110f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal Vale do São Francisco, Juazeiro, BA, 2018.

SILVA, D. B. P., SOUSA, J. G. G., FERREIRA, D. C. E., RODRIGUES, T. M. C. **Avaliação da influência do aditivo hidrofugante nas pastas de gesso de fundição.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

SOBRINHO C. W. A. P. **Durabilidade das alvenarias de blocos de gesso: Limites de sua utilização.** Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021.

TOLEDO, J. H. D. **Tecnologia na construção civil: sistema drywall.** 2020. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4548/1/Monografia>. Acesso em: 13 fev. 2023.

USGS. Mineral commodity summaries 2020. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.