



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA PASTA DE GESSO
COM INCORPORAÇÃO DE CALDO DE CANA DE AÇÚCAR**

LIS MARINHO DE MORAIS

POMBAL-PB

2023

LIS MARINHO DE MORAIS

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA PASTA DE GESSO
COM INCORPORAÇÃO DE CALDO DE CANA DE AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Unidade Acadêmica de
Ciências e Tecnologia Ambiental da
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Engenheiro
Civil.

Orientadora: Prof.^a Dra. Elisângela Pereira
da Silva

POMBAL – PB

2023

M828a Morais, Lis Marinho de.

Análise das propriedades mecânicas da pasta de gesso com incorporação de caldo de cana de açúcar / Lis Marinho de Morais. – Pombal, 2023.
51 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Elisângela Pereira da Silva”.

Referências.

1. Pasta de gesso. 2. Material alternativo. 3. Aditivos no gesso. 4. Gesso -
Tempo de pega. 5. Retardador de pega. 6. Resistência de material.

I. Silva, Elisângela Pereira da. II. Título.

CDU 691.31 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO.

LIS MARINHO DE MORAIS

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA PASTA DE GESSO COM
INCORPORAÇÃO DE CALDO DE CANA DE AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso da discente Lis Marinho de Moraes
APROVADO em 30 de novembro de 2023, pela comissão examinadora composta
pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de
ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.

Documento assinado digitalmente
 ELISANGELA PEREIRA DA SILVA
Data: 08/12/2023 18:16:31-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr^a. Elisângela Pereira da Silva
(Orientadora – UFCG)



Assinado digitalmente por Eduardo
Morais de Medeiros
Razão: Eu atesto a precisão e a
integridade deste documento
Localização: Pombal/PB
Data: 2023.12.08
18:47:41
-03'00'

Prof^o. Dr^o. Eduardo Morais de Medeiros
(Membro Interno – UFCG)

Carla Caroline Alves Carvalho

Prof.^a Dr^a. Carla Caroline Alves Carvalho
(Membro Externo-UFMA)

Esse trabalho eu dedico a todas as pessoas que sempre estiveram ao meu lado, em especial a minha família; por de alguma forma me direcionar para os melhores caminhos e nunca medir esforços para que eu realizasse meus sonhos.

Por vocês, amor e gratidão por tudo!

AGRADECIMENTOS

Nessa etapa que está se cumprindo, agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder força e boas oportunidades, por me guiar, me dá sabedoria e mãos amigas em toda trajetória até o momento.

À minha orientadora pelo seu apoio, orientação e ideias que fizeram desta uma experiência única para mim.

A Eudes, técnico de laboratório de materiais de construção civil do CCTA, pelos ensinamentos, parceria e paciência. Sua contribuição foi fundamental para conclusão dessa pesquisa. Obrigada por me permitir contar contigo.

A UFCG, a todos os funcionários da instituição, por ter me dado a chance de chegar ao final desse ciclo de maneira satisfatória. Aos professores que contribuíram direto ou indiretamente para a minha formação acadêmica.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à banca examinadora por aceitar o convite e dedicar seu generoso tempo para contribuir com o meu trabalho.

Agradeço infinitamente aos meu Pais, Inácio e Bibi, por terem vencido tantas batalhas para que eu tivesse condições de cursar essa graduação com tanta dignidade. Vocês foram fundamentais nessa conquista. Obrigada pelo apoio incondicional e por todos ensinamentos de vida para que pudesse sempre buscar e alcançar meus objetivos. Obrigada por terem sonhado os meus sonhos.

A Elisa, minha filha, por ter sido luz e fonte de força diária.

A Isa, minha irmã, pelo apoio, mesmo que “forçado” e por todo cuidado com Elisa.

À toda minha família por todo incentivo e por terem sido uma verdadeira rede de apoio quando precisei me ausentar. Em especial, meus agradecimentos a tia Fatinha e a Tia Francisca (In memoriam) que nunca se negaram aos meus desejos.

A Léo, que dividiu comigo os perrengues desse trabalho e tantos outros durante a graduação inteira. Sendo cor em dias cinzas e a palavra amiga no desespero. Obrigada por me encorajar e incentivar na busca pelos meus ideais.

A todos os meus amigos de verdade, quero que saibam que reconheço tudo que fizeram por mim, a força que jorrava no meu pensamento para não desistir e o conforto de saber que nunca estarei só e que serei sempre capaz de tudo por maiores que sejam as dificuldades. Obrigada pelos seus otimismo contagiante.

Por fim, a quem não mencionei, mas fizeram parte do meu percurso, a todas as pessoas que torceram por mim, me deram palavras de incentivo e acreditaram no meu potencial, deixo um profundo agradecimento porque com toda certeza tiveram um papel determinante nesta etapa da minha vida. Eu não teria conseguido sozinha!

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.”

(Martin Luther King)

RESUMO

MORAIS, Lis Marinho de. Análise das Propriedades Mecânicas da Pasta de Gesso com Incorporação de Caldo de Cana de Açúcar. 2023. 50 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande. Pombal - Paraíba, 2023.

O setor da construção civil enfrenta o desafio de conciliar o desenvolvimento tecnológico e o avanço econômico com a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade. Por esse motivo faz-se necessário o desenvolvimento de materiais de construção sustentáveis, que proporcionem aumento do nível de produtividade na construção mas que apresentem menor agressividade ao meio ambiente. No entanto, o gesso é um dos materiais que possui um elevado nível de desperdício nas construções devido o tempo de trabalho útil ser curto, diante disso, é possível retardar o seu tempo de pega utilizando aditivos de fonte renovável e de menor impacto ambiental que os aditivos industrializados. Com base em observações práticas e conhecimento tradicional, o açúcar é empregado para retardar o tempo de início e fim de pega de argamassas. Desta forma, este trabalho teve como principal objetivo estudar as propriedades da pasta de gesso com substituição parcial da água pelo caldo da cana de açúcar em 5%, 10%, 30% e 60% para relação a/g 0,5. Foram realizados ensaios de tempo de pega, resistência a tração na flexão, resistência a compressão e verificou-se o pH da mistura água e aditivo. O caldo de cana de açúcar apresentou influência significativa no tempo de pega da pasta de gesso, como também apresentou melhorias na resistência a tração na flexão e a compressão ao longo do período de cura. Portanto, conclui-se que, o caldo de cana de açúcar possui alto potencial para inserção como aditivo de retardo de início e fim de pega da pasta de gesso.

Palavras-chave: Aditivo; Materiais alternativos; Tempo de Pega; Resistência.

ABSTRACT

MORAIS, Lis Marinho de. Analysis of the Mechanical Properties of Gypsum Paste with the Incorporation of Sugar Cane Juice. 2023. 50 pages. Undergraduate Thesis (Bachelor's in Civil Engineering) - Federal University of Campina Grande. Pombal - Paraíba, 2023.

The construction sector faces the challenge of reconciling technological development and economic progress with environmental preservation and sustainability. For this reason, it is necessary to develop sustainable construction materials that not only enhance productivity in construction but also exhibit lower environmental impact. However, gypsum is one of the materials that experiences a high level of waste in construction due to its short working time. In light of this, it is possible to delay its setting time by using additives from renewable sources with lower environmental impact than industrialized additives. Based on practical observations and traditional knowledge, sugar is employed to slow down the setting time of mortar. Thus, the main objective of this study was to investigate the properties of gypsum paste with partial replacement of water by sugar cane juice at levels of 5%, 10%, 30%, and 60% for a water-to-gypsum ratio of 0.5. Tests were conducted for setting time, flexural tensile strength, compressive strength, and pH of the water and additive mixture. Sugar cane juice demonstrated a significant influence on the setting time of the gypsum paste and showed improvements in flexural tensile strength and compressive strength throughout the curing period. Therefore, it can be concluded that sugar cane juice has a high potential for use as an additive to delay the setting time of gypsum paste.

Keywords: Additive. Alternative materials. Catch Time. Resistance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Extração do caldo de cana de açúcar.....	25
Figura 2 - Gesso em repouso na água de amassamento.....	27
Figura 3 – Aparelho de Vicat utilizado para o ensaio de determinação do tempo de pega.....	28
Figura 4 – Preparação do Ensaio do Tempo de Pega.....	29
Figura 5 - Fitas indicadoras de pH.....	30
Figura 6 – Ensaio de pH.....	30
Figura 7 - Molde de corpos de provas prismáticos.....	31
Figura 8 – Ensaio de resistência à tração na flexão.....	32
Figura 9 - Ensaio de resistência a Compressão.....	32
Figura 10 – Influência do caldo de cana-de-açúcar no tempo de pega.....	34
Figura 11 - Exsudação da água de amassamento.....	37
Figura 12 - Amostra do compósito de gesso com 30% de incorporação de caldo de cana de açúcar na água de amassamento.....	37
Figura 13 - Amostra do compósito de gesso com 60% de incorporação de caldo de cana de açúcar na água de amassamento.....	38
Figura 14 - Resistência à tração na flexão das pastas.....	40
Figura 15 - Resistência à compressão das pastas.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre revestimento de gesso e argamassa de cimento e cal.....	19
Tabela 2 - Requisitos físicos e mecânicos para o emprego do gesso na construção civil.....	20
Tabela 3 - Exigências da ABNT em relação ao tempo de pega.....	22
Tabela 4 - Quantitativo de materiais para pastas de gesso usada no ensaio de tempo de pega.....	27
Tabela 5 - Quantitativo de materiais para pastas de gesso usada nos ensaios de resistência a tração na flexão e compressão.....	28
Tabela 6 - Resultados do ensaio de tempo de início e fim de pega.....	34
Tabela 7 - Resultados do ensaio de pH.....	39
Tabela 8 - Resultados do ensaio de resistência à tração na flexão.....	39
Tabela 9 - Resultados do ensaio de resistência à compressão das pastas.....	41

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
a.C.	Antes de Cristo;
a/g	Quantidade de água/peso gesso;
GC	Gesso Controle;
g	Gramas;
h	Hora;
min	Minutos;
mm	Milímetro;
mm ²	Milímetro quadrado;
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado
°C	Grau Celsius;
%	Por cento;
Mpa	Mega Pascal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1.	GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
3.2.	REVESTIMENTOS EM GESSO.....	17
3.3.	PROPRIEDADES DO GESSO	20
3.4.	ADITIVOS NO GESSO.....	23
3.5.	CANA DE AÇÚCAR	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1.	MATERIAIS DE PARTIDA.....	25
4.1.1.	Gesso.....	25
4.1.2.	Aditivo	25
4.1.3.	Água.....	26
4.2.	CONCENTRAÇÕES DE CANA-DE-AÇÚCAR A SEREM UTILIZADAS.....	26
4.3.	PREPARAÇÃO DA PASTA PARA ENSAIOS	26
4.4.	ENSAIOS	28
4.4.1.	Tempo de início e fim de pega	28
4.4.2.	Determinação do pH	30
4.4.3.	Resistência a tração na flexão	31
4.4.4.	Resistência a compressão	32
5	RESULTADOS E DISCURSÕES	34
5.1.	TEMPO DE PEGA.....	34
5.2.	ENSAIO DE PH.....	38
5.3.	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO NA FLEXÃO	39
5.4.	RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO.....	41
6	CONCLUSÕES.....	45
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
	REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

O gesso possui uma grande diversidade de uso industrial, sendo um dos materiais mais utilizados na construção civil no mundo. O Brasil é o 16º maior produtor mundial de gipsita (minério que dá origem ao gesso) e o segundo maior da América Latina, atrás apenas do México, segundo dados do U.S. Geological Survey (USGS, 2021). No Brasil, o mineral é encontrado predominantemente no estado de Pernambuco (97%), seguido por Maranhão (1,5%), Ceará (0,8%) e Tocantins (0,7%), segundo o então Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2018).

O baixo custo, a alta disponibilidade, a leveza, o bom isolamento térmico e acústico, a resistência ao fogo e o baixo consumo de energia na sua produção tornam o gesso de construção, um dos materiais mais utilizados na construção civil (MARTIAS et al., 2014).

O gesso representa um aglomerante de natureza aéreo, o que implica que, após seu endurecimento, não é resistente à exposição à água. Sua produção se baseia exclusivamente em um único componente, o mineral gipsita (sulfato de cálcio di-hidratado - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (FERREIRA, 2017).

Tempo de pega e endurecimento rápido são características do gesso. Para aprimorar essas propriedades, uma alternativa viável é a aplicação de aditivos, sejam eles de origem química ou natural. Essas substâncias desempenham diversas funções, como: modificadores do tempo de pega, espessantes, agentes retentores de água, fluidificantes, entre outras (LIMA, 2013).

A pega pode ser descrita segundo um fenômeno físico-químico. De acordo com Antunes e John (2000), o início da reação corresponde à formação de núcleos de cristais de gipsita que crescem durante o período de indução. Após esse período, os cristais de dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) começam a precipitar ocasionando um aumento na consistência da pasta conhecido como início da pega. Com o aumento da taxa da reação de hidratação, a pasta vai adquirindo cada vez mais resistência mecânica até o seu completo endurecimento, podendo dizer que se deu o fim da pega. (CAMARINI et al., 2016).

Esta reação de hidratação é fortemente influenciada por vários fatores, entre eles, temperatura da água, do ambiente e a velocidade de procedimento, que afetam

diretamente a energia usada durante a mistura da pasta de gesso (CAMARINI et al., 2016).

O uso de aditivos é uma prática usada para melhorar as características do gesso no estado fresco e no estado endurecido. Diversos aditivos costumam ser utilizados como modificadores do tempo de pega (BALTAR et al., 2005; DOMINGUEZ e SANTOS, 2001; PERES et al., 2008): Os sulfatos de potássio e de cálcio são citados como aceleradores de pega (LEINFELDER e LEMONF, 1989), enquanto, ácido cítrico e seu sal de sódio, acetatos e bórax, entre outros, são conhecidos como retardadores de pega (HENAO e CINCOTTO, 1997; HINCAPIE e CINCOTTO, 1997; PERES et al., 2008; LÓPEZ, 1997).

Componentes retardadores têm sido intensivamente estudados. Trabalhos recentes têm mostrado algumas substâncias que, com determinadas dosagens, podem controlar o tempo de pega do gesso. Dessa forma, de acordo Neville e Brooks (2013) os aditivos retardadores de pega na argamassa, são úteis em climas quentes, onde o tempo normal de pega é diminuído pela alta temperatura e a ação do retardo é obtida pela adição de açúcar, derivado de carboidratos, sais de zinco, boratos solúveis e outros. Sendo pontos característicos também do gesso.

Diante destas perspectivas, observado que o açúcar age como um retardador de tempo de pega o objetivo dessa pesquisa é o estudo preliminar da incorporação do caldo de cana de açúcar como retardador de pega e estudos das propriedades mecânicas da pastas de gesso.

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Esse trabalho objetiva avaliar a viabilidade da substituição parcial da água de amassamento pelo caldo da cana de açúcar à pasta de gesso, no estado fresco e endurecido, por meio do estudo de suas propriedades mecânicas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho se expressam por:

- No estado fresco, analisar a influência da incorporação do caldo de cana-de-açúcar no tempo de pega das pastas de gesso para relação a/g 0,5 através do aparelho de Vicat;
- Verificar as propriedades mecânicas das pastas de gesso endurecida de modo a observar a resistência a compressão e a tração na flexão;
- Observar a influência da incorporação frente a mudança na coloração de acordo com a concentração do aditivo nas pastas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O gesso é um dos materiais mais antigos usado pelo homem na construção. Estudos arqueólogos tiveram descobertas de que o gesso já era usado no oitavo milênio a.C, encontrado na Síria e Turquia. Foi utilizado também em barragens e canais na África. A partir do século XVIII, o gesso se popularizou na Europa em aplicações de correções de solos, mesmo ainda sendo um material só de fabricação empírica. Mas foi em 1768, que o francês químico Antoine Lavoisier apresenta o 1º estudo científico sobre os fenômenos que estão na preparação do gesso, apresentado para Academia de Ciências Francesa (FERNANDES, 2017).

O gesso passou a ser utilizado na confecção de argamassas de preenchimento aplicadas entre as ornamentações de estátuas de baixo relevo. Na época barroca, período renascentista foi aonde teve mais empregabilidade do gesso, pois surgiu o gesso hemihidratado, produzido do gesso natural e fazendo com que se criasse um gesso para revestimento decorativo (QUEDINA, 2018)

Depois disso no século XIX vários autores estudaram e explicaram cientificamente a desidratação do gesso, e com isso, facilitou o processo de transformação dos equipamentos. A partir do século XX, a tecnologia começou a melhorar, os equipamentos para a fabricação do gesso tiveram avanços, resultando nos equipamentos atuais, assim o produto teve mais empregabilidade para o homem nas suas diversas formas. Ele é encontrado praticamente no mundo todo e sua forma de consumo é na cor branca, mas antes das etapas de fabricação, podem-se encontrar impurezas que deixam o gesso amarelo, cinza ou marrom (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Antunes (1999), no território brasileiro os principais depósitos de gipsita estão concentrados nas regiões Norte e Nordeste. A Bacia do Araripe, localizada na divisa entre os Estados de Pernambuco, Piauí e Ceará, apresenta o maior potencial.

O desenvolvimento da indústria de cimento, cuja fabricação requer a adição de gipsita ao clínquer, na proporção de 2% a 5%, para retardar o tempo de pega, possibilitou um grande aumento no consumo deste mineral. A indústria da construção

civil é a maior consumidora de produtos onde a gipsita é utilizada (PEREIRA, 1973; BALTAR; BASTOS; LUZ, 2005).

Na construção civil o gesso é bastante utilizado, principalmente no acabamento interno, tais como revestimento de paredes e tetos, devido as suas características de isolamento térmico, acústico e de proteção ao fogo (LIMA, 2013).

O gesso é um material amplamente utilizado na construção civil devido às suas propriedades versáteis e facilidade de aplicação. No entanto, como qualquer material de construção, possui vantagens e desvantagens que devem ser consideradas ao escolher a sua aplicação.

Devido a ser um aglomerante que depois de misturado a água, endurece e adquire resistência, o uso do gesso é cada vez maior na construção civil. Sua principal característica é conseguir aderir-se a alvenaria e concreto, diferentemente de argamassas que precisam da aplicação de chapisco. Além de ser de fácil moldagem, ele obtém boas propriedades térmicas e acústicas, é isolante contra a propagação do fogo, tem menor custo e com a sua aplicação é possível iniciar o processo de pintura mais cedo (GOMES, PAULA, & BESSA, 2013).

O gesso é inadequado para aplicações em exteriores e em zonas de elevada umidade. Sua aplicabilidade se limita a lugares que não entrem em contato com a água, pois pode dissolver. Sua principal participação é para áreas internas residenciais e escritórios (DRYWALL, 2012).

Neste setor, o emprego desse material divide-se em dois grupos básicos, fundição e revestimento. O gesso para revestimento é usado no revestimento de paredes e tetos de ambientes internos e secos, enquanto que o gesso para fundição, é usado na fabricação de pré-moldados como peças para decoração, placas para forro, blocos reforçados ou não com fibras e placas de gesso laminado. O gesso industrial é utilizado na confecção de moldes para as indústrias cerâmica, metalúrgica e de plásticos, em moldes artísticos e como aglomerante do giz (MUNHOZ et al., 2007).

3.2. REVESTIMENTOS EM GESSO

Diversos são os tipos de sistemas de revestimentos empregados no mundo. No Brasil, um dos mais empregados são aqueles com argamassas inorgânicas

contendo cimento como ligante principal. Porém, este começa a dividir espaço com a pasta de gesso para revestimento.

No cenário nacional da construção civil, mais específico nas edificações residenciais, o gesso na forma de revestimento é utilizado desde a década de 1980 (Rocha, 2007). Essa aplicação substitui em muitos casos a aplicação da argamassa de cimento, como nas camadas de chapisco, no emboço e reboco (ou massa única) e a massa corrida, quando utilizado para preparação da pintura da parede (BERNHOEFT; GUSMÃO; TAVARES, 2011).

O sistema de revestimento com base em gesso apresenta semelhanças com o sistema de revestimento em argamassa de cimento no que tange as funções, propriedades, execução, entre outros. No entanto, o material apresenta condições de competitividade bastante satisfatórias, entre elas o endurecimento rápido, que permite uma elevada produtividade e a lisura da superfície endurecida que beneficia a qualidade do acabamento final (JOHN, CINCOTTO, 2007).

O revestimento à base de gesso de construção, no entanto, caracterizava-se pela falta de especificações técnicas dos locais de sua aplicação e pela inexistência de cadernos de práticas de execução de serviços. Essa atividade era considerada apenas para efeito arquitetônico e não levando em conta seus requisitos de durabilidade e desempenho (DIAS, CINCOTTO, 1995).

Conforme Trovão (2012), com a finalidade de atender às necessidades de proteção, estética e conforto, o gesso como material de revestimento interno oferece uma série de vantagens em comparação com os revestimentos argamassados tradicionais.

Hincapié e Cincotto (1997), mostraram que as vantagens do uso de revestimento de gesso vão desde a etapa de aplicação até as solicitações mecânicas dos revestimentos finalizados. A tabela 1 exibe a comparação entre revestimento de gesso e revestimento argamassado.

Tabela 1 – Comparativo entre revestimento de gesso e argamassa de cimento e cal

	Revestimento em gesso	Revestimento em argamassas de cimento e cal
Etapas de aplicação	1	3
Produtividade	Maior	Menor
Custo	1/3	1
Aderência	Maior	Menor
Superfície pronta para pintura	7 dias	40 dias
Retração	Menor	Maior
Massa específica	Menor	Maior
Acabamento superficial (lisura e brancura)	Maior	Menor
Conforto térmico e acústico	Maior	Menor
Comportamento frente ao fogo	Maior	Menor

Fonte: Hincapié e Cincotto (1997)

Trovão (2012) certifica que os revestimentos de gesso apresentam comportamentos desfavoráveis que requerem cuidados, conforme evidenciado por outros pesquisadores.

Os revestimentos de gesso apresentam comportamentos desfavoráveis que requerem cuidados, a exemplo disso está a corrosão dos componentes de aço-carbono comum, sendo imperativa a proteção por meio de pinturas anticorrosivas, e que apresentam baixa tolerância à deformação, podendo resultar em deslocamento e fissuração do revestimento (HINCAPIÉ e CINCOTTO, 1997; TROVÃO, 2012). Além disso, o volume de resíduo gerado na etapa de aplicação é em média 45% (TROVÃO, 2012; SOUZA et al., 1998).

Segundo Aguiar e Selmo (2004), a interferência de produtos à base de cimento Portland pode ocorrer devido à ação de sulfatos, resultando na formação de etringita tardia nos poros de concretos, argamassas ou pastas, o que provoca aumento de volume e extensão, levando à fissuração dos mesmos. Outros pontos a destacar é que esses produtos são altamente suscetíveis ao desenvolvimento de mofo, especialmente em ambientes pouco ventilados e úmidos, o que pode resultar em interferências progressivas do revestimento, culminando em seu descolamento (TROVÃO, 2012).

3.3. PROPRIEDADES DO GESSO

Bauer (2000) relata que o termo genérico gesso é usado para definir uma família de aglomerantes simples produzida a partir da calcinação da gipsita, sendo composta por sulfatos de cálcio com variadas condições de hidratação (hemi-hidrato e anidritas), além de impurezas, como sílica, alumina, óxido de ferro, carbonatos de cálcio e magnésio. Este material apresenta amplo uso na construção civil dada às suas propriedades físicas e mecânicas, além de baixo custo energético de produção (JOHN, CINCOTTO, 2007).

A NBR 13207 (ABNT, 2017) especifica os requisitos físicos e mecânicos que o gesso precisa satisfazer quando utilizado na indústria da construção. Além disso, ela estabelece diretrizes para embalagem, armazenamento e critérios de produtos químicos. Na Tabela 2, que foi adaptada com base nessa norma, estão resumidos os requisitos físicos e mecânicos para o emprego do gesso na construção civil.

Tabela 2 - Requisitos físicos e mecânicos para o emprego do gesso na construção civil

PROPRIEDADE	UNIDADE	LIMITES
Resistência à compressão	MPa	≥ 8,40
Dureza	N/mm ²	≥ 20,00
Massa unitária	Kg/m ³	≥ 600,00
Aderência	MPa	≥ 0,2

Fonte: NBR 13207 (ABNT, 2017).

As propriedades físicas e mecânicas do gesso, no estado endurecido, são influenciadas diretamente pela formação de sua microestrutura, em particular, pela porosidade e pela forma de entrelaçamento dos cristais (SAVI, 2012).

A NBR 12129 (ABNT, 2017) prescreve o método para determinação das propriedades mecânicas do gesso para construção, denominadas dureza e resistência à compressão. A aderência, não consta desta norma, sendo uma propriedade particularmente importante para o gesso de revestimento. Seu limite, é baseado na resistência de aderência especificado para revestimentos com argamassas inorgânicas para paredes internas, para emboço e camada única, conforme especifica NBR 13749 (ABNT, 2013)

A resistência à compressão, constava na primeira edição da NBR 13207 (ABNT, 1994) como uma das propriedades mecânicas a serem consideradas nas exigências para uso do gesso na construção civil, sendo seu limite maior ou igual a 8,4 MPa. Esta propriedade se caracteriza pela medida da resistência aos esforços de compressão (R), suportados por uma peça ou superfície, onde é calculada a relação entre a carga de ruptura de um corpo de prova (P, em N) e a área de aplicação de um esforço (S, em mm²), conforme equação 1:

$$R = \frac{P}{S} \quad \text{Equação (1)}$$

No caso de peças de gesso sujeitas a esforços normais, como é o caso das placas lisas usadas em forros e de vedação tipo drywall, deve-se avaliar a resistência à flexão. Para a realização do ensaio são tomadas as descrições da NBR 14717 (ABNT, 2001), que consiste no posicionamento do corpo de prova, com carregamento posicionado no meio do vão, aplicando carga à velocidade, até a ruptura. Onde a resistência à ruptura na flexão (R_f, em N/mm²) é calculada através da equação 2, de acordo com a relação da multiplicação de um inteiro e cinco décimos pela carga de ruptura (P, em N) e pela distância entre os apoios (L, em mm) entre a multiplicação da base da seção transversal (b, em mm) e a altura da seção transversal (h, em espessura da chapa em mm) elevado ao quadrado.

$$R_f = \frac{1,5PL}{bh^2} \quad \text{Equação (2)}$$

É importante destacar, também, que o endurecimento do gesso será afetado por diferentes fatores, tais como: finura e pureza do hemi-hidrato, velocidade de mistura, relação água/gesso, tempo de mistura, temperatura de preparo da pasta, além da origem geológica, impurezas, tempo de calcinação, finura e forma dos grãos (KARNI, 1995).

A resistência à flexão é outro indicador de resistência mecânica, representando a capacidade que um determinado corpo possui de resistir a esforços transversais. Os gessos nacionais, segundo ensaios realizados por Cincotto et al. (1988), em 15 marcas, apresentaram resistência à tração na flexão que variaram de 4,40 a 10,50 MPa (SAVI, 2013).

No início da pega (final do período de indução) os cristais podem crescer livremente em virtude da pequena quantidade de cristais presentes e do elevado teor de água presente. Com o aumento do número de cristais formados a estrutura da pasta começa a tornar-se rígida. O crescimento dos novos cristais se opõe à rigidez

da estrutura causando a expansão da pasta. Assim, a expansão pode ser atribuída às forças atuantes durante a evolução da microestrutura (NOLHIER, 1986).

Conforme a Tabela 3, adaptada a partir da NBR 13207 (ABNT, 2017), os gessos para fundição e revestimento são diferenciados segundo seu tempo de pega e características granulométricas.

Tabela 3 – Exigências da ABNT em relação ao tempo de pega

Classificação do gesso	Tempo de pega (min)	
	Início	Fim
Para revestimento (sem aditivos)	≥ 10	≥ 35
Para revestimento (com aditivos)	≥ 4	≥ 50
Para fundição	≤ 10	≤ 20

Fonte: NBR 13207 (ABNT, 2017)

A NBR 12128 (ABNT, 2017) define os tempos de pega inicial e final como os intervalos decorridos entre o momento que o gesso toma contato com a água até o instante que a agulha do aparelho de Vicat não penetra mais no fundo da pasta hidratada (aproximadamente 1 mm acima da base) ou até ela não mais deixar impressão nesta pasta, respectivamente.

A magnitude da expansão varia de acordo com a relação água/gesso, a adição de retardadores ou aceleradores de pega e inertes. Em função destes fatores a expansão varia de 1,5%, para gesso puros, até 0,1% para gessos com retardador (NOLHIER, 1986).

A NBR 13207 (ABNT, 2017) não estabelece diretrizes específicas para aditivos orgânicos, no entanto, aborda a adição de aditivos químicos de uma forma geral. Definindo que pasta de gesso com aditivos químicos deve ter início de pega maior ou igual a 4 min e tempo de fim de pega deve ser superior ou igual a 50min.

3.4. ADITIVOS NO GESSO

Entendem-se como aditivos o conjunto de substâncias que são adicionadas propositalmente, em pequenas proporções referidas ao peso do aglomerante, com a finalidade de reforçar ou alterar uma ou mais de suas características, conferindo propriedades que o viabilizem para determinado uso (PETRUCCI, 1987).

Segundo Muniz (2008), aditivos são substâncias adicionadas às misturas de concretos ou argamassas com objetivo de melhorar certas características básicas ou sanar deficiências que não há como aperfeiçoar com os materiais básicos. São produtos empregados na produção de pastas para modificar certas propriedades do material no estado fresco ou estado endurecido.

A guerra comercial entre as empresas para obtenção de um melhor produto faz com que as fórmulas utilizadas como aditivos sejam segredo. As melhorias nas propriedades do gesso aditivado são bastante atrativas, pois o ganho em desempenho, a curto e médio prazo é indiscutível (LOPES, 2012). Estes podem ter diferentes funções tais como: modificadores do tempo de pega, espessantes, fluidificantes, impermeabilizantes, umectantes, aerantes e reforçadores de aderência. (BALTAR, ET AL., 2005).

Existe um aditivo específico para cada propriedade que deseja-se alterar, são exemplos de aditivos encontrados no mercado: os redutores de água são plastificantes ou superplastificantes que reduzem a tensão superficial da água de amassamento, tornando a pasta mais fluida sem que essa água seja aumentada; os incorporadores de ar responsáveis por alterar a tensão superficial da água e promover a formação de bolha de ar na pasta, aumentando a trabalhabilidade do material no estado fresco e; os modificadores de pega que alteram a velocidade de hidratação, podendo acelerar ou retardar a pega (PINTO, 2014).

Sendo assim, em relação aos aditivos controladores de pega, foco desse trabalho, é importante ressaltar ainda que eles modificam a morfologia dos cristais de gesso resultando em microestruturas que envolvem mudanças na porosidade e nas propriedades mecânicas. Os aditivos modificam o processo de nucleação por mudança na solução/supersaturação e na topografia dos cristais em crescimento (SINGH e MIDDENDORF, 2007).

3.5. CANA DE AÇÚCAR

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das maiores e mais antigas culturas agrícolas exploradas no Brasil, assumindo grande importância socioeconômica, segundo levantamento da CONAB (2010). Atualmente, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, na última safra tivemos uma produção de cana de 620 milhões de toneladas (NOVACANA, 2019).

Da cana-de-açúcar surgem vários produtos de diferentes utilidades, devido sua capacidade de acumular grandes concentrações de sacarose, o que a torna uma das principais culturas brasileiras. Com ela produzimos combustíveis, açúcares e aguardente em grande quantidade. Para cada tonelada de cana, a produção das usinas chega em torno de 75 litros de etanol e cerca de 100 quilos de açúcar (CARDOSO, 2006).

Pode-se considerar que um colmo normal de cana madura contenha cerca de 12,5% de fibra e 88,0 % de caldo. O colmo possui aproximadamente 25,0 % de partes duras, representadas pelos nós, e cascas, e 75,0 % das partes moles constituídas pelas partes internas dos meristemas (CASTRO, ANDRADE, 2006).

O caldo de cana é um líquido opaco de cor amarela esverdeado com uma composição química complexa e variável, composto por proteínas, açúcares, gomas, ceras, silicato coloidal, materiais corantes entre outros (PAYNE, 1989; OITICICA et al., 1975).

O pH do caldo é um pouco ácido, variando entre 5 e 6, sendo mais comum o intervalo 5,2 - 5,4. Estes valores de pH associados à presença de altas concentrações de açúcares, torna a garapa um produto altamente perecível em termos microbiológicos. (LEME Jr. & BORGES, 1965; MARTUCCI, 1983).

O caldo de cana é constituído basicamente por água (75-82%) e sólidos totais dissolvidos (18-25%). Dentre os sólidos totais dissolvidos tem-se os açúcares, tais como sacarose (14,5-23,5%), glicose (0,2-0,7%). (DELGADO, 1975)

Os não açúcares orgânicos são: matéria nitrogenada (proteínas, amidas, aminoácidos), gorduras e ceras, pectina, ácidos, matérias corantes (clorofila, antocianina e sacaretina); os inorgânicos são os minerais como sílica e K (principalmente) além de P, Ca, Na, Mg, S, Fe, Al e Cl (DELGADO, 1975)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de Materiais de Construção e Processos Construtivos do Curso de Engenharia Civil, situado na Central de Laboratório I do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da UFCG.

4.1. MATERIAIS DE PARTIDA

4.1.1. Gesso

O gesso utilizado na pesquisa foi obtido em lojas de materiais de construção, na cidade de Pombal/PB, vendidos em sacos de 60kg e produzido do estado do Pernambuco. Material esse indicado para revestimento de paredes de gesso, execução de forros e outros elementos decorativos.

4.1.2. Aditivo

Foi utilizado o caldo da cana-de-açúcar que é cultivada na zona rural de Pombal/PB, sendo obtido no comércio local, logo em seguida extraído e armazenado em uma caixa de isopor com gelo afim de conservar a temperatura e as propriedades do material até o momento do uso, como apresentado na figura 1.

Figura 1 - Extração do caldo de cana de açúcar



Fonte: Autora (2023).

4.1.3. Água

A água de amassamento utilizada para mistura das pastas foi do tipo potável em temperatura ambiente não superior a 25°C. Foi utilizado a água do sistema de abastecimento de água da UFCG, embora a NBR 12128 (ABNT, 2017) que dispõe sobre o método para execução dos ensaios físicos da pasta de gesso, compreendendo as determinações de suas propriedades físicas, indique água destilada para evitar contaminantes, foi preferido água potável para assemelhar ao uso prático em obra.

4.2. CONCENTRAÇÕES DE CANA-DE-AÇÚCAR A SEREM UTILIZADAS

A metodologia da substituição parcial da água pelo caldo de cana de açúcar para pasta de gesso buscou seguir a relação a/g e os percentuais semelhantes aos usados por Souza (2019), que estudou o caldo de cana de açúcar como aditivo na pasta de gesso nas relações a/g 0,4 e 0,5 nas concentrações de 1%, 3%, 5%, 10%, 15%, 30% e 50%.

Sendo assim, no presente estudo foram determinadas concentrações de 5%, 10%, 30% e 60%, dosados em função da água de amassamento da pasta, para a relação a/g de 0,5. Além da amostra com a pasta sem adição do caldo da cana de açúcar, tomada como referência para análise dos resultados.

4.3. PREPARAÇÃO DA PASTA PARA ENSAIOS

A pasta utilizada para os ensaios foi preparada de acordo com as prescrições da NBR 12128:2017. O aditivo foi incorporado à água de amassamento (Figura 2) e em seguida o gesso foi polvilhado sobre a solução por 1 minuto, ficando em repouso por 2 min (Figura 3). Sendo misturada no próximo minuto subsequente, em movimentos circulares, até obter uma pasta uniforme.

O intervalo de tempo foi calculado em minutos, começando do momento em que o gesso foi misturado com água até o ponto em que a agulha do aparelho de Vicat não penetrou mais o fundo da pasta, permanecendo aproximadamente a 1 mm acima da base. O final do processo de pega foi identificado quando a agulha não mais penetrou a pasta.

Utilizou-se a relação água/gesso fator 0,5, para a preparação da pasta. Através da equação 3, pode-se chegar na quantidade de água para cada kg de gesso natural ou com sua substituição do caldo de cana de açúcar, sendo a massa de água (Ma) dividido pela Massa de gesso (Mg) igualado ao fator de água/gesso usado.

$$\frac{Ma}{Mg} = 0,50 \quad \text{Equação (3)}$$

Figura 2 – Gesso em repouso na água de amassamento



Fonte: Autora (2023).

O caldo de cana de açúcar incorporado a pasta de gesso foi misturado um quantitativo através do percentual de 5%, 10%, 30% e 60% em relação ao peso da água. Na Tabela 4, tem-se as quantidades de materiais utilizados para os ensaios de tempo de pega. Para cada variação de concentração das pastas preparadas de modo manual.

Tabela 4 – Quantitativo de materiais para pastas de gesso usada no ensaio de tempo de pega

Teor de incorporação do caldo de cana de açúcar	Fator (a/g)	Gesso (g)	Aditivo (g)	Água (g)
GC			-	150
5%			7,5	142,5
10%	0,5	300	15	135
30%			45	105
60%			90	60

Fonte: Autora (2023).

Para os demais ensaios, de compressão e tração na flexão, seguiram o mesmo processo, com as mesmas proporções mas em volumes diferentes. Na Tabela 5 pode-se observar as quantidades de gesso, caldo de cana de açúcar e água para cada pasta preparada manualmente para os corpos de prova prismáticos.

Tabela 5 – Quantitativo de materiais para pastas de gesso usada nos ensaios de resistência a tração na flexão e compressão

Teor de incorporação do caldo de cana de açúcar	Fator (a/g)	Gesso (g)	Aditivo (g)	Água (g)
GC			-	1500
5%			75	1425
10%	0,5	3000	150	1350
30%			450	1050
60%			900	600

Fonte: Autora (2023).

4.4. ENSAIOS

4.4.1. Tempo de início e fim de pega

O ensaio de determinação do tempo de início e fim de pega é normatizado pela NBR 12128:2017. Conforme a figura 3, o aparelho utilizado possui um molde com formato troncocônico com base de 70 mm, topo de 60 mm, altura de 40 mm e a agulha com diâmetro de $(1,13 \pm 0,02)$ mm. Para iniciar o ensaio, foi necessário descer a agulha da haste até que ela toque a placa base e ajustar o indicador na marca de leitura zero.

Figura 3 - Aparelho de Vicat utilizado para o ensaio de determinação do tempo de pega.



Fonte: Autora (2023).

Após o molde untado e preenchido, houve uma espera de 40 minutos para que ele pudesse ser colocado no aparelho, de modo a ficar posicionado abaixo da agulha. Em seguida, procedeu-se o abaixamento da agulha de maneira a tocar a superfície da pasta, onde a haste móvel deve ser liberada vagarosamente, permitindo que a agulha penetrasse verticalmente na pasta, como mostra a figura 4. Desse modo, esperou-se pelo momento em que a agulha estaciona a 1 mm da base, para realização da leitura do início do período de pega. Fez-se o registro da leitura e do tempo decorrido a partir do momento em que ocorreu o contato entre a água e o gesso.

Figura 4 – Preparação do Ensaio do Tempo de Pega



Fonte: Autora (2023).

O ensaio foi repetido no mesmo corpo-de-prova em intervalos de tempo espaçados de aproximadamente 10 minutos, mantendo-se uma distância de 10mm entre o ponto da penetração e a borda do molde ou outro ponto de penetração. Logo, ao passar do tempo, o final de pega é determinado quando a agulha não penetrar mais a pasta.

O resultado da determinação do tempo de início de pega foi obtido por meio da média de duas determinações que não apresentaram variação superior a 5% entre elas, expressas em unidades de minutos, com precisão de 5 minutos.

4.4.2. Determinação do pH

Os ensaios para avaliar o pH podem ser feitos, principalmente, através do uso de um Phmetro, soluções indicadores ou de fitas medidoras de pH. Para as medições realizadas nesse estudo, as tiras de pH (figura 5), também conhecidas como Indicadores Universais, foram empregadas devido as demandas laboratoriais.

Figura 5 - Fitas indicadoras de pH



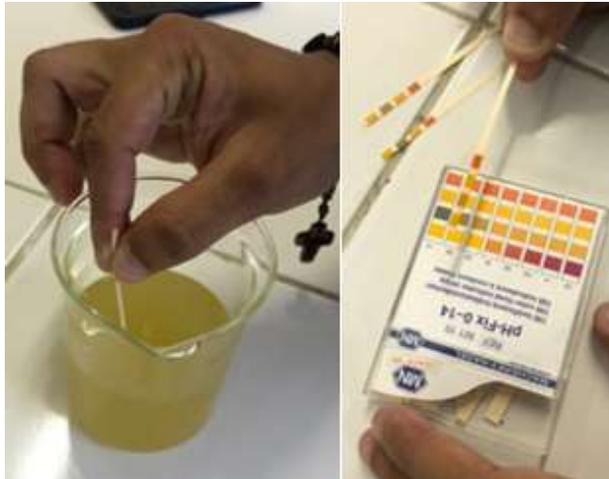
Fonte: Autora (2023).

O procedimento envolveu a imersão breve de uma tira contendo papéis filtrantes com indicadores de pH em uma substância líquida ou viscosa. Após a imersão, os filtros revelam uma mudança de cor de acordo com os seus indicadores. Ao comparar essa cor final com uma escala presente na embalagem das tiras, foi possível determinar o pH da mistura.

Dessa forma, uma cor específica está associada a cada valor de pH, permitindo a classificação da mistura como ácida ou básica em uma escala que varia de 0 a 14,

com arredondamento para números inteiros, conforme figura 6. Essa precisão não considera variações de pH menores que 1.

Figura 6 – Ensaio de pH

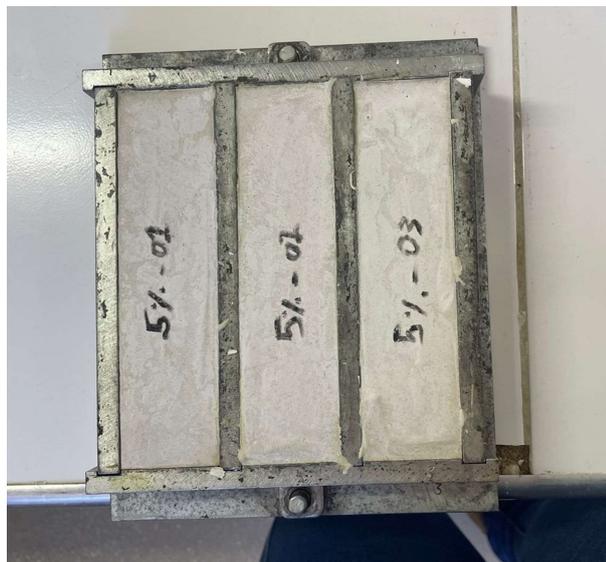


Fonte: Autora (2023).

4.4.3. Resistência a tração na flexão

O ensaio foi adaptado de acordo com a NBR 13279:2005 que prescreve o método para determinação resistência a tração na flexão de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos. A partir da relação água/gesso 0,5, corpos de prova com dimensões de 160 mm x 40 mm x 40 mm foram confeccionados para o ensaio de resistência à flexão (figura 7).

Figura 7 - Molde de corpos de provas prismáticos



Fonte: Autora (2023).

Uma prensa da marca FORTEST - modelo FT 02 com capacidade para 200 toneladas foi utilizada para submeter os corpos de prova bi apoiados à flexão com cargas crescentes até sua ruptura, como ilustrado na Figura 8.

Após o rompimento, foram medidas a base e a altura nos pontos de ruptura com auxílio de um paquímetro. Utilizando-se a média obtida para os 3 corpos de prova, sendo a resistência à tração na flexão (R_f) apresentada em MPa, de acordo com a equação 4,

$$R_f = (1,5PL)/(bh^2) \quad \text{Equação (4)}$$

onde: P=carga de ruptura (N);

L=distância entre os apoios (mm);

b=base da seção transversal (mm);

h=altura da seção transversal (mm).

Figura 8 – Ensaio de resistência à tração na flexão.



Fonte: Autora (2023).

4.4.4. Resistência a compressão

Os ensaios de determinação de resistência à compressão das pastas de gesso seguiram, de forma adaptada, as preconizações da NBR 13279:2005 utilizando corpos de prova prismáticos. Conforme mostrado na figura 9, a seguir:

Figura 9 - Ensaio de resistência a Compressão



Fonte: Autora (2023).

No ensaio de compressão foram utilizados as metades de cada um dos corpos de prova empregados no ensaio de tração na flexão, como previsto na norma supracitada. Sendo realizado em prensa hidráulica com capacidade para 200 toneladas.

A resistência à compressão dos corpos-de-prova foram verificada com rompimento após 7 dias, 14 dias e 28 dias, dentro das tolerâncias estabelecidas por supracitada norma.

O valor da resistência à compressão R é dado pela Equação 5:

$$R = \frac{p}{s} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

R é a resistência à compressão, em MPa;

P é a carga de ruptura, em N;

S é área de seção transversal de aplicação da carga, em mm^2 .

A resistência à compressão foi obtida com a média da resistência dos 3 corpos de prova. Cada resultado individual não deferiu como preconizado pela NBR 13207:2005 mais de 15 % da média calculada.

A NBR 13207 (2017), que aborda requisitos para gesso, não avalia a resistência à compressão do gesso para ser aplicado na construção civil, entretanto, de acordo com a antiga edição (NBR 13207, 1994), o gesso deveria apresentar resistência à compressão superior a 8,40 MPa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. TEMPO DE PEGA

A presença do caldo de cana de açúcar presente na pasta de gesso obteve aumento no tempo de pega para todas as concentrações analisadas.

Os resultados dos tempos iniciais e finais de pega da pasta de referência (GC) e das pastas com incorporação de caldo de cana de açúcar das proporções de 5%, 10%, 30% e 60% encontram-se expostos na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados do Ensaio de Tempo de Início e Fim de Pega

Tempo de Pega (minutos)		
Teor de incorporação do caldo de cana de açúcar	Início de pega	Fim de pega
GC	18	26
5%	50	69
10%	66	84
30%	98	121
60%	172,5	228,5

Fonte: Autora (2023).

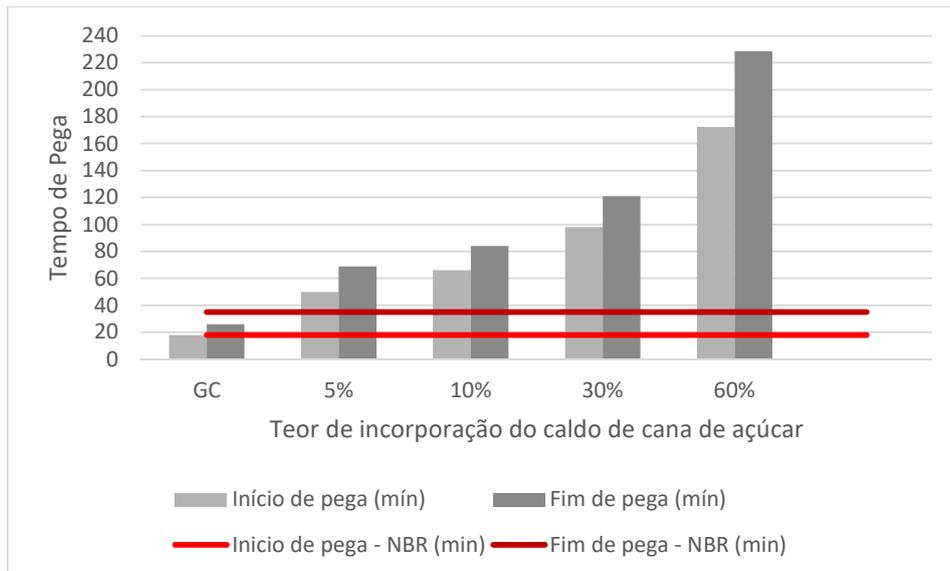
De acordo com a NBR 13207 (2017), uma pasta de gesso para revestimento sem aditivo deve apresentar um tempo de início de pega de, no mínimo, 10 minutos. E de fim de pega de, no mínimo, 35 minutos. Os valores encontrados neste estudo para a pasta de gesso controle foi de 18 minutos para início de pega e 26 minutos para obter fim de pega. Logo, o gesso controle não esteve em conformidade com a norma quanto ao tempo de fim de pega.

Estes resultados demonstram concordância com as análises realizadas por Ferreira (2017), que estudou a caracterização do gesso para revestimento produzido no polo gesseiro do Araripe. De acordo com a pesquisadora, os gessos estudados estiveram de acordo com a NBR 13207 (ABNT, 2017) quanto ao início de pega, em contraste, não atenderam aos requisitos quanto ao fim da pega, uma vez que os valores encontrados estão entre 11,75 e 25,07 minutos. Justificando que as diferenças

ocorridas nos tempos de pega são devido a diferenças da matéria prima, ao processo de calcinação, ao tamanho das partículas e a relação água/gesso (FERREIRA, 2017).

A figura 10 ilustra os tempos de início e de fim de pega para um comparativo entre a relações de água/gesso 0,5 e a norma. Traz as informações que permitem a análise do aumento não linear do tempo de início de pega quando relacionado ao aumento da concentração de caldo de cana de açúcar.

Figura 10 - Influência do caldo de cana-de-açúcar no tempo de pega



Fonte: Autora (2023).

Tendo em vista que a NBR 13207 (ABNT, 2017), regulamenta que uma pasta de gesso para revestimento com aditivos deve apresentar tempo de início de pega de, maior ou igual, 4 minutos. Os valores encontrados se apresentam acima do exigido pela norma, obtendo valores entre 50min e 2h53min, variando de acordo com a concentração do aditivo.

Quanto ao fim de pega, segundo a NBR 13207 (ABNT, 2017), uma pasta de gesso para revestimento dosada sob as mesmas condições, deve apresentar um tempo de fim de pega de, no mínimo, 50 minutos. Logo, todos os gessos estudados atendem a esse quesito, uma vez que os valores encontrados estão entre 1h9min e 3h49min, a variação ocorre de acordo com o aumento da concentração do aditivo.

É importante destacar que a NBR em questão não faz distinção entre aditivos industriais e orgânicos. Porém, este estudo mostra resultados favoráveis ao exposto nas diretrizes da norma.

É notório, ao se analisar a figura 10, que há resultados relevantes de aumento do tempo de início e fim de pega para as concentrações analisadas, observado que à medida que se aumenta o teor de adição de caldo de cana de açúcar, aumenta-se também o retardo na pega. Enquanto a amostra sem adição de caldo de cana de açúcar, no ensaio realizado, apresentou o tempo de início de pega de 18 minutos, em relação as incorporações de 5%, 10%, 30% e 60%, foi possível verificar um aumento do tempo de início de pega em, 32 min, 48 min, 1h33min e 2h57min, respectivamente.

A introdução de caldo de cana de açúcar na pasta de gesso, na proporção de 60%, resultou em um aumento significativo de 958,33% no tempo de início de pega em comparação com a pasta de gesso controle.

Para o tempo de fim de pega, a pasta sem adição de caldo de cana de açúcar, mostrou o tempo de fim de pega de 26 minutos. Foi constatado que à medida que a quantidade de caldo de cana de açúcar incorporado a pasta de gesso aumentava, o tempo de pega também aumentava de forma notável. Especificamente, foi observado que houve um acréscimo no tempo de pega no que diz respeito as incorporações de 5%, 10%, 30% e 60%, de respectivamente, 43 min, 58 min, 1h58min e 3h37min.

É importante ressaltar que, assim como para o início de pega, a pasta de gesso com uma incorporação de 60% de caldo de cana de açúcar demonstrou um notável aumento, na proporção de 878,85% no tempo de fim de pega em comparação com a pasta de gesso controle.

Os tempos de início e fim de pega dos gessos estudados foram semelhantes aos encontrados por autores na literatura. Nogueira (2012) investigou a adição de Látex de *Euphorbia tirucalli* com uma relação água/gesso de 0,5, alcançando um tempo máximo de início e fim de pega na concentração mais elevada de 5%, com 2 horas para o início de pega e 2h e 24 min para o término de pega.

Comparando os tempos de início e fim de pega obtidos por Monteiro (2015) para a pasta de gesso com adição de mucilagem da palma forrageira com relação a/g 0,5, com as concentrações de 1%, 3% e 5%, que obteve início de pega de 1h19min, 2h19min e 4h40min; e 1h32min, 2h46min e 5h42min para fim de pega. Foi visto que a adição de caldo de cana de açúcar nas concentrações estudadas apresenta tempos de pega de início e fim semelhantes, porém mais curtos nas concentrações maiores em comparação com a adição da mucilagem da palma forrageira.

Durante os ensaios, observou-se que as pastas com adições de 30% e 60% tiveram exsudação da mistura de água mais caldo de cana (Figura 11) na superfície

do molde, antes do início de pega, porém, logo após iniciar a pega o material absorveu a mistura contida na superfície.

Figura 11 - Exsudação da água de amassamento



Fonte: Autora (2023).

As pastas com adições de 30% e 60% apresentaram também uma coloração mais escura, quando comparadas as demais pastas analisadas, devido a maior quantidade de caldo de cana de açúcar incorporado a água de amassamento. Como mostra as figuras 12 e 13 a seguir.

Figura 12 – Amostra do composto de gesso com 30% de incorporação de caldo de cana de açúcar na água de amassamento



Fonte: Autora (2023).

Figura 13 – Amostra do composto de gesso com 60% de incorporação de caldo de cana de açúcar na água de amassamento



Fonte: Autora (2023).

5.2. ENSAIO DE PH

Mediu-se o pH na água de mistura com as diferentes concentrações de caldo de cana de açúcar dissolvidas. A presença do açúcar em soluções tende a diminuir o seu pH, como foi observado durante a realização dos ensaios com água e o caldo de cana de açúcar dissolvido nas concentrações pré-determinadas.

Como a metodologia utilizada (colorimetria da fita de pH) somente apresenta variações de números inteiros, não foi possível analisar se as mudanças no pH da água são realmente de um número inteiro, contudo, o comportamento que desejava-se estudar foi observado com clareza. Constatou-se, nesse caso, que a água com pH inicial igual a 7 passou a ter pH entre 5 e 6 após a adição do caldo de cana de açúcar. A tabela 7, apresenta um resumo dos resultados com a composições das pastas utilizadas.

Tabela 7 - Resultados do Ensaio de pH

Teor de incorporação do caldo de cana de açúcar	RESULTADO DAS AMOSTRAS
Água	7
5%	6
10%	5
30%	6
60%	5

Fonte: Autora (2023).

5.3. RESISTÊNCIA A TRAÇÃO NA FLEXÃO

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à tração na flexão, dos corpos de provas aos 7, 14 e 28 dias, das pastas formuladas, estão expressos na Tabela 8 e ilustrados na Figura 14.

Tabela 8 - Resultados do ensaio de resistência à tração na flexão

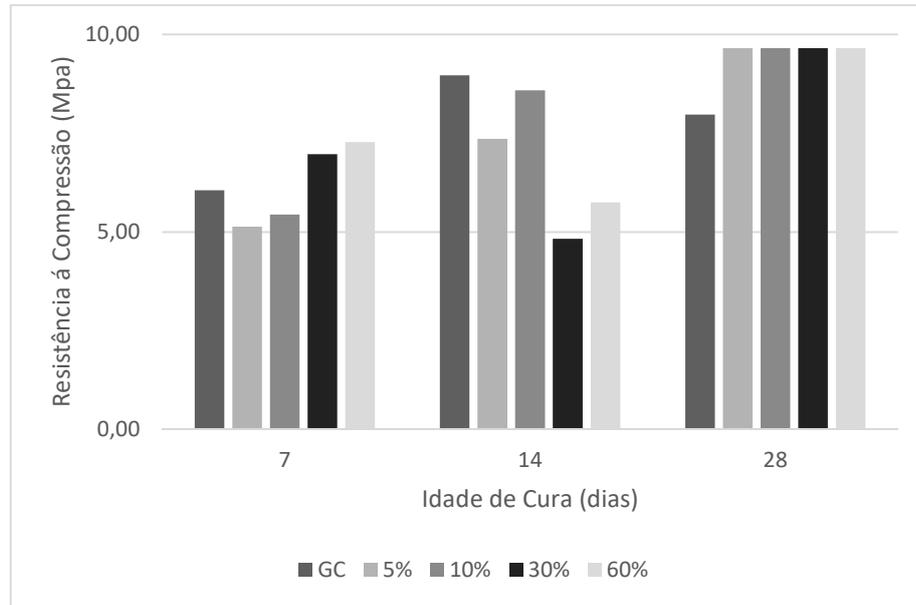
Resistência à tração na flexão (MPa)			
Teor de incorporação do caldo de cana de açúcar	Idade das amostras		
	7 dias	14 dias	28 dias
GC	6,05	8,96	7,97
5%	5,13	7,35	9,65
10%	5,44	8,58	9,65
30%	6,97	4,83	9,65
60%	7,28	5,75	9,65

Fonte: Autora (2023).

Analisando os resultados em relação as pastas produzidas com incorporação do caldo de cana de açúcar versus a confeccionada apenas com gesso e água, evidencia-se que os valores alcançados para a resistência à tração na flexão de todas as pastas compostas por subprodutos apesar de ter variado resistência nas primeiras idades, superaram os resultados referentes a pasta de referência aos 28 dias.

Na Figura 14 é apresentada a distribuição das resistências de acordo com a idade de cura e teor de caldo de cana de açúcar adicionado. Os mesmos podem ser melhor visualizados por meio da Tabela 8.

Figura 14 - Resistência à tração na flexão das pastas



Fonte: Autora (2023)

Observado os dados obtidos, é possível constatar que a adição de caldo de cana de açúcar teve um impacto significativo na resistência à tração na flexão do gesso. Notavelmente, as amostras com 5% e 10% de incorporação exibiram os melhores resultados, atingindo uma resistência crescente durante todos os períodos de tempo investigados. Além disso, mesmo com variações nas mesmas proporções de caldo de cana de açúcar, as amostras apresentaram uma tendência geral de aumento na resistência à tração na flexão ao longo do tempo, especialmente para as teores de 10% e 30%.

Comparando os teores de caldo de cana de açúcar, as amostras com 5% de caldo de cana de açúcar apresentaram uma melhoria notável de 4,52 MPa aos 7 dias para 9,65 MPa aos 28 dias. Da mesma forma, as amostras com 10% de incorporação aumentaram de 4,21 MPa aos 7 dias para 9,65 MPa aos 28 dias. No entanto, é interessante observar uma variação notória nas amostras com 30% de caldo de cana de açúcar, onde a resistência à tração diminuiu consideravelmente aos 14 dias para, em seguida, se recuperar aos 28 dias.

As variações observadas podem ter surgido devido à ausência de supervisão durante a etapa de produção do material, ou mesmo devido a problemas relacionados ao transporte e armazenamento. É importante notar que, embora a indústria do gesso seja globalmente exigida em termos de produção, há diversas pequenas fábricas que

operam sem controle adequado durante o processo de fabricação, o que pode explicar tais variações.

De acordo com Karni e Karni (1995) a resistência é resultado dos seguintes fatores: a qualidade do material (gesso e aditivos); a relação água/gesso; a idade do produto; e as condições de armazenamento do produto, também durante o endurecimento. Tendo em vista que as variações apresentadas no ensaio podem ser resultados também de algum desses fatores.

A resistência mínima à flexão do gesso comum também não é especificada pelas normas pertinentes. Mas, as resistências obtidas neste estudo são superiores à verificada nos ensaios realizados por Cincotto et al. (1988) para pastas de gesso sem aditivos, em 15 marcas, apresentaram resistência à tração na flexão que variaram de 4,40 a 10,50 MPa. Logo, as pastas estudadas com caldo de cana de açúcar se mostraram equivalente com os encontrados na literatura.

5.4. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os resultados médios obtidos correspondentes ao ensaio de resistência à compressão das pastas estudadas, aos 7, 14 e 28 dias, estão representados na Tabela 9 e Figura 15.

Tabela 9 - Resultados do ensaio de resistência à compressão das pastas

Resistência à Compressão (MPa)			
Teor de incorporação do caldo de cana de açúcar	Idade das amostras		
	7 dias	14 dias	28 dias
GC	6,93	16,32	16,79
5%	6,89	16,26	16,69
10%	6,76	8,70	14,96
30%	7,60	8,11	15,22
60%	7,40	7,58	14,36

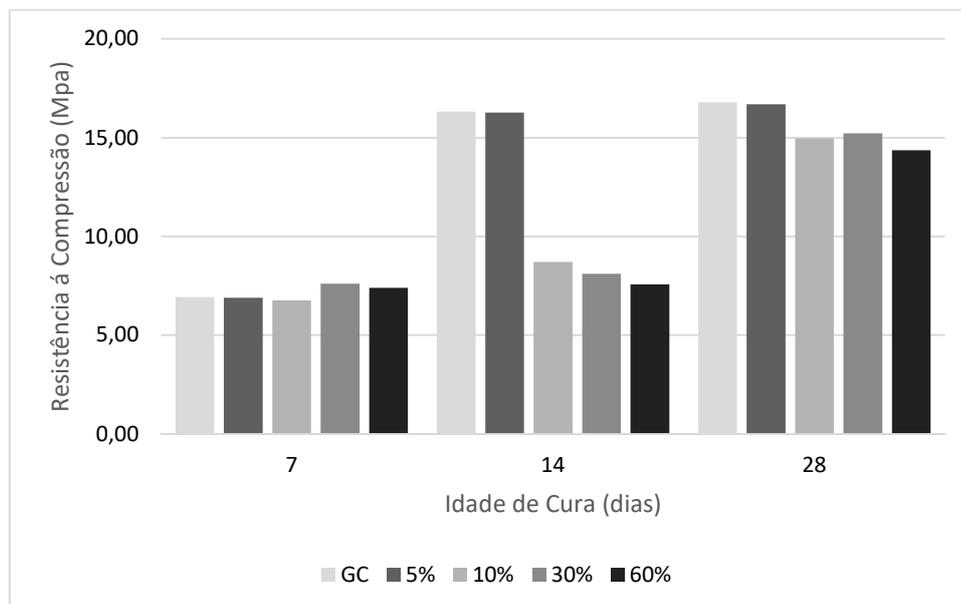
Fonte: Autora (2023).

A nova edição da NBR 13207 (2017) não trata da avaliação da resistência à compressão do gesso para revestimento, entretanto, a edição anterior da NBR 13207 (1994) orientava a apresentação de uma resistência à compressão mínima de 8,40 MPa para um gesso de construção produzido com a relação água/gesso de

consistência normal. Verifica-se neste estudo que os valores resultantes aos 28 dias foram entre 16,20 e 14,87 MPa. Dessa forma, todas as amostras estudadas atingiram o valor sugerido, acima de 8,4 MPa.

Na Figura 15 é apresentada a distribuição das resistências de acordo com a idade de cura e teor do caldo de cana de açúcar adicionado. Os mesmos podem ser detalhados por meio da Tabela 9.

Figura 15 - Resistência à compressão das pastas



Fonte: Autora (2023).

A partir da análise dos resultados, pode-se concluir que as pastas com a incorporação do caldo de cana de açúcar de 5% e 10% apresentaram menores valores de resistência à compressão, comparados a pasta de referência (GC), as de 30% e 60% apresentaram valores acima dos verificados para o gesso controle a idade de cura de 7 dias. Porém, a partir dos 14 dias averiguou-se que as amostras que alcançaram maiores valores foram as amostras de menor quantidade de aditivo, o que leva a considerar que quanto maior a adição do caldo da cana de açúcar, menor a resistência a compressão. Nota-se também que, de modo geral, todas as resistências mecânicas à compressão aumentaram ao longo do período de cura.

Verifica-se que a resistência à compressão alcançada para as pastas dosadas com incorporação do caldo de cana de açúcar com a relação a/g 0,5 foi entre 6,76 e 7,60 MPa aos 7 dias, apresentando pouca interferência quanto a incorporação do caldo de cana de açúcar a água de amassamento. Aos 14 dias, foi visto que houve

uma queda de resistência nas pastas com aditivo, obtendo valores médios entre 16,32 e 7,58 MPa.

Levando em consideração os resultados aos 28 dias, os valores resultantes se mostraram entre 14,87 e 16,79 MPa. Nota-se também que, apesar de ter reduzido a resistência de acordo com o aumento da proporção do aditivo, a resistência à compressão tanto para as pastas GC e na proporção de 5%, quanto para as pastas com proporções de caldo de cana de açúcar de 10% e 60% apresentaram resultados semelhantes.

As resistências à compressão obtidas por Petrucci (1998) para gessos nacionais com fator água/gesso igual ou inferior a 0,90, embora apresentem valores inferiores ao estabelecido pela NBR 13207:1994 nas primeiras idades, são superiores aos da resistência à compressão estabelecida para gesso puro pelas normas americanas, que, segundo Bauer (2001), é de 5,2 MPa.

Logo, em consonância com Petrucci (1998), os resultados evidenciaram que gessos comuns geralmente não ultrapassaram 10 MPa de resistência. Os ensaios realizados por Cincotto et al. (1988) em diversas marcas de gessos nacionais, revelaram uma variabilidade notável na resistência às especificações, variando de 9,93 a 27,29 MPa. Os resultados obtidos neste estudo, mesmo com a incorporação de caldo de cana de açúcar, demonstram uma coerência notável com essa diversidade de resistência observada na literatura.

Comparando estudos existentes na literatura com os resultados obtidos nesse estudo, observamos que as amostras GC estão alinhadas com as expectativas padrão para resistência à especificação do gesso. No entanto, ao adicionar caldo de cana de açúcar, ocorrem variações significativas.

É interessante notar que os valores obtidos para teorias de 5% e 30% de incorporação são comparáveis às faixas indicadas na literatura para gesso resistido. Estes resultados sugerem que a adição de caldo de cana de açúcar ao gesso pode influenciar de maneira notável sua resistência à especificidade, apresentado um potencial promissor para melhorar as propriedades mecânicas do gesso.

Para pasta de gesso com aditivo orgânico, comparando a resistência a compressão das pastas do presente estudo nas concentrações de 5%, 10%, 30% e 60% com resultados aos 14 dias de 16,32; 16,26; 8,70; 8,11 e 7,58 Mpa, respectivamente com as estudadas por Nogueira (2012) com adição de *Euphorbia tirucalli rompido*s aos 13 dias de idade, apresentando resultados referentes a 7,70

MPa para 1%, 6,17 MPa para 2%, 5,00 MPa para 3%, 3,77 MPa para 4% e 4,27 MPa para 5%. Dessa forma, observa-se que a incorporação do caldo de cana de açúcar na pasta de gesso resultou em um desempenho significativamente superior em termos de resistência à melhoria em relação ao aditivo estudado por Nogueira.

6 CONCLUSÕES

A análise sobre os efeitos da adição de caldo de cana de açúcar à pasta de gesso demonstra ser viável como retardador do tempo de pega, sem causar impactos significativos na resistência à tração na flexão e na resistência à compressão. Ao final dessa pesquisa, pode-se avaliar que o caldo de cana de açúcar é, de fato, viável em aditivo para a pasta de gesso como retardador de pega.

Apesar de não ter sido identificado a quantidade de açúcar presente no caldo de cana de açúcar utilizado nessa pesquisa, pôde-se afirmar que o açúcar contido no caldo foram benéficos pra retardar o tempo de pega do gesso utilizado.

Em relação ao tempo de pega da pasta, ocorreu diferença significativa entre os valores obtidos quando comparados a pasta de gesso controle. Os maiores resultados de tempo de pega foram encontrados nas amostras com maior adição do caldo de cana de açúcar. O tempo de início e fim de pega para todas as composições estudadas foram superiores ao valor mínimo de 4min e 50min, respectivamente, exigidos pela NBR 13207 (2017).

Foi observado que a resistência a compressão das pastas com a incorporação do caldo de cana de açúcar, supera o valor mínimo solicitado pela literatura 8,40 MPa, nas idades mais avançadas de cura.

Ressalta-se que a análise realizada com os resultados obtidos para a resistência à tração na flexão e à compressão identificou queda na resistência das amostras produzidas com adição do caldo de cana de açúcar, logo nas primeiras idades, aumentando a resistência com o aumento de idade de cura em relação ao traço referência, mostrando que, a adição de açúcar influencia nas propriedades mecânicas do material.

Não há diferenças significativas de resistência a tração na flexão entre os gessos para os valores encontrados aos 28 dias, o que mostra o desempenho semelhante de todos eles.

Portanto, o emprego do caldo de cana de açúcar na incorporação de água de amassamento como aditivo a pasta de gesso pode proporcionar melhorias significativas nas propriedades das pastas no estado fresco e endurecido.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar avaliação do gesso em seu estado anidro, afim de verificar a granulometria e massa unitária.
- Verificação no estado fresco da consistência das pastas;
- E no estado endurecido, analisar a dureza, teste de arrancamento e conforto térmico e acústico.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, R. P. DO N.; JOHN, V. M. **O conceito de tempo útil das pastas de gesso**. O conceito do tempo de vida útil das pastas de gesso. São Paulo, 2000.
- ANTUNES, Rubiane Paz do Nascimento. **Estudo da influência da cal hidratada nas pastas de gesso**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12128: Gesso para construção civil – Determinação das propriedades físicas da pasta de gesso. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12129: Gesso para construção civil – Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13207: Gesso para construção civil – Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - especificações. Rio de Janeiro, 2013.
- BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, **A. B. Rochas e Minerais Industriais**. Ministério da Ciência e Tecnologia, Centro De Tecnologia Mineral, 2005. cap. 21.
- BARDELLA, Paulo Sérgio e Gladis Camarini. **Gesso Reciclado: Propriedades Físicas e Mecânicas**. 2011. Pesquisa Avançada de Materiais, vol. 374–37.
- BERNHOEFT, L. F. GUSMÃO, A. D. TAVARES, Y. V. P. **Influência da adição de resíduo de gesso no calor de hidratação da argamassa de revestimento interno**. Ambiente construído. Vol. 11. Porto Alegre, 2011.
- BRASIL (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL). **Anuário mineral estadual Pernambuco**. 2018. Disponível em <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineralestadual/pernambuco/anuariomineralestadualpernambuco2018anobase2017.png/view>. Acesso em: 25/05/2023
- CAMARINI, G. et al. **Effect of citric acid on properties of recycled gypsum plaster to building components**. Construction and Building Materials, v. 124, p. 383–390, 2016.
- CARDOSO, M. d. **Produção de Açúcar de Cana**. Editora UFLA, (2ª ed.). Lavras/MG, 2006.
- CASTRO, Sebastião Beltrão de; ANDRADE, Samara Alvachian C. **Engenharia e tecnologia açucareira**. Departamento de Engenharia Química. Centro de Tecnologia e Geociências - Escola de Engenharia de Pernambuco, Recife, 2006.

CINCOTTO, M. A.; AGOPYAN, V.; FLORINDO, M. C. **O Gesso Como Material de Construção: propriedades físicas e mecânicas**, 2ª parte. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Tecnologia das Edificações. São Paulo, 1988.

Cincotto, M.A.; Silva, M.A. C.; Carasek, H. **Argamassas de revestimentos: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: IPT, 1995.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-cana-de-acucar>>. Acesso em: 30/06/2023

DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A. **Revestimento à Base de Gesso de Construção**. São Paulo: EPUSP, 1995. Boletim Técnico PCC n. 142.

DOMÍNGUEZ, L.V.; Santos, A.G. Manual del yeso. Madrid: Asociación Técnica y Empresarial del Yeso -ATEDT, 2001. p.67.

DRYWALL. (2012). **Resíduos de gesso na construção civil - Coleta, armazenagem e estocagem**. PE: Agns Gráfica e Editora.

FERNANDES, J.C.V, **Revestimentos de argamassa convencional e de gesso reciclado projetado: Um estudo comparativo**. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

FERREIRA, F. C. **Estudo de caracterização do gesso para revestimento produzido no Polo Gesseiro do Araripe**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

GOMES, A., PAULA, A., & BESSA, J. **Gesso e cal de construção**. Lisboa: IST, 2013.
GUSMÃO, A. D. **Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil**. Camaragibe, PE: CSS, 2008.

HENAO, A.H.; Cincotto, M.A., **Seleção de substâncias retardadoras do tempo de pega do gesso de construção**. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 1997. (Boletim Técnico).

HINCAPIE, A. M.; Cincotto, M.A. **Efeito de retardadores de pega no mecanismo de hidratação e na microestrutura do gesso de construção**. Ambiente Construído, São Paulo, v.1, p. 7-16, jul./dez. 1997.

JOHN, V. M. **Alternativas de Gestão dos Resíduos de Gesso**. Universidade de São Paulo Escola Politécnica, 2000.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Gesso de Construção Civil**. Materiais de Construção Civil. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 22.2, p. 727-760.

KARNI, J.; KARNI, E. **Gypsum in construction: Origin and Properties**. Materials and Structures. V. 28, 92-100. 1995.

Leinfelder, Karl F.; Lemonf, Jack E. **Clínica Restauradora: materiais e técnicas**. São Paulo: Santos, 1989. 380p.

LEME Jr., J; BORGES, J.M. **Açúcar de cana**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1965. 328p

LIMA, S. Y. V. **Influência da adição de substâncias orgânicas no tempo de pega do gesso de construção**. 2013. Monografia – Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

LOPES, S. M. O. **Concepção e produção de placas de gesso laminado**. Relatório de Estágio. Mestrado em Tecnologia Química. Instituto Politécnico de Tomar. Tomar, 2012.

LÓPEZ, M.M. **Influência de los aditivos em las características específicas de las formulaciones base yeso**. In: GYPSUM FAIR97, 1997, Olinda. Anais... Olinda: FINEP/Sectma, Itep, 1997.

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**”, Composites. Part B, Engineering, v. 62, pp. 37–53, 2014.

MARTUCCI, E. T. **Tecnologia do açúcar de cana**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1983. 163p.

MONTEIRO, A. G. S. **Desenvolvimento de aditivo plastificante e retardador de pega para gesso a partir da mucilagem da palma forrageira**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

MUNIZ, M. V. S. **A influência dos aditivos aceleradores e retardadores de pega sobre a pasta de cimento Portland**. 2008. 79f. Monografia (Graduação Engenharia Civil) – Universidade de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

NEVILLE, A.M; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2 ed. Porto Alegre, Bookman, 2013.

NOGUEIRA, J. C. A. **Melhoria das propriedades do gesso com aditivo sintético e com látex de *Euphorbia tirucalli* e de *havea brasiliensis* para uso na construção de habitações de interesse social**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

OITICICA, J.E.R; BRAS, L. M. J.; CORREIA, M. M. M. **Manual de técnicas de laboratório e fabricação de açúcar de cana**. Coleção canavieira, n. 18, Rio de Janeiro, 1975.

OLIVEIRA, T. M. **Reciclagem do Gesso: Potencial de Aplicação**. REUCP, 2013

PAYNE, J.H. **Operações unitárias na produção de açúcar de cana**. São Paulo, Nobel: STAB, p. 22445, 1989.

PERES, L.; Benachour, M.; Santos, V. A. dos. **O gesso: produção e utilização na construção civil**. Recife: Sebrae, 2008. 119 p.

PETRUCCI, E. G. **Concreto de cimento Portland**. 11a edição. Ed. Globo, Rio de Janeiro, 1987

PINTO, M. C. C. **Avaliação das propriedades do gesso reciclado contendo aditivos**. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2014. 108p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Arquitetura e Construção, UNICAMP, 2014.

QUEDINA, **Aplicabilidade do gesso na construção civil: Gesso em pasta, Blocos de gesso e Placas de Drywall**. Centro Universitário Planalto do Distrito Federal - UNIPLAN, 2018.

SINGH, N. B., MIDDENDORF, B., 2007, "**Calcium sulphate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization**", Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, n. 53, pp. 57-77.

SINGH, N. B; MIDDENDORF, B. **Calcium sulphate hemihydrates hydration leading to gypsum crystallization**. Progress in crystal growth and characterization of materials, v. 53, p. 57 – 77, 2007.

SOUZA, M. D. A. **Estudo da influência do caldo de cana-de-açúcar como aditivo retardador de pega da pasta de gesso de construção**. Universidade Federal de Campina Grande, 2019.

SAVI, Olindo. **Produção de placas de forro com a reciclagem de gesso**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.

TROVÃO, A. P. M. **Pasta de gesso com incorporação de resíduo de gesso e aditivo retardador de pega**. 2012. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

USGS, United States Geological Survey. **Gypsum Statistics and Information**. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/centers/nmic/gypsum-statistics-and-information>>. Acesso em 25 abr, 2023.