



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

MARIANA SANTOS DE SIQUEIRA BENTZEN

PROCESSO EXECUTIVO E DESEMPENHO DE GESSO PARA CONTRAPISO
AUTONIVELANTE

Recife, PE

2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Universidade de Pernambuco

Bentzen, Mariana Santos de Siqueira

B475p Processo executivo e desempenho de gesso para contrapiso autonivelante. / Mariana Santos de Siqueira Bentzen. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2022.

116 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Yêda Vieira Póvoas

Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2022.

1. Construção Civil. 2. Contrapiso Autonivelante. 3. Gesso. 4. Aditivo Superplastificante . I. Engenharia Civil - Dissertação. II. Póvoas, Yêda Vieira (orient.). III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

CDD: 690.028

**PROCESSO EXECUTIVO E DESEMPENHO DE GESSO PARA
CONTRAPISO AUTONIVELANTE**

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora



Profa. Dra. Yeda Vieira Póvoas
Universidade de Pernambuco

Examinadores



Profa. Dra. Eliana Cristina Barreto Monteiro
Universidade de Pernambuco



Profa. Dra. Almai do Nascimento dos Santos
Instituto Federal do Sertão Pernambucano

Recife-PE
2022



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

MARIANA SANTOS DE SIQUEIRA BENTZEN

**PROCESSO EXECUTIVO E DESEMPENHO DE GESSO PARA CONTRAPISO
AUTONIVELANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof. Dr^a Yêda Póvoas

Recife, PE

2022

DEDICATÓRIA

A Hélio Bentzen, meu grande incentivador.

Muito obrigada.

AGRADECIMENTOS

De 2017 para cá, minha vida deu várias reviravoltas. Eu trabalhava na Vale, em Carajás (PA), quando saí da empresa e me vi presa à cidade por conta do trabalho de meu marido. A depressão tomou conta de mim, diante da inversão do papel de profissional para mãe em tempo integral, e foi quando meu marido, Hélio Bentzen, me sugeriu de retomar o mestrado, que eu estava prestes a fazer em 2008, e que não fiz por ter ingressado na Gerdau Açonorte, como *trainee*, na época. Conversei com o Prof^o Dr^o Alexandre Gusmão, que me falou sobre todo o processo para ingressar no mestrado da Poli e me explicou o que seria o aluno especial. Graças a ele e a todo o corpo docente, consegui entrar como aluna especial, em 2018, e depois como aluna regular, em 2019. Sou primeiramente grata a Deus por ter aberto essa janela em minha vida, me fazendo voltar ao mercado de trabalho, cercada por excelentes profissionais. Agradeço a Hélio Bentzen, por ter me direcionado, apesar de termos estado distantes fisicamente durante todo o período de estudo. Agradeço a meu filho Bernardo, que apesar de ter apenas 6 anos, se mostrou parceiro compreendendo minhas ausências e sempre me recebendo com os braços abertos e um sorriso no rosto, acalmando meu coração. Agradeço a minha mãe, Iracema Siqueira, por todo apoio emocional nesse percurso e a minhas tias Isabel e Marli, que sempre estiveram presentes ajudando com palavras de apoio, cedendo o espaço e ajudando a realizar o teste de campo. Agradeço também a Jean e Yutah, que ajudaram na execução do revestimento em cerâmica do contrapiso autonivelante de gesso. Agradeço a Alexandre Gusmão, que apesar do tempo afastados, sempre demonstrou apoio em minha carreira. Agradeço a Prof^a Dr^a Yêda Póvoas, minha orientadora, que me orientou da melhor forma possível na execução desse trabalho, com sua visão técnica e detalhista. Tenho um agradecimento especial ao Msc Daniel Silva, cujo trabalho foi a base do meu. Ele sempre se demonstrou acessível e disposto a me ajudar no que foi possível, visto que a pandemia do COVID 19 tornou a execução desse trabalho desafiadora, diante da limitação no uso do laboratório para execução dos ensaios.

Agradeço também aos alunos Eduardo e Mirella, que fizeram parte de nosso grupo de pesquisa, apoiando nos ensaios de laboratório. Agradeço a Fabio e Gilberto, que nos 45min do segundo tempo me ajudaram nos ensaios da prensa. Em relação aos apoios de empresas, agradeço a Beto Alencar, da Gesso Trevo, que nos permitiu a utilização de seu produto, o gesso lento, como objeto de estudo. Também agradeço a Renata, da Sika,

que nos forneceu amostra do aditivo superplastificante para realização dos ensaios. Agradeço também à Tecomat, que me ajudou no ensaio de impacto de corpo duro, indo até o local onde foi feito o contrapiso, realizando o ensaio sem ônus. Não posso deixar de mencionar a Tallento Engenharia, nos nomes de Saulo Ferreira e Carlos Bueno, e ao Grupo Cornélio Brennand, no nome de Rodrigo Amorim, empresas com que trabalhei durante parte do mestrado, e que proporcionaram o estudo do contrapiso de argamassa convencional na obra do Acqua Marine, no Paiva. Além disso, tornaram possível minha ausência na obra para que eu pudesse assistir às aulas presenciais. Agradeço também a SC Serviços, uma empresa de engenharia que forneceu os dados do contrapiso autonivelante de argamassa.

Foram muitos coadjuvantes, sendo todos importantes, então muito obrigada a todos por me fazer concretizar esse sonho que estava adormecido desde 2008 e que foi possível de se realizar após 14 anos.

RESUMO

O desenvolvimento tecnológico da construção civil tem crescido ao longo dos anos, seja devido a novos procedimentos de execução implantados ou pela utilização de novos produtos. O gesso é um grande exemplo dessa versatilidade, uma vez que é utilizado em diversas formas, como revestimento de paredes e tetos, em forros, divisórias de ambientes e em elementos decorativos. Um produto recentemente desenvolvido do gesso é o contrapiso autonivelante, que necessita de um estudo mais aprofundado quanto a suas características. Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo analisar o desempenho de um gesso para contrapiso autonivelante, com formulação definida por Silva (2020), assim como analisar sua forma de execução em comparação ao contrapiso convencional e ao autonivelante de argamassa. Para realizar a análise de desempenho, inicialmente o gesso empregado foi caracterizado conforme as recomendações da NBR 12128 (ABNT, 2017), NBR 12129 (ABNT, 2017), NBR 12130 (ABNT, 2017), e o contrapiso formulado com 2% de aditivo superplastificante e relação a/g igual a 0,45 foi caracterizado, também, conforme a NBR 16765 (ABNT, 2019). Os ensaios realizados demonstraram o atendimento aos critérios estabelecidos por norma. Em relação à análise do procedimento de execução, foi feita uma comparação detalhada entre os contrapisos: convencional, autonivelante de argamassa e autonivelante de gesso, onde foram acompanhadas três obras em Pernambuco, Brasil. Foi realizado um teste de campo, executando um contrapiso autonivelante de gesso, assim como foi feito revestimento cerâmico e de pintura. Em seguida foram executados o ensaio de impacto de corpo duro e o de aderência à tração, onde foi possível observar que o desempenho atendeu as normas de desempenho.

Palavras-chave: Construção Civil. Contrapiso autonivelante. Gesso. Aditivo superplastificante. Desempenho.

ABSTRACT

The technological development of civil construction has grown over the years, whether due to new implementation procedures or the use of new products. Gypsum is a great example of this versatility, as it is used in different ways, such as covering walls and ceilings, in ceilings, room partitions and decorative elements. A recently developed gypsum product is the self-levelling floor, which needs further study as to its characteristics. Therefore, this work aims to analyze the performance of a gypsum for self-levelling floor, with a formulation defined by Silva (2020), as well as to analyze its way of execution compared to conventional subfloor and self-levelling mortar. To perform the performance analysis, initially the gypsum used was characterized according to the recommendations of NBR 12128 (2017), NBR 12129 (2017), NBR 12130 (2017), and the subfloor formulated with 2% superplasticizer additive and w/g ratio equal to 0,450 was also characterized according to the draft standards NBR 16765 (2019). The tests performed demonstrated compliance with the criteria established by standard. Regarding the analysis of the execution procedure, a detailed comparison was made between the subfloors: conventional, self-levelling mortar and self-levelling gypsum, where three works in Pernambuco, Brazil were monitored. A field test was carried out, using a self-levelling gypsum floor, as well as a ceramic and painting coating. It was possible to observe that the productivity was higher in the self-levelling gypsum and mortar floor and the cost was higher in the self-levelling gypsum. Then, the hard body impact test and the traction adhesion test were performed, where it was possible to observe that the performance met the performance standards.

Keywords: Civil Construction. Gypsum Self-leveling subfloor. Gypsum. Superplasticizer additive. Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos	21
Figura 2-Principais contrapisos utilizados. (a) Convencional, (b) Autonivelante de argamassa.....	22
Figura 3 - Extração da gipsita no Araripe (PE)	29
Figura 4- Britagem da gipsita	29
Figura 5- Moagem da gipsita.....	30
Figura 6 - Calcinação. (a) Forno tipo panela, (b) Forno rotativo, (c) Forno tubular	30
Figura 7- Gráfico do ciclo de pega do gesso	32
Figura 8 – Estrutura molecular de um aditivo superplastificante lignossulfonato modificado.....	35
Figura 9 - Estrutura molecular básica de um aditivo superplastificante. a) derivado de melanina e b) derivado de naftaleno.....	35
Figura 10 - Estrutura química e molecular de um aditivo PCE.....	36
Figura 11 - Representação esquemática do mecanismo de dispersão dos superplastificantes com base PCE	37
Figura 12 - Fluxograma da caracterização dos materiais	42
Figura 13 - Gesso utilizado no estudo	43
Figura 14 - Aditivo superplastificante	44
Figura 15 - Curva granulométrica do gesso.....	45
Figura 16 - Equipamento utilizado para o ensaio de massa unitária sendo: (a) conjunto com funil cônico de material não corrosivo sobre um tripé e (b) peneira de 2,0 mm....	45
Figura 17 - Realização do ensaio de massa unitária.....	46
Figura 18 - Aparelho de Vicat Modificado. A – Suporte; B – haste de sustentação da sonda; C – sonda cônica; D – indicador; E - escala.....	47
Figura 19 - Leitura do ensaio de consistência	47
Figura 20 - Aparelho de Vicat. A – Suporte; B – haste móvel de diâmetro; C – agulha removível; D – parafuso; E – indicador ajustável; F – visor	48
Figura 21 - Leitura da penetração da agulha no aparelho de Vicat	48
Figura 22 - Equipamento utilizado para o ensaio de calor de hidratação.....	49
Figura 23 - Ensaio de espraçamento	50
Figura 24 - Molde especificado em norma.....	51
Figura 25 - Molde utilizado	51

Figura 26 - Moldagem dos corpos de prova.....	52
Figura 27 - Corpos de prova moldados	52
Figura 28 - Durômetro.....	53
Figura 29 - Prensa utilizada para os ensaios de resistência à tração e resistência à compressão	54
Figura 30 - Ensaio de resistência à tração	54
Figura 31 - Ensaio de resistência à compressão	55
Figura 32 – Esfera metálica utilizada para queda.....	57
Figura 33 - Aderímetro	58
Figura 34 - Pastilhas	58
Figura 35 - Corte do revestimento, utilizando disco de corte.....	59
Figura 36 - Colagem das pastilhas.....	59
Figura 37 - Corpos de prova colados na superfície pintada	60
Figura 38 - Corpos de prova colados na superfície revestida com cerâmica	60
Figura 39 - Esquema do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração..	61
Figura 40 - Aderímetro acoplado na pastilha	61
Figura 41 - Formas de rupturas, sendo: (a) ruptura na interface revestimento/substrato; (b) ruptura da argamassa de revestimento; (c) ruptura do substrato; (d) ruptura na interface revestimento/cola; (e) ruptura na interface cola/pastilha.....	62
Figura 42 - Ensaio de espraçamento realizado com o gesso	64
Figura 43 - Calor de hidratação do gesso	65
Figura 44 - Calor de hidratação do GCA.....	65
Figura 45 - Taxa de elevação da temperatura do gesso	66
Figura 46 - Taxa de elevação da temperatura do GCA	66
Figura 47 - Resistência à tração (MPa) para o gesso e o GCA	68
Figura 48 - Gráfico ensaio de compressão para o gesso e o GCA	68
Figura 49 - Projeto do clube do condomínio	71
Figura 50 - Adesivo de alto desempenho para argamassas e contrapisos	72
Figura 51 - Taliscas	72
Figura 52 - Mistura da argamassa. A – Manual; B – Misturador.....	73
Figura 53 - Mestras.....	73
Figura 54 - Compactação da argamassa	74
Figura 55 - Acabamento do contrapiso convencional de argamassa.....	74

Figura 56 - Contrapiso autonivelante de argamassa, em uma loja do shopping Patteo, de Olinda	75
Figura 57 - Área escolhida para a execução do contrapiso	77
Figura 58 - Fita de isolamento acústico.....	77
Figura 59 - Manta de polietileno	78
Figura 60 - Fita confeccionada para colocação na periferia do contrapiso	78
Figura 61 - Isolamento da área para evitar escoamento do GCA.....	78
Figura 62 - Colocação da fita na extensão do local.....	79
Figura 63 - Definição dos níveis do contrapiso utilizando a niveleta	79
Figura 64 - Pesagem do gesso	80
Figura 65 - Colocação do gesso no recipiente com água e aditivo.....	80
Figura 66 - Mistura da água, gesso e aditivo utilizando misturador acoplado a uma parafusadeira.....	80
Figura 67 - Espalhamento do GCA	81
Figura 68 - Adensamento e acabamento do GCA	81
Figura 69 - Contrapiso autonivelante de gesso finalizado.....	82
Figura 70 - Aplicação do revestimento cerâmico.....	82
Figura 71 - Pintura do piso	83
Figura 72 - Piso com o revestimento total finalizado.....	83
Figura 73 - Marcação do piso pintado em cinco áreas	85
Figura 74 - Dano gerado pela queda da esfera metálica (mossa)	85
Figura 75 - Contrapiso pintado, submetido a queda da esfera de 0,5 kg. (a) CP1, (b) CP2, (c) CP3, (d) CP4 e (e) CP5	88
Figura 76 - Contrapiso pintado, submetido a queda da esfera de 1kg. (a) CP1, (b) CP2, (c) CP3, (d) CP4 e (e) – CP5	89
Figura 77 - Contrapiso revestido com cerâmica, submetido a queda da esfera de 0,5kg (cor preta) e 1kg (cor verde). (a) CP1, (b) CP2, (c) CP3, (d) CP4 e (e) CP5	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo das características dos contrapisos	28
Tabela 2 - Tipos de gesso	31
Tabela 3 - Ensaio que determinam as características do GCA	39
Tabela 4 - Requisitos das características do GCA.....	40
Tabela 5 - Comparativo de ensaios realizados entre as normas americana, espanhola e brasileira	40
Tabela 6 - Resultados dos ensaios de caracterização da pasta	63
Tabela 7 - Resultados do ensaio de dureza para o gesso e o GCA.....	67
Tabela 8 - Resultados do ensaio de resistência à tração	67
Tabela 9 - Resultados do ensaio de resistência à compressão para o gesso e o GCA....	69
Tabela 10 - Comparativo de resultados	70
Tabela 11 - Comparativo entre produção e custo	84
Tabela 12 - Condições de ensaio	86
Tabela 13 - Critérios e níveis de desempenho recomendados para os resultados máximos, intermediário (I) e superior (S) para impacto de corpo duro em sistemas de pisos.....	86
Tabela 14 - Resultados obtidos no contrapiso pintado	87
Tabela 15 - Níveis de desempenho obtidos no contrapiso pintado	87
Tabela 16 - Resultados obtidos no contrapiso revestido com cerâmica	90
Tabela 17 - Níveis de desempenho obtidos no contrapiso revestido com cerâmica	90
Tabela 18 - Resultados obtidos após a ruptura dos corpos de prova.....	92

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

a/g – água/gesso

DV – Deslocamento Vertical

GA – Gesso Alfa

GB – Gesso Beta

GCA – Gesso para Contrapiso Autonivelante

GSL – *Gypsum Self Leveling* (Contrapiso Autonivelante de Gesso)

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura

PCE – Policarboxilato

PS – Sal de Proteína

RMR – Região Metropolitana do Recife

SLM – *Self Leveling Mortar* (Contrapiso Autonivelante de Argamassa)

SP - Superplastificante

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	17
1.2.	OBJETIVOS	19
1.2.1.	Geral	19
1.2.2.	Específicos.....	19
1.3.	ESTRUTURA DA PESQUISA	19
2.	CONTRAPISO	21
2.1.	DEFINIÇÃO GERAL.....	21
2.1.1.	Contrapiso convencional a base de cimento.....	23
2.1.2.	Contrapiso autonivelante de argamassa cimentícia.....	25
2.1.3.	Contrapiso autonivelante de gesso	27
2.1.4.	Comparativos.....	27
2.2.	FATORES DETERMINANTES	28
2.2.1.	Características do gesso.....	28
2.2.2.	Aditivos	32
2.2.3.	Dosagem para uso de gesso em contrapiso autonivelante.....	38
2.3.	PRESCRIÇÕES NORMATIVAS	39
3.	METODOLOGIA.....	42
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAS.....	42
3.1.1.	Propriedades físicas do pó.....	44
3.1.2.	Propriedades físicas da pasta	46
3.1.3.	Propriedades mecânicas.....	50
3.2.	COMPARATIVO DA EXECUÇÃO DE CONTRAPISOS	55
3.3.	DESEMPENHO DO SISTEMA DE PISO COM UTILIZAÇÃO DO GCA..	56
3.3.1.	Impacto de corpo mole	56
3.3.2.	Impacto de corpo duro.....	56

3.3.3. Aderência à tração	57
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	63
4.1.1 Propriedades Físicas da pasta	63
4.1.2 Propriedades Mecânicas	66
4.1.3 Comparação de resultados	69
4.2. COMPARATIVO DA EXECUÇÃO DE CONTRAPISOS	70
4.2.1. Contrapiso convencional	70
4.2.2. Contrapiso autonivelante de argamassa (SLM).....	75
4.2.3. Contrapiso autonivelante de gesso	76
4.2.4. Comparativo	83
4.3. DESEMPENHO DO SISTEMA DE PISO COM UTILIZAÇÃO DO GCA..	84
4.3.1. Impacto de corpo mole	84
4.3.2. Impacto de corpo duro	85
4.3.3. Aderência à tração	92
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
5.1. CONCLUSÕES	96
5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	97
REFERÊNCIAS	98
ANEXOS	104

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O gesso é um material versátil que vem sendo utilizado em diversos setores como medicina, odontologia e construção civil. Suas características, como qualidade, maleabilidade, baixo custo e produtividade o tornam popular, tornando-o um material extremamente eclético. No setor de saúde o gesso utilizado é o Gesso Alfa (GA), enquanto que na construção civil é o Gesso Beta (GB).

Na construção civil, sua utilização é antiga. Le Plâtre (1982 apud MUNHOZ, 2008), afirma que em ruínas da Síria e da Turquia foi verificado o emprego do gesso por volta do 8º milênio a.C. Na África, foi descoberto que os bárbaros construíram barragens e canais com um gesso de altíssima resistência, os quais garantiram, por muitos séculos, a irrigação das palmeiras de Mozabe, e que também utilizaram o gesso junto aos blocos de terra para erguer suas habitações.

Segundo Garg, Pundir e Singh (2016), o uso do gesso é devido a suas características estéticas, acabamento fino, facilidade de fabricação, comportamento de isolamento acústico e térmico. Além disso, o gesso tem uma calcinação com menor temperatura em relação ao cimento e, portanto, requer menos energia, conservando os recursos energéticos e oferecendo benefícios ao efeito estufa.

A gipsita é a matéria prima do gesso e o Brasil é o maior produtor da América do Sul e o 11º do mundo. No Brasil, o maior produtor é Pernambuco, na região do Araripe, sendo responsável por 87,6% do total produzido nacionalmente (DNPM, 2014).

O pólo gesseiro do Araripe, sertão de Pernambuco, possui forte influência na economia da região sendo responsável pela grande geração de empregos diretos e indiretos e, com sua produtividade, grande faturamento da região (IPA, 2014).

Os depósitos pernambucanos fazem parte da sequência sedimentar cretácea e se localizam no Pólo gesseiro do Araripe, a 680km do litoral, fazendo fronteira com os Estados do Ceará e Piauí, e sendo demarcados pela Chapada do Araripe. No Nordeste, o Estado de Pernambuco responde por cerca de 90% da produção brasileira, estimada em dois milhões de toneladas (PERES, BENACHOUR e SANTOS, 2008).

Por conta do seu baixo custo de produção, o gesso tem se tornado cada vez mais presente na construção civil, trazendo inovação nos métodos construtivos apresentando competitividade no setor.

Rossetto *et al.* (2016) diz que a versatilidade de aplicação é um benefício peculiar do gesso, uma vez que, somente na construção civil, pode ser utilizado de diversas formas, tais como revestimentos de paredes e tetos, peças para decoração, placas para forro e blocos, além das placas de gesso acartonado (*drywall*). Além disso, Bardella (2011) afirma que o gesso se destaca como um material de bom desempenho e acabamento liso. Por fim, Tavares *et al.* (2010) o ressaltam como um material barato e de fácil aplicação. Como pode ser verificado, há inúmeras vantagens em utilizar esse material na construção civil.

No entanto, umas das maiores deficiências do gesso como material de construção é a baixa resistência à presença de água, podendo ser controlada através da incorporação de compostos à base de silicones ou outros polímeros (EIRES, CAMÕES e JALALI, 2008).

Uma utilização para o gesso, que tem surgido de forma tímida, é como contrapiso autonivelante, tornando-se um material de estudo extremamente importante, uma vez que análises de desempenho se tornam necessárias.

O contrapiso autonivelante mais utilizado no mercado é o de argamassa, também conhecido como revestimento contínuo. Trata-se de um material conhecido em muitos países da Europa, da América Latina e nos Estados Unidos, com forte tendência de implementação no Brasil. A principal característica é sua elevada fluidez, que permite que o material se auto adense no pavimento aplicado, sob ação da gravidade e da própria capacidade de fluxo, oferecendo alta planicidade, aumentando a produtividade e o controle de qualidade do sistema (RUBIN, 2015).

O contrapiso autonivelante de gesso ainda é novo no mercado e ao constatar a rara existência de pesquisas acadêmicas, em relação ao tema, ficou clara a viabilidade da elaboração de trabalhos nesse seguimento. Em cima disso, este trabalho visa analisar o desempenho de contrapiso autonivelante de gesso, com aplicação em ambientes internos e secos, através de execução de um contrapiso utilizando como referência a NBR16765 (ABNT, 2019), comparando seu processo executivo com o contrapiso tradicional à base de cimento e ao contrapiso autonivelante de argamassa.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar o desempenho do contrapiso autonivelante de gesso, conforme a NBR 15575 (ABNT, 2013), através de ensaios de laboratório, da realização de um contrapiso utilizando a NBR 16765 (ABNT, 2019) como referência, comparando seu processo executivo com o contrapiso tradicional e com o contrapiso autonivelante de argamassa.

1.2.2. Específicos

Os objetivos específicos desse estudo necessários para atingir o objetivo geral são:

- Caracterizar o Gesso para Contrapiso Autonivelante (GCA) e compará-lo com o gesso sem o aditivo superplastificante;
- Comparar os processos executivos dos contrapisos: tradicional, autonivelante de argamassa cimentícia e autonivelante de gesso;
- Definir o processo executivo do GCA;
- Realizar ensaios de desempenho no contrapiso autonivelante de gesso.

1.3. ESTRUTURA DA PESQUISA

Esta pesquisa de dissertação está estruturada em cinco capítulos, a saber:

O **Capítulo 1** é composto pela introdução da pesquisa, através de uma contextualização e justificativa do tema abordado, assim como os objetivos geral e específicos e estrutura da pesquisa.

O **Capítulo 2** contempla a revisão bibliográfica acerca do tema. Além disso são abordados os fatores determinantes, descrevendo as características do gesso, uma explanação sobre os aditivos e a formulação utilizada para o contrapiso autonivelante de gesso. Também são informadas as prescrições normativas importantes para o estudo.

O **Capítulo 3** apresenta a metodologia para caracterização do gesso e do GCA, comparação dos diferentes processos executivos de contrapiso existentes e análise de desempenho do GCA.

O **Capítulo 4** é dividido em três partes, mostrando o programa executivo abordando os resultados laboratoriais, os resultados dos acompanhamentos executivos de cada tipo de contrapiso realizado no mercado da construção civil, através de acompanhamento em obras, em Pernambuco, e os resultados dos ensaios realizados no contrapiso com GCA.

O **Capítulo 5** indica os resultados finais encontrados no programa experimental. Além disso, são apresentadas sugestões para a realização de trabalhos futuros.

2. CONTRAPISO

2.1. DEFINIÇÃO GERAL

A NBR 15575-3 (ABNT, 2013) afirma que o sistema de pisos é composto por um conjunto parcial ou total de camadas destinado a atender à função de estrutura, vedação e tráfego. A Figura 1 esquematiza um sistema de pisos e seus elementos. Como pode ser observado, a quarta camada é a de contrapiso, sendo um estrato com as funções de regularizar o substrato, proporcionando uma superfície uniforme de apoio, coesa, aderida ou não, e adequada à camada de acabamento, podendo eventualmente servir como camada de embutimento, caimento ou declividade.

Figura 1 - Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos



Fonte: adaptado da NBR 15575-3 (ABNT, 2013)

Souza (2013) afirma que o conjunto destas camadas é responsável pelo atendimento dos requisitos de desempenho do piso, que são:

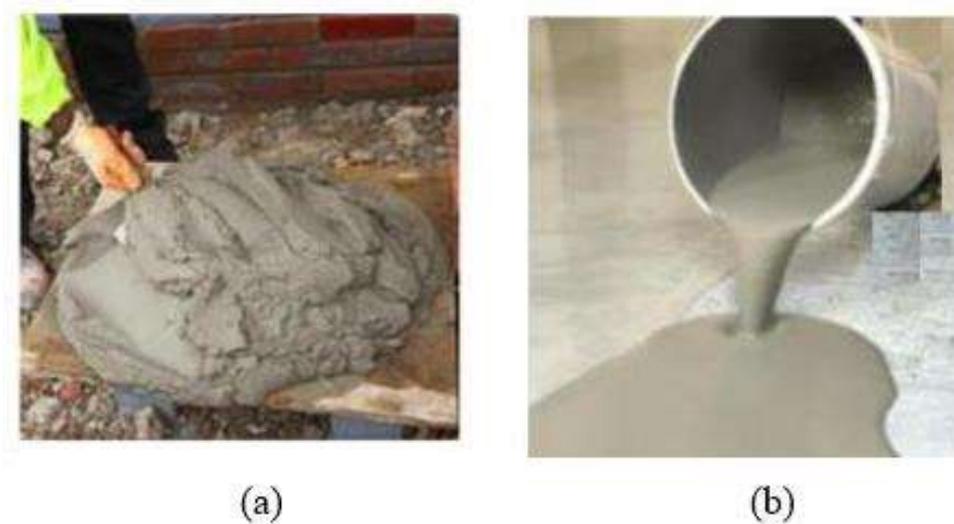
- resistência mecânica;
- capacidade de absorver deformações;
- estanqueidade;
- resistência ao ataque por agentes químicos;
- segurança de utilização;
- segurança contra o fogo;
- conforto tátil, visual, acústico e higrotérmico e;
- durabilidade compatível com as necessidades de utilização.

Barros e Sabatini (1991) complementam que o contrapiso possibilita desníveis entre ambientes, proporciona declividades para escoamento da água, regulariza a base para o revestimento de piso, serve como suporte e fixação de revestimentos de piso e seus componentes de instalações. Para isso, é necessário que o contrapiso tenha:

- condições superficiais adequadas, já que o contrapiso é responsável pela aderência piso-revestimento de piso;
- boa aderência, ou seja, capacidade que as interfaces piso-contrapiso e base-contrapiso têm em absorver deformações decorrentes das solicitações de uso;
- boa resistência mecânica;
- capacidade de absorver deformações sem apresentar fissuras que comprometam o seu desempenho;
- compacidade, ou seja, a capacidade de resistir ao esmagamento;
- durabilidade, ou seja, função das condições de exposição do contrapiso e da compatibilidade entre ele e o revestimento de piso.

Os principais tipos de contrapiso utilizados no mercado são o contrapiso convencional, tipo farofa, a base de cimento, e o contrapiso autonivelante de argamassa cimentícia (SLM – *Self Leveling Mortar*) (Figura 2). O contrapiso autonivelante de gesso é um produto novo, ainda pouco usado no mercado brasileiro.

Figura 2-Principais contrapisos utilizados. (a) Convencional, (b) Autonivelante de argamassa



Fonte: Hassanein *et al.* (2016)

2.1.1. Contrapiso convencional a base de cimento

O contrapiso convencional é feito com argamassa seca e conhecido como o contrapiso “farofa”, o qual é lançado e batido contra a laje e a sua espessura pode variar devido a alguns fatores (CICHINELLI, 2009):

- contrapiso flutuante ou aderido;
- desníveis finais pretendidos para o piso;
- níveis da laje, que suporta o contrapiso.

Conforme Barros e Sabatini (1991), o contrapiso convencional exige alguns requisitos para a sua execução, como:

- limpeza da laje a base de água e remoção do excesso da água;
- o cimento deve ser polvilhado na laje com uma peneira (0,5 kg/m²);
- a água e o cimento devem ser espalhados com auxílio da vassoura.

Egle (2010) complementa, com:

- alvenaria concluída;
- limites de cômodos demarcados;
- instalações elétricas e hidráulicas concluídas;
- pontos vazados na laje, isolados por madeiras ou blocos;
- bases bem preparadas;
- ausência de pó, utilizando vassoura e umedecimento da laje.

Cichinelli (2009) cita que, conforme a sua função, o contrapiso convencional pode ter variadas espessuras, entre 2 cm e 6 cm, e que para a sua execução em áreas internas de edifícios geralmente é consumido entre 200 a 250 kg de cimento por metro cúbico de argamassa.

Segundo Cichinelli (2009), a execução do contrapiso convencional de argamassa segue as seguintes etapas:

1. Após limpar a base e retirar todos os restos de argamassa, entulho ou qualquer outro material aderido, o primeiro passo é fazer a transferência de nível com o auxílio de um nível de mangueira (ou nível laser) a partir do nível de referência;
2. Com o auxílio de uma trena, marcar a altura do contrapiso;
3. Sobre a superfície limpa, jogar uma mistura de água e branco na área onde as taliscas (um pedaço de cerâmica ou madeira) serão executadas;
4. Polvilhar cimento sobre a mistura;
5. Com a ajuda de um vassourão, escovar a massa. Essa mistura serve de ponte de aderência entre a laje e o contrapiso;
6. Colocar a argamassa sobre a superfície;
7. Depois de nivelar a argamassa, colocar a talisca;
8. Com o auxílio da trena e prevendo o caimento no sentido dos ralos conforme o projeto, conferir a altura do nível do contrapiso. Fazer as outras taliscas no local;
9. Com um fio esticado, conferir a altura das taliscas;
10. Aplicar sobre toda a base a mistura de aditivo e água;
11. Em seguida, polvilhar cimento sobre toda base;
12. Com o auxílio do vassourão, escovar toda área;
13. Jogar a “farofa” do contrapiso;
14. Com a ajuda de uma enxada, preencher os intervalos entre as taliscas, espalhando a argamassa em movimentos contínuos, para que não seque rápido demais;
15. A argamassa deve ser compactada com um soquete de madeira. Esse processo deve ser feito até que a argamassa de contrapiso chegue no nível marcado com o fio;
16. Após compactar a argamassa, sarrafear com movimento de vai e vem apoiando a régua de alumínio nas taliscas;
17. Deve-se sarrafear a sobra até que a superfície alcance o nível das faixas em todos os lados da área do contrapiso;
18. Sobre falhas e pequenos buracos, colocar um pouco de argamassa e nivelar a superfície até ficar totalmente lisa;

19. Desempenar a massa, alisando-a e dando o acabamento final no trabalho com o auxílio de uma desempenadeira de madeira (ou de alumínio, se necessário);
20. Depois de aproximadamente seis horas de cura, o contrapiso está pronto para receber o revestimento final.

O revestimento final pode ser através de aplicação de cerâmica ou pintura especial para pisos.

2.1.2. Contrapiso autonivelante de argamassa cimentícia

O contrapiso autonivelante de argamassa cimentícia (SLM –*Self Leveling Mortar*) é um produto fluido composto por ligante, areia, água e aditivos, cujas principais características são baixa viscosidade e alta fluidez. Sua espessura é de aproximadamente 30 mm e por conta de sua elevada fluidez, não são necessários vibração e nivelamento (SCHAEFER, CHERIF e ROCHA, 2017). Além disso, permite que o material se autoadense, oferecendo alta planicidade, aumentando, assim, a produtividade e o controle de qualidade do sistema (RUBIN, 2015).

Egle (2010) apud Souza (2013) afirma que uma demanda que motivou o desenvolvimento do sistema bombeável para o contrapiso foi a dificuldade do transporte vertical, que geralmente é feito por elevador de cremalheira. A maior dificuldade de uma obra nessa etapa é subir todos os materiais pelo equipamento de transporte vertical e o contrapiso autonivelante traz vantagens nesse aspecto também. A argamassa é lançada em uma bomba acoplada, que a projeta até o pavimento onde será utilizada, dentro do limite de alcance da bomba.

A utilização dessa bomba traz redução da mão de obra necessária na execução do serviço, assim como o tempo de aplicação (SOUZA, 2013).

Com isso, Leopoldo (2015) afirma que, quando comparado com o método convencional, o SLM possui maiores vantagens, tais como:

- maior produtividade que o convencional, por não ter a necessidade de desempenar;
- maior velocidade na aplicação;
- redução no peso da estrutura e conseqüentemente no consumo de material;

- redução de mão de obra;
- prazo reduzido para execução.

Martins (2009) diz que um dos benefícios da argamassa autonivelante é a possibilidade de redução da espessura do contrapiso, com a consequente redução da quantidade de pasta do sistema (economia de cimento), que passará de 8,0 mm, aproximadamente (Classe de Trânsito Leve), para de 5,0 mm. Além disso, outra vantagem que deve ser citada no uso dessa tecnologia mais industrializada é a ergonomia do trabalho, já que o processo consta em jatear o contrapiso através de bomba, sem precisar utilizar régua para sarrafear (SOUZA, 2013).

Hassanein *et al.* (2016) afirma que a argamassa autonivelante possui resistência à compressão semelhante ou superior ao contrapiso convencional. Além disso, tem resistência à segregação. A argamassa autonivelante tem uma faixa de densidade entre 2.000 e 2.200 kg/m³, que é inferior à argamassa tradicional, que varia entre 2.400 e 2.600 kg/m³, diminuindo o peso estrutural.

Hassanein *et al.* (2016) fizeram um estudo indicando que a argamassa autonivelante preparada em laboratório tem maior custo inicial em comparação com as misturas convencionais de argamassa. No entanto, a longo prazo, acabam sendo mais baratas, pois têm uma vida útil maior, necessitando de menos manutenção, menos etapas no processo construtivo, não precisam de vibração, além de menos mão de obra para realizar a aplicação.

Em relação à execução, Souza (2009) lista as seguintes etapas construtivas:

1. Após limpar a base e retirar todos os restos de argamassa, entulho ou qualquer outro material aderido, o primeiro passo é delimitar a área a ser trabalhada e fazer a transferência de nível com o auxílio de um nível de mangueira (ou nível laser) a partir do nível de referência;
2. Com o auxílio de uma trena, marcar a altura do contrapiso. Nesse caso, como a espessura do contrapiso pode ser bastante reduzida, recomenda-se a utilização de nível a laser, porém qualquer marcação que seja feita garantirá que todo pavimento esteja nivelado, já que a argamassa se espalha e nivela-se horizontalmente;
3. Colocar juntas de dessolidarização no encontro com a parede. Podem ser usadas placas de isopor;

4. Bombear a argamassa, espalhando-a sobre a base;
5. Depois de atingido o nível determinado, utilizar uma régua “T” de alumínio com movimentos leves somente sobre a superfície para dar acabamento mais uniforme;
6. Depois de aproximadamente doze horas de cura, o contrapiso pode receber trânsito de pessoas.

Porém, deve-se alertar que, com o uso de materiais autonivelantes, não é possível fazer caimentos e desníveis em banheiros e cozinhas, por exemplo (SOUZA, 2013).

2.1.3. Contrapiso autonivelante de gesso

A argamassa autonivelante à base de gesso é formada por sulfato de cálcio (CaSO_4) e água, compondo a fórmula $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. O contrapiso autonivelante de gesso (GSL – *Gypsum Self Leveling*) contempla esse tipo de argamassa e sua área de aplicação é limitada a ambientes internos, por conta de sua baixa resistência à água. Tem menor resistência à compressão em comparação com o SLM, mas essas limitações podem ser superadas pelo revestimento de superfícies, por exemplo (ZHI *et al.*, 2017). Wang e Jia (2019) complementam que o GSL possui melhor absorção sonora e isolamento térmico.

Em relação às normas técnicas nacionais, a norma referente aos métodos de ensaio é a NBR 16765 (ABNT, 2019).

2.1.4. Comparativos

Cada tipo de contrapiso apresenta características específicas, apresentando vantagens e desvantagens. Com isso, foi elaborado um resumo das características abordadas, a fim de visualizá-las de maneira geral (Tabela 1). É evidente que os contrapisos a base de cimento são resistentes à água e possuem maior resistência à compressão. Essas características tornam esse tipo de contrapiso mais popular, tornando o uso de algo inovador mais restrito. O estudo realizado por Alves (2021) aponta que o menor custo de produção é o autonivelante a base de gesso. Isso se deve pelo preço do material utilizado, já que o gesso possui preço competitivo no mercado.

Tabela 1 - Comparativo das características dos contrapisos

Característica	Contrapiso convencional a base de cimento	Contrapiso Autonivelante a Base de Cimento	Contrapiso Autonivelante a Base de Gesso
Resistência à água	Resistente	Resistente	Não Resistente
Produtividade	Baixa	Alta	Alta
Velocidade de aplicação	Baixa	Alta	Alta
Resistência à compressão	Maior	Maior	Menor

Fonte: adaptado de Schaefer (2017), Leopoldo (2015) e Zhi (2017).

2.2. FATORES DETERMINANTES

2.2.1. Características do gesso

O gesso é o sulfato de cálcio hemidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) e sua matéria prima é a gipsita, um minério cuja composição química corresponde à fórmula $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Para a produção do gesso, Barbosa, Ferraz e Santos (2014) afirmam que a gipsita é extraída (Figura 3), britada (Figura 4), moída (Figura 5) e passa pelo processo de calcinação (Figura 6), podendo ser realizada em diferentes tipos de fornos.

A calcinação é o processo térmico pelo qual a gipsita é desidratada e se transforma no gesso. Se o gipso for calcinado a seco sob pressão atmosférica, ou baixa pressão, será obtido o Gesso Beta (GB). Caso a calcinação ocorra sob pressão de vapor de água saturante, será obtido o Gesso Alfa (GA). O GA, devido ao seu processo de produção, apresenta aplicações mais nobres (gesso hospitalar) e conseqüentemente alcança preços mais elevados. O GB, com custo de produção mais baixo, predomina como material para uso na construção civil (BARBOSA, FERRAZ e SANTOS, 2014).

Figura 3-Extração da gipsita no Araripe (PE)



Fonte: Peres, Benachour e Santos, 2008

Figura 4- Britagem da gipsita



Fonte: Santana (2008)

Figura 5- Moagem da gipsita



Fonte: Gesso Padrão (2021)

Figura 6- Calcinação. (a) Forno tipo panela, (b) Forno rotativo, (c) Forno tubular



(a)



(b)

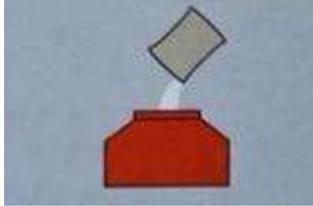
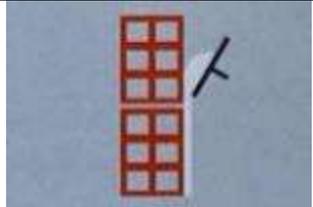
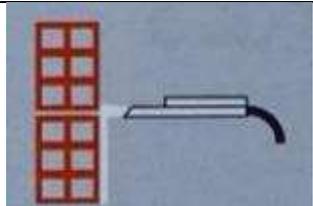
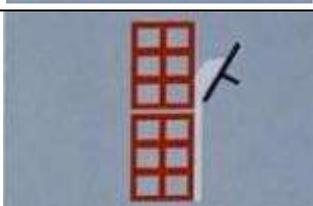
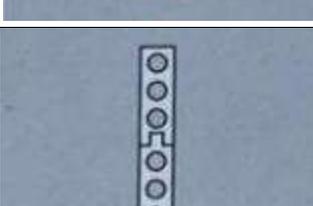
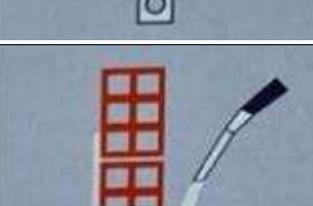


(c)

Fonte: Santana (2008)

Peres, Benachour e Santos (2008) classificam o gesso em seis tipos, dos quais dois são normatizados pela ABNT e os demais classificados por normas internacionais, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Tipos de gesso

Normatização	Tipo de Gesso	Imagem
Normatizados pela ABNT	Gesso de fundição	
	Gesso para revestimento	
Classificados por normas internacionais	Gesso para revestimento projetado	
	Massa de gesso para acabamento manual	
	Cola de gesso	
	Contrapiso autonivelante	

Fonte: Peres, Benachour e Santos (2008)

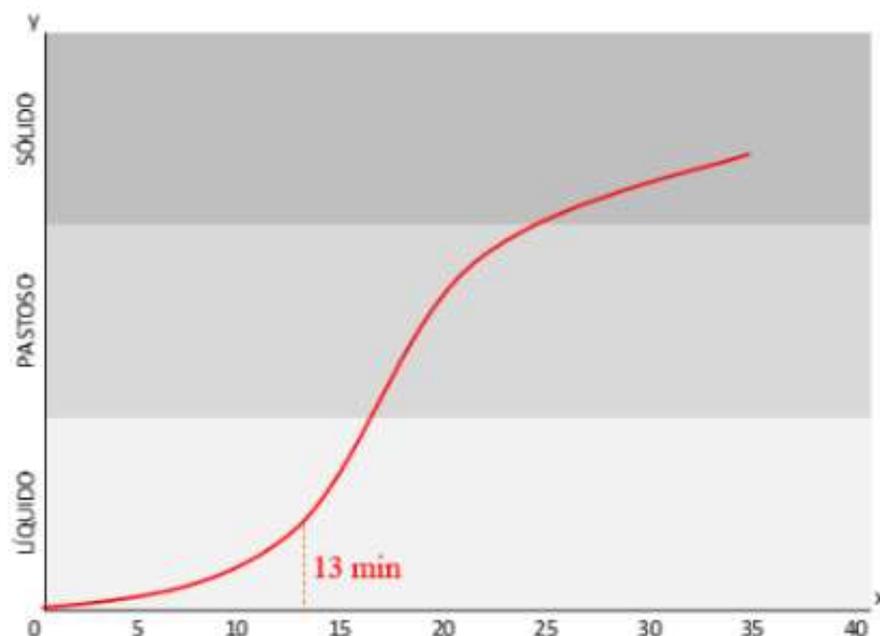
Em relação ao contrapiso autonivelante, Peres, Benachour e Santos (2008) afirmam que se trata de uma argamassa de gesso pré-misturada para a execução de contrapiso na construção civil, composto, predominantemente, de gesso e calcário.

Uma característica a ser levada em consideração é o tempo de pega, que se trata do tempo de endurecimento de uma pasta obtida através da adição de água ao pó do

gesso. O gesso começa a endurecer aos três minutos após a mistura com a água e termina aos 15 a 20 minutos. Portanto, o tempo para utilização deste material é muito curto e pode ser alterado com o auxílio de aditivos retardadores de pega, os quais atuam diretamente sobre a solubilidade do hemidrato (PERES, BENACHOUR e SANTOS, 2008). A Figura 7 mostra o ciclo do tempo de pega do gesso, com aproximadamente 13 minutos de tempo de utilização.

No que diz respeito ao tempo de pega, o gesso pode ser classificado em gesso com ou sem aditivo em sua formulação.

Figura 7- Gráfico do ciclo de pega do gesso



Fonte: Peres, Benachour e Santos (2008)

Para a utilização do gesso como contrapiso autonivelante é necessário melhorar a fluidez, para que ele se torne auto adensável, assim como aumentar o tempo de pega para que haja tempo hábil para a aplicação em grandes áreas. Por esse motivo o estudo dos aditivos se torna importante nessa pesquisa.

2.2.2. Aditivos

O uso de aditivos tem como objetivo a modificação das propriedades específicas dos materiais. Dependendo das características que modificam, os aditivos classificam-se

em modificadores do tempo de pega, retentores de água, incorporadores de ar e umidificantes, reforçadores de aderência, fluidificantes, aerantes e hidrofugantes (PERES, BENACHOUR e SANTOS, 2008).

Cecel (2019) afirma que os aditivos são genericamente categorizados como:

- plastificantes e superplastificantes, ou redutores de água;
- incorporadores de ar;
- aceleradores de pega;
- retardadores de pega;
- aceleradores de resistência;
- modificadores de viscosidade; e
- polifuncionais (aqueles com duas ou mais funções combinadas).

Aditivos e adições minerais em argamassas autonivelantes de contrapiso são fundamentais para o alcance das propriedades desejadas, pois contribuem com o aumento da trabalhabilidade e coesão das misturas, redução da relação água/cimento, proporcionando materiais com alta capacidade de escoamento que atendam às demandas construtivas (MENDES, 2019).

Segundo Mendes (2019), os aditivos utilizados são: **superfluidificantes**, **éteres celulósicos**, para melhorar a retenção de água, **antiespumantes**, para alterar a tensão superficial da água de amassamento e reduzir o nível de ar arrastado durante a mistura e bombeamento, **polímeros elastoméricos redispersáveis**, com o objetivo de tornar o material mais impermeável, dúctil e mais resistente à tração e à abrasão, substâncias minerais que compensem a retração por secagem, a exsudação e a tendência à fissuração. Os aditivos superplastificantes e os aditivos modificadores de viscosidade são os aditivos mais importantes para a produção das argamassas autonivelantes. A combinação destes produtos auxilia na produção de argamassas de cimentos de alto desempenho, com elevada fluidez e menores quantidades de água para uma mesma coesão.

Os aditivos superplastificantes são polímeros com bases mais comuns de naftaleno, melanina, lignossulfonato, policarboxilato, ácidos e ésteres. Eles são adsorvidos na superfície das partículas, exercendo a função de dispersão através de

estabilização eletrostática, estérica ou eletroestérica, tornando capaz a redução de água (CECEL, 2019).

Os primeiros aditivos superplastificantes foram originalmente fabricados no Japão, sendo o naftaleno formaldeído sulfonado utilizado para produzir concretos de alta resistência, permitindo grandes reduções de água na composição; e na Alemanha, desde 1972, sendo a melamina formaldeído sulfonado, para desenvolver concretos fluidos (ROJAS, 2014).

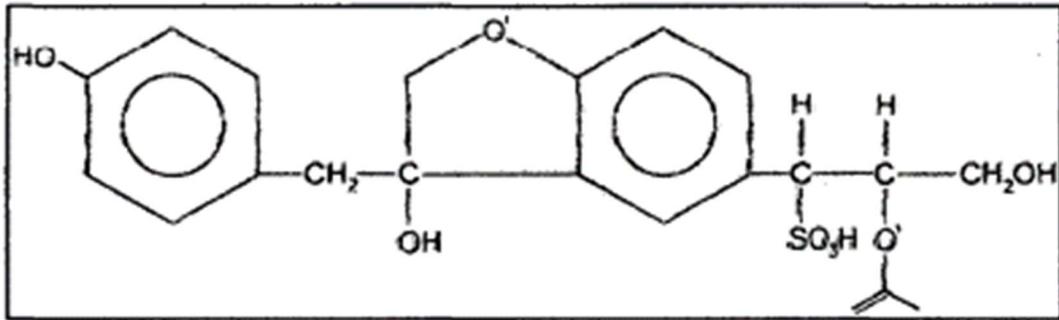
Mehta e Monteiro (2014) afirmam que os aditivos superplastificantes (SP) são também chamados de redutores de água de alta eficiência, porque são capazes de reduzir a água de amassamento em uma determinada mistura de concreto de três a quatro vezes mais efetivamente quando comparados aos aditivos redutores de água plastificantes. Consistem de surfactantes aniônicos de cadeia longa, de alta massa molecular com um grande número de grupos polares na cadeia de hidrocarbonetos. Quando adsorvido nas partículas de cimento, o surfactante confere forte carga negativa, que ajuda a diminuir consideravelmente a tensão superficial da água circundante e eleva acentuadamente a fluidez do sistema.

Portugal (2007) apud Rojas (2014) indica que aditivos superplastificantes podem ser usados para três funções principais:

- aumentar a trabalhabilidade;
- aumentar a resistência; e
- reduzir a quantidade de cimento.

Alonso (2011) afirma que os primeiros superplastificantes utilizados, por volta da década de 1940, foram os lignossulfonatos modificados, cuja estrutura molecular é mostrada na Figura 8. Esses aditivos foram utilizados como redutores de água, e seu aprimoramento como aditivo superplastificante é obtido através da eliminação de impurezas (carboidratos).

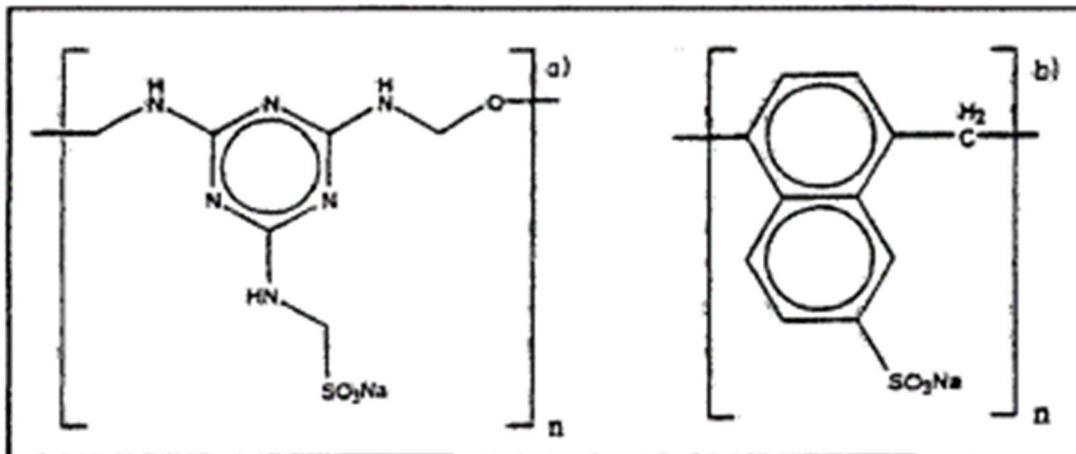
Figura 8 – Estrutura molecular de um aditivo superplastificante lignossulfonato modificado



Fonte: Alonso (2011)

A partir da década de 1960, foram desenvolvidos aditivos derivados da melanina, na Alemanha, e o derivado de naftaleno, no Japão, e que são sintetizados a partir da sulfonação de melamina e naftaleno, respectivamente, e polimerização subsequente. Seu alcance de redução da água varia de 10 a 20%. Suas estruturas moleculares típicas são apresentadas na Figura 9 (ALONSO, 2011).

Figura 9 - Estrutura molecular básica de um aditivo superplastificante. a) derivado de melanina e b) derivado de naftaleno



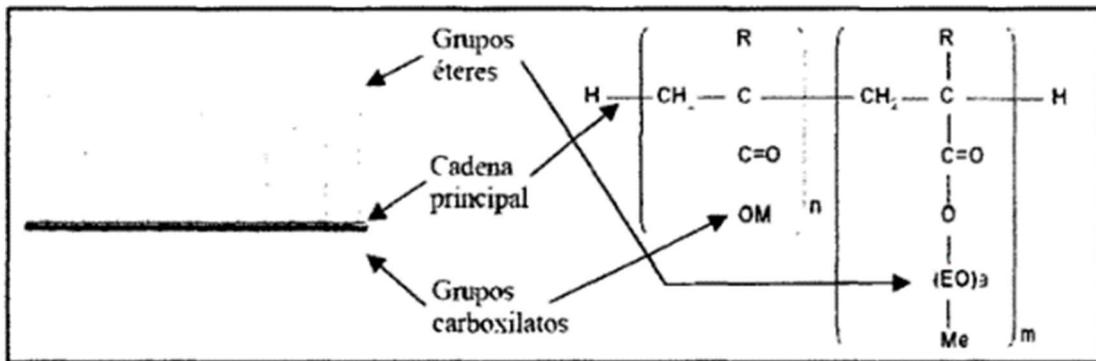
Fonte: Alonso (2011)

No início de 1990, surgiu uma nova geração de aditivos superplastificantes à base de polímeros sintéticos, com formulações à base de policarboxilatos (PCE), cuja síntese geralmente vem da polimerização de derivados de ácido acrílico ($\text{CH}_2 = \text{CH}-$

COOH) ou metacrílico ($\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$). Esses aditivos podem reduzir a proporção água/cimento até 40% para a mesma trabalhabilidade (ALONSO, 2011).

Os aditivos PCE têm cadeias laterais mais ou menos longas, geralmente tipo poliéter (PEO). Esses aditivos têm uma estrutura de "pente" (Figura 10) com uma cadeia de hidrocarboneto principal com grupos carboxilato e cadeias laterais com grupos éteres (ALONSO, 2011).

Figura 10 - Estrutura química e molecular de um aditivo PCE



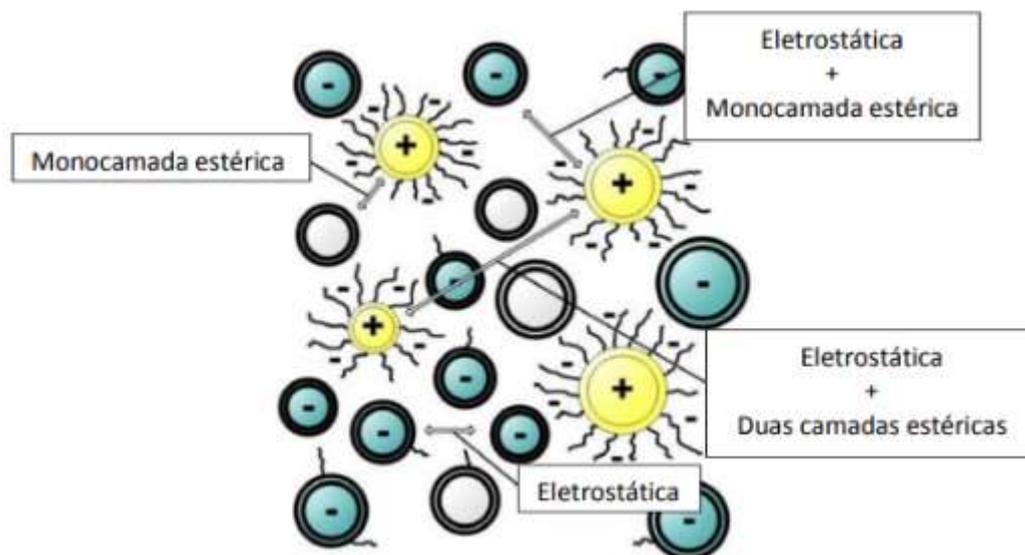
Fonte: Alonso (2011)

Conforme Ferrari *et al.*(2010), o aditivo SP evita a aglomeração entre as partículas em suspensão e aumenta a fluidez. Uma das principais razões para a aglomeração é a atração entre as partículas de carga oposta, que formam aglomerados nas suspensões coloidais. A fim de melhorar a fluidez da mistura, mantendo a mesma relação água/cimento, os SP's agem como dispersantes aderindo à superfície das partículas e exercendo forças de repulsão entre estas. Os SP's do tipo éter policarboxílico, em forma de pente, são caracterizados por uma unidade de adsorção de espinha dorsal hidrofílica e uma cadeia lateral de óxido de polietileno. Esses aditivos são amplamente utilizados devido à sua versatilidade: o número e o comprimento das cadeias laterais e a sua densidade de enxerto são parâmetros flexíveis. Quando esse aditivo é adsorvido na interface sólido-líquido em uma suspensão de partículas, induz uma força repulsiva entre as partículas que evita a formação de aglomerados, como apresentado graficamente na Figura 11.

Em relação ao gesso, Tan *et al.* (2018) dizem que o problema com o tempo de endurecimento rápido pode ser resolvido através da adição de retardador e superplastificante (fluidificantes). Este último tem como objetivo plastificar a pasta, ou

seja, aumentar a fluidez do material. Já o retardador, retarda a hidratação e a formação de hidratos, aumentando o tempo de pega.

Figura 11 - Representação esquemática do mecanismo de dispersão dos superplastificantes com base PCE



Fonte: Ferrari *et al.* (2011)

Ao estudar o contrapiso autonivelante de gesso, Zhi *et al.*(2017) chegaram à conclusão de que os retardadores e os superplastificantes têm grande efeito nas propriedades mecânicas do GSL. Em seu estudo, o retardador utilizado que apresentou melhor resultado foi o Sal de Proteína (PS), pois além de retardar o tempo de pega não diminuiu a resistência à compressão. Em relação aos superplastificantes, os resultados de fluidez mostraram que os poliméricos são os mais recomendados, pois atingem 350 mm de espalhamento, atendendo a exigência de materiais autonivelantes.

Tanto os retardadores quanto os superplastificantes têm grande efeito sobre a propriedade mecânica do GSL. Por um lado, a resistência à compressão do sistema GSL geralmente diminuiu com a adição de retardadores; por outro, a resistência à compressão do GSL aumenta com a adição de superplastificantes (ZHI *et al.*, 2017).

Silva (2020) apud Souza, Ferreira e Azevedo (2021) afirma que, como objetivo de garantir a trabalhabilidade de uma pasta com reduzida quantidade de água, são utilizados os aditivos superplastificantes que também atuam diminuindo a exsudação, a permeabilidade e a porosidade

Portanto, torna-se essencial a definição da dosagem adequada de aditivos para compor o sistema de contrapiso autonivelante de gesso, garantindo fluidez adequada sem impactar na resistência à compressão.

2.2.3. Dosagem para uso de gesso em contrapiso autonivelante

O presente trabalho é baseado no estudo desenvolvido por Silva (2020), cuja pesquisa teve como objetivo desenvolver pastas de gesso para contrapiso autonivelante (GCA), apenas com GB como aglomerante, além de avaliar a influência do aditivo superplastificante (SP) à base de policarboxilato (PCE).

Silva (2020) utilizou as relações água/gesso (a/g) de 0,35; 0,40; 0,45; 0,475; 0,50 e 0,55 e o teor de PCE foi ajustado para a fluidez adequada. As pastas foram caracterizadas no estado fresco quanto aos tempos de pega, espriamento e calor de hidratação. No estado endurecido, quanto a resistência à compressão, resistência à tração, dureza superficial e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Em seu trabalho, Silva (2020) afirmou que tendo em vista as avaliações das propriedades das pastas e argamassas autonivelantes, tem-se como conclusão que o aditivo SP teve maior influência na obtenção das propriedades satisfatórias do que a relação a/g. Dentre das formulações estudadas, as pastas autonivelantes com relação a/g de 0,45 (consistência normal) e 3,5 % de SP e com relação a/g de 0,475 e 2,0 % de SP atenderam satisfatoriamente aos critérios normativos e mostraram-se adequadas à aplicação como camada de contrapiso.

Com isso, o ponto de partida deste trabalho é a utilização do mesmo aditivo superplastificante à base de policarboxilato (PCE), formulado junto à pasta de GB. Além de repetir os ensaios realizados por Silva, foi realizado um contrapiso com a dosagem de gesso e SP definida nos ensaios iniciais. Além disso, foi feita uma análise do processo executivo deste contrapiso comparando com o contrapiso convencional de argamassa e o autonivelante de argamassa, através de estudos de caso em obras em Pernambuco, assim como ensaios de desempenho, de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013).

2.3. PRESCRIÇÕES NORMATIVAS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, tomou-se como referência a NBR 16765 (ABNT, 2019), que afirma que, para determinar as características do GCA, utilizado na execução de contrapiso sobre laje em edificações, é necessário realizar os ensaios, com suas respectivas normas, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Ensaios que determinam as características do GCA

Ensaio	Norma de Referência	Descrição
Determinação da massa unitária	NBR 12127 (ABNT, 2017)	Gesso para construção civil – Determinação das propriedades físicas e do pó
Determinação de água livre e água de cristalização	NBR 12130 (ABNT, 2017)	Gesso para construção civil – Determinação da água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidrido sulfúrico
Determinação do tempo de pega	NBR 12128 (ABNT, 2017)	Gesso para construção civil – Determinação das propriedades físicas da pasta de gesso
Determinação do índice de espraçamento	NBR 16765 (ABNT, 2019)	Contrapiso autonivelante de gesso: métodos de ensaio
Determinação da densidade de massa no estado endurecido	NBR 13280 (ABNT, 2010)	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido
Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão	NBR 13279 (ABNT, 2005)	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão
Determinação da dureza superficial	NBR 12129 (ABNT, 2017)	Gesso para construção civil - Determinação das propriedades mecânicas

Fonte: NBR 16765 (ABNT, 2019)

No que diz respeito aos requisitos, a NBR 16765(ABNT, 2019) afirma que o contrapiso autonivelante de gesso deve estar em conformidade com as exigências da Tabela 4.

Em relação a normas internacionais, Silva (2020) aponta em seu trabalho a norma americana C1708 (ASTM, 2016) e a norma espanhola UNE-EM 13813 (AENOR, 2014), ambas utilizadas para determinação de métodos e critérios de ensaios

para argamassas autonivelantes. Fazendo um comparativo entre ambas e a NBR 16765 (ABNT, 2019), a Tabela 5 mostra que os ensaios de consistência, tempo de pega, resistência à tração na flexão e à compressão estão presentes nas três normas.

Tabela 4 - Requisitos das características do GCA

Características		Limites	Método
FÍSICAS	Massa unitária	900 a 1.200 g/cm ³	NBR 12127 (ABNT, 2017)
	Tempo de pega	Inicial > 59 min	NBR 12128 (ABNT, 2017)
	Índice de espraimento	180 a 260 mm	NBR 16765 (ABNT, 2019)
	Densidade de massa no estado endurecido	1,5 a 1,8 g/cm ³	NBR 13280 (ABNT, 2010)
MECÂNICAS	Resistência à compressão	> 8 MPa	NBR 13279 (ABNT, 2005)
	Resistência à tração	> 3 MPa	NBR 13279 (ABNT, 2005)
	Dureza superficial	> 80 N/mm ²	NBR 12129 (ABNT, 2017)

Fonte: NBR 16765 (ABNT, 2019)

Tabela 5 - Comparativo de ensaios realizados entre as normas americana, espanhola e brasileira

ENSAIOS PARA ARGAMASSA AUTONIVELANTE		NORMA		
		C1708 (ASTM, 2016)	UNE-EM 13813 (AENOR, 2014)	NBR 16765 (ABNT, 2019)
Estado fresco	Consistência	X	X	X
	Viscosidade	X		
	Tempos de pega	X	X	X
	Tempo de retenção de fluxo	X		
	Espraimento (retenção de fluxo)	X		X
Estado endurecido	Resistência à compressão	X	X	X
	Resistência à tração	X	X	X
	Estabilidade dimensional	X		
	Resistência ao desgaste		X	
	Dureza		X	X

Fonte: Adaptado de Silva (2020)

Com isso, verifica-se que as características abordadas em todas as normas listadas são consistência, tempos de pega, resistência à compressão e resistência à tração, demonstrando serem características imprescindíveis de estudo para esse trabalho.

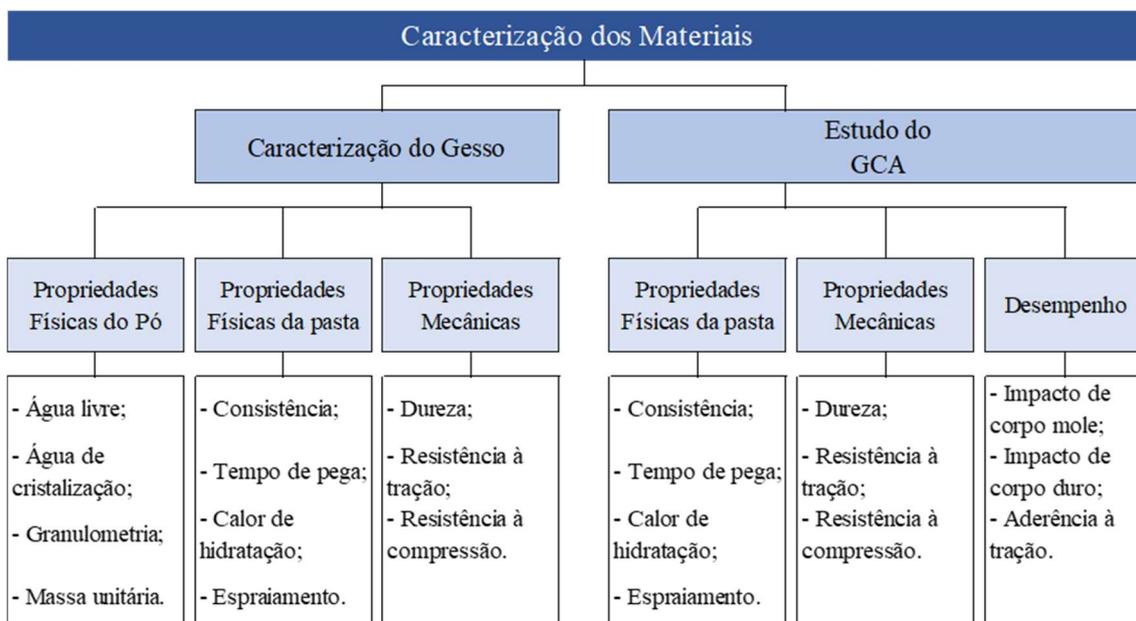
3. METODOLOGIA

A metodologia está dividida em três etapas: caracterização dos materiais, comparativo da execução de contrapisos e desempenho do sistema de piso com utilização do GCA.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A caracterização dos materiais está dividida em duas partes: caracterização do gesso e estudo do GCA, conforme a Figura 12.

Figura 12 - Fluxograma da caracterização dos materiais



Fonte: Autora (2022)

A caracterização do gesso seguiu as normas de gesso para construção civil para a determinação das propriedades físicas do pó, propriedades físicas da pasta de gesso e propriedades mecânicas.

Para a determinação das propriedades físicas do pó foram realizados ensaios de granulometria e massa unitária, conforme a NBR 12127 (ABNT, 2017), além de água livre e água de cristalização, conforme a NBR 12130 (ABNT, 2017). Para a determinação das propriedades físicas da pasta de gesso, foram realizados ensaios de consistência e tempo de pega, conforme a NBR 12128 (ABNT, 2017). Já para a

determinação das propriedades mecânicas, dureza e resistência à compressão, conforme a NBR 12129 (ABNT, 2017).

Para completar a etapa de caracterização, foram realizados os ensaios de calor de hidratação e espriamento, conforme a NBR 16765 (ABNT, 2019).

Na etapa de estudo do GCA foram realizados os mesmos ensaios do estudo do gesso para as propriedades físicas e mecânicas da pasta.

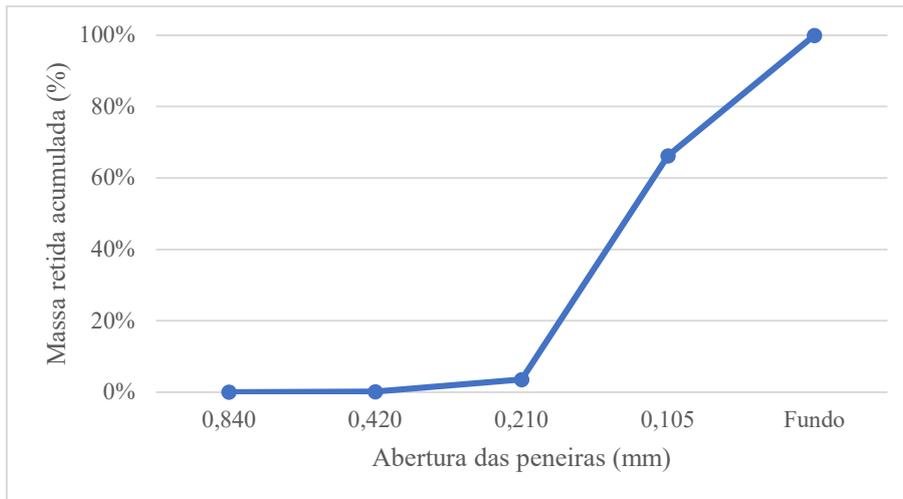
O gesso utilizado nessa pesquisa foi o gesso utilizado na construção civil para revestimento, sendo fornecido em sacos de papel kraft de 40kg cada (Figura 13). Também foi utilizado aditivo superplastificante, na dosagem de 2% em relação à massa de gesso, como mostra a Figura 14.

Figura 13 - Gesso utilizado no estudo



Fonte: Autora (2022)

Figura 15 - Curva granulométrica do gesso



Fonte: Autora (2022)

A NBR 12127 (ABNT, 2017) afirma que massa unitária é a relação entre a massa não compactada de material e o volume do recipiente. O equipamento necessário para sua determinação está apresentado na Figura 16. A Figura 17 mostra a realização do ensaio.

Figura 16 - Equipamento utilizado para o ensaio de massa unitária sendo: (a) conjunto com funil cônico de material não corrosivo sobre um tripé e (b) peneira de 2,0 mm



Fonte: Autora (2022)

Figura 17 - Realização do ensaio de massa unitária



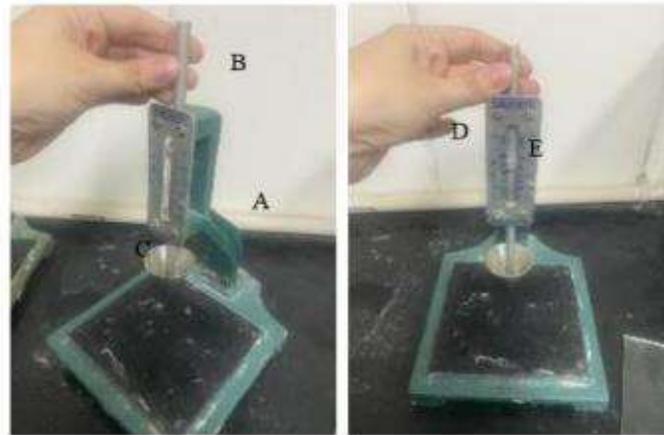
Fonte: Autora (2022)

A NBR 13207 (ABNT, 2017) estabelece como requisito o valor $\geq 600 \text{ g/cm}^3$. Ao realizar o ensaio, foi encontrado o valor médio de $725,25 \text{ g/cm}^3$, estando conforme a norma. O ANEXO A apresenta o formulário desses ensaios.

3.1.2. Propriedades físicas da pasta

Para a caracterização da pasta, foram realizados os ensaios de consistência e tempo de pega, conforme a NBR 12128 (ABNT, 2017). A Figura 18 mostra o aparelho de Vicat modificado, utilizado para o ensaio de consistência. A Figura 19 mostra a leitura para determinação da consistência. Para determinar a consistência, o ponto de partida foi a relação água/gesso definida por Silva (2020), ou seja, 0,475. O valor obtido foi de 330g de gesso, para 150 ml de água, resultando na relação a/g de 0,450. O ANEXO B mostra os resultados desses ensaios.

Figura 18 - Aparelho de Vicat Modificado. A – Suporte; B – haste de sustentação da sonda; C – sonda cônica; D – indicador; E - escala



Fonte: Autora (2022)

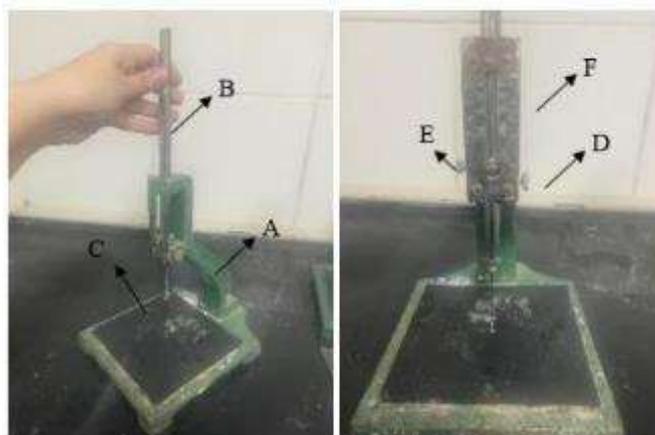
Figura 19 - Leitura do ensaio de consistência



Fonte: Autora (2022)

A Figura 20 mostra o aparelho de Vicat, utilizado para o ensaio de tempo de pega. A Figura 21, a leitura do ensaio, através da penetração da agulha.

Figura 20 - Aparelho de Vicat. A – Suporte; B – haste móvel de diâmetro; C – agulha removível; D – parafuso; E – indicador ajustável; F – visor



Fonte: Autora (2022)

Figura 21 - Leitura da penetração da agulha no aparelho de Vicat



Fonte: Autora (2022)

O ensaio de calor de hidratação tem o objetivo de avaliar a liberação de calor das pastas em função do tempo para a determinação das curvas de calor de hidratação e dos tempos de pega (SILVA, 2020). Foi utilizado o mesmo equipamento utilizado por Silva (2020), sendo este constituído por um recipiente em forma de garrafa com tampa, de

poliestireno (isopor) e, no interior, um copo plástico descartável, responsável por armazenar a pasta de gesso.

Para a coleta e gravação da temperatura das amostras foi utilizado o mesmo termômetro digital utilizado por Silva (2020), sendo este do tipo Minipar MT-1044, com função de *datalogger*, que possui canais para conectar com termopares de contato tipo K, resolução de 0,1 °C e temperatura de operação entre 0 °C e 50 °C (Figura 22). O termopar fica localizado na tampa do recipiente de isopor, que fica em contato com a pasta de gesso.

Figura 22 - Equipamento utilizado para o ensaio de calor de hidratação



Fonte: Autora (2022)

De forma automática o termômetro registrou a liberação de calor em intervalos de 5s para a posterior confecção do gráfico da temperatura (°C) *versus* tempo (min) e determinação dos tempos de pega. O ANEXO C mostra o relatório do ensaio.

O ensaio de espriamento foi realizado conforme NBR 16765 (ABNT, 2019), cujo objetivo é obter o índice de espriamento do material estudado. Para isso, foram utilizados os seguintes equipamentos: balança com resolução mínima de 0,1 g, misturador mecânico industrial, paquímetro, molde cilíndrico com dimensões de 40 mm de diâmetro e 50 mm de altura, placa de vidro e nível de bolha.

Para a realização do ensaio, após pesagem do material, pesou-se a quantidade de água definida no ensaio de consistência (relação a/g = 0,45) e adicionou-se 2% de aditivo superplastificante. A mistura foi preparada no misturador mecânico, que foi ligado em velocidade baixa, por 1 minuto. Concluída a mistura, o material foi colocado no molde cilindro e em seguida o molde foi retirado lentamente espraçando o material (Figura 23).

Figura 23 - Ensaio de espraçamento

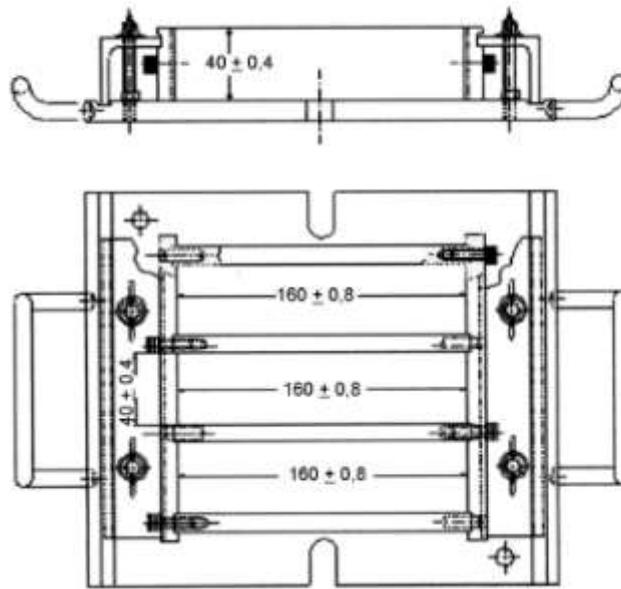


Fonte: Autora (2022)

3.1.3. Propriedades mecânicas

Para a realização dos ensaios de propriedades mecânicas foram moldados corpos de prova utilizando a NBR 13279 (ABNT, 2005) como referência. Para isso, foi utilizado o molde representado na Figura 24. A Figura 25 mostra o molde utilizado. Foram moldados seis corpos de prova para o gesso e seis para o GCA (Figuras 26 e 27).

Figura 24 - Molde especificado em norma



Fonte: NBR 13279 (ABNT, 2005)

Figura 25 - Molde utilizado



Fonte: Autora (2022)

Figura 26 - Moldagem dos corpos de prova



Fonte: Autora (2022)

Figura 27 - Corpos de prova moldados



Fonte: Autora (2022)

Para a realização do ensaio de dureza foi utilizada a NBR 12129 (ABNT, 2017), sendo utilizado o equipamento durômetro *shore* analógico, conforme Figura 28. O durômetro é posicionado sobre uma das faces do corpo de prova e em seguida é feita a

leitura do ponteiro após sua paralisação. Após a leitura, o procedimento é repetido em mais duas faces.

Figura 28 - Durômetro



Fonte: Autora (2022)

Para a determinação da resistência à tração e da resistência à compressão, foi utilizada como referência a NBR 13279 (ABNT, 2005), utilizada para ensaiar argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Para isso, foi utilizada uma prensa, conforme Figura 29. A Figura 30 mostra o ensaio de resistência à tração, enquanto que a Figura 31, o de resistência à compressão.

Figura 29 - Prensa utilizada para os ensaios de resistência à tração e resistência à compressão



Fonte: Autora (2022)

Figura 30 - Ensaio de resistência à tração



Fonte: Autora (2022)

Figura 31 - Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Autora (2022)

O ANEXO D mostra os resultados dos ensaios do GCA.

3.2. COMPARATIVO DA EXECUÇÃO DE CONTRAPISOS

O comparativo do processo executivo levou em consideração um contrapiso convencional, um contrapiso autonivelante de argamassa (SLM) e um contrapiso autonivelante de gesso (GCA). Foram indicadas as áreas de execução, o quantitativo de mão de obra com o tempo de serviço, a jornada de trabalho e sua produção, assim como o quantitativo de material utilizado e o custo total do contrapiso.

Para a análise desses contrapisos as obras acompanhadas foram:

- contrapiso convencional de argamassa: condomínio Acqua Marine, na Reserva do Paiva, localizado em Cabo de Santo Agostinho;
- contrapiso autonivelante de argamassa: Shopping Patteo, em Olinda; e
- contrapiso autonivelante de gesso: residência no bairro de Jardim São Paulo, em Recife.

3.3. DESEMPENHO DO SISTEMA DE PISO COM UTILIZAÇÃO DO GCA

3.3.1. Impacto de corpo mole

Segundo a NBR15575-2 (ABNT, 2013), o ensaio de impacto de corpo mole consiste em corpo com massa e forma conhecidas, liberado de altura estabelecida para ensaios de componentes horizontais, que, ao atingir o componente, provoca deslocamentos ou deformações ou rupturas verificáveis.

Para piso, o objetivo do ensaio é verificar o deslocamento vertical da estrutura. Para isso, deve ser empregada a seguinte aparelhagem:

- corpo percussor de impacto, com forma e massa definidos;
- defletômetros com resolução de 0,1 mm;
- estrutura de apoio rígida.

Os defletômetros devem ser posicionados na laje do pavimento inferior ao pavimento estudado, a fim de medir o deslocamento vertical.

3.3.2. Impacto de corpo duro

A NBR 15575-3 (ABNT, 2013) diz que a resistência aos impactos de corpo duro, os quais podem ser produzidos durante a vida útil de projeto da edificação, traduz-se na energia de impacto a ser aplicada em sistemas de pisos. Os impactos com maiores energias referem-se ao estado-limite último, sendo os de utilização aqueles com menores energias. Estes impactos correspondem a choques acidentais gerados pela própria utilização da edificação.

Segundo a NBR 15575-3 (ABNT, 2013), o ensaio consiste em um corpo com massa e forma conhecidas, liberado de altura estabelecida em queda livre que, ao atingir o componente, provoca dano verificável no sistema de piso. Para isso, deve ser empregada a seguinte aparelhagem: a) corpo percussor de impacto - esfera de aço maciça com massa de $1 \text{ kg} \pm 5 \text{ g}$; b) corpo percussor de impacto- esfera de aço maciça com massa de $0,5 \text{ kg} \pm 2 \text{ g}$, como pode ser visto na Figura 32.

Figura 32 – Esfera metálica utilizada para queda



Fonte: Autora (2022)

3.3.3. Aderência à tração

A NBR 13528 (ABNT, 1995) afirma que aderência é uma propriedade do revestimento de resistir a tensões normais ou tangenciais atuantes na interface com o substrato. A resistência de aderência à tração é uma tensão máxima suportada por um corpo de prova de revestimento, na interface em avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração. O objetivo deste ensaio é analisar a resistência de aderência à tração de revestimento com argamassa, mas para esse trabalho será analisada a resistência do contrapiso autonivelante de gesso, pintado e revestido com cerâmica.

Para a realização do ensaio é necessário um equipamento de tração, mecânico ou hidráulico, permitindo a aplicação lenta e progressiva da carga, possuir articulação para assegurar a aplicação do esforço de tração simples e dispositivo para leitura da carga. Para esse estudo foi utilizado o aderímetro, conforme mostra a Figura 33. Além disso, são utilizadas pastilhas, que consistem em placas metálicas não deformáveis sob carga de ensaio, de seção circular (50 mm de diâmetro) ou quadrada (100 mm de lado), com um dispositivo no centro para acoplamento do equipamento de tração. Para esse estudo, foi utilizada a pastilha de seção quadrada, como mostra a Figura 34.

Figura 33 - Aderímetro



Fonte: Autora (2022)

Figura 34 - Pastilhas



Fonte: Autora (2022)

O ensaio consiste em cortar corpos de prova, no contrapiso, no formato das pastilhas, utilizando disco de corte (Figura 35). Em seguida, as pastilhas são coladas nas sessões cortadas, utilizando cola à base de resina epóxi (Figura 36).

Figura 35 - Corte do revestimento, utilizando disco de corte



Fonte: Autora (2022)

Figura 36 - Colagem das pastilhas



Fonte: Autora (2022)

Foram definidos seis corpos de prova para uma área de piso pintada (Figura 37) e outros seis para uma área revestida com cerâmica (Figura 38), totalizando 12 corpos de prova.

Figura 37 - Corpos de prova colados na superfície pintada



Fonte: Autora (2022)

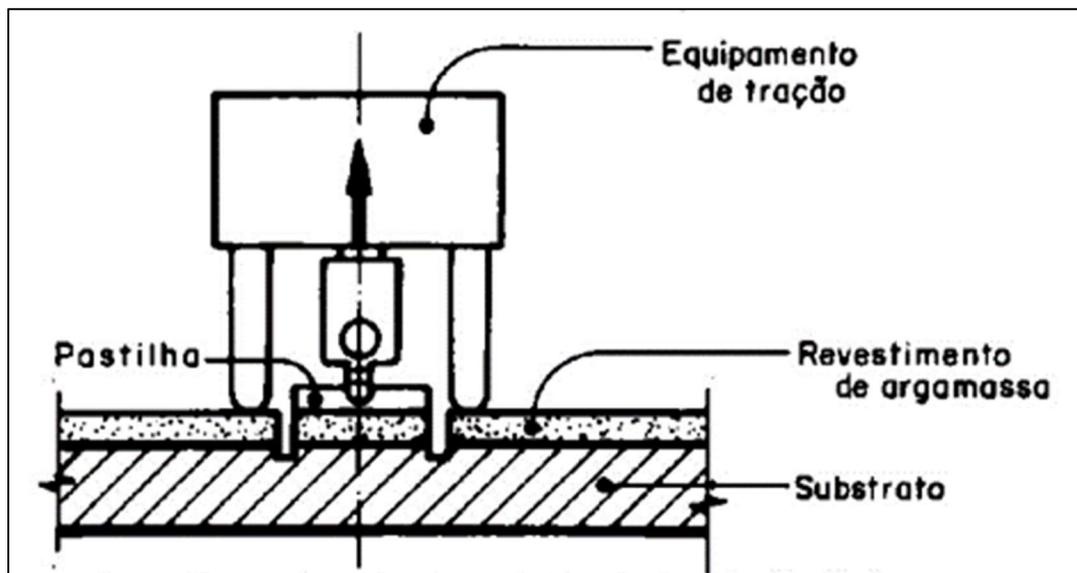
Figura 38 - Corpos de prova colados na superfície revestida com cerâmica



Fonte: Autora (2022)

O ensaio é realizado acoplando o aderímetro nas pastilhas, como mostra as Figuras 39 e 40.

Figura 39 - Esquema do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração



Fonte: NBR13528 (ABNT, 1995)

Figura 40 - Aderímetro acoplado na pastilha



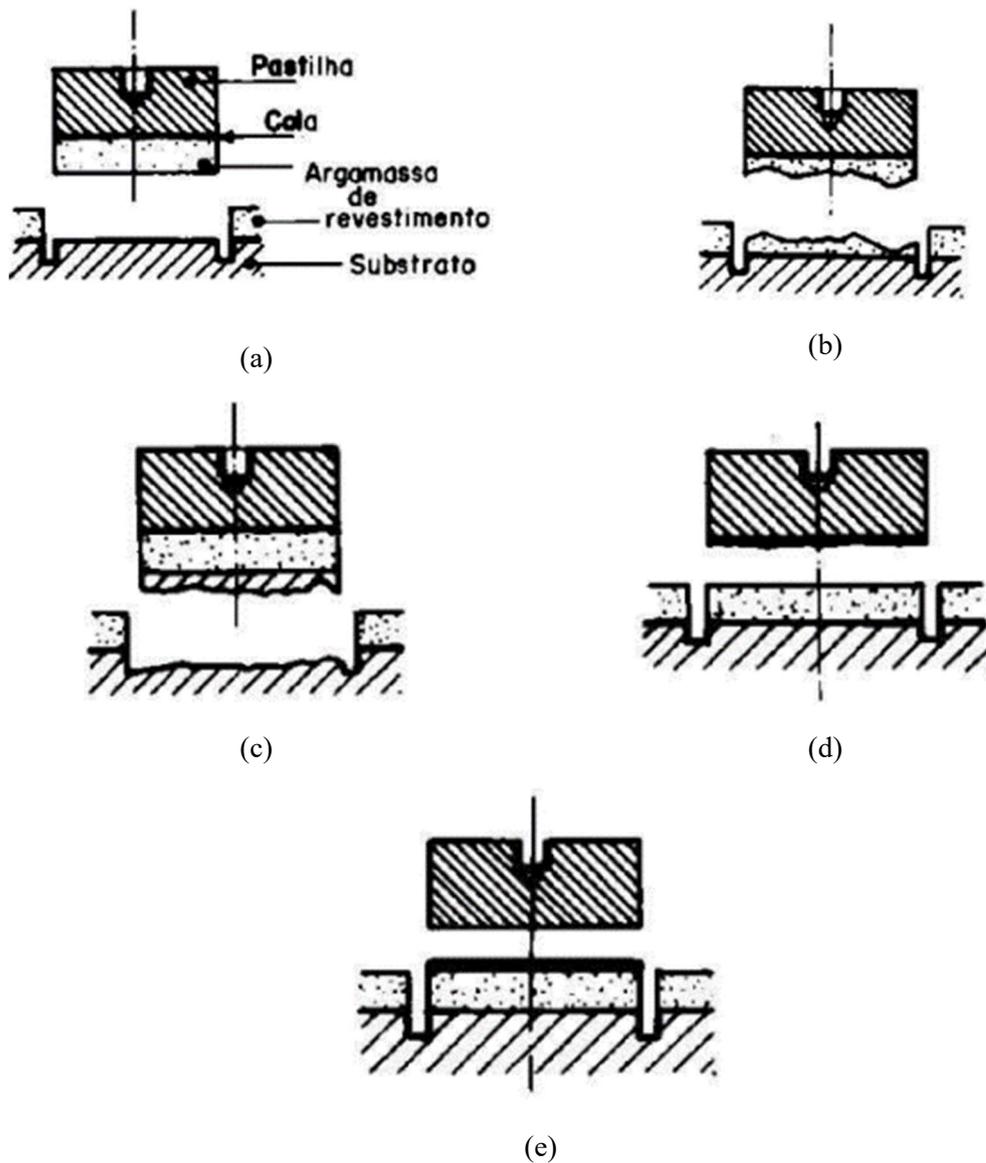
Fonte: Autora (2022)

Depois de acoplado, o equipamento é ligado, aplicando o esforço de tração perpendicularmente ao corpo de prova, com taxa de carregamento escolhida, até o seu arrancamento.

Após o arrancamento dos corpos de prova deve-se verificar a forma com que houve a ruptura. A NBR13528 (ABNT, 1995) apresenta as formas de ruptura possíveis, com suas denominações, ilustradas na Figura 41.

A resistência de aderência à tração é igual à carga de ruptura dividida pela área da pastilha.

Figura 41 - Formas de rupturas, sendo: (a) ruptura na interface revestimento/substrato; (b) ruptura da argamassa de revestimento; (c) ruptura do substrato; (d) ruptura na interface revestimento/cola; (e) ruptura na interface cola/pastilha



Fonte: NBR13528 (ABNT, 1995)

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A NBR 16765 (ABNT, 2019) afirma que o contrapiso autonivelante de gesso deve estar em conformidade com as exigências da Tabela 4 do item 2.3.

4.1.1 Propriedades Físicas da pasta

Ao realizar os ensaios da pasta do GCA, os resultados obtidos foram descritos na Tabela 6 e comparados com os resultados do gesso e os critérios da NBR 12128 (ABNT, 2017). Como pode ser visto, a relação a/g para ambos foi de 0,45, no entanto, a penetração da agulha de Vicat foi maior no GCA, visto que o aditivo torna a mistura mais fluida. Em relação ao espraçamento, o gesso apresentou baixa fluidez, como pode ser observado na Figura 42, enquanto que o GCA apresentou alta fluidez com espraçamento de diâmetro médio de 180 mm, estando dentro do critério estabelecido na NBR 16765 (ABNT, 2019) (Figura 23).

Com relação aos tempos de pega, o GCA apresentou o tempo de início e de fim de pega de 1h46min e 2h43min, respectivamente. Com isso, foi verificado que o aditivo superplastificante tornou a massa mais fluida e retardou o tempo de pega.

Tabela 6 - Resultados dos ensaios de caracterização da pasta

Ensaio		Gesso	GCA	Norma
Consistência	Relação a/g	0,45	0,45	-
	Penetração	29 mm	31 mm	30 +/- 2 mm
	Vicat Modificado			
Espraçamento		154 mm	180 mm	180 a 260 mm
Tempo de Pega	Início da pega	18 min	01h46min	-
	Fim de pega	39 min	2h43min	-

Fonte: Autora (2022)

Figura 42 - Ensaio de espraimento realizado com o gesso

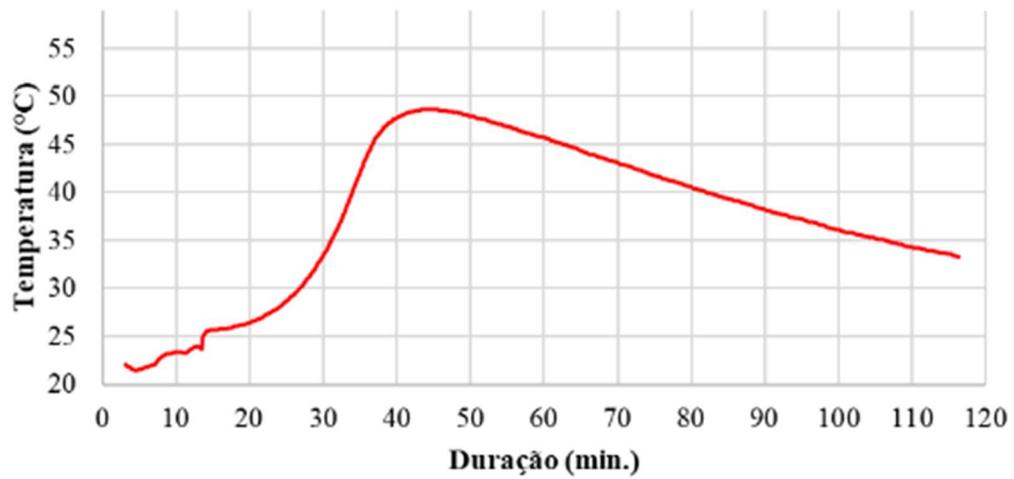


Fonte: Autora (2022)

Em relação ao ensaio de calor de hidratação, os gráficos mostram a liberação de energia das pastas de gesso e GCA a partir do contato com a água até seu endurecimento. Os resultados obtidos para o gesso e o GCA estão apresentados nos gráficos das Figuras 43 e 44.

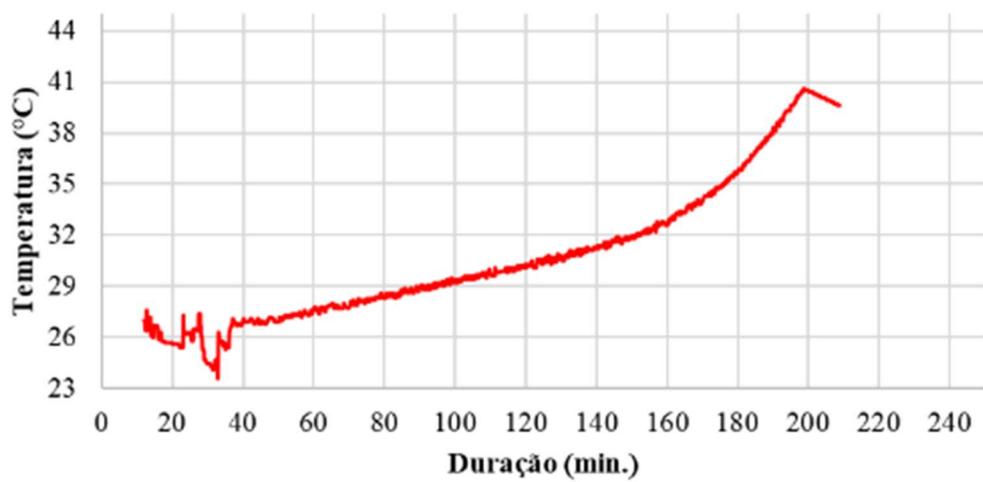
Como pode ser observado, o início da pega do gesso foi de 7,37 min, enquanto que o do GCA, de 33,03min. Já o fim de pega para o gesso foi de 66,03 min, enquanto que para o GCA, 198,78min. Os ANEXOS C e E apresentam os resultados obtidos. As Figuras 45 e 46 mostram as taxas de elevação de temperatura para o gesso e o GCA, respectivamente.

Figura 43 - Calor de hidratação do gesso



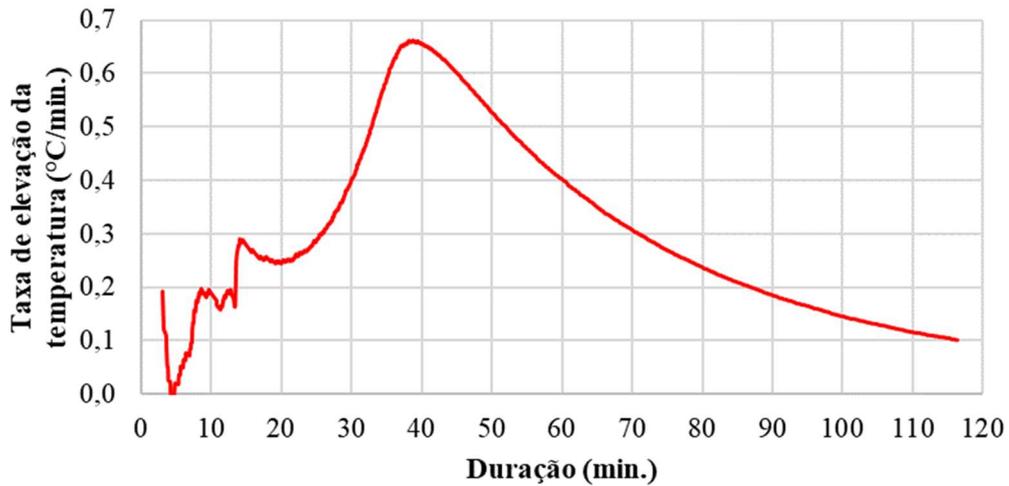
Fonte: Autora (2022)

Figura 44 - Calor de hidratação do GCA



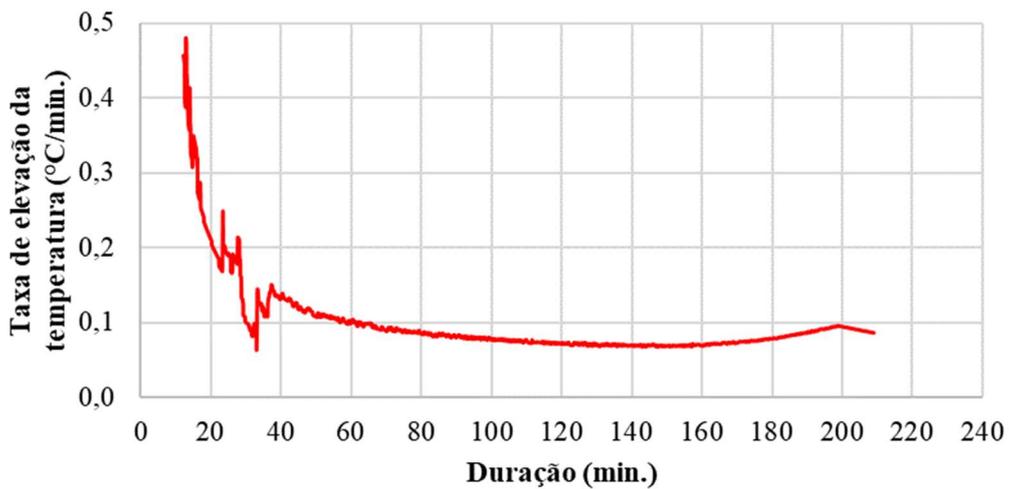
Fonte: Autora (2022)

Figura 45 - Taxa de elevação da temperatura do gesso



Fonte: Autora (2022)

Figura 46 - Taxa de elevação da temperatura do GCA



Fonte: Autora (2022)

4.1.2 Propriedades Mecânicas

Para a realização dos ensaios mecânicos foram moldados seis corpos de prova para o gesso e seis para o GCA. Com isso, realizou-se primeiramente o ensaio de dureza. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 7. Como pode ser observado, todos os resultados estão dentro do critério estabelecido pela NBR 16765 (ABNT, 2019).

Tabela 7 - Resultados do ensaio de dureza para o gesso e o GCA

Corpo de prova		Dureza (N/mm ²)			Média
		Base	Lado A	Lado B	
GESSO	GB01	99	100	100	100
	GB02	100	100	100	100
	GB03	99	99	100	99
	GB04	99	100	97	99
	GB05	99	99	99	99
	GB06	99	99	99	99
GCA	GCA01	98	98	99	98
	GCA02	98	98	99	98
	GCA03	98	100	98	99
	GCA04	93	98	95	95
	GCA05	99	97	99	98
	GCA06	99	99	99	99

Fonte: Autora (2022)

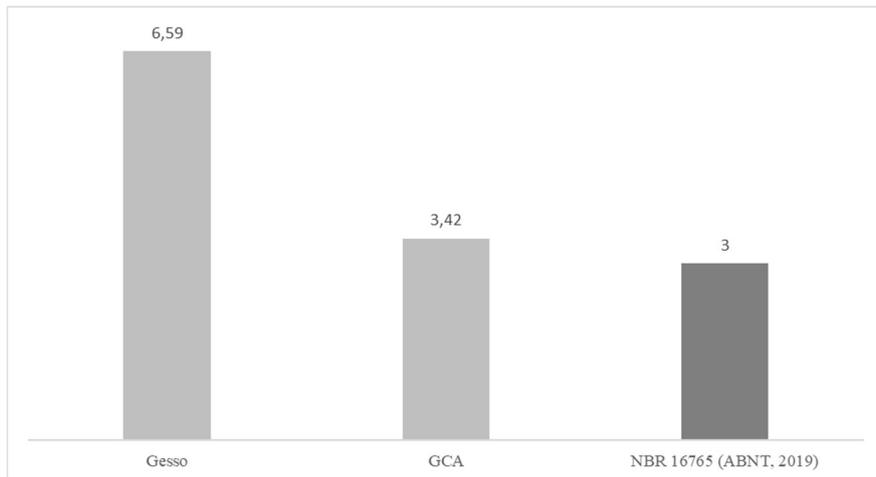
Após o ensaio de dureza, foi realizado o ensaio de resistência à tração na flexão, cujos resultados estão apresentados na Tabela 8. Como pode ser observado, o GCA obteve resultados inferiores ao do gesso, no entanto, atendem ao critério estabelecido pela NBR 16765 (ABNT, 2019). O gráfico da Figura 47 mostra os resultados médios obtidos. Os ANEXOS F e G apresentam os resultados obtidos.

Tabela 8 - Resultados do ensaio de resistência à tração

Corpo de prova		Resistência à tração na flexão (MPa)	Média	NBR 16765 (ABNT, 2019)
GESSO	GB01	7,68	6,59	> 3 MPa
	GB02	5,78		
	GB03	6,16		
	GB04	7,25		
	GB05	6,45		
	GB06	6,23		
GCA	GCA01	3,53	3,42	
	GCA02	3,75		
	GCA03	3,65		
	GCA04	3,26		
	GCA05	3,19		
	GCA06	3,17		

Fonte: Autora (2022)

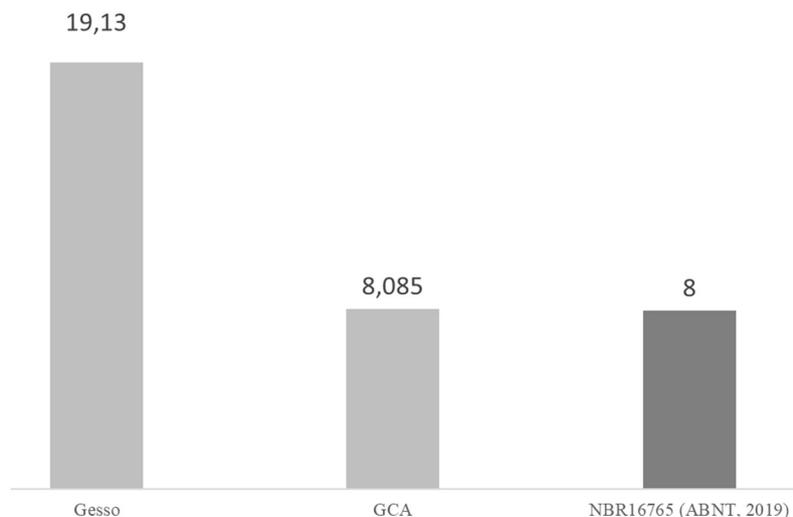
Figura 47 - Resistência à tração (MPa) para o gesso e o GCA



Fonte: Autora (2022)

Após o rompimento dos corpos de prova no ensaio de resistência à tração, foi realizado o ensaio de resistência à compressão com as duas partes de cada corpo de prova rompido, totalizando 12 amostras para o gesso e 12 para o GCA. Os resultados estão apresentados na Tabela 9. O gráfico da Figura 48 mostra o resultado médio comparando o gesso, o GCA e o estabelecido na NBR 16765 (ABNT, 2019). Como pode ser observado, o GCA apresentou resistência menor, mas encontra-se dentro do estabelecido na NBR 16765 (ABNT, 2019). Os ANEXOS H e I mostram os resultados obtidos.

Figura 48 - Gráfico ensaio de compressão para o gesso e o GCA



Fonte: Autora (2021)

Tabela 9 - Resultados do ensaio de resistência à compressão para o gesso e o GCA

Corpo de prova		Compressão	Média	NBR 16765 (ABNT, 2019)
GESSO	GB01	17,10	19,13	> 8
	GB02	20,09		
	GB03	23,02		
	GB04	21,24		
	GB05	21,47		
	GB06	17,64		
	GB07	18,74		
	GB08	20,07		
	GB09	17,13		
	GB10	17,64		
	GB11	17,24		
	GB12	18,14		
GCA	GCA01	10,78	8,08	
	GCA02	11,55		
	GCA03	6,41		
	GCA04	6,10		
	GCA05	8,24		
	GCA06	10,41		
	GCA07	10,34		
	GCA08	8,94		
	GCA09	6,93		
	GCA10	3,72		
	GCA11	5,86		
	GCA12	7,75		

Fonte: Autora (2022)

4.1.3 Comparação de resultados

A Tabela 10 apresenta a comparação dos resultados entre os trabalhos de Silva (2020), este trabalho e o estabelecido em norma. Os resultados obtidos para o GCA atendem o estabelecido na NBR 16765 (ABNT, 2019). Silva (2020) analisou várias formulações, mas a escolhida para comparação foi a F39, que apresentou os melhores resultados.

Tabela 10 - Comparativo de resultados

Propriedades		Autor				NBR 16765 (ABNT, 2019)	
		Silva (2020)		Trabalho Atual			
		gesso	F39	gesso	GCA		
Estado Fresco	Relação água/materiais secos	0,45	0,475	0,45	0,45	-	
	Tempo de pega	Início	11min	1h 17min	18min	1h 46min	-
		Fim	18min	1h 33min	39min	2h 43min	-
	Espraiamento (mm)	40	134	154	180	180 a 260	
Estado endurecido	Dureza (N/mm ²)	62,8	29,2	99	98	> 80	
	Resistência à tração (MPa)	7,6	3	6,59	3,42	> 3	
	Resistência à compressão (MPa)	20,7	8	19,13	8,08	> 8	

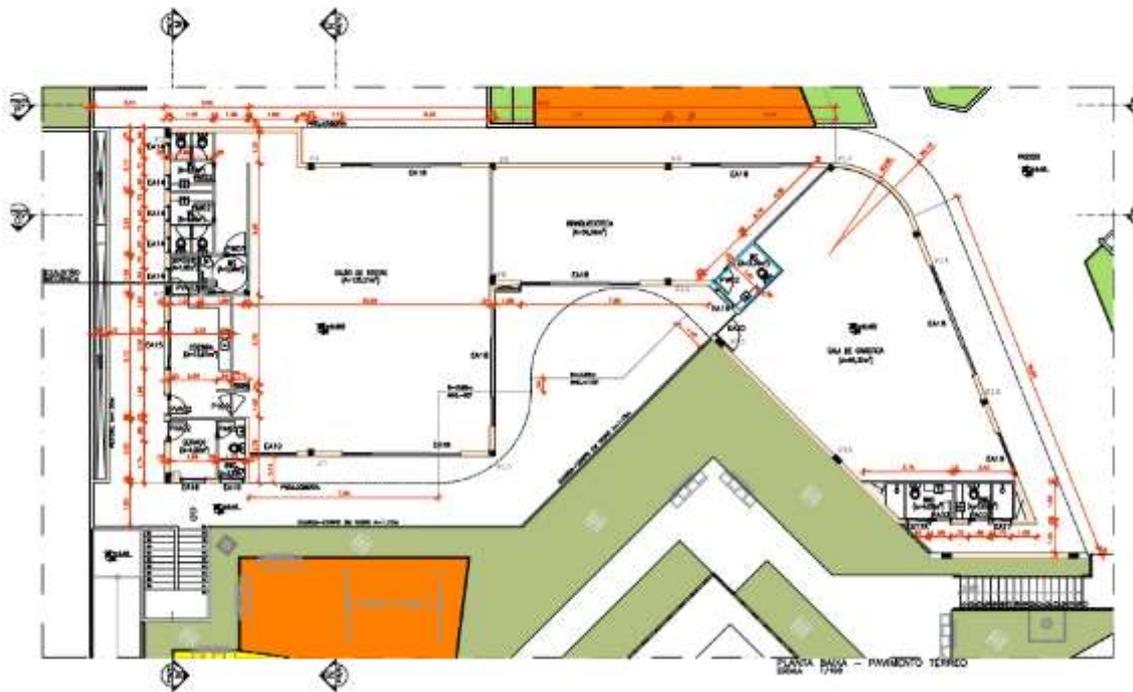
Fonte: Autora (2022)

4.2. COMPARATIVO DA EXECUÇÃO DE CONTRAPISOS

4.2.1. Contrapiso convencional

O contrapiso convencional de argamassa analisado foi referente ao salão de festas do clube do condomínio Acqua Marine, na Reserva do Paiva, cuja área é de 135,21 m² (Figura 49). A mão de obra utilizada foi de um pedreiro e dois ajudantes. Os materiais utilizados foram: 50 sacos de cimento de 50kg cada, e 300 sacos de areia média, de 30kgcada. O tempo de execução do serviço foi de 10 dias, com jornada de 8horas diárias. Com isso, a produção calculada foi de 13,52 m²/dia. O ANEXOJ mostra o checklist utilizado para o acompanhamento da obra.

Figura 49 - Projeto do clube do condomínio



Fonte: fornecido pela construtora

Em relação ao processo executivo, as etapas foram:

- 1 – Limpeza da superfície: a superfície foi limpa para se aplicar o contrapiso. Foi adicionado o adesivo de alto desempenho para argamassas e contrapisos, a fim de aumentar a aderência da superfície com a massa do contrapiso (Figura 50);
- 2 – Colocação de taliscas: as taliscas foram colocadas para garantir o nível do contrapiso (Figura 51);
- 3 – Preparação do traço da argamassa: a argamassa do contrapiso é mais seca, semelhante a uma farofa, polvilhada, cujo traço mais comum utilizado é 1:3 (cimento:areia). Geralmente é misturada manualmente, mas nessa obra foi utilizado misturador, a fim de garantir boa homogeneização e aumento de produtividade (Figura 52);
- 4 – Nivelamento do piso: foi aplicado o primeiro traço de argamassa entre as taliscas, formando faixas de contrapiso que são chamadas de mestras (Figura 53);

5 – Compactação da argamassa: depois de mestrar o contrapiso, foi realizada a compactação da argamassa para garantir seu nivelamento com as taliscas. Foi utilizado um soquete de madeira no adensamento (Figura 54);

6 – Acabamento: foi realizado com o auxílio de uma régua de alumínio para sarrafear o contrapiso entre as taliscas e mestras. Logo em seguida foi aplicada a desempenadeira para garantir que a superfície fique lisa e nivelada. (Figura 55);

7 – Cura.

Figura 50 - Adesivo de alto desempenho para argamassas e contrapisos



Fonte: Autora (2022)

Figura 51 - Taliscas



Fonte: Autora (2022)

Figura52 - Mistura da argamassa. A – Manual; B – Misturador



Fonte: Autora (2022)

Figura 53 - Mestras



Fonte: Autora (2022)

Figura 54 - Compactação da argamassa



Fonte: Autora (2022)

Figura 55 - Acabamento do contrapiso convencional de argamassa



Fonte: Autora (2022)

4.2.2. Contrapiso autonivelante de argamassa (SLM)

Para acompanhamento na execução de um contrapiso autonivelante de argamassa, foi verificada a execução de um contrapiso realizado em uma loja do Shopping Patteo, em Olinda, cuja área foi de 500m² (Figura 56). A mão de obra utilizada foi de um pedreiro e um ajudante. Os materiais utilizados foram: 175 sacos de cimento de 50 kg cada, e 1.060 sacos de areia média, de 30 kg cada. O tempo de execução do serviço foi de 12 dias, com jornada de 8 horas diárias. Com isso, a produção calculada foi de 41,67 m²/dia. O ANEXO K mostra o checklist utilizado para o acompanhamento da obra.

Figura 56 - Contrapiso autonivelante de argamassa, em uma loja do shopping Patteo, de Olinda



Fonte: Fornecido pela construtora (2022)

O SLM possuiu a seguinte sequência de execução:

- 1 – Limpeza da superfície: a superfície foi limpa antes de aplicar o contrapiso, da mesma forma que o convencional;
- 2 – Delimitação das áreas de aplicação: foi utilizada junta perimetral nos contornos internos de contato com o contrapiso;
- 3 – Definição dos níveis do contrapiso: foram colocadas niveletas;

4 – Preparação da argamassa: com auxílio de um misturador mecânico, deve-se misturar o produto em uma proporção de X de água para Y de argamassa, indicada pelo fabricante do contrapiso autonivelante, garantindo que a massa esteja homogênea, sem grumos. Com a utilização de máquina de projeção, a relação água/contrapiso é controlada através do rotâmetro da máquina de projeção, devendo ser utilizada a proporção indicada pelo fabricante;

5 – Aplicação: utilização de bomba de lançamento até o nível determinado utilizando o esquema de aplicação em zigue zague;

6– Adensamento e acabamento: deve-se utilizar um rodo de borracha ou um rolo quebra-bolhas com o objetivo de eliminar o ar aprisionado e facilitar a dispersão dos agregados miúdos existente na pasta, garantindo o perfeito nivelamento da superfície;

7 – Cura: após 24h, molhar toda a área com um centímetro de lâmina d'água, minimizando as fissuras provocadas pela perda excessiva de água durante o processo de pega da argamassa. A cura deve ser mantida por três dias.

4.2.3. Contrapiso autonivelante de gesso

A execução do contrapiso autonivelante de gesso foi realizada em uma sala com 5,88 m², em uma residência no bairro de Jardim São Paulo, em Recife, Pernambuco. A mão de obra utilizada foi de um pedreiro e um ajudante. Os materiais utilizados foram: 4 sacos de gesso lento de 40kg cada, e 2,5kg de aditivo superplastificante. O tempo de execução do serviço foi de 3h. Com isso, a produção calculada foi de 47,04 m²/dia. O ANEXO L mostra o checklist utilizado para o acompanhamento da obra.

O processo executivo foi definido utilizando como referência a NBR 16765 (ABNT, 2019), cujas etapas são:

1 - Limpeza da superfície: a superfície deve estar completamente limpa para se aplicar o contrapiso, da mesma forma que o convencional e o autonivelante de argamassa (Figura 57);

Figura 57 - Área escolhida para a execução do contrapiso



Fonte: Autora (2022)

2 - Delimitação das áreas de aplicação: semelhante ao contrapiso autonivelante de argamassa, devem-se utilizar rodapés de espuma de polietileno com 5 mm de espessura nos cantos das paredes, servindo de junta de dilatação para permitir a movimentação dos elementos estruturais. É necessária a delimitação e estaqueamento do local onde será aplicado o contrapiso autonivelante de gesso, uma vez que, por se comportar como fluido, a falta dessa providência implicará em perda de produto. Como não foi encontrada a espuma de polietileno no mercado local, foi utilizada uma fita de isolamento acústico, autoadesiva, com manta de polietileno revestindo-a, como mostra as Figuras 58, 59 e 60. A área foi isolada, conforme mostra a Figura 61, e em seguida foi aplicada a fita em sua extensão (Figura 62).

Figura 58 - Fita de isolamento acústico



Fonte: Autora (2022)

Figura 59 - Manta de polietileno



Fonte: Autora (2022)

Figura 60 - Fita confeccionada para colocação na periferia do contrapiso



Fonte: Autora (2022)

Figura 61 - Isolamento da área para evitar escoamento do GCA



Fonte: Autora (2022)

Figura 62 - Colocação da fita na extensão do local



Fonte: Autora (2022)

3 – Definição dos níveis do contrapiso: a espessura da camada do contrapiso precisa ser estabelecida de acordo com o desnível existente, devendo ser no mínimo de 2 cm. É recomendada a utilização de um nível a laser, ferramenta que garanta maior precisão na marcação dos pontos de nível, onde deverão ser fixadas niveletas (Figura 63). Como as niveletas não foram encontradas no mercado local, a definição da espessura se deu por marcação na fita;

Figura 63 - Definição dos níveis do contrapiso utilizando a niveleta



Fonte: NBR 16765 (ABNT, 2019)

4 – Preparação da pasta: semelhante ao descrito na preparação da massa do contrapiso autonivelante de argamassa. Para esse estudo de caso, o gesso, a água e o aditivo foram pesados e misturados, utilizando-se misturador acoplado em uma parafusadeira (Figuras 64, 65 e 66);

Figura 64 - Pesagem do gesso



Fonte: Autora (2022)

Figura 65 - Colocação do gesso no recipiente com água e aditivo



Fonte: Autora (2022)

Figura 66 - Mistura da água, gesso e aditivo utilizando misturador acoplado a uma parafusadeira



Fonte: Autora (2022)

5 – Aplicação: Deve-se espalhar o contrapiso autonivelante de gesso em forma de zigue-zague no ambiente previamente preparado, da mesma forma que o contrapiso autonivelante de argamassa. Para esse estudo de caso, o lançamento foi manual (Figura 67);

Figura 67 - Espalhamento do GCA



Fonte: Autora (2022)

6 - Adensamento e acabamento: espalhar a mistura com auxílio de um rodo (Figura 68);

Figura 68 - Adensamento e acabamento do GCA



Fonte: Autora (2022)

7 – Cura: Após 24 horas, o piso estará endurecido e assim, será possível retirar as demarcações e aplicar o revestimento (Figura 69).

Figura 69 - Contrapiso autonivelante de gesso finalizado



Fonte: Autora (2022)

Após 24 horas foi feito o revestimento do contrapiso com revestimento cerâmico em 3m² da área, utilizando gesso cola para sua fixação (Figura 70). No restante da área foi feita pintura utilizando tinta específica para piso (Figura 71). A Figura 72 mostra o piso com ambos os revestimentos finalizados.

Figura 70 - Aplicação do revestimento cerâmico



Fonte: Autora (2022)

Figura 71 - Pintura do piso



Fonte: Autora (2022)

Figura 72 - Piso com o revestimento total finalizado



Fonte: Autora (2022)

4.2.4. Comparativo

Comparando a produção dos pisos, foi evidenciada maior produção nos contrapisos autonivelantes, já que o método executivo é mais rápido e envolve menos mão de obra. A produção do contrapiso convencional de argamassa foi de 13,52 m²/dia,

sendo bem abaixo dos contrapisos autonivelantes estudados. Isso se deve ao processo ser artesanal, envolvendo mais mão de obra.

Para o custo, foi considerado o valor com mão de obra e material, sendo detalhado nos ANEXOS J, K e L. Para o cálculo da mão de obra, por ser uma área pequena, foi considerado o valor de diária de pedreiro e ajudante, ao invés de salário, como nos demais. Em relação ao material, foi considerado o valor de R\$ 22,00 o saco de gesso e R\$ 12,00 o quilo do aditivo, valor informado pelo fornecedor. Foram utilizados 160kg de gesso e 3kg de aditivo. O contrapiso foi feito em 3h, ou seja, 1,96 m²/h. Fazendo a conversão para dia, a produção sairia a 47,04 m²/dia. A Tabela 13 apresenta a comparação de produção e custo entre os contrapisos estudados.

Tabela 11 - Comparativo entre produção e custo

Contrapiso	Área	Tempo de Execução	Mão de Obra	Produção	Custo
Convencional de argamassa	135,21 m ²	10 dias	1 pedreiro 2 ajudantes	13,52 m ² /dia	R\$ 35,54/m ²
Autonivelante de argamassa	500 m ²	12 dias	1 pedreiro 1 ajudante	41,67 m ² /dia	R\$ 29,83/m ²
Autonivelante de gesso	5,88 m ²	3 h	1 pedreiro 1 ajudante	47,04 m ² /dia	R\$ 32,22/m ²

Fonte: Autora (2022)

4.3. DESEMPENHO DO SISTEMA DE PISO COM UTILIZAÇÃO DO GCA

Os ensaios de desempenho do sistema de piso com GCA foram realizados na sala da residência do bairro de Jardim São Paulo, local de acompanhamento do seu processo de execução.

4.3.1. Impacto de corpo mole

Como a NBR 15575-2 (ABNT, 2013) indica que para o ensaio do impacto de corpo mole defletômetros devem ser posicionados na laje do pavimento inferior ao pavimento estudado, a fim de medir o deslocamento vertical, e como este estudo foi

feito em uma casa onde não há pavimento inferior, não foi possível a realização deste ensaio.

4.3.2. Impacto de corpo duro

O ensaio de impacto de corpo duro foi realizado tanto no piso pintado, quanto no revestido com cerâmica. Para isso, cada piso foi dividido em cinco partes para o impacto com a esfera de 0,5kg e cinco partes para a de 1kg (Figura 73), registrando os eventuais danos ocorridos (Figura74).

Figura 73 - Marcação do piso pintado em cinco áreas



Fonte: Autora (2022)

Figura 74 - Dano gerado pela queda da esfera metálica (mossa)



Fonte: Autora (2022)

As condições de ensaio relativas às massas do corpo duro (m), alturas de queda (h) e energias de impacto (E) estão apresentadas na Tabela 12. Os critérios de desempenho, na Tabela 13.

Tabela 12 - Condições de ensaio

Impacto	M (kg)	H (m)	E (J)
Aplicar Impacto de corpo duro de grandes dimensões (esfera de aço) em cinco corpos de prova para cada energia	1	1,00	10
	1	2,00	20
	1	3,00	30
Aplicar Impacto de corpo duro de pequenas dimensões (esfera de aço) em cinco corpos de prova para cada energia	0,5	0,50	2,5
	0,5	0,75	3,75
	0,5	1,00	5,00

Fonte: NBR 15575-3 (ABNT,2013)

Tabela 13 - Critérios e níveis de desempenho recomendados para os resultados máximos, intermediário (I) e superior (S) para impacto de corpo duro em sistemas de pisos

Energia de impacto de corpo duro (J)	Critério de desempenho	Nível de desempenho
5	Não ocorrência de falhas Mossas com qualquer profundidade	M
30	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
5	Não ocorrência de falhas Profundidade de mocha: $p \leq 5$ mm	I
30	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
5	Não ocorrência de falhas Profundidade de mocha: $p \leq 2$ mm	S
30	Não ocorrência de ruína e traspassamento Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	

Fonte: NBR 15575-3 (ABNT, 2013)

As áreas delimitadas para a realização do ensaio foram intituladas de CP1, CP2, CP3, CP4 e CP5, sendo o lápis utilizado na cor preta, para a esfera de 0,5kg, e verde para a esfera de 1kg.

A Tabela 14 mostra os resultados obtidos para a área do contrapiso pintado e a Tabela 15 apresenta os níveis de desempenho encontrados. Como pode ser observado, todos os corpos de prova apresentaram desempenho superior. As Figura 75 e 76 mostram os resultados dos impactos. O formulário de resultados dos ensaios está apresentado no ANEXO M.

Tabela 14 - Resultados obtidos no contrapiso pintado

M (kg)	H (m)	E (J)	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
0,5	0,50	2,5	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa
	0,75	3,75	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa
	1,00	5,00	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa
1,00	1,00	10,00	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa
	2,00	20,00	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa
	3,00	30,00	Lascamento	Lascamento	Mossa	Mossa	Mossa

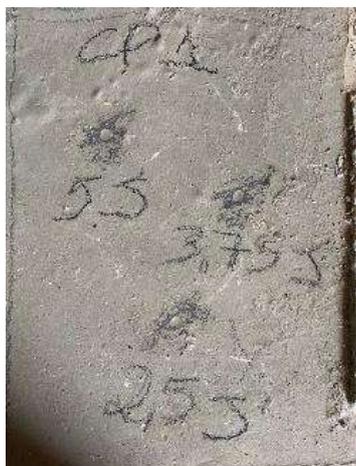
Fonte: Autora (2022)

Tabela 15 - Níveis de desempenho obtidos no contrapiso pintado

CP	Energia de impacto de corpo duro (J)	Critério de desempenho	Nível de desempenho
CP1	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
CP2	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
CP3	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
CP4	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
CP5	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	

Fonte: Autora (2022)

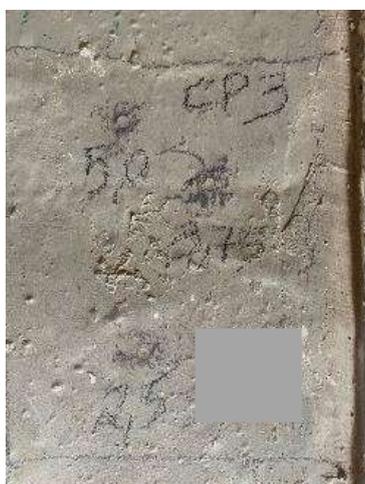
Figura 75 - Contrapiso pintado, submetido a queda da esfera de 0,5kg. (a) CP1, (b) CP2, (c) CP3, (d) CP4 e (e) CP5



(a)



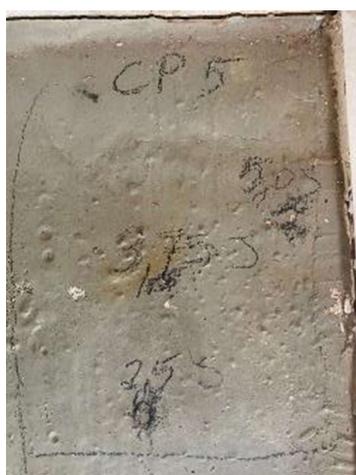
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Autora (2022)

Figura 76 - Contrapiso pintado, submetido a queda da esfera de 1kg. (a) CP1, (b) CP2, (c) CP3, (d) CP4 e (e) – CP5



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Autora (2022)

A Tabela 15 mostra os resultados obtidos para a área do contrapiso revestido com cerâmica e a Tabela 17 apresenta os níveis de desempenho encontrados. Como pode ser observado, todos os corpos de prova apresentaram desempenho superior. A Figura 77 mostra os resultados dos impactos.

Tabela 16 - Resultados obtidos no contrapiso revestido com cerâmica

M (kg)	H (m)	E (J)	CP1-A	CP2-A	CP3-A	CP4-A	CP5-A
0,5	0,50	2,5	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa
	0,75	3,75	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa
	1,00	5,00	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa	Mossa
1,00	1,00	10,00	Lascamento	Lascamento	Lascamento	Lascamento	Lascamento
	2,00	20,00	Lascamento	Lascamento	Lascamento	Lascamento	Lascamento
	3,00	30,00	Lascamento	Lascamento	Lascamento	Lascamento	Lascamento

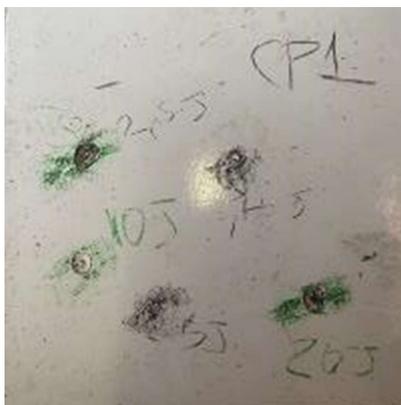
Fonte: Autora (2022)

Tabela 17 - Níveis de desempenho obtidos no contrapiso revestido com cerâmica

CP	Energia de impacto de corpo duro (J)	Critério de desempenho	Nível de desempenho
CP1	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
CP2	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
CP3	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
CP4	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	
CP5	5	Profundidade de moessa: $p \leq 2$ mm	S
	30	Permitidas falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações	

Fonte: Autora (2022)

Figura 77 - Contrapiso revestido com cerâmica, submetido a queda da esfera de 0,5kg (cor preta) e 1kg (cor verde). (a) CP1, (b) CP2, (c) CP3, (d) CP4 e (e) CP5



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Autora (2022)

Souza (2019) realizou um estudo referente a avaliação da resistência a impactos de corpo duro em sistemas de piso com revestimento cerâmico. Para isso, ele realizou protótipos de sistema de piso executado com argamassa no traço 1:6, e 1:0,25:6 em

volume. Seus resultados, para os impactos da esfera de 0,5 Kg mostrou que 53% dos impactos provocaram moissas sem a presença de fissuras. Já para o traço de 1:0,25:6, 40% dos impactos acarretaram no revestimento cerâmico moissa com fissuras radiais e/ou circulares, sendo, portanto, este dano o mais frequente nos protótipos com traço 1:0,25:6 e também a frequência igual do mesmo dano referente aos protótipos com o traço 1:6. Como pode ser observado, o dano de maior frequência encontrado neste trabalho foi a moissa, semelhante ao trabalho de Souza (2017).

4.3.3. Aderência à tração

Os resultados obtidos do ensaio de aderência à tração, após a ruptura dos corpos de prova, estão apresentados na Tabela 18, que apresenta as imagens de cada corpo de prova após a ruptura, a forma de ruptura, a carga de ruptura indicada pelo aderímetro, a tensão e a espessura do revestimento. A tensão é igual à carga de ruptura dividida pela área da pastilha, ou seja, 2.500 mm². O formulário do ensaio está apresentado no ANEXO N.A resistência média encontrada para o piso pintado foi de 0,012 MPa, enquanto para o piso revestido com cerâmica, de 0,0024 MPa.

Tabela 18 - Resultados obtidos após a ruptura dos corpos de prova (CP)

CP	Imagens	Forma de Ruptura	Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)	Espessura do revestimento (mm)
1		A	16	0,0064	0
2		B	18	0,0072	1

3			C	22	0,008 8	3
4			A	16	0,006 4	0
5			B	18	0,007 2	2
6			B	18	0,007 2	3
7			A	30	0,012	0
8			A	30	0,012	0
9			A	32	0,012	1

10			C	34	0,013	3
11			A	30	0,012	0
12			A	30	0,012	0

Fonte: Autora (2022)

Em relação ao piso pintado, dos seis corpos de prova, cinco apresentaram a mesma forma de ruptura, ou seja, ruptura na interface revestimento/substrato. Como pôde ser observado, nessa forma de ruptura não há danos no substrato.

Já para o piso com revestimento cerâmico, dos seis corpos de prova, dois apresentaram ruptura na interface revestimento/substrato, três apresentam ruptura da argamassa de revestimento, e um apresentou ruptura do substrato.

Comparando esse trabalho com o de Rubin (2015), observou-se que, a resistência média de aderência à tração da argamassa, encontrada pela autora foi de 1,88 MPa. Já no trabalho de Silva (2017), a resistência média de aderência à tração na argamassa de gesso no substrato foi de 0,38 MPa. Este trabalho foi foram encontrados os valores médios de 0,0072 MPa, para o piso revestido com cerâmica, e de 0,012 MPa, para o piso pintado. Isso mostra que o contrapiso autonivelante de argamassa cimentícia possui aderência à tração maior que o contrapiso autonivelante de gesso.

A variação de resultados no piso revestido com cerâmica se deve ao tipo de argamassa utilizada para aplicação do revestimento, assim como a forma de aplicação. O material empregado foi o gesso cola, material que costuma ser utilizado para outros tipos de serviço. Com isso, vê-se a necessidade de um estudo mais aprofundado em

relação ao revestimento cerâmico em piso autonivelante de gesso assentado com o gesso cola.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. CONCLUSÕES

Este trabalho tomou como base o trabalho de Silva (2020), que estudou dosagens de aditivos para compor o contrapiso autonivelante de gesso. A formulação escolhida para continuar seu estudo foi a F39, cuja relação a/g encontrada foi 0,475, com 2% de aditivo superplastificante.

Ao realizar o ensaio de consistência o resultado obtido foi a relação a/g de 0,450, tanto para o gesso quanto para o GCA. Em relação ao aditivo superplastificante, foi utilizado o percentual de 2% de aditivo em relação à massa de gesso.

Foram realizados ensaios de tempo de pega e calor de hidratação que constatarem o aumento da fluidez da pasta, assim como o retardamento do tempo de início e fim de pega para o GCA, comparando-o ao gesso.

O ensaio de espraçamento, para o GCA, também mostrou resultados coerentes ao estabelecido em norma, já que a pasta espraçou 180 mm, mesma medida indicada em norma.

Os ensaios mecânicos, de resistência à compressão e resistência à tração, mostraram que os resultados obtidos estão dentro dos critérios definidos pela NBR 16765 (ABNT, 2019), evidenciando resistência adequada. O GCA apresentou resistências mais baixas que o gesso, mas enquadra-se no estabelecido em norma.

Em relação aos processos executivos dos tipos de contrapiso, foi verificado que a produção e tempo de execução para os contrapisos autonivelantes possuem vantagem em relação ao contrapiso convencional de argamassa, já que o material é auto adensável, propiciando melhor acabamento, além de apresentar menos profissionais envolvidos no processo. Para produção, os resultados encontrados para o contrapiso convencional, autonivelante de argamassa e autonivelante de gesso foram de 13,5 m²/dia, 41,67 m²/dia e 47,04 m²/dia, respectivamente. Já o custo, foi de R\$ 36,54/m², R\$ 29,83/m² e R\$ 32,22/m², respectivamente.

No que diz respeito ao desempenho, não foi possível realizar o ensaio de impacto de corpo mole, já que o contrapiso foi feito no primeiro pavimento de uma residência e para a realização do ensaio é preciso medir a deformação no pavimento inferior ao aplicado. No entanto, o ensaio de impacto de corpo duro foi realizado e os resultados encontrados atenderam ao especificado na NBR 15575-3 (ABNT, 2013).

Já o ensaio de aderência à tração, para o contrapiso pintado, os resultados encontrados atenderam ao especificado na NBR 13528 (ABNT, 1995). Com relação ao piso revestido com cerâmica, os resultados encontrados apresentaram grande variação, no entanto, em apenas um dos corpos de prova houve danos no contrapiso.

Com isso, foi constatado que o contrapiso realizado apresenta condições para ser executado em áreas internas secas.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Análise de desempenho de contrapiso autonivelante de gesso com agregado incorporado;
- Contrapiso autonivelante de resíduo de gesso: fatores determinantes de suas propriedades;
- Análise de desempenho de contrapiso autonivelante utilizando resíduos de gesso;
- Análise de possíveis patologias em contrapiso autonivelante de gesso e como tratá-las;
- Análise da aderência entre substrato e contrapiso autonivelante de gesso, utilizando gesso cola como argamassa de revestimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12127**. Gesso para Construção Civil – Determinação das propriedades físicas do pó. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12128**. Gesso para Construção Civil – Determinação das propriedades físicas da pasta de gesso. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12129**. Gesso para Construção Civil – Determinação das propriedades mecânicas. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12130**. Gesso para construção – Determinação da água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidrido sulfúrico. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528**. Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas — Determinação da resistência de aderência à tração. 2ª edição. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. 4ª edição. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. 4ª edição. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. 4ª edição. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16765**. Contrapiso Autonivelante de Gesso – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2019.

ALONSO, M. **Comportamiento y compatibilidad de cementos y aditivos superplastificantes basados en polycarboxilatos. Efecto de la naturaleza de los cemento y estructura de los aditivo**. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, España. 2013.

ALVES, E. J de L. **Processo de execução do contrapiso industrial autonivelante de gesso com aditivo superplastificante**. 46 f. Projeto final de curso (Graduação) – Escola Politécnica de Pernambuco, Engenharia Civil, Recife – PE, 2021.

BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso obtido do pólo do Araripe. **Cerâmica**, v. 60, n. 356, Juazeiro - BA, 2014.

BARDELLA, P. S. **Análise das Propriedades de Pastas de Gesso de Construção Reciclado**. 2011. 235 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2011

BARROS, M. M. S. B. de; SABATINI, F. H. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/44. Tecnologia de Produção de Contrapisos para Edifícios Habitacionais e Comerciais. São Paulo. 1991.

CECEL, R.T., ABRÃO, P. C. R. A., CARDOSO, F.A., JOHN, V. M. Consumption of superplasticizer admixture for different cements and their binder efficiency. **Ibracon Structures and Materials Journal**, São Paulo, v. 12, p. 1260-1287, dez. 2019.

CICHINELLI, G. Execução de contrapiso autonivelante industrial. **Téchne**, São Paulo, v. 192, p.69-72, mar. 2013. Mensal.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. DNPM. **Sumário Mineral 2014**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/sumarios/gipsita-sumario-mineral-2014/view>>. Acesso em: 03 nov. 2019.

EGLE, T. **Téchne**. Ed 164 [Online] // PINI – Novembro de 2010. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenhariacivil/164/contrapiso-autonivelante-com-prazo-de-execucao-reduzido-e-custos-191782-1.asp>.

EIRES, R; CAMÕES, A; JALALI, S. New Eco-Friendly Gypsum Materials for Civil Construction. **Materials Science Forum**, Vols. 587-588, pp 908-912. Switzerland. 2008.

FERRARI, L.; KAUFMANN, J.; WINNEFELD, F.; PLANK, J. Interaction of cement model systems with superplasticizers investigated by atomic force microscopy, zeta potential, and adsorption measurements. **Journal of Colloid Interface Science**, v.347, p. 15-24, 2010.

GARG, M.; PUNDIR, A.; SINGH, R. Modifications in water resistance and engineering properties of b-calcium sulphate hemihydrate plaster-superplasticizer blends, **Materials and Structure**, Vol.49(8), p.3253(11), Índia, 2016.

GESSO PADRÃO. Disponível em: <https://www.gessopadrao.com.br/>. Acesso em 23 de maio de 2021.

HASSANEIN, A., SHALABY, E., AMER, O., AHMED, R., ORBAN, S., FATHY, A., GHARIED, Y. A., ABOUZEID, M. N., FAHMY, E. H. Self Leveling Mortar: Why and How? **Resilient Infrastructure**, Cairo, Egypt, 2016.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO – IPA, SIMPÓSIO PÓLO GESSEIRO DO ARARIPE, Potencialidades, Problemas e Soluções. Relatório do evento, 2014, Recife. <
<http://www.ipa.br/publicacoes/Relat%C3%B3rio%20apresenta%C3%A7%C3%B5es.pdf>
>. Acesso em: 22.02.2021.

LEOPOLDO, J. V. C. **Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade.** 2015. 90f. Trabalho de conclusão de curso (Dissertação) – Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.. **Concreto: Microestrutura, Propriedade e Materiais.** 2. ed. [s. L.]: Nicole Pagan Hasparyk, 2014.

MENDES, G. A. **Dosagem de argamassa autonivelante com adição de resíduos do corte de mármore e graníticos (RCMG): análise das propriedades físicas e mecânicas.** 2019. 128f. Trabalho de conclusão de curso (Dissertação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Santa Catarina, 2019.

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

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

ROJAS, J. W. M. **Influencia del aditivo superplastificante em el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, em la ciudad de Huancayo.** 2014, 282 p. Dissertação (Mestrado para Engenharia Civil) Universidad Nacional del Centro del Perú – Facultad de Ingeniería Civil. Peru.

ROSSETTO, J. R. M.; CORREIA, L. S.; GERALDO, R. H.; CAMARINI, G. Gypsum plaster waste recycling: analysis of calcination time. **Key Engineering Materials**, V. 668, p. 312-321. Switzerland, 2016.

RUBIN, A. P. **Argamassas Autonivelantes Industrializadas para Contrapiso: Análise do Desempenho Físico-Mecânico Frente às Argamassas Dosadas em Obra**. 2015. 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2015.

SANTANA, D. M. de F., **Estudo de Obtenção de Água do Processo de Desidratação da Gipsita na Produção do Gesso**. 2008. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, PE, 2008.

SCHAEFER, C. O; CHERIF, M; ROCHA, J. C. Production of Synthetic Phosphoanhydrite and Its Use as a Binder in Self-Leveling Underlayments (SLU). **Materials**, Florianópolis, SC, 2017.

SILVA, A. M. G. da. **Projeção de Argamassa de Gesso: Procedimento e Análise Reológica**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, D. B. P. **Contrapiso Autonivelante de Gesso: Fatores Determinantes de Suas Propriedades**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2020.

SILVA, D. B. P. da; PONTES, I. de O. C.; RODRIGUES, M. T. J.; LIMA, N. B. de; PÓVOAS, Y. V. Pasta autonivelante de gesso para utilização como camada de contrapiso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 311-329, abr./jun. 2021.

SOUZA, N. C. de. **Análise de desempenho do contrapiso autonivelante em relação ao sistema tradicional**. 2013. 118f. Programa de Pós Graduação em Construção Civil (Dissertação de Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2013.

SOUZA, S. V. S. de. **Avaliação da Resistência a Impactos de Corpo-duro em Sistemas de Piso com Revestimento Cerâmico de Acordo com os Critérios de Nível de Desempenho da ABNT 15575:2013**. 69 f. Projeto final de curso (Graduação) – Unidade Acadêmica de Engenharia Civil (UAEC) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Engenharia Civil, Recife – PE, 2019.

TAN, H.; DENG., X; GU, B.; MA, B.; LUO, S.; ZHI, Z.; GUO, Y.; ZOU, F. Effect of borax and sodium tripolyphosphate on fluidity of gypsum paste plasticized by polycarboxylate superplasticizer. **Construction and Building Materials**, Wuhan, China, 2018.

TAVARES, Y. V. P.; LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.; SCHMITZ, I. B. T. A., JONH, V. M. Reaproveitamento do resíduo de gesso na execução de revestimento interno de vedação vertical. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 103-119. 2010.

UNIVERSIDADE TRISUL. **Execução de contrapiso autonivelante**. Disponível em: <http://www.universidadetrisul.com.br/fases-de-obra/acabamentos/contrapiso-autonivelante> Acesso em: 06/04/2020

WANG, Q.; JIA, R. A novel gypsum-based self-leveling mortar produced by phosphorus building gypsum. **Construction and Building Materials**, Beijing, China, 2019.

ZHI, Z.; HUANG, J.; GUO, Y.; LU, S.; MA, B. Effect of Chemical Admixtures on Setting Time, Fluidity and Mechanical Properties of Phosphorus Gypsum Based Self-Leveling Mortar. **KSCE Journal of Civil Engineering**, Wuhan, China, 2017.

ANEXOS

Formulário para Execução de Ensaio

Responsável: MARIANA SANTOS DE SIQUEIRA BENTZEN

Orientadora: YÉDA VIEIRA PÓVOAS

MASSA UNITÁRIA (NBR 12127)

DATA: 16/11/2020

Amostra 01:	M1 = 726,38	Mu1 = 0,72638 g/cm ³
	V1 = 1000	
Amostra 02:	M2 = 724,12	Mu2 = 0,72412 g/cm ³
	V2 = 1000	

Diferença entre valores: 0,00226

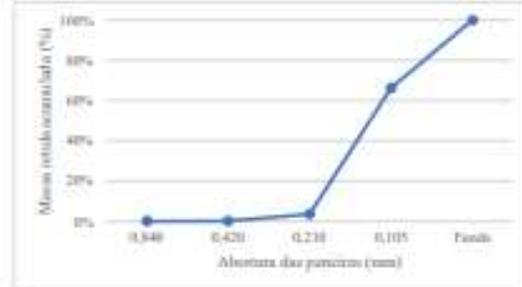
Mu = 0,72525 g/cm³

Projeto de Norma: entre 900 e 1.200 g/cm³

GRANULOMETRIA (NBR 12127)

DATA: 20/11/2020

Amostra: (mínimo de 300g)	Peneira	Peso Retido	Peso retido acumulado	
	0,840	0,09	0,04%	0,04%
	0,420	0,13	0,06%	0,11%
	0,210	7,26	3,47%	3,58%
	0,105	131,06	62,65%	66,23%
	Fundo	70,64	33,77%	100,00%
		209,18		



ÁGUA LIVRE (NBR 12130)

T: 40 +/- 4°C

DATA: 20/11/2020

Peso Inicial: 299,51 g	99,84% Atende ao requisito da NBR 13207 (> 90%)
M1: 297,11 g	Água livre = 0,8013
	Requisito: Máx 1,3

ÁGUA DE CRISTALIZAÇÃO (NBR 12130)

T: 230 +/- 10°C

DATA: 20/11/2020

Peso Inicial: 210 g	Água de cristalização: 6,2
M2: 196,91 g	Requisito: 4,2 a 6,2

Formulário para Execução de Ensaios

Responsável: MARIANA SANTOS DE SIQUEIRA BENTZEN

Orientadora: YÉDA VIEIRA PÓVOAS

Material: GESSO

CONSISTÊNCIA (NBR 12128)

Aparelho de Vicat Modificado

DATA: 02/02/2021

Parâmetro: penetração de 30 +/- 2 mm

Relação a/g Silva (2020):	450	
Relação a/g 01:	450	Penetração: <u>3</u>
OBS: consistência de farofa		
Relação a/g 02:	350	Penetração: <u>26</u>
consistência mais fluida, mas resultado fora da norma.		
OBS: Necessário maior massa		
Relação a/g 03:	400	Penetração: <u>9</u>
OBS: pasta não fluida. O Valor deve ser menor		
Relação a/g 04:	330	Penetração: <u>29</u>
OBS: Massa fluida, no limite da especificação		
Relação a/g 05:	340	Penetração: <u>24</u>
OBS:		
Relação a/g 06:	320	Penetração: <u>27</u>
OBS:		

TEMPO DE PEGA (NBR 12128)

DATA: 02/02/2021

Tempo de início de pega: 00:18

Tempo final de pega: 00:39

Hora Inicial (assim que entra em contato com a água): **14:55**
 Hora em que a agulha estaciona a 1mm da base: **15:13**
Final **15:34**

ESPRAIAMENTO

DATA: 19/04/2021

Medida 1: 165
 Medida 2: 145
 Medida 3: 152

Média: **154**

Norma: entre 180 e 260mm

Formulário para Execução de Ensaio

Responsável: MARIANA SANTOS DE SIQUEIRA BENTZEN

Orientadora: YÉDA VIEIRA PÓVOAS

Material: GCA

CONSISTÊNCIA (NBR 12128)

Aparelho de Vicat Modificado DATA: 19/04/2021

Parâmetro: penetração de 30 +/- 2 mm

Relação a/g Daniel:	450	Superplastificante:	2%
Relação a/g 01:	330	Penetração:	31
OBS: 2%			
Relação a/g 02:	_____	Penetração:	_____
OBS: _____			
Relação a/g 03:	_____	Penetração:	_____
OBS: _____			

TEMPO DE PEGA (NBR 12128)

DATA: 19/04/2021

Tempo de início de pega: 01:46 Tempo final de pega: 02:43

Hora Inicial (assim que entra em contato com a água): **13:18**

Hora em que a agulha estaciona a 1mm da base: **15:04**

Final **16:01**

ESPRAIAMENTO

DATA: 19/04/2021

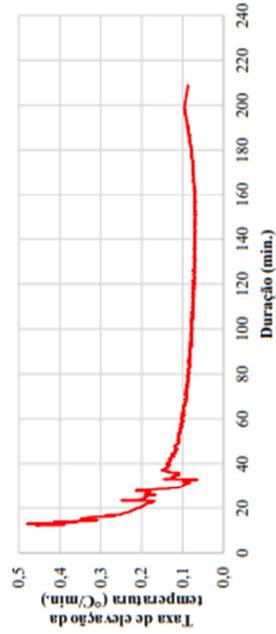
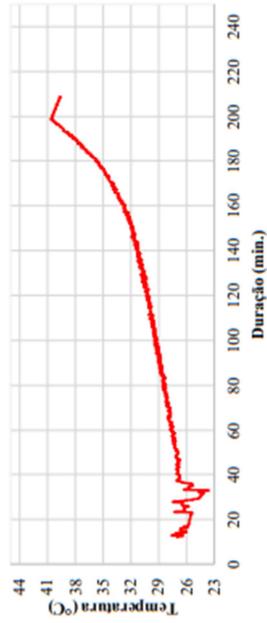
Medida 1: 180
Medida 2: 180
Medida 3: 180

Média: 180

Norma: entre 180 e 260mm

ENSAIO DE CALOR DE HIDRATAÇÃO DO GCA

Data: 19/04/2021



PASTA	PARÂMETRO	TEMPOS DE PEGA			ATIVIDADE CINÉTICA (°C/min.)
		INÍCIO	FIM	VARIÇÃO	
GCA	TEMPERATURA (°C)	24,80	40,60	15,80	0,10
	TEMPO (min.)	33,03	198,78	165,75	
24,80	15:03:02	16:33:10	00:08:10	33,03	0,11
40,60	17:48:47	17:09:50	00:44:50	198,78	0,698



Check List para Acompanhamento Executivo do Contrapiso

Obra: Condomínio Acqua Marine

Local: Reserva do Paiva, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco

Data de execução: 12/08/2020 Tipo de contrapiso: Convencional de Argamassa

Responsável pelo acompanhamento: Mariana Siqueira Área executada: 135,21 m²

DADOS

1. Equipe executiva

Função	Quantidade	Salário	Vale refeição	Vale transporte	Custo mensal
Pedreiro	1	R\$ 501,67	R\$ 153,30	R\$ 75,00	R\$ 729,97
Ajudante	2	R\$ 393,00	R\$ 100,00	R\$ 75,00	R\$ 961,00
					R\$ 1.690,97

2. Material utilizado

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor total
Cimento CP II (50kg)	50	R\$ 35,00	R\$ 1.750,00
Sacos de Areia Média (30kg)	300	R\$ 5,00	R\$ 1.500,00
			R\$ 3.250,00

Custo total: R\$ 4.940,97 - 135,21 m²
X - 1 m²
X = R\$ 36,54 /m²

3. Tempo de execução do serviço

10 dias de serviço, com jornada de 8h

4. Produção

P = Área produzida = 135,21 = 13,521 m² / dia
Tempo de Execução do serviço 10

Check List para Acompanhamento Executivo do Contrapiso

Obra: Loja do Shopping Patteco Olinda

Local: Casa Caiada, Pernambuco

Data de execução: 18/10/2021

Tipo de contrapiso: Autônivela de Argamassa

Responsável pelo acompanhamento: Mariana Siqueira

Área executada: 500 m²

DADOS

1. Equipe executiva

Função	Quantidade	Salário	Vale refeição	Vale transporte	Custo mensal
Pedreiro	1	R\$ 1.505,00	R\$ 306,60	R\$ 150,00	R\$ 1.961,60
Ajudante	1	R\$ 1.179,00	R\$ 200,00	R\$ 150,00	R\$ 1.529,00
					R\$ 3.490,60

2. Material utilizado

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor total
Cimento CPII (50kg)	175	R\$ 35,00	R\$ 6.125,00
Sacos de Areia Média (30kg)	1060	R\$ 5,00	R\$ 5.300,00
			R\$ 11.425,00

Custo total: R\$ 14.915,60 - 500 m²
 X - 1 m²
 x = R\$ 29,83 /m²

3. Tempo de execução do serviço

12 dias de serviço, com jornada de 8h

4. Produção

P = $\frac{\text{Área produzida}}{\text{Tempo de Execução do serviço}}$ = $\frac{500}{12}$ = 41,66667 m² / dia

Check List para Acompanhamento Executivo do Contrapiso

Obra: _____

Residência

Local: _____

Jardim São Paulo, Recife, Pernambuco

Data de execução: _____

11/11/2021

Tipo de contrapiso: _____

Autonivelante de Gesso

Responsável pelo acompanhamento: _____

Mariana Siqueira

Área executada: 5,88 m²

DADOS

1. Equipe executiva

Função	Quantidade	Salário	Vale refeição	Vale transporte	Custo mensal
Pedreiro	1	R\$ 1.505,00	R\$ 306,60	R\$ 150,00	R\$ 1.961,60
Ajudante	1	R\$ 1.179,00	R\$ 200,00	R\$ 150,00	R\$ 1.529,00

R\$ 3.490,60 1 mês = 20 dias = 160h

R\$ 21,82 1 h

R\$ 65,45 3h

R\$ 3.490,60 1 mês 20 dias

Custo total: R\$ 189,45 - 5,88 m²
 X - 1 m²
 x = R\$ 32,22 /m²

2. Material utilizado

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor total
Gesso (40kg)	4	R\$ 22,00	R\$ 88,00
Aditivo (kg)	3	R\$ 12,00	R\$ 36,00
			R\$ 124,00

3. Tempo de execução do serviço

3h de serviço

4. Produção

P = _____ Área produzida = 5,88 _____ = 47,04 m² / h
 Tempo de Execução do serviço 0,125

U UNIVERSIDAD DE PERU		UPU - Universidad de Peruchillo FAC - Facultad de Ciencias del Peruchillo PFC - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil MESTRADO ACADÊMICO				FEUC		
Instituto de Ensino - Instituto do Ceará - IEC								
Curso		Resistência						
Local		Linha Lda Paulo, Bndf, Pernambuco						
Data de coleta		20/04/2022			Tipo de amostra		Substrato de Cimento	
Forma de utilização		MISTURAS à 28 dias após fabricação - Desempenho Frente à Resistência para os diferentes tipos						
MISTURAS								
Imagem de comparação de grandes dimensões - M20 F20F200								
M (kg)	R (cm)	R (L)	CPL	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
100	8,5	8,0						
100	6,75	6,75						
100	4	9						
COMENTÁRIOS:			Mixos em todos os alturas de queda	Mixos em todos os alturas de queda	Mixos em todos os alturas de queda	Mixos em todos os alturas de queda	Mixos em todos os alturas de queda	Mixos em todos os alturas de queda
Imagem de comparação de grandes dimensões - M20 F20F200								
M (kg)	R (cm)	R (L)	CPL	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
0	4	14						
0	2	14						
0	0	14						
COMENTÁRIOS:			Mixos para as energias de 0 e de 20J. A terceira energia aplicada foi de 20J, porém a altura máxima de queda é de 2,0m. Para a energia de 20J, houve lacunamento na superfície impactada.	Mixos para as energias de 0 e de 20J. A terceira energia aplicada foi de 20J, porém a altura máxima de queda é de 2,0m. Para a energia de 20J, houve lacunamento na superfície impactada.	Mixos para as alturas de queda. A terceira energia aplicada foi de 20J, porém a altura máxima de queda é de 2,0m.	Mixos para as alturas de queda. A terceira energia aplicada foi de 20J, porém a altura máxima de queda é de 2,0m.	Mixos para as alturas de queda. A terceira energia aplicada foi de 20J, porém a altura máxima de queda é de 2,0m.	Mixos para as alturas de queda. A terceira energia aplicada foi de 20J, porém a altura máxima de queda é de 2,0m.
Imagem de comparação de grandes dimensões - M20 F20F200 COM FIBRAS (sem SENS)								
M (kg)	R (cm)	R (L)	CPL	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
100	8,5	8,0						
100	6,75	6,75						
100	4	9						
COMENTÁRIOS:			Mixos, no controle, em todos os alturas de queda.	Mixos, no controle, em todos os alturas de queda.	Mixos, no controle, em todos os alturas de queda.	Mixos, no controle, em todos os alturas de queda.	Mixos, no controle, em todos os alturas de queda.	Mixos, no controle, em todos os alturas de queda.
Imagem de comparação de grandes dimensões - M20 F20F200 COM FIBRAS (com SENS)								
M (kg)	R (cm)	R (L)	CPL	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
1	4	14						
1	0	14						
2	0	14						
COMENTÁRIOS:			Lacunamento de superfície em todos as energias aplicadas.	Lacunamento de superfície em todos as energias aplicadas.	Lacunamento de superfície em todos as energias aplicadas.	Lacunamento de superfície em todos as energias aplicadas.	Lacunamento de superfície em todos as energias aplicadas.	Lacunamento de superfície em todos as energias aplicadas.

Exatidão de Adesivos à Tensão

Classe: Residência

Local: Joãoão São Paulo, Recife, Pernambuco

Data de: 08/02/2022

Tipo de: Submissão de TCC

DADOS

Carga de prova	Carga (N)	Deslo. (mm)	Tensão (MPa)	Imagens		Forma de ruptura (N)					Esquema de desenvolvimento (mm)	
						M1	M2	M3	M4	M5		
1	26	2.000	0,0004			x						00
2	26	2.000	0,0072				x					00
3	21	2.000	0,0008					x				00
4	26	2.000	0,0004			x						00
5	26	2.000	0,0072				x					00
6	26	2.000	0,0072				x					00
7	30	2.000	0,012			x						00
8	30	2.000	0,012			x						00
9	32	2.000	0,0128			x						00

