



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

CRISTINA MARIA LOBATO BARBOSA

**ESTUDO DA FORMULAÇÃO DE TINTAS PARA O AMBIENTE AMAZÔNICO  
A PARTIR DA VARIAÇÃO DE CARGAS MINERAIS**

ANANINDEUA - PA

2025

CRISTINA MARIA LOBATO BARBOSA

**ESTUDO DA FORMULAÇÃO DE TINTAS PARA O AMBIENTE AMAZÔNICO  
A PARTIR DA VARIAÇÃO DE CARGAS MINERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Engenharia de Materiais no Curso de Engenharia de Materiais, do Campus Universitário de Ananindeua, da Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Alisson Clay Rios da Silva

Coorientador Eng. Msc: Mathaus Moraes Lucas

ANANINDEUA - PA

2025

CRISTINA MARIA LOBATO BARBOSA

## ESTUDO DA FORMULAÇÃO DE TINTAS PARA O AMBIENTE AMAZÔNICO A PARTIR DA VARIAÇÃO DE CARGAS MINERAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Engenharia de Materiais no Curso de Engenharia de Materiais, do Campus Universitário de Ananindeua, da Universidade Federal do Pará.


Orientador: Prof. Dr. Alisson Clay Rios da Silva

Coorientador Eng. Msc.: Mathaus Moraes Lucas

**DATA DE APROVAÇÃO: 24/10/2025**


**CONCEITO: EXCELENTE**

**BANCA EXAMINADORA:**

Documento assinado digitalmente  
 **ALISSON CLAY RIOS DA SILVA**  
Data: 03/11/2025 14:56:10-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Alisson Clay Rios da Silva  
Orientador (FEMat / UFPA)

Documento assinado digitalmente  
 **VERONICA SCARPINI CANDIDO**  
Data: 04/11/2025 13:23:19-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Veronica Scarpini Candido  
Examinador interno (FEMat / UFPA)

Documento assinado digitalmente  
 **MATHAUS MORAES LUCAS**  
Data: 04/11/2025 09:33:21-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Eng. Msc. Mathaus Moraes Lucas  
Examinador externo (Bravo Brasil)

## **AGRADECIMENTOS**

Com a conclusão deste ciclo, minha primeira gratidão é a Deus, por sua orientação e bênçãos em cada passo dessa jornada.

Agradeço profundamente aos meus pais, José Eduardo Barbosa e Claudia Lobato Barbosa, pelo apoio incondicional e incentivo constante em todas as etapas da minha jornada. Aos meus irmãos, que são minha base, meu alicerce e fonte contínua de inspiração, deixo minha gratidão e carinho. Em especial, ao meu irmão Luiz Eduardo, que me compreende como ninguém e cuja presença torna tudo mais leve e possível.

Ao meu namorado, Jobson Franco, por seu apoio constante, sua compreensão, cumplicidade e por todas as energias positivas que me acompanham para além do percurso acadêmico.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), por oferecer um ensino público de excelência e qualidade que moldou minha graduação.

Ao Prof. Dr. Alisson Rios, um orientador de excelência que, com sua inspiração e um olhar diferenciado para a pesquisa, guiou meus caminhos. Sua paixão pela Engenharia de Materiais sempre foi uma motivação.

Um agradecimento imenso, em especial, ao meu coorientador, Msc Mathaus Lucas, pela paciência e disponibilidade incondicionais. Sua valiosa parceria foi crucial para o meu desenvolvimento e aprendizado.

Meu agradecimento especial a todos os amigos da FEMat que me acompanharam até o fim deste ciclo. Especialmente a minha amiga Taiana Matos, por ser uma pessoa ímpar e pelo auxílio constante em minhas dificuldades, demonstrando sempre grande dedicação e vasto conhecimento.

Meu sincero agradecimento à Terapeuta Ocupacional Adeline Oliveira, da SAEST-CoAcess-UFPA, pela amizade, parceria, acolhimento e pelo fundamental apoio no desenvolvimento de diversas habilidades sociais e acadêmicas ao longo de dois anos como minha supervisora através da bolsa Probac.

Expresso meu sincero agradecimento a todos os professores do curso. Em particular, minha gratidão à Prof<sup>a</sup>. Dra. Verônica Scarpini, por aceitar o convite para compor esta banca e compartilhar a sua notável competência e sabedoria em um momento tão significativo

Meus agradecimentos se estendem aos responsáveis e estagiários do Laboratórios de Práticas Tecnológicas e ao Laboratório de Caracterização da UFPA - Campus Ananindeua, cuja estrutura e disponibilidade foram fundamentais para a execução deste trabalho.

Um reconhecimento especial à empresa Bravo Brasil, não só pela generosa disponibilização das matérias-primas e pelo apoio estrutural, mas também pela confiança crucial que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

## RESUMO

A investigação de novas formulações de tinta para revestimento de superfícies vai muito além da parte decorativa. Essas formulações são planejadas a fim de proteger contra agentes patológicos e de degradação, ofereça resistência aos intempéries climáticas e que atendam às necessidades do mercado, sem perder a viabilidade econômica. Os estudos dos componentes e características das matérias primas da tinta, juntamente com as patologias decorrentes da ação da umidade e fatores que influenciam na qualidade final da tinta, implicam no entendimento da formulação de tintas com melhor desempenho e aplicabilidade. Considerando que, no Brasil, há poucos produtos desenvolvidos com características seletivas para regiões específicas, este estudo investigou o desempenho de formulações de tinta através da variação de cargas minerais (Caulim, Carbonato de Cálcio Precipitado e Dolomita) para atender às necessidades da Região Norte. Para isso, empregou-se a metodologia de Lucas (2024), Castro (2009) e Hare (1974) para avaliar as propriedades e o desempenho de uma tinta standard fosca formulada com 39% de cargas minerais e 7% de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ). As análises incluíram: microscopia eletrônica de varredura para caracterização morfológica; ensaios de viscosidade, potencial hidrogeniônico (pH) e peso específico para as propriedades físico-químicas e ensaios de absorção de água por capilaridade e manchamento para avaliar os efeitos da umidade. Os resultados das análises físico-químicas demonstraram que as tintas apresentam comportamento alcalino, e metade das formulações cumpriu o padrão de viscosidade estabelecido (100 a 120 KU). Apenas a formulação com 39% de Caulim apresentou peso específico abaixo do valor de referência. No teste de absorção de água, a amostra binária de 19,5% de PCC e 19,5% de Dolomita exibiu a menor absorção de água por capilaridade. Outras formulações ternárias também apresentaram absorção próxima à da tinta de referência, e nenhuma amostra, incluindo as de referência, mostrou manchamento visível. Dentre as formulações a amostra binária com 19% de Caulim e 19% de Dolomita se destacou com a menor absorção, sendo indicada para ambientes imobiliários internos e externos, as amostras ternárias com 26% de PCC e com 13% Caulim, 13% PCC e 13% Dolomita são indicadas para diversas aplicações em áreas internas com pouca umidade.

Palavras-chave: tintas; cargas minerais; caracterização; formulações de tintas.

## ABSTRACT

The investigation of new paint formulations for surface coatings goes far beyond the decorative aspect. These formulations are designed to protect against pathological and degradation agents, provide resistance to weathering conditions, and meet market demands without compromising economic feasibility. The study of the components and characteristics of paint raw materials, along with the pathologies resulting from moisture action and the factors that influence the final quality of the paint, contributes to understanding paint formulations with improved performance and applicability. Considering that, in Brazil, few products are developed with selective characteristics for specific regions, this study investigated the performance of paint formulations by varying mineral fillers (Kaolin, Precipitated Calcium Carbonate, and Dolomite) to meet the needs of the Northern Region. For this purpose, the methodologies of Lucas (2024), Castro (2009), and Hare (1974) were employed to evaluate the properties and performance of a standard matte paint formulated with 39% mineral fillers and 7% titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>). The analyses included scanning electron microscopy for morphological characterization; viscosity, hydrogen potential (pH), and specific weight tests for physicochemical properties; and water absorption by capillarity and staining tests to assess the effects of moisture. The results of the physicochemical analyses showed that the paints exhibit alkaline behavior, and half of the formulations met the established viscosity standard (100 to 120 KU). Only the formulation with 39% Kaolin presented a specific weight below the reference value. In the water absorption test, the binary sample containing 19.5% PCC and 19.5% Dolomite showed the lowest capillary water absorption. Other ternary formulations also exhibited absorption values close to that of the reference paint, and none of the samples, including the reference ones, showed visible staining. Among the formulations, the binary sample with 19% Kaolin and 19% Dolomite stood out with the lowest absorption, being recommended for indoor and outdoor architectural environments. The ternary samples with 26% PCC and with 13% Kaolin, 13% PCC, and 13% Dolomite are suitable for various applications in indoor areas with low humidity.

Keywords: paints; mineral fillers; characterization; paint formulations.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição esquemática das tintas.....	19
Figura 2 - Estrutura cristalina do dióxido de titânio (a) Rutilo (b) e Anatásio. ....	23
Figura 3 - Microscopia eletrônica de uma amostra de caulim. ....	27
Figura 4 - Microscopia da carga PCC. ....	28
Figura 5 - Microscopia da carga Dolomita. ....	29
Figura 6 - Amostras de tinta aplicadas no substrato. ....	32
Figura 7 - infiltração em edificações: florescências e bolores. ....	32
Figura 8 - corpos de prova em exposição a Intempéries.....	33
Figura 9 - Processo de impermeabilização de fundações.....	33
Figura 10 - Fluxograma de execução do estudo. ....	34
Figura 11 - Matérias-primas utilizadas: a) Dolomita, b) Caulim, c) Carbonato de Cálcio Precipitado, d) pigmento, e) Aditivos, f) Resina Acrílica e g) Água Industrial.....	34
Figura 12 - Fluxograma das técnicas experimentais realizadas com as cargas e tintas.....	36
Figura 13 - a) MEV Tescan MIRA3 e b) Metalizador EMITECH K550.....	37
Figura 14- Materiais e equipamentos utilizados no teste de absorção em óleo: a) Balança Analítica, b) Espátula e placa de vidro e c) Óleo de linhaça.....	38
Figura 15 - Ensaio de absorção de óleo: a) Pesagem da Carga, b) Pesagem do óleo de linhaça e c) Gotejamento do óleo. ....	39
Figura 16 - Materiais e equipamentos utilizados para determinação de pH nas cargas: a) Erlenmeyer, b) Chapa Aquecedora, c) Termômetro e d ) pHmetro. ....	39
Figura 17- Ensaio de pH em cargas minerais: a) Pesagem dos materiais, b) Aquecimento e c) Aferição do pH. ....	40
Figura 18 - Pontos experimentais do planejamento centróide simplex. ....	41
Figura 19 - Materiais e equipamentos utilizados para a fabricação das tintas: a) balança de precisão no modelo Bel S3102 b) Furadeira de bancada e c) Disco dispersor do tipo cowles.....	43
Figura 20 - Materiais e equipamentos utilizados para a realização da viscosidade: a) Viscosímetro e b) Becker de 250 ml. ....	44

Figura 21- picnômetro de 100 ml da TKB. ....	45
Figura 22 - Materiais para o teste absorção de água por capilaridade: a) corpo de prova cilíndrico e b) Corpos de prova submetidos à imersão parcial em água.....	46
Figura 23 - Materiais e equipamentos no teste de manchamento: a) cartela de aplicação, b) extensor e c) aplicação do teste de manchamento.....	46
Figura 24 - Micrografias obtidas por MEV do Dióxido de Titânio: a) Aumento de 18.500 x e b) Análise por EDS.....	48
Figura 25 - Micrografias obtidas por MEV do Caulim; a) Aumento de 4.990X e b) Análise por EDS.....	49
Figura 26 - Micrografias obtidas por MEV da Dolomita: a) Aumento de 1000x e b) Análise por EDS.....	51
Figura 27- Micrografias obtidas por MEV do Carbonato de Cálcio Precipitado. a) Aumento de 13.800X.....	52
Figura 28 - Micrografias obtidas por MEV da Resina Acrílica: a) Aumento de 500X e b) 1.000X.....	53
Figura 29 - Gráfico da viscosidade Stormer das misturas e padrão .....	55
Figura 30 - Gráfico de pH das misturas e padrão.....	56
Figura 31 - Gráfico de peso específico das misturas e padrão .....	57
Figura 32 - Ensaio de absorção de água por capilaridade dos corpos de prova cilíndricos.....	59
Figura 33 - teste de manchamento: a) Escoamento da água no teste de manchamento. b) Cartelas após a aplicação da água. C) amostras ternária com 13C,13P13D. d) Tintas de referência. ....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-química da Resina Acrílica .....	20
Tabela 2 - Características físico-química do Dióxido de Titânio .....	23
Tabela 3 - Tipos de aditivos .....	25
Tabela 4 - Características físico-química do Caulim .....	27
Tabela 5 - Características físico-química do Carbonato de Cálcio Precipitado .....	28
Tabela 6 - Características físico-química da Dolomita .....	29
Tabela 7 - Formulação estudada .....	35
Tabela 8 - Percentuais de cargas minerais distribuído em cada mistura.....	35
Tabela 9 - Fluorescência de Raios X das cargas minerais e pigmento. ....	40
Tabela 10 - Planejamento de misturas aplicado na otimização de um método. ....	42
Tabela 11- Parâmetros de resposta das análises realizadas com a tinta.....	42
Tabela 12 - Resultados de absorção em óleo e pH das cargas minerais.....	47
Tabela 13 - Fluorescência de Raios X carga mineral Caulim.....	53

## LISTA DE SIGLAS

TiO <sub>2</sub>	Dióxido de Titânio
PCC	Carbonato de Cálcio Precipitado
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de Cálcio
Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	Silicato de Alumínio hidratado
CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Dolomita
SiO <sub>2</sub>	Dióxido de Silício
CGG	Carbonato de Cálcio Natural
pH	Potencial Hidrogeiônico
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de Ferro
FRX	Fluorescência de Raios-X
AO	Absorção em óleo
UFPA	Universidade Federal do Pará
FEMat	Faculdade de Engenharia de Materiais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Objetivos</b> .....	15
1.1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos .....	15
1.2 Justificativa.....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>2.1 Tintas</b> .....	17
2.1.1 Composições das tintas.....	18
<b>2.2 MATÉRIAS-PRIMAS</b> .....	19
2.2.1 Resina.....	19
2.2.2 Solventes.....	20
2.2.3 Pigmentos.....	21
2.2.3.1 Dióxido de titânio .....	22
2.2.4 Aditivos.....	23
2.2.5 Cargas ou extensores de TiO <sub>2</sub> .....	25
2.2.5.1 Caulim.....	26
2.2.5.2 Carbonato de Cálcio .....	27
2.2.5.3 Dolomita.....	28
2.2.6 Fatores relevantes na escolha de uma carga mineral .....	29
<b>2.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE TINTAS</b> .....	31
2.3.1 Aplicações .....	31
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	34
<b>3.1 Matérias-primas</b> .....	34
<b>3.2 Metodologia experimental</b> .....	36
3.2.1 Caracterização das matérias-primas.....	37
3.2.1.1 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	37
3.2.1.2 Absorção em Óleo (AO) .....	38
3.2.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	39
3.2.1.4 Análise química por Fluorescência de Raio-x (FRX) .....	40
3.2.3 Definição das formulações da tinta.....	40
3.2.4 Fabricação da Tinta.....	42

3.2.5 Caracterização da Tinta Formulada.....	43
3.2.6 Caracterização da Tinta Fresca.....	43
3.2.6.1 Viscosidade Stormer .....	43
3.2.6.1.1 Massa específica.....	44
3.2.6.2 Caracterização da Tinta endurecida.....	45
3.2.6.2.1 Determinação da absorção de água por capilaridade .....	45
3.2.6.2.2 Teste de manchamento.....	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>4.1 Caracterizações das matérias-primas.....</b>	<b>47</b>
4.1.1 Absorção de Óleo (AO) e pH.....	47
4.1.2 Microscopia Eletrônica de Varredura – (MEV) com Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X (EDS).....	48
4.1.3 Fluorescência de Raios-X (FRX).....	53
<b>4.2 CARACTERIZAÇÃO DA TINTA FORMULADA .....</b>	<b>54</b>
4.2.1 Viscosidade Stormer, pH e Peso Específico.....	54
4.2.2 Ensaio de determinação de capilaridade .....	58
4.2.3 Teste de manchamento.....	60
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A tinta é uma substância líquida ou pastosa, geralmente composta por pigmentos (partículas coloridas), um veículo (meio líquido ou pastoso que carrega os pigmentos) e aditivos. Ela é utilizada para adicionar cor a superfícies, como papel, tela, madeira, metal, plástico, tecido e outras, com o objetivo de criar imagens, designs ou proteger e decorar objetos DE MATOS (2024, p.14).

Em 2023, a indústria brasileira de tintas apresentou um desempenho positivo, com a venda de 1,87 bilhão de litros e crescimento de 3,4%, alcançando o segundo melhor resultado da história. O avanço foi impulsionado principalmente pelas tintas imobiliárias e industriais, beneficiadas pela redução dos juros, inflação controlada e maior confiança do consumidor. Para os próximos anos, a expectativa segue otimista, com previsão de crescimento entre 2% e 2,5%, impulsionado por investimentos em infraestrutura, obras públicas e pela valorização do lar como espaço de bem-estar. (ABRAFATI, 2024).

Os revestimentos protetores ajudam a melhorar a durabilidade das estruturas de concreto, atuando como barreira física contra os agentes de corrosão. Tintas à base de água são geralmente usadas para proteção de concreto em vez de tintas à base de solvente, pois são menos poluentes. Esses revestimentos fornecem resistência essencial a agentes externos e contribuem significativamente para a proteção, estética, durabilidade, segurança e valor geral dos edifícios. (DIAS, 2012; MELO, 2024).

Segundo Lopez (2023, p. 2), O grande problema a nível global do setor de tintas consiste na garantia de igualdade de produção lote a lote, onde, devido à grande quantidade de operações unitárias e péssima sensibilidade de métodos de controle, variações significativas são observadas, resultando em um baixo rendimento e alto retrabalho para que se atinja as especificações finais.

No entanto, a complexidade envolvida na formulação de uma nova tinta está diretamente relacionada à compreensão das interações entre seus componentes. Para otimizar o desempenho e atender às demandas específicas da região Norte, torna-se essencial um conhecimento técnico aprofundado, que abranja desde as

propriedades físicas e químicas até a análise detalhada dos parâmetros microestruturais e morfológicos. Essa abordagem permite uma compreensão mais clara da influência da incorporação de diferentes percentuais de cargas às formulações.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência das cargas minerais no desempenho de tintas industriais.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as matérias-primas da tinta e analisar as características morfológicas das formulações, seguindo procedimentos normativos e utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura.
- Produzir amostras de tintas mono cargas, binárias e ternárias a partir do delineamento experimental a partir da misturas de três cargas minerais (caulim, carbonato de cálcio precipitado e dolomita) e caracterizá-las de acordo com os ensaios normatizados, avaliando seu desempenho conforme os requisitos exigidos para uso imobiliário.
- Determinar as concentrações adequadas das cargas minerais para cada misturas mono cargas, binárias e ternárias e, a partir delas, produzir amostras de tintas com desempenho tecnológico adequado ao ambiente amazônico, avaliando-as por meio de ensaios normatizados, incluindo absorção de água por capilaridade e teste de manchamento, a fim de verificar seu desempenho global.

## 1.2 Justificativa

O presente trabalho se justifica pela crescente necessidade de desenvolvimento de formulações de tintas adaptadas às condições climáticas da região Amazônica, visando atender às demandas do mercado e contribuir para o avanço científico na área de revestimentos.

O estudo é relevante do ponto de vista ambiental, por empregar formulações à base de água, que apresentam menor impacto ecológico e maior segurança para o usuário. Além disso, a utilização de diferentes cargas minerais busca otimizar o desempenho das tintas, reduzindo a necessidade de manutenção e prolongando a vida útil dos revestimentos.

Do ponto de vista científico, a pesquisa se justifica pela importância de compreender como a variação das cargas minerais influencia as propriedades físico-químicas das tintas, permitindo o desenvolvimento de produtos mais eficientes e adequados às características do clima amazônico.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TINTAS

A norma NBR 12554 da ABNT, 2022 define a tinta como: “Produtos compostos de veículo, pigmentos, aditivos e solventes que, quando aplicados sobre um substrato, se converte em película sólida, dada a evaporação do solvente e/ou reação química, com a finalidade de decoração, proteção e outras.” A junção de todos esses insumos definem características e propriedades finais de cada tinta. Adicionalmente, a norma NBR 15079 da ABNT, 2019 divide a tinta em três categorias distintas entre si com base na sua qualidade, tendo avaliado três requisitos e classificadas em Premium, Standard e Econômica, com base nos valores obtidos em testes de resistência à abrasão, cobertura úmida e seca.

A aplicação da tinta tem como um de seus objetivos principais a proteção de edifícios, instalações industriais e produtos (como veículos, eletrodomésticos, móveis, entre muitos outros) contra a ação do tempo, das mudanças climáticas e de outros agentes externos, contribuindo também para a sua higiene e limpeza. Outro importante objetivo da pintura é embelezar os ambientes e superfícies em que é feita (ABRAFATI, 2023).

De acordo com Santana (2020, apud MORAIS, 2021, p. 2), A nível nacional, no Brasil temos um agravante no tocante ao surgimento de patologias causadas pela umidade, trata-se da resistência das linhas de produção em modernizar-se, otimizando as técnicas e materiais utilizados, visando evitar patologias, dentre elas as causadas pela ação da umidade.

Em concordância com Sobrinho (2021), a durabilidade não é uma característica intrínseca de um material, o comportamento de uma edificação e de suas partes está sujeito às ações atuantes ao longo da sua vida útil. Conhecer os mecanismos de degradação dos materiais e componentes que constituem os elementos de um determinado sistema construtivo é fundamental no sentido de considerar a atuação dos principais agentes de degradação na elaboração de projetos, com vistas a proporcionar maior proteção aos elementos contra os fatores de degradação e assim aumentar a sua vida útil.

As paredes externas das residências sofrem diversas ações dos agentes de degradação ao longo do seu ciclo de vida. Esta problemática está fortemente ligada às significativas mudanças na paisagem com intensos impactos ambientais, causados, principalmente, pela redução de sua cobertura vegetal, indicando um processo de fragmentação da paisagem. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) relatou um aumento de 56% no desmatamento na Amazônia de 2019 a 2021, sendo que o Estado do Pará apresentou o maior percentual de desmatamento, seguido do Estado do Amazonas e do Mato Grosso (ALENCAR *et al.*, 2022).

Estes agentes de degradação atuam de formas diferentes dependendo do meio em que se encontra a superfície pintada, causando anomalias em níveis diversos, é fundamental definir os parâmetros e os índices de gravidades entre as anomalias para que possam ser aplicados os modelos de degradação. O nível de degradação dos edifícios pode ser avaliado a partir de uma inspeção predial rigorosa, como afirmado por Madureira (2017, apud ROMEIRO; BAUER 2022, p1).

Para Machado (2021, p. 224), As tintas acrílicas são amplamente utilizadas em construção para fornecer proteção e tonalidade. Estudar a reologia desse fluido é fundamental para que se consiga prever e caracterizar seu desempenho, tanto com relação à facilidade e à adequabilidade da aplicação, quanto à manutenção de suas propriedades ao longo do tempo, de modo a adequá-lo ao uso.

### **2.1.1 Composições das tintas**

As tintas imobiliárias podem ser definidas como uma composição líquida, formada por um ou mais pigmentos dispersos em um aglutinante líquido que, após aplicada sobre um substrato passa pelo processo de cura, onde o solvente ou diluente é evaporado, possibilitando a formação de um filme opaco, duro e aderente ao substrato. O principal objetivo deste filme é proteger as superfícies contra as intempéries, corrosão, além de tornar o ambiente mais agradável e melhorar as condições de higiene (FAZENDA; DINIZ 2009).

Na Figura 01 pode-se observar o desenho esquemático da composição de uma tinta, onde se avalia o que é cada parte útil da tinta e o que é parte volátil da tinta. É

possível e se faz necessário modelar formulações econômicas dentro dos padrões exigidos pela ABRAFATI, realizando os procedimentos corretos de formulações, a escolha da natureza e da quantidade empregada de cada componente leva em consideração a forma como o revestimento será gerado e as propriedades finais desejadas/exigidas do revestimento final (BLUCHER, 2017).

Figura 1 - Composição esquemática das tintas.



Fonte: GNECCO, 2021.

## 2.2 MATÉRIAS-PRIMAS

### 2.2.1 Resina

É a parte não volátil da tinta, que serve para aglomerar as partículas e o pigmento. São elas que formam a película protetora das tintas. Existem diferentes tipos de resinas (alquídicas, acrílicas, epóxi, etc.) produzidas pela indústria química e petroquímica. A utilização de cada uma delas depende das propriedades que se pretende agregar à tinta. A formação de filme de tinta está relacionada como mecanismo de reações químicas do sistema polimérico, embora outros componentes, como solvente, pigmentos e aditivos, tenham influência no sentido de retardar, acelerar e até inibir essas reações (ABRAFATI, 2025; FAZENDA, 2013).

Os principais tipos de resinas utilizadas são as acrílicas, alquídicas, epóxi, nitrocelulose, poliéster, poliuretanas e vinílicas. Entre os diversos tipos de bases poliméricas para tintas, as resinas alquídicas se destacam pelo seu baixo custo de

produção e potencial de proteção contra as condições do ambiente. Além disso, as resinas alquídicas são originadas, em grande parte, a partir de matérias-primas de origem vegetal como os óleos de soja, coco, mamona, girassol e linhaça, ácidos graxos e glicerina (IFIJEN *et al.*, 2022).

As resinas alquídicas são ótimos materiais para proteção contra a corrosão, apresentam alto brilho, secagem rápida, alta adesão e boa resistência a água e é facilmente aplicável em superfícies sem tratamento prévio (SENRA *et al.*, 2022; IFIJEN *et al.*, 2022).

As resinas epóxi são polímeros de baixo peso, com alta estabilidade química, boa adesão e termo fixos frágeis que precisam ser temperados em campos que exigem alta resistência ao impacto e à fratura, como plásticos reforçados, resinas de matriz para compósitos e revestimentos (WEI *et al.*, 2020).

Para De Matos (2024, p. 20), As resinas acrílicas oferecem versatilidade aos fabricantes de tintas, pois podem ser modificadas para atender a diferentes requisitos. Isso inclui a capacidade de se obter tintas fosca, semi-brilho ou brilhantes, dependendo da formulação específica. Algumas propriedades físicas gerais da resina acrílica são descritas na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Características físico-química da Resina Acrílica

Forma	Pó
Cor	Branco Azulado
Teor de sólidos (1g/1hr/110°C)%	49 a 51
Valor de pH (20°C)	8,0 a 9,0
Viscosidade RVT (F5V20) cps	3,0 a 8,0

Fonte: Avco Chemicals

### 2.2.2 Solventes

São líquidos voláteis, que evaporam depois da aplicação. Possibilitam que a tinta se apresente sempre na forma líquida, permitindo um bom nivelamento/alastramento. Para tintas látex, usa-se água como diluente. Geralmente de baixo ponto de ebulição, utilizado nas tintas e correlatos para dissolver a resina. São classificados em: solventes ativos ou verdadeiros, latentes e inativos. Nas tintas a óleo e esmaltes sintéticos costuma-se usar aguarrás, entre outros (FAZENDA, 2013).

Também conhecidos como diluentes, são líquidos voláteis que tem o objetivo de garantir que a tinta sempre se apresenta no estado líquido, com um mesmo padrão de viscosidade, facilitando na aplicação da tinta. Nas tintas látex, o diluente utilizado é a água e no caso de tintas à base óleo e esmaltes sintéticos, o diluente que é mais comumente utilizado é a aguarrás, que é um solvente orgânico (ABRAFATI, 2025).

Os solventes são compostos orgânicos 100% voláteis, que tem a função de solubilizar as resinas. De modo geral, são necessários às tintas para conferir viscosidade adequada para sua aplicação. Na formulação de tintas de um modo geral, o fabricante utiliza uma mistura de solventes, procurando balancear sua proporção visando conseguir: uma boa solvência, tempo de secagem apropriado, perfeita formação da película, além, naturalmente do menor custo possível. (WEG, 2018 p. 9).

De acordo com estudo de Moura (2021, p. 14), existem duas classificações básicas para tintas as classificadas com a base de óleo ou solventes que são os esmaltes sintéticos, vernizes, lacas e etc., e as a base de água (látex) definidas como látex acrílicos, látex vinílicos, látex vinil-acrílicos e etc. Essas denominações citadas diferenciam-se em sua porção líquida, ou seja, o veículo da tinta. Na fase volátil de tintas à base de óleo geralmente são utilizados solventes orgânicos, que por sua vez, são divididos em hidrocarbonetos: alifáticos e aromáticos e também compostos oxigenados.

### **2.2.3 Pigmentos**

Também chamados de elementos de cobertura, os pigmentos são partículas extremamente finas, dispersas e insolúveis no sistema, além de apresentar-se como não volátil. Os pigmentos são caracterizados como substâncias sólidas, de natureza orgânica ou inorgânica, e que são insolúveis. Eles têm o propósito de atribuir cor, opacidade, capacidade de cobertura, proteção contra corrosão e incrustações, além de contribuir para a proteção contra chamas (DASSOLER, 2019; CHRISTIE, 2021).

Para Daros (2016, p. 28), São ditos pigmentos inorgânicos todos os pigmentos brancos, cargas minerais e uma grande variedade de pigmentos coloridos, sintéticos ou naturais, de natureza química inorgânica não apresentando a cadeias carbônicas.

Os pigmentos desta natureza são os principais insumos atribuidores de cobertura e alvura ao filme de tinta, possuindo um peso específico elevado. O dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) é o principal pigmento branco, sendo considerado como um elemento básico na formulação de tintas, porém com seu preço elevado se torna necessário fazer um equilíbrio ideal com as cargas minerais.

Filho *et al.* (2022, p. 15) dividiu o estudo dos pigmentos em dois grandes grupos: os pigmentos funcionais, que serão aqui chamados de cargas e os pigmentos verdadeiros, que serão chamados apenas de pigmentos. Os pigmentos verdadeiros são os que possuem maior poder de cobertura, ou seja, capacidade de esconder o substrato do observador, quanto maior o poder de cobertura, menos se vê o que está por trás da tinta seca.

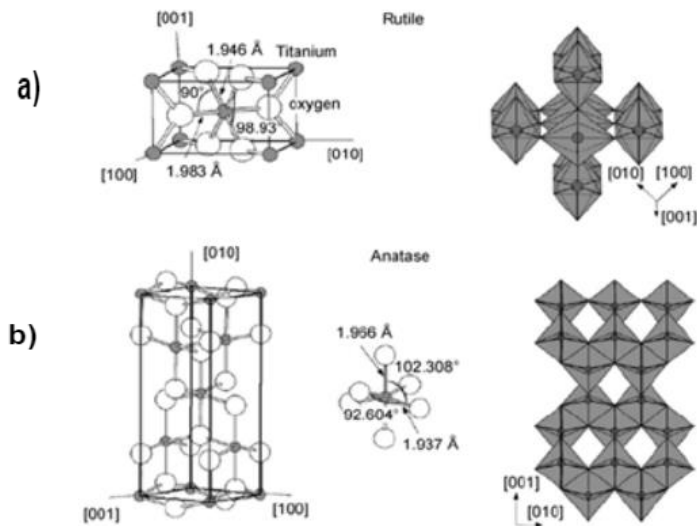
### 2.2.3.1 Dióxido de titânio

De acordo Holanda (2023, p. 21), entre os principais pigmentos ativos empregados, está o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), um sólido cristalino e incolor capaz de melhorar a qualidade da tinta, garantido maior poder de cobertura, alvura, durabilidade, brilho e opacidade, tanto para tintas imobiliárias como industriais.

Dióxido de titânio é um dos óxidos metálicos mais utilizados no mundo em diferentes aplicações e a sua versatilidade está relacionada às propriedades singulares que esse óxido metálico apresenta. Na indústria de tintas, plásticos e cosméticos; o dióxido de titânio é amplamente usado como um pigmento branco devido à sua alta eficiência no espalhamento da luz, estabilidade química e térmica, e abundância na natureza; tanto que ele representa aproximadamente 70% do volume total de pigmento produzido mundialmente (GAZQUEZ, *et al.* 2021).

A Figura 2 juntamente com a Tabela 2 descreve as propriedades físicas gerais do dióxido de titânio e a representação das estruturas cristalinas das duas formas mais utilizadas do dióxido de titânio, bem como os respectivos planos cristalinos, ângulos e distâncias de ligação e arranjo espacial. A forma cristalina rutilo é a mais utilizada para a produção de dióxido de titânio para uso como pigmento, pois o índice de refração dessa forma cristalina é mais alto do que o da forma cristalina anatásio (DÁRIO, 2021, p. 19).

Figura 2 - Estrutura cristalina do dióxido de titânio (a) Rutilo (b) e Anatásio.



Fonte: Adaptado (DIEBOLD, 2003).

Tabela 2 - Características físico-química do Dióxido de Titânio

Forma	Pó
Cor	Branco
Odor	Inodoro
Valor de pH (20°C)	7,6
Ponto de Ebulição	Não Aplicável
Densidade aparente (20°C)	Não Aplicável
Solubilidade (em água 20°C)	Insolúvel
Absorção em Óleo	17,2%

Fonte: Chemours

## 2.2.4 Aditivos

São componentes utilizados em pequenas quantidades nas tintas para proporcionar características especiais a elas ou melhorias nas suas propriedades. Uma grande variedade de aditivos é utilizada pela indústria de tinta, como secantes, antiespumantes, antissedimentares etc,. Estes auxiliam nas diversas fases de fabricação e conferem características necessárias à aplicação (ABRAFATI, 2022; FAZENDA, 2013).

Os aditivos estão presentes na formulação visando melhorar propriedades, fornecer maior estabilidade e aplicabilidade do filme. Além disso, é muito rara a quantidade de aditivos excederem em mais de 5% da composição da tinta. A aplicação dos aditivos exige um grande conhecimento, dado a quantidade de funções que pode ser atribuído, sendo este um trabalho meticuloso e criterioso para o formulador. E este tipo de insumo é usualmente classificado de acordo com a função. Sendo estes divididos em quatro grupos: Aditivos de Cinética, Aditivos de Reologia, Aditivos de Processo, Aditivos de Preservação (LOPEZ, 2023; NASCIMENTO, 2018).

Os aditivos são compostos químicos capazes de conferir características especiais às tintas. Mesmo em pequenas quantidades na formulação, eles geram grande influência na qualidade, aplicabilidade, estabilidade e, até mesmo, no processo de produção, conforme apontam Müller e Poth (2019). Desse modo, os aditivos podem ser classificados em quatro tipos diferentes: aditivos de cinética, aditivos de reologia, aditivos de processo e aditivos de preservação, segundo Yamanaka et al. (2006). De acordo com a complexidade dos compostos da tinta, um aditivo pode adquirir funções múltiplas, sendo necessário que o formulador compreenda bem cada tipo de aditivo para manter uma formulação equilibrada (MADEIRO, 2024).

Segundo Buchmann (2018), todos os aditivos de reologia têm como objetivo regular de forma segura e prática as características de fluidez das tintas produzidas, estes podem ser espessantes e de antiescorrimento. Os aditivos de processo têm como objetivo facilitar o processo produtivo e podem ser surfactantes, nivelantes, antiespumantes, umectantes e dispersantes.

Os aditivos de processo englobam todos os produtos utilizados para facilitar o processo de fabricação das tintas. Dentre eles, os principais são os surfactantes, que são responsáveis pela dispersão e umectação dos pigmentos, adesão, estabilidade, entre outras propriedades. Mas encontram-se também os umectantes, antiespumantes e nivelantes (FAZENDA *et al*, 2008).

Os aditivos de preservação podem ser estabilizantes de ultravioletas que tem a função de amenizar a ação destrutiva da radiação ultravioleta provinda da luz solar

sobre as tintas, e biocidas que visam prevenir a contaminação biológica causada por microrganismos, como fungos, bactérias e algas (SOLANO et al., 2020).

Na Tabela 3 são apresentados alguns tipos de aditivos mais utilizados na formulação de tintas.

Tabela 3 - Tipos de aditivos

<b>Aditivo</b>	<b>Características</b>
Aditivos de Cinética	Secantes, Catalisadores e antipeles
Aditivos de Reologia	Espessantes e antiescorrimiento.
Aditivos de Processo	Surfactantes, umectantes, dispersantes, antiespumantes e nivelantes.
Aditivos de Preservação	Biocidas, estabilizantes de ultravioleta

Fonte:FAZE NDA *et al* (2009).

### 2.2.5 Cargas ou extensores de TiO<sub>2</sub>

Define-se que cargas minerais são materiais de origem mineral extraídas de jazidas e processadas pelas mais diversas operações unitárias para seu beneficiamento. Salienta-se ainda, que são empregadas em várias aplicações de distintas áreas industriais, das quais um dos setores que possuem maior utilização é a indústria de tintas (DASSOLER, 2019).

As cargas minerais estão entre a composição básica das tintas, uma das mais utilizadas é a Dolomita. Usualmente, as cargas minerais são utilizadas nas tintas por meio da dispersão, formando uma base para ser utilizada no produto final (OLIVEIRA, 2022).

Inúmeros são os tipos de cargas oferecidas pelos fornecedores que atendem tanto as indústrias de tintas, quanto as de outros setores como as de papel e polímeros. Cada mineral pode dar origem a mais de centena de subprodutos devido aos diferentes processos de tratamento e beneficiamento. O mesmo mineral extraído de locais diferentes pode apresentar características químicas e físicas distintas, assim podendo influenciar na qualidade final de cada produto (BRASILMINAS, 2019; PÉRICO, 2021).

Diante disso, percebe-se a importância do setor e dos estudos voltados às tintas arquitetônicas, com destaque para as tintas acrílicas. Essas tintas têm um uso mais abrangente por apresentarem propriedades como fácil manuseio, solubilidade em água e rápida secagem, conforme destacam Fardi et al. (2018). De acordo com a NBR 11702 (ABNT, 2019a), as tintas indicadas para uso em alvenarias em geral são as tintas látex, que são à base de dispersão polimérica em meio aquoso, podendo ser constituídas de polímeros acrílicos, vinílicos, entre outros (ABRAFATI, 2019).

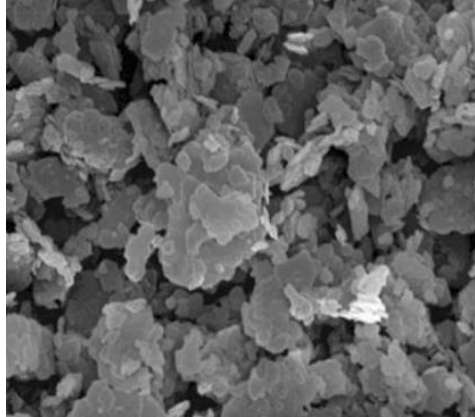
Estas cargas também conhecidas como extenders, podem ser naturais ou sintéticos. Possuem baixo índice de refração e interferem em diversas características das tintas como brilho, opacidade e resistência a abrasão. Os extenders mais utilizados e suas respectivas fórmula química são: o Caulim ou argila ( $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$ ); a Calcita ( $\text{CaCO}_3$ ); a Dolomita ( $\text{CaMg}[\text{CaCO}_3]$ ) e o Talco ( $\text{Mg}_3[(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ ) (FAZENDA, 2009; CAMPOS *et al.* 2022).

As cargas são aplicadas em uma gama de matérias, sendo incorporados juntos as tintas para uma variedade de propósitos. Tendem a ter um custo relativamente baixo, e por esta razão costumam ser utilizadas em conjuntos a outros pigmentos para, desta forma, alcançar um tipo específico de tinta. Assim, o emprego de uma carga mineral, além de tornar a tinta mais econômica, ajuda a alcançar uma maior opacidade e alvura em produto a foscos ou semi brilhosos (MBOA, 2022).

#### 2.2.5.1 Caulim

Pode-se definir o caulim como uma rocha branca ou quase branca, predominantemente constituída por caulinita e acessórios. Dessa forma, a composição do caulim puro (residual e sedimentar) está comumente próxima à da caulinita ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Por suas características tecnológicas, apresenta um ótimo poder de cobertura, por isso são usados como material de enchimento (filler) no preparo de papel; como agente de cobertura (coating) para papel couché e na composição de pastas cerâmicas (SILVA et al., 2021; TAVARES, 2024). Sua microscopia é apresentada na Figura 3 a seguir:

Figura 3 - Microscopia eletrônica de uma amostra de caulim.



Fonte: Fazenda, 2009

O caulim é considerado um mineral de características especiais, exibidas na Tabela 4, por ser quimicamente inerte em uma ampla faixa de pH, quando usado como pigmento ou como extensor em aplicações de cobertura e carga, apresenta um ótimo poder de cobertura, conduz pouco calor e eletricidade e tem um baixo custo comparado com maioria dos materiais concorrentes (JÚNIOR, 2020).

Tabela 4 - Características físico-química do Caulim

<b>Forma</b>	<b>Pó</b>
Cor	Branco
Odor	Inodoro
Valor de pH (20°C)	6,5 a 8,0
Ponto de Fusão	Não Aplicável
Ponto de Ebulição	Não Aplicável
Densidade aparente (20°C)	0,8 a 1,0 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidade (em água 20°C)	Insolúvel
Absorção em Óleo	42%
Granulometria	44µm

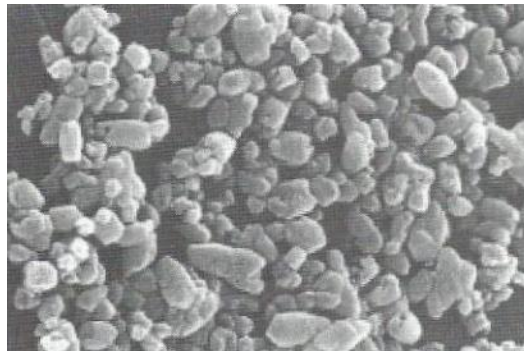
Fonte: Mix Minerais

#### 2.2.5.2 Carbonato de Cálcio

O carbonato de cálcio precipitado (PCC) é uma carga sintética, sua fórmula química é  $\text{CaCO}_3$ . É uma argila lamelar usada na indústria de tintas para espaçar o titânio, melhorar a aplicabilidade, o lixamento e as propriedades de selagem e barreira. Além disso, possui boa alvura, fácil dispersão, melhora a reologia das tintas aumenta a resistência mecânica dos filmes e previne a sedimentação dos pigmentos. O caulim delaminado, em particular, oferece maior brilho e eficácia como espaçador do titânio (FAZENDA, 2021).

O PCC é muito utilizado em tintas econômicas, levando em consideração seu baixo custo e propriedades, em comparação ao  $\text{TiO}_2$  apresentam poder de cobertura bem próximo, suas características opacificantes e tamanhos distintos de seus cristais, como mostra a Microscopia na Figura 4. As principais características estão descritas na Tabela 5. Esta carga pode ser adquirida na forma de carbonato de cálcio natural, conhecido como GCC (Ground Calcium Carbonate) ou como carbonato de cálcio precipitado, conhecido como PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) resultando em uma estruturação de um pó com geometria diferente, muita porosidade, tamanho de partícula menor e maior absorção de óleo seja alta, em torno de 25 - 40%, tendo que ser cuidadosamente utilizado (FILHO *et al*, 2022).

Figura 4 - Microscopia da carga PCC.



Fonte: Fazenda, 2009.

Tabela 5 - Características físico-química do Carbonato de Cálcio Precipitado

<b>Forma</b>	<b>Pó</b>
Cor	Branco
Odor	Inodoro
Valor de pH (20°C)	8,0 a 10,5
Ponto de Fusão	Não Aplicável
Ponto de Ebulição	Não Aplicável
Densidade aparente (20°C)	0,36 a 0,45 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidade (em água 20°C)	Insolúvel em água
Absorção em óleo	80%

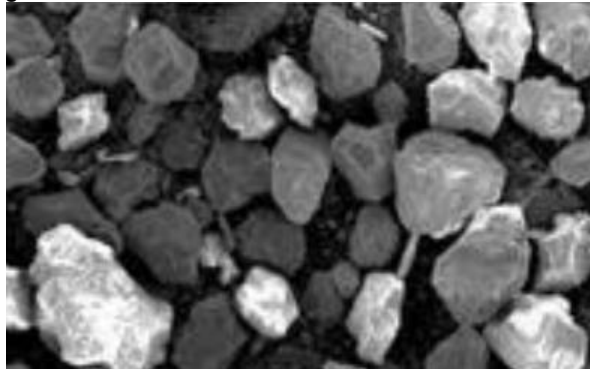
Fonte: Fosquímica

### 2.2.5.3 Dolomita

De acordo com Santos (2019) a Dolomita é um mineral encontrado em leitos sedimentares tem origem carbonática, onde houve efeitos da água do mar sobre lama de calcário. Sua estequiometria química é dada pela composição  $\text{CaMg}(\text{CO}_2)_3$ .

Dentre suas características, possui baixa absorção a óleo, se apresenta em forma de pó de coloração branca, inodoro, insolúvel apresentados Na Tabela 6 e de forma geométrica nodular, conforme a Figura 5. Apresenta uma dureza mediana o que ajuda na sua moagem e dispersão, fazendo com que o uso desta carga contribua para o aumento da resistência à lavabilidade da tinta e sua estabilização. (FAZENDA, 2009).

Figura 5 - Microscopia da carga Dolomita.



Fonte: Fazenda, 2009.

Tabela 6 - Características físico-química da Dolomita

<b>Forma</b>	<b>Pó</b>
Cor	Branco
Odor	Inodoro
Valor de pH (20°C)	8,0 a 10,0
Ponto de Fusão	Não Aplicável
Ponto de Ebulição	Não Aplicável
Densidade aparente (20°C)	1,00 a 2,50 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidade (em água 20°C)	Parcialmente solúvel em água
Absorção em Óleo	30%

Fonte: Canta Galo

### 2.2.6 Fatores relevantes na escolha de uma carga mineral

Um dos componentes mais relevantes nas tintas é o dióxido de titânio, conhecido por sua eficácia em criar uma tonalidade branca. No entanto, devido à sua grande procura no setor de tintas, o preço deste pigmento é bastante elevado. Adicionalmente, sua extração tem um impacto ambiental considerável. Portanto, a indústria tem investido na pesquisa por alternativas que reduzam a necessidade de dióxido de titânio nas composições das tintas. Uma dessas soluções já bem estabelecidas no mercado são os extensores de titânio (SOUSA, 2023; Fazenda, 2021).

Para Filho (2022, p. 40), a formulação de uma tinta deve levar em consideração diversos fatores, tendo o formulador a responsabilidade de ter em mãos dados de valor de matéria-prima, composição química do produto, interação entre esses produtos, características físicas do polímero, solvente e pigmentos escolhidos, como a absorção de óleo, geometria molecular, diâmetro de partícula, área superficial, poder de espalhamento, alvura, densidade, porosidade, razão de contraste e muitas outras variáveis.

A forma das partículas das cargas é um fator muito importante para a formulação de tintas e varia conforme sua composição química, forma cristalina e processo de industrialização. Existem três tipos principais de estruturas cristalinas: acicular (em forma de agulhas), nodular (aproximadamente esféricas) e lamelar (em forma de placas). As cargas aciculares tendem a sedimentar, mas são facilmente redispersáveis e reforçam a estrutura do filme de tinta. Os lamelares reduzem o craqueamento e melhoram a impermeabilidade e aplicabilidade da tinta, enquanto os nodulares são eficazes para otimizar o empacotamento de partículas e reduzir custos (FAZENDA, 2021).

As cargas também são conhecidas pelos seus efeitos no pH das tintas. E nesse caso é muito importante o conhecimento que estes podem gerar. Muitos Caulins, por exemplo, são fornecidos com pHs ácidos. E é uma condição que pode gerar gelificação ou gelatinização, que é a transformação da tinta líquida em um gel ainda dentro do recipiente não comercializado (FAZENDA, 2019).

Adicionalmente para Sousa (2023), A densidade é uma propriedade importante a ser observada e controlada no processo de fabricação, pois uma densidade extremamente baixa pode acarretar problemas no envase das tintas, principalmente quando os produtos são vendidos por unidades de massa e não de volume. No processo de substituição de pigmentos e cargas, é importante a ser observada e controlada, pois podem diminuir ou aumentar o peso específico do produto final que é muito importante para o envase.

Conforme Mendes (2022, p. 7). As principais cargas utilizadas em produtos de revestimento são predominantemente de cor clara, entre o branco e o cinzento, inorgânicas, inertes em relação à resina da formulação e diferem dos pigmentos por apresentarem um índice de refração mais baixo e um maior tamanho das partículas

que estes. Desta forma, por contribuir para a definição das características da tinta, a utilização de cargas também pode ser vista como uma forma de diminuir o preço do produto final, uma vez que estes materiais são, normalmente, mais baratos.

## 2.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE TINTAS

De acordo com Dos Santos (2023), as indústrias de tintas apresentam agregado valor para a sociedade, visto seu potencial crescimento e expansão. Devido ao aumento da concorrência, as empresas devem investir em novas tecnologias, matérias-primas e processos para melhorar cada vez mais seus produtos para competir no mercado.

### 2.3.1 APLICAÇÕES

Moreira (2020) monitorizou o processo de fabrico de três tintas diferentes de forma a averiguar se este era uniforme, ou se sofria variações. Foram também estudados fatores que pudessem contribuir para a variação dos valores de granulometria da tinta, sendo eles, o tamanho da pastilha à entrada do moinho, a variação da quantidade de carga na formulação da tinta e o desgaste das peças do moinho.

Para Périgo (2021), novos estudos proporcionam um maior conhecimento na área da indústria de tintas, ressaltando a importância da pesquisa e análise de toda matéria-prima utilizada na formulação de um produto. A falta de receitas e publicações sobre a proporção de cada componente para a obtenção de uma tinta com bom desempenho motivou a elaboração de novas pesquisas, em que foram desenvolvidas formulações através de delineamento experimental de misturas, representadas na Figura 6, para obter suspensões homogêneas que estejam em conformidade com os limites de desempenho e Normas (FARIA, 2024).

Figura 6 - Amostras de tinta aplicadas no substrato.



Fonte: Faria, 2024.

Rodrigues & Santos (2023), Fizeram um estudo baseado na revisão sistemática junto aos princípios teóricos que abordam o tema das patologias causadas por infiltrações em construções (Figura 7). O estudo de caso incluiu o levantamento dos pontos de infiltração em edificações, para identificar suas origens e oferecer propostas para solucionar as patologias identificadas.

Figura 7 - infiltração em edificações: fluorescências e bolores.



Fonte: Mapa da obra, 2022.



Fonte: Quartzolit, 2022.

Na dissertação de Lucas (2024) se fez um estudo voltado a variação da formulação padrão a partir de cargas minerais (Caulim, Dolomita e Carbonato De Cálcio Precipitado) e posteriormente foram realizados análises e ensaios para avaliar o desempenho dessa tinta, comparados com a formulação original, tais como resistência a abrasão e resistência ao intemperismo. Com finalidade de analisar a influência das matérias-primas nas propriedades físico-químicas, mecânicas e de degradação de tintas à base de água aplicadas na região Norte. A Figura 8 mostra os corpos de prova sob ensaio de intemperismo.

Figura 8 - corpos de prova em exposição a Intempéries.



Fonte: Lucas, 2024.

O estudo de Souza (2021), traz a importância da impermeabilização das fundações, na Figura 9 pode-se observar a esquemática do estudo, analisando este processo de proteção a edificação contra os efeitos prejudiciais da umidade. Dessa forma, o autor afirma que a impermeabilização das fundações é uma das etapas mais importantes de qualquer obra, pois sendo realizada corretamente, irá garantir que no futuro não haverá problemas estruturais

Figura 9 - Processo de impermeabilização de fundações

A argamassa impermeável penetra na porosidade do substrato e promove uma cristalização superficial. Dessa forma, os poros do concreto são preenchidos, impedindo a infiltração da água. A tinta asfáltica, por sua vez, forma uma película impermeável de grande aderência e alta resistência química.



Fonte: Souza, 2021.

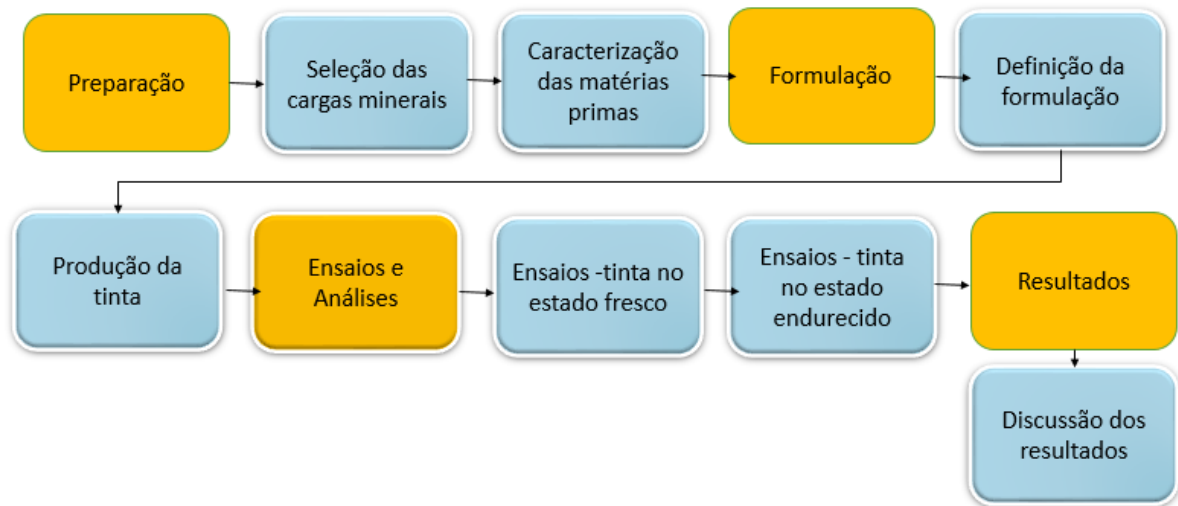
Dessa forma, observa-se que as tintas possuem grande importância no setor imobiliário e o desenvolvimento de novas pesquisas destacam a importância da análise criteriosa das matérias-primas utilizadas em uma formulação. As tintas à base de água são uma opção viável, oferecendo vantagens como segurança para a saúde e menor impacto ao meio ambiente. Além disso, o desenvolvimento de tintas adaptadas às condições climáticas específicas pode trazer benefícios significativos, incluindo redução de custos exigindo menos manutenções resultando em economia de custos a longo prazo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a produção e análise dos corpos de prova, a metodologia adotada foi desenvolvida com base nas normas da ABNT e nos procedimentos recomendados pela ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas). Realizou-se a separação das matérias-primas para a caracterização dos insumos, seguida da produção das amostras de tinta nos estados fresco e endurecido.

As partilhas, pós, pastas e suspensões obtidas através do procedimento que incluíam as cargas foram preparadas no laboratório de Práticas Tecnológicas da Faculdade de Engenharia de Materiais - UFPa (Campus de Ananindeua). Realizou-se a seleção das cargas minerais a serem analisadas, abordando suas propriedades e características. Essas matérias primas foram utilizadas na formulação da tinta classificada como Standard. Após a preparação foi realizados os ensaios em cada amostra da tinta. A Figura 10 apresenta o fluxograma de todo o processo de execução do estudo.

Figura 10 - Fluxograma de execução do estudo.



Fonte: Autor, (2024).

#### 3.1 Matérias-primas

Para o estudo das possíveis formulações das tintas imobiliárias a base de água determinou-se uma formulação pré estabelecida que já é comercializada. A composição da formulação comercializada e estudada como base desta pesquisa é

apresentada na Tabela 7. A partir desta formulação variou-se a carga mineral adicionada.

Tabela 7 - Formulação estudada

<b>Formulação pré-estabelecida</b>
37,35% de solvente
3,65% de aditivos
13,00% de resina
39,00% de cargas minerais
7,00% de pigmento
Total: 100%

Fonte – Autor, (2024).

Após a elaboração desta, se fez necessário a construção da Tabela 8 para demonstrar os percentuais de cargas minerais distribuído em cada mistura mono carga, binária e terciária preparada dentro do percentual de 39%.

Tabela 8 - Percentuais de cargas minerais distribuído em cada mistura.

<b>MISTURA MONO CARGA</b>	<b>CARGAS MINERAIS</b>		
	<b>CAULIM</b>	<b>DOLOMITA</b>	<b>PCC</b>
<b>39C</b>	39	X	X
<b>39D</b>	X	39	X
<b>39P</b>	X	X	39
<b>MISTURA BINÁRIA</b>			
<b>19,5C19,5D</b>	19,5	19,5	x
<b>19,5P19,5D</b>	x	19,5	19,5
<b>19,5C19,5P</b>	19,5	x	19,5
<b>MISTURA TERNÁRIA</b>			
<b>6P6,5D26C</b>	26	6,5	6,5
<b>6,5P6,5C26D</b>	6,5	26	6,5
<b>6,5C6,5D26P</b>	6,5	6,5	26
<b>13C13P13D</b>	13	13	13

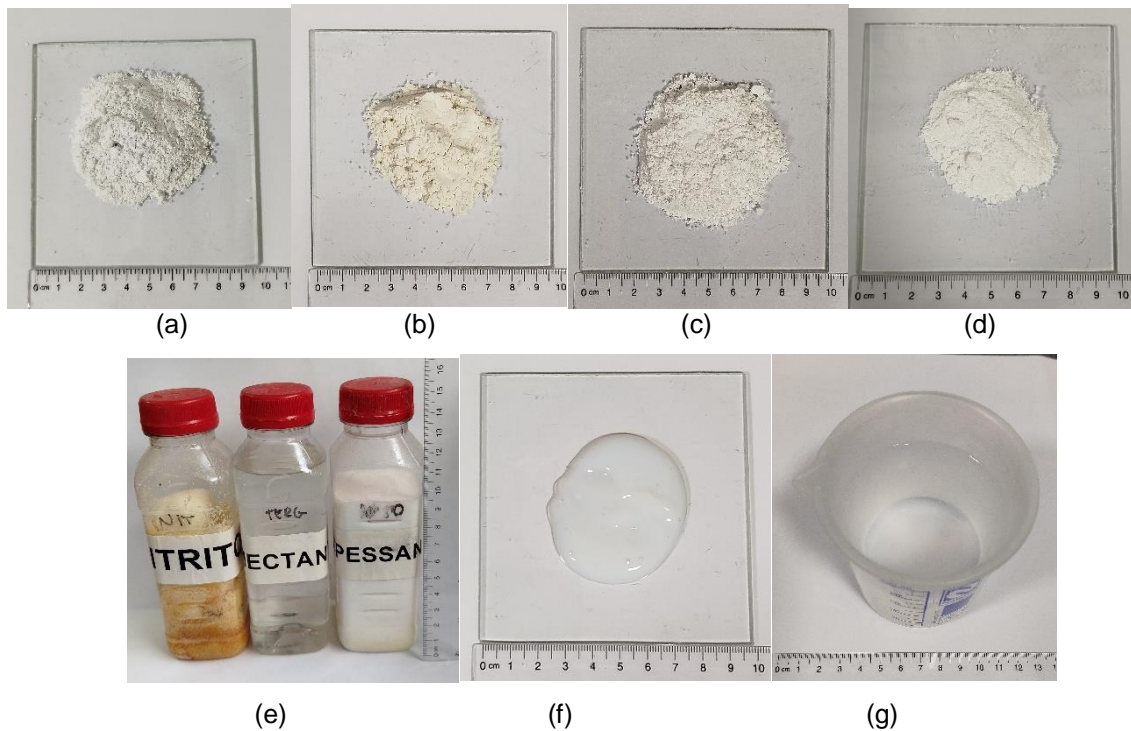
Fonte – Autor, (2024).

Na Figura 11 são apresentadas as matérias primas, o solvente utilizado será a água industrial com controle de pH e cloro com a finalidade de diminuir a quantidade de possíveis contaminantes na formulação, a resina acrílica estirenada e os aditivos

utilizados foram: antiespumante, dispersante, antioxidante, modificador reológico, espessante, coalescente, umectante, alcalinizante, surfactante e biocida.

As cargas minerais presentes nas etapas de formulação foram: Dolomita, Caulim, Carbonato de cálcio precipitado (PCC) e o pigmento dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ).

Figura 11- Matérias-primas utilizadas: a) Dolomita, b) Caulim, c) Carbonato de Cálcio Precipitado, d) pigmento, e) Aditivos, f) Resina Acrílica e g) Água Industrial (Controle de pH e Cloro).

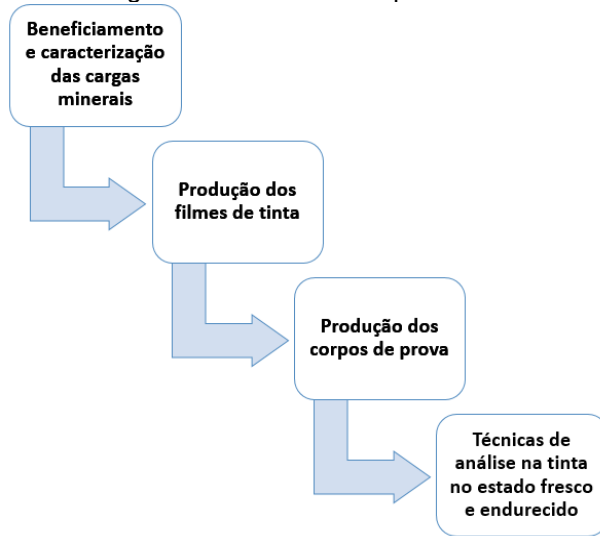


Fonte – Autor, (2025).

### 3.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Nessa etapa realizadas técnicas experimentais para caracterização das matérias primas e para a tinta formulada através de ensaios realizados em seu estado fresco e endurecido. As técnicas experimentais foram divididas em quatro etapas, seguindo o fluxograma de ordem de ensaios representado na Figura 12 a seguir:

Figura 12 - Fluxograma das técnicas experimentais realizadas com as cargas e tintas.



Fonte – Autor, (2024).

### 3.2.1 Caracterização das matérias-primas

#### 3.2.1.1 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As análises morfológica e microestrutural das cargas e da tinta formulada foram realizadas no Laboratório de microscopia eletrônica do Museu Emílio Goeldi. O equipamento utilizado estão representados na Figura 13, respectivamente. O microscópio eletrônico de varredura de alta resolução, de marca Tescan modelo MIRA3 com metalizador da marca EMITECH aplicando-se o feixe de elétrons secundário. Para preparação da amostras, foi deposição de uma fina camada de ouro sobre amostras não condutoras.

Figura 13 - a) MEV Tescan MIRA3 e b) Metalizador EMITECH K550

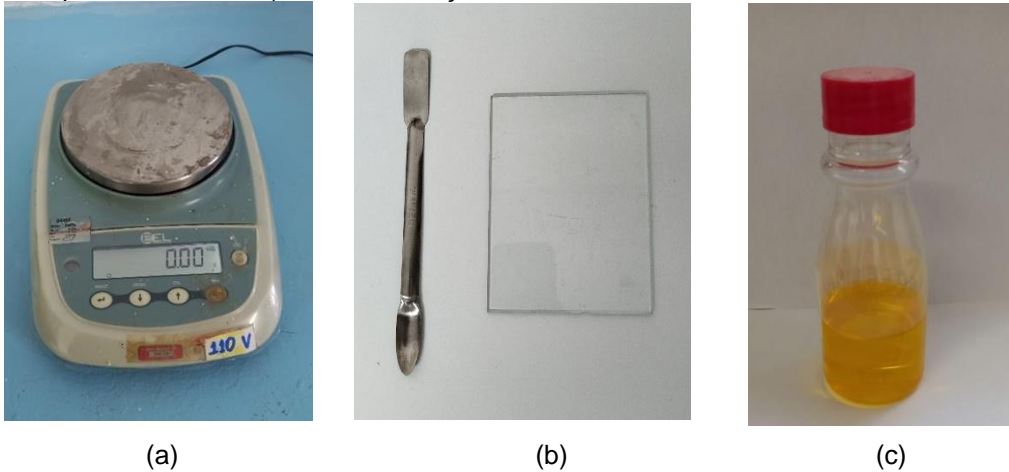


Fonte – Autor, (2024).

### 3.2.1.2 Absorção em Óleo (AO)

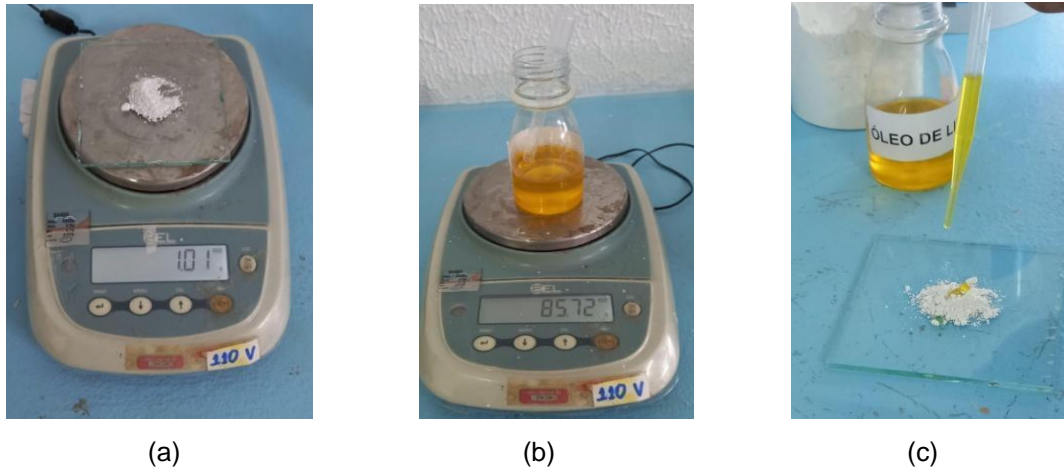
O teste foi realizado de acordo com a norma ASTM D281-12 (2021), no Laboratório de Práticas Tecnológicas da Faculdade de Engenharia de Materiais - UFPA (Campus de Ananindeua). O procedimento foi realizado no pigmento  $\text{TiO}_2$  e nas cargas minerais através da adição de óleo de linhaça, os equipamentos utilizados foram a balança analítica marca Bel Modelo S2202H espátula e uma placa de vidro de acordo com a Figura 14 e 15.

Figura 14- Materiais e equipamentos utilizados no teste de absorção em óleo: a) Balança Analítica, b) Espátula e placa de vidro e c) Óleo de linhaça.



Fonte – Autor, (2024).

Figura 15 - Ensaio de absorção de óleo: a) Pesagem da Carga, b) Pesagem do óleo de linhaça e c) Gotejamento do óleo.

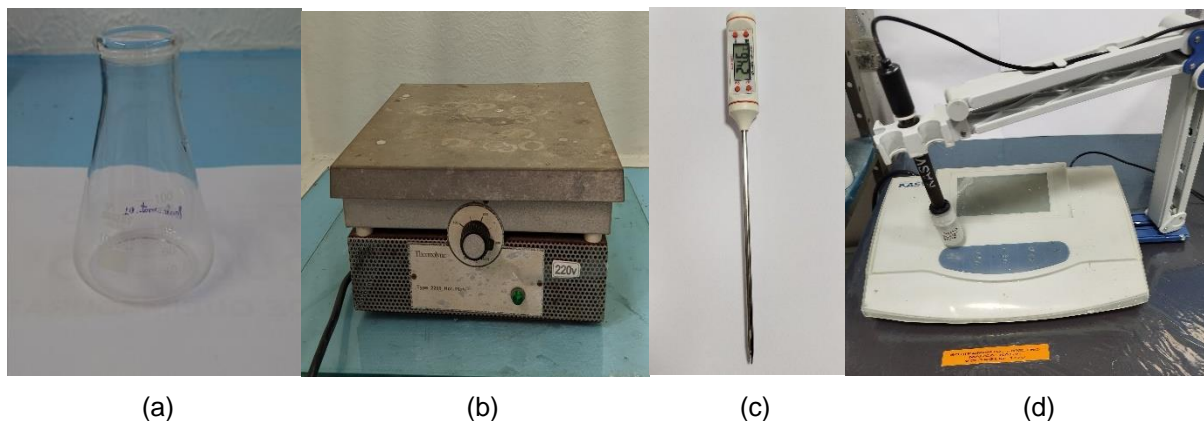


Fonte – Autor, (2024).

### 3.2.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

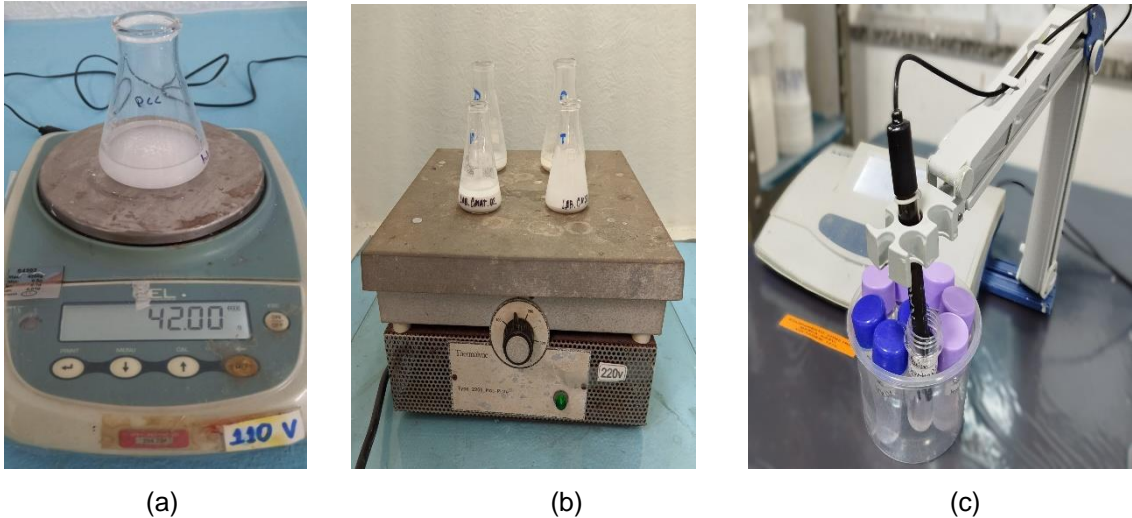
Para obtenção dos valores de pH em cargas e na tinta em seu estado fresco, utilizou-se a norma ASTM D1208. As Figuras 16 e 17 estão representados os materiais utilizados: Erlenmeyer, balança analítica, chapa de aquecimento da marca Thermolyne modelo 2200, água destilada. Os resultados foram medidos por um pHmetro da marca Kasvi e termômetro da marca Kasvi.

Figura 16- Materiais e equipamentos utilizados para determinação de pH nas cargas: a) Erlenmeyer, b) Chapa Aquecedora, c) Termômetro e d) pHmetro.



Fonte – Autor, (2025).

Figura 17- Ensaio de pH em cargas minerais: a) Pesagem dos materiais, b) Aquecimento e c) Aferição do pH.



Fonte – Autor, (2025).

#### 3.2.1.4 Análise química por Fluorescência de Raio-x (FRX)

Para a análise química das amostras de cargas minerais foi utilizado a técnica por Fluorescência de Raio-X. O equipamento utilizado foi o Bruker AXS GmbH – S2 Ranger. A análise foi realizada no laboratório de Caracterização de Materiais (LCM IFPA) - Campus Belém. Os percentuais adotados para Dolomita, PCC e  $\text{TiO}_2$  estão na Tabela 9, com base nos resultados estudados por Lucas (2024). Com objetivo de fazer um comparativo da influência da adição de outro Caulim.

Tabela 9 - Fluorescência de Raios X das cargas minerais e pigmento.

Cargas	Concentração dos óxidos (% Massa)									
	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ZrO <sub>2</sub>	PF(%)
<b>DOLOMITA</b>	16,70	0,50	1,68	--	--	1,11	80,01	--	--	2,31
<b>PCC</b>	--	0,32	0,62	0,22	0,46	0,18	98,10	--	--	2,31
<b>DIÓXIDO DE TITÂNIO</b>	--	2,06	--	97,23	--	--	--	0,15	0,56	0,13

Fonte: Adaptado Lucas (2024)

#### 3.2.3 Definição das formulações da tinta

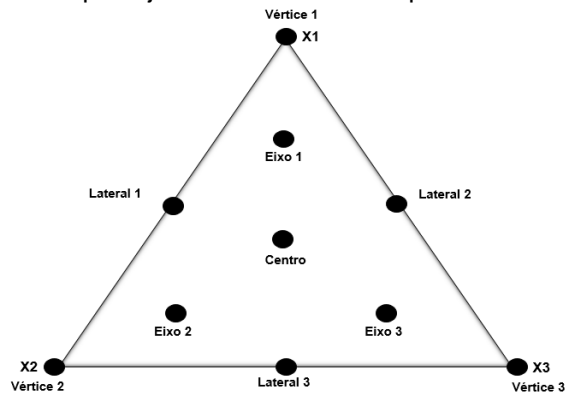
Após selecionar as cargas minerais, elaboraram-se dez formulações, alterando a quantidade de carga mineral e de dióxido de titânio na formulação e agrupadas nas categorias: mono carga, binária e ternária, para distinguir tais características foram adotadas uma classe especial de formulações, do tipo “metodologia de

superfícies de resposta” (MSR) está consiste em verificar as características da tinta elaborando, uma tinta mono carga.

Primeiramente, foi definida a parte fixa e variável da formulação, sendo compostas pela parte fixa (61%), esta equivale aos demais insumos utilizados na formulação e a parte variável (39%) formada pela junção de três cargas minerais. Neste conjunto de cargas, cada uma foi testada individualmente e em misturas com outras duas.

Semelhante a metodologia utilizada por Lucas, (2024) e Novaes *et al.*, (2018) alguns princípios básicos do MSR foram aplicados no planejamento das misturas com intuito de melhorar as características do procedimento. Sendo assim, desenvolveram-se variáveis de mistura e uma matrizes experimentais utilizadas para otimizar estas variáveis. Elaborado o planejamento conforme Hare, (1974), representado na Figura 18. Esse planejamento permite reduzir os número de coeficientes de um modelo e, conseqüentemente, o número de pontos experimentais, levando a uma maior economia de tempo e reagentes.

Figura 18 - Pontos experimentais do planejamento centróide simplex.



Fonte – Autor, (2024).

Nesse planejamento foi elaborada uma tabela com os resultados principais na formação de tintas mono carga, binária e ternária, representados na Tabela 10. A mesma representa cada ponto apresentado no centróide simplex com as proporções das cargas minerais que compõem a tinta, sendo a soma final igual a 39% de cargas minerais. O valor da concentração de pigmento primário ( $\text{TiO}_2$ ) foi fixado em 7%. Para encontrar condições que satisfizesse a formulação simultânea e eficiente de todas as cargas minerais estudadas adotou-se uma resposta global, a qual é a combinação das nove respostas correspondentes às interações destas cargas.

Tabela 10 - Planejamento de misturas aplicado na otimização de um método.

Experimento	Variáveis			Mistura
	CAULIM	DOLOMITA	PCC	
Ensaio 1	1	0	0	Mono Carga
Ensaio 2	0	1	0	Mono Carga
Ensaio 3	0	0	1	Mono Carga
Ensaio 4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	Binária
Ensaio 5	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	Binária
Ensaio 6	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Binária
Ensaio 7	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	Ternária
Ensaio 8	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{6}$	Ternária
Ensaio 9	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	Ternária
Ensaio 10	$\frac{6}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{3}$	Ternária

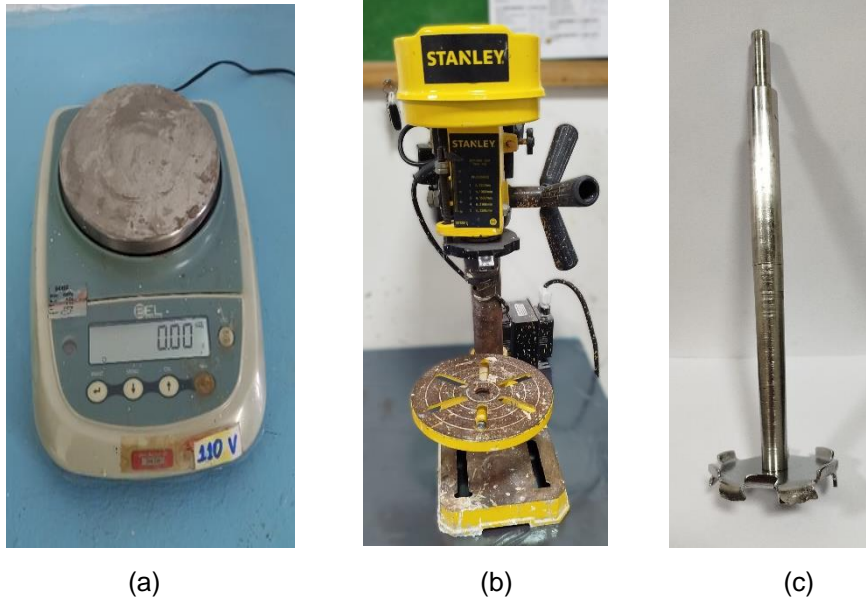
Fonte – Autor, (2024).

### 3.2.4 Fabricação da Tinta

Foram produzidas amostras da tinta acrílica à base de água com 500 g em escala laboratorial. As amostras passaram pelas etapas de pesagem, dispersão e completagem.

O processo de produção das tintas iniciou-se com a pesagem e separação das matérias primas utilizando a balança de precisão modelo Bel S3102 e logo em seguida, uma parte dos insumos é adicionada em um recipiente e direcionados para as etapas de pré-mistura e dispersão com auxílio do dispersor do tipo Cowless acoplado a furadeira de bancada da Marca Stanley de 5 Rotações. Nesta etapa, foram misturados a água, a resina, pigmento, cargas minerais e aditivos. A mistura é dispersa por um tempo pré-determinado. A Figura 19 mostra os materiais e equipamentos que foram utilizados

Figura 19- Materiais e equipamentos utilizados para a fabricação das tintas: a) balança de precisão no modelo Bel S3102 b) Furadeira de bancada e c) Disco dispersor do tipo cowles.



Fonte: Autor, (2025).

Após a dispersão, são analisados alguns parâmetros da tintas, são realizadas análises de parâmetros como: densidade, viscosidade, pH e acerto de cor (se necessário). Com a aprovação dos parâmetros analisados, o lote de tinta é liberado e encaminhado ao setor de Envase.

### 3.2.5 Caracterização da Tinta Formulada

A Tabela 11 apresenta os ensaios aplicados no estados fresco e endurecido da tinta. Esta etapa envolveu a aplicação de vários testes, análises e técnicas.

Tabela 11 - Parâmetros de resposta das análises realizadas com a tinta.

	<b>Estado fresco</b>	<b>Estado endurecido</b>
<b>Tinta</b>	Viscosidade	Determinação da absorção de água por capilaridade
	Massa específica	Teste de manchamento
	Potencial hidrogeniônico	

Fonte: Autor, (2024).

### 3.2.6 Caracterização da Tinta Fresca

#### 3.2.6.1 Viscosidade Stormer

Para obtenção dos valores de viscosidade foi utilizado os parâmetros da norma ASTM D 562. O teste foi realizado operando um viscosímetro Stormer da marca TKB com leituras em unidade Krebs Units (KU), um Termômetro da Marca Kasvi e um Becker de 250ml, Figura 20. Após o ajuste o becker com a amostra foi colocado no equipamento e mensurado a viscosidade com auxílio de um contador de giros no equipamento.

Figura 20 - Materiais e equipamentos utilizados para a realização da viscosidade: a) Viscosímetro e b) Becker de 250 ml.



(a)



(b)

Fonte – Autor, 2025.

### 3.2.6.1.1 Massa específica

O ensaio de determinação da massa específica de tintas é aplicado utilizando os parâmetros da norma (ABNT NBR 15382, 2017). O teste foi realizado usando um picnômetro de 100 mL da marca TKB Erichsen (Figura 21) e balança analítica seguindo os resultados são obtidos aplicando-se na fórmula da densidade de acordo com a Equação 1:

$$\rho = \frac{M2-M1}{V} \quad (1)$$

Onde,

M1 = Peso do picnômetro vazio = 216,95 g;

M2 = Peso do picnômetro com a tinta (g);

V = Volume real do picnômetro = 100 cm<sup>3</sup> ;

$\rho$  = densidade da tinta (g/cm<sup>3</sup> ).

Figura 21 - picnômetro de 100 ml da TKB.



Fonte – Autor, 2025.

### 3.2.6.2 Caracterização da Tinta endurecida

#### 3.2.6.2.1 Determinação da absorção de água por capilaridade

Este ensaio foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR 9779:2012, que estabelece o método para determinação da absorção de água por capilaridade, foram moldados 36 corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 25 mm de diâmetro e 50 mm de altura, de acordo com a Figura 22. Os corpos de prova foram revestidos com as tintas formuladas no estudo e, posteriormente, organizados em diferentes categorias: mono carga, binárias, ternárias e um grupo de referência. Esses valores são obtidos através da Equação 2, definida por:

$$C = \frac{Msat - Ms}{s} \quad (2)$$

**C:** Absorção de água por capilaridade, (g/cm<sup>2</sup>);

**Msat:** Massa saturada do corpo de prova, (g);

**Ms:** Massa do corpo de prova seco, (g);

**S:** Área da seção transversal, (cm<sup>2</sup>).

Figura 22 - Materiais para o teste absorção de água por capilaridade: a) corpo de prova cilíndrico e b) Corpos de prova submetidos à imersão parcial em água.

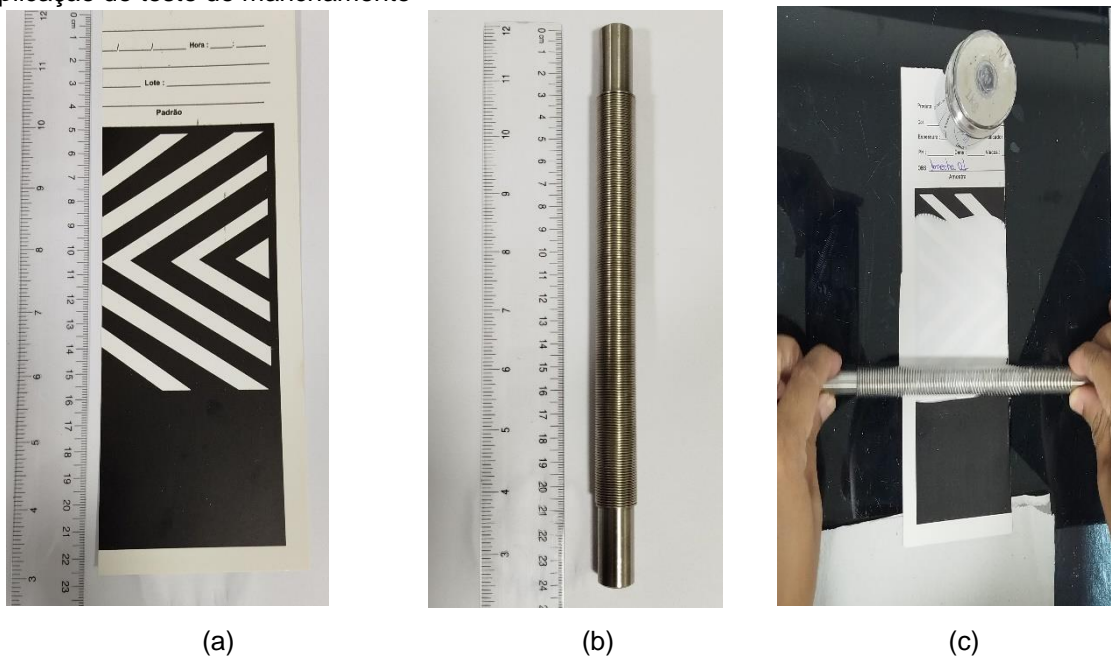


Fonte – Autor, 2025.

### 3.2.6.2.2 Teste de manchamento

A norma ABNT NBR 15304 (2005) descreve as diretrizes para o ensaio de avaliação de manchamento por água. O teste foi realizado de acordo com a Figura 23, Para o teste utilizou-se a cartela de aplicação preta com dimensões de 75x165mm, com auxílio do extensor espiral 100 microns e logo após, a tinta é aplicada sobre a cartela. O ensaio foi realizado em triplicata para todas as formulações.

Figura 23 - Materiais e equipamentos no teste de manchamento: a) cartela de aplicação, b) extensor e c) aplicação do teste de manchamento



Fonte – Autor, 2025.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERIZAÇÕES DAS MATÉRIAS-PRIMAS

#### 4.1.1 Absorção de Óleo (AO) e pH

A Tabela 12 ilustra os resultados da caracterização das cargas minerais e dióxido de titânio, resultados referentes a absorção em óleo e análise de pH.

Tabela 12 - Resultados de absorção em óleo e pH das cargas minerais.

Carga mineral	AO (g/100 g)	Desv. Padrão (AO)	pH	Desv. Padrão (pH)
TiO <sub>2</sub>	43	4,358899	9,06	0,346987
Caulim	57,66	2,516611	8,68	0,043589
PCC	97,33	4,932883	9,32	0,02
Dolomita	33,33	3,05505	9,306667	0,205508

Fonte – Autor, (2025).

Nos ensaios de absorção de óleo realizados para tais cargas minerais, podemos destacar os resultados da Dolomita com 33,33 a menor absorção dentre as amostras analisadas. No entanto, notavelmente, o PCC se destacou com o maior índice de absorção entre as cargas minerais testadas, atingindo 97,33. Resultados semelhantes são encontrados nos trabalhos de Preuss (2016), relacionando está essa capacidade ao tamanho das partículas, à estrutura e à natureza do pigmento ou da carga. O autor ressalta que o PCC, devido às suas características físico-químicas, também apresentadas na Tabela 5, tende a absorver mais óleo do que outras cargas, o que contribui para o aumento da opacidade nas formulações de tintas. Essa afirmação é corroborada por Silva et al., (2023), que também apontam o elevado poder de opacidade do PCC em razão de sua alta absorção de óleo. A análise de pH das cargas minerais revelou valores entre 8,66, para o caulim, e 9,44, para a Dolomita, caracterizando todos os materiais como alcalinos. Segundo Guedes (2018) e Karakaş et al. (2015), a manutenção da alcalinidade é essencial em formulações de tintas, pois valores de pH mais baixos podem favorecer a proliferação de fungos e bactérias, causar odores desagradáveis e comprometer a

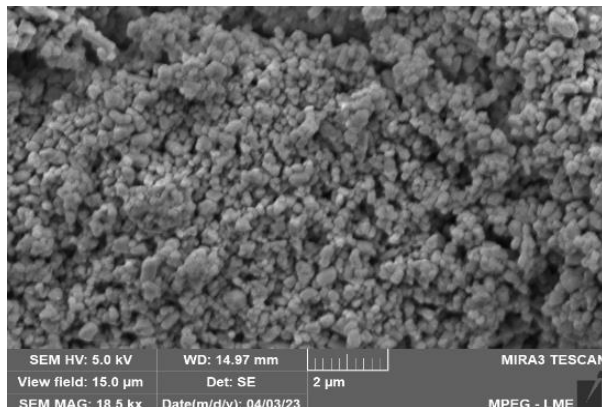
reologia do sistema. Além disso, a maioria dos polímeros em dispersão apresenta melhor estabilidade em faixas de pH entre 8,0 e 8,5, intervalo típico das tintas imobiliárias.

#### 4.1.2 Microscopia Eletrônica de Varredura – (MEV) com Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X (EDS)

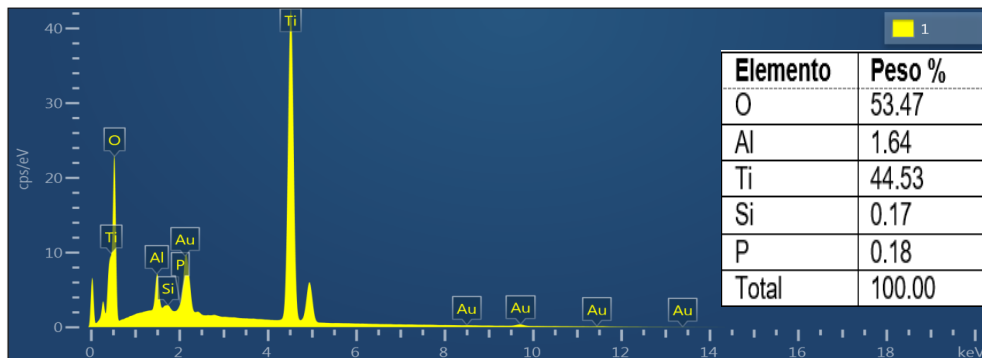
As caracterizações a seguir fornecem informações importantes sobre a morfologia e composição do dióxido de titânio e das cargas minerais, evidenciando suas propriedades e potencial de aplicação nas tintas.

A imagem a seguir (Figura 24) mostra a morfologia do dióxido de titânio, juntamente com sua análise por Espectroscopia de energia dispersiva de raios-X

Figura 24 - Micrografias obtidas por MEV do Dióxido de Titânio: a) Aumento de 18.500 x e b) Análise por EDS.



(a)



(b)

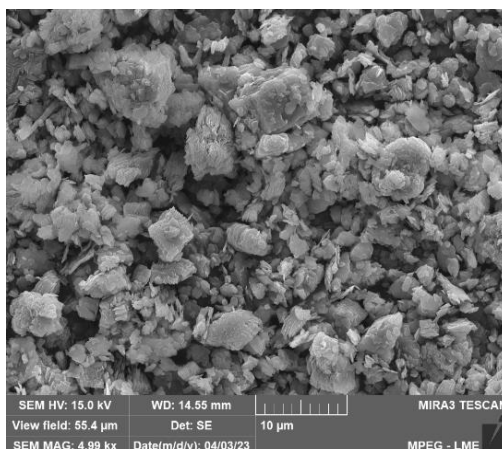
Fonte – Autor, (2024).

A MEV obtida com ampliação de 18.500 vezes, revela que as partículas apresentam morfologia predominantemente regular, com distribuição homogênea e forma esférica. Tais características estão de acordo com os resultados descritos por Gilioli (2019) e Alves (2024). O grau de aglomeração das partículas de  $\text{TiO}_2$  depende de fatores como o pH da suspensão, a força iônica, o tamanho das partículas e a concentração de partículas de acordo com (Venkov; Hadjiivanov, 2003 e Vishwanath et al., 2017).

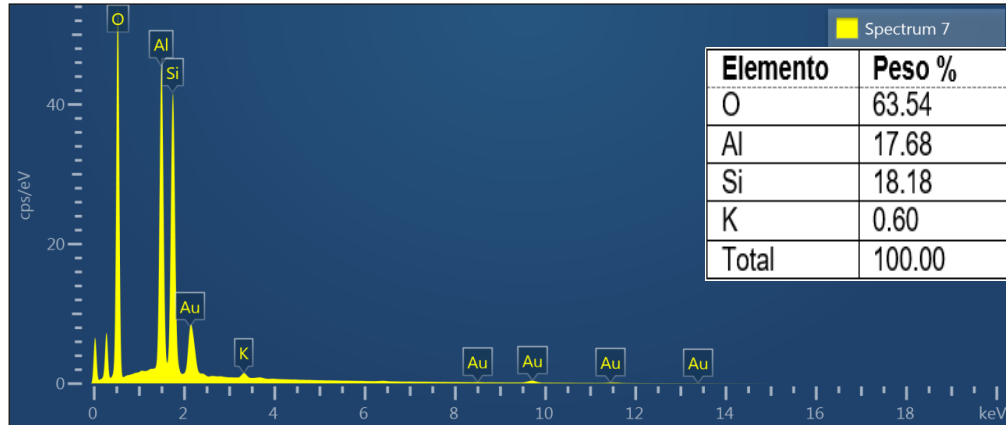
A análise por EDS, revelou que a amostra é constituída predominantemente por oxigênio (53,47%) e titânio (44,53%), indicando a predominância de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) na composição. Esses resultados estão em conformidade com a literatura para caracterização do  $\text{TiO}_2$ . Foram evidenciados a presença de elementos como alumínio (Al), silício (Si) e fósforo (P) em sua composição. Conforme apontado por Yu (2012), tais elementos podem ser atribuídos a impurezas provenientes da matéria-prima utilizada na síntese do material. Destaca-se, também, a detecção de picos de ouro (Au), cuja origem pode estar relacionada à preparação da amostra para análise em microscopia eletrônica. De acordo com Pinto (2006) e De La Calle (2017), é comum a deposição de uma fina camada de ouro sobre amostras não condutoras, como o  $\text{TiO}_2$ .

A caracterização morfológica e elemental do Caulim é ilustrado na Figura 25 (a) e (b), respectivamente.

Figura 25 - Micrografias obtidas por MEV do Caulim; a) Aumento de 4.990X e b) Análise por EDS.



(a)



(b)

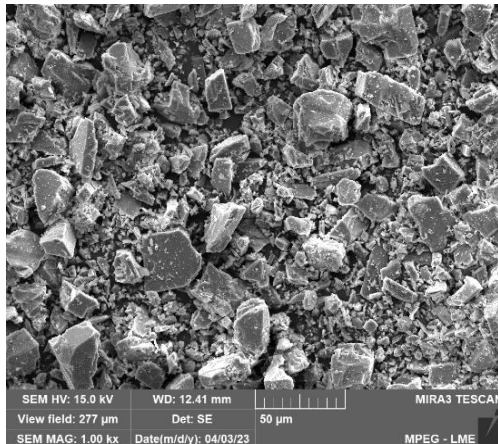
Fonte – Autor, (2024).

A micrografia obtida por MEV revela a morfologia típica do caulim, apresentando partículas com formato laminar, que se organizam em agregados e pilhas irregulares. Essa morfologia é característica da caulinita, o principal mineral do caulim, e reflete sua estrutura cristalina em camadas. O tamanho das partículas observado está na faixa micrométrica, condizente com as características descritas por Bertolino (2012) e por Ferreira (2020).

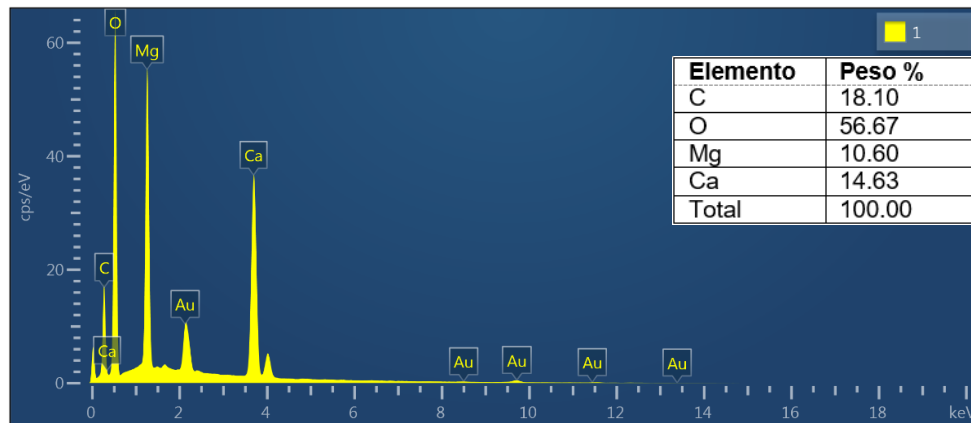
A análise elementar por EDS, permitiu a identificação e quantificação dos principais elementos presentes na amostra. O espectro confirmou a predominância de Oxigênio (O, 63.54%), Alumínio (Al, 17.68%) e Silício (Si, 18.18%) respectivamente, elementos que compõem a estrutura fundamental da caulinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ). Essa composição está em conformidade com os dados descritos na literatura para o caulim puro segundo Schwartz (2021) e Faria (2019). Adicionalmente, foi identificada uma pequena concentração de potássio (K) na amostra, sugerindo a presença de impurezas minerais como micas ou feldspatos residuais. Estudos recentes mostram teores de  $\text{K}_2\text{O}$  similares em caulins naturais: cerca de 0,09% em caulim série de carvão (LI et al., 2023) e aproximadamente 0,70% antes da ativação térmica em amostras de caulim natural descritos por Barbosa & Rodrigues (2024).

A imagem a seguir (Figura 26 a e b) mostram a morfologia da Dolomita, juntamente com sua análise por EDS.

Figura 26 - Micrografias obtidas por MEV da Dolomita: a) Aumento de 1000x e b) Análise por EDS



(a)



(b)

Fonte – Autor, (2024)

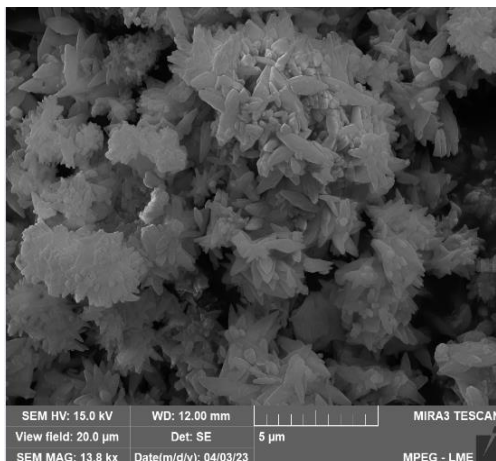
A Dolomita in natura apresenta superfície áspera, partículas com morfologia irregular e ampla variação de tamanho, incluindo algumas com extremidades pontiagudas, conforme descrito por Sauffi et al. (2020). Já a Figura 26 (b) mostra o espectro de EDS obtido a partir de uma microrregião da Dolomita. Observa-se, na imagem correspondente, a presença de partículas com granulometria distinta e variação no brilho, o que pode indicar heterogeneidade composicional e/ou estrutural.

Além disso, a análise por EDS permitiu a identificação dos elementos presentes na amostra, evidenciando a presença de oxigênio (O), cálcio (Ca), carbono (C) e magnésio (Mg). A presença desses elementos é compatível com a constituição típica da Dolomita, sugerindo a ocorrência de óxidos, como óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO), além de possíveis carbonatos, como

carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ). O teor de carbono observado na microrregião analisada foi de 18,10%, reforçando a hipótese da presença de compostos carbonáticos na estrutura da amostra (BONFIM, 2022; VINHAL, 2019).

A análise morfológica do Carbonato de Cálcio Precipitado pode ser visto na Figura 27, com os aumento de 13.800X.

Figura 27- Micrografias obtidas por MEV do Carbonato de Cálcio Precipitado. a) Aumento de 13.800X

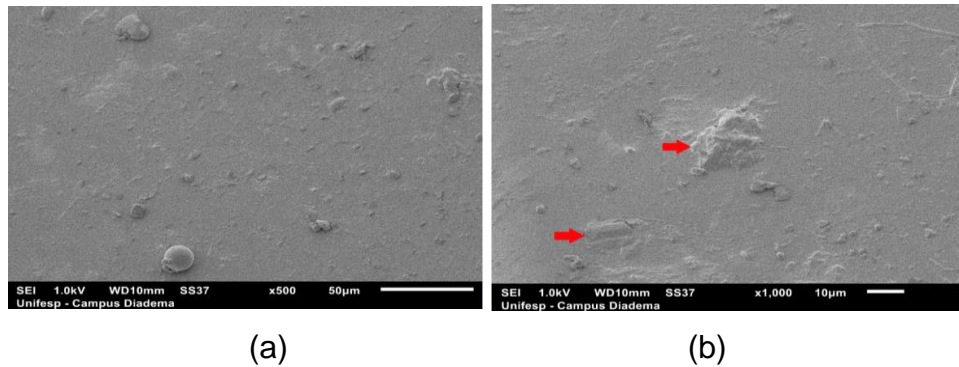


Fonte – Autor, (2024)

O mineral exibiu uma morfologia escalenoédrica, característica notada também em estudos anteriores, como os de Oliveira (2009) e Thriveni (2014). Essa é uma morfologia típica para este material, embora seja importante observar que suas partículas apresentam tamanhos e formatos distintos. Ressalta-se que o carbonato de cálcio é um material que pode ser encontrado em diversos polimorfos, sendo a calcita escalenoédrica uma de suas formas bem definidas.

A Figura 28 apresenta micrografias de resina acrílica obtidas por MEV, com ampliação de 500X e 1.000X.

Figura 28 - Micrografias obtidas por MEV da Resina Acrílica: a) Aumento de 500X e b) 1.000X



Fonte – Autor, (2024)

A imagem com aumento de 500x, mostra uma superfície relativamente uniforme com algumas partículas distantes. A imagem com aumento de 1000x, podemos observar nesta microrregião, algumas áreas com texturas mais complexas e partículas destacadas por setas vermelhas. Conforme Santarelli, (2018); Supichaya, Niwut e Apa, (2018) e Matos (2024) as resinas acrílicas têm irregulares configurações de polimerização. Elas são produzidas através de processos químicos que resultam em cadeias moleculares estáveis e duráveis. Uma característica distintiva das resinas acrílicas é a formação de uma emulsão. Elas são provenientes de reações de polimerização e copolimerização de monômeros acrílicos, ou seja, elas são formadas a partir de ligações covalentes entre monômeros derivados dos ácidos acrílicos e metacrílicos. Neste processo algumas partículas de polímero se juntam e se agrupam, formando aglomerados maiores, indicados na Figura 28 (b) com setas vermelhas.

#### 4.1.3 Fluorescência de Raios-X (FRX)

A análise química do caulim utilizado nas formulações de tinta, realizada por Fluorescência de Raios X (FRX), permitiu identificar os principais óxidos presentes na amostra, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 83 - Fluorescência de Raios X carga mineral Caulim.

Carga	MgO	Concentração dos óxidos (% Massa)										
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ZrO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	PF(%)
<b>CAULIM</b>	1,77	39,64	52,68	--	1,93	0,56	0,33	--	--	0,53	2,5	0,24

Fonte – Autor, (2024).

Os resultados indicam que o material é majoritariamente composto por dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), com concentração de 52,68%, e óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), com 39,64%. Além disso, observou-se a presença de 1,93% de óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), característica típica de caulins naturais, atribuída à presença de minerais micáceos ou feldspáticos residuais (SILVA, 2021; LUZ; LINS, 2008).

Adicionalmente, é possível perceber que há um baixo teor de óxido de ferro, o que explica a cor branca do mineral, bem como um baixo valor de outros óxidos metálicos, como o  $\text{K}_2\text{O}$  e a ausência do  $\text{TiO}_2$ . Como o caulim ocorre associado a diversas impurezas, torna-se necessário a realização de processos de beneficiamento, a fim de adequá-lo às especificações de mercado e aplicações industriais (SOUSA, 2020).

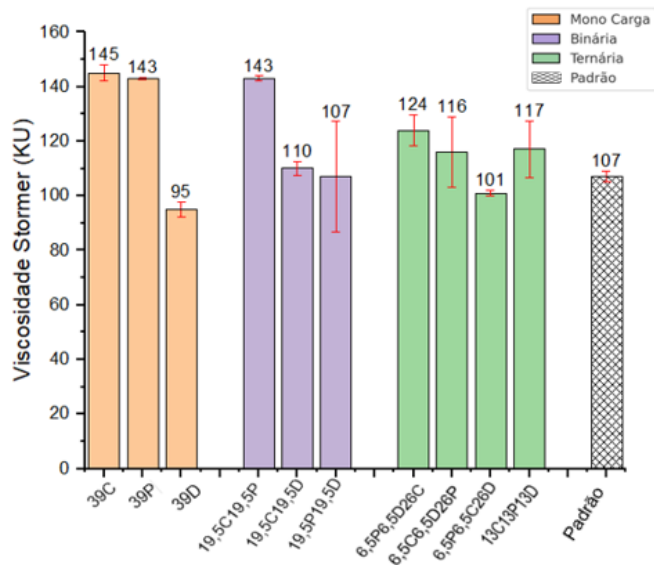
## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA TINTA FORMULADA

### 4.2.1 Viscosidade Stormer, pH e Peso Específico

Os resultados das análises de viscosidade Stormer, pH e peso específico são exibidos, respectivamente, nas Figuras 29, 30 e 31. Os dados foram agrupados em três categorias: mono, binária e ternária, para comparação com a tinta de referência (padrão).

O gráfico da viscosidade Stormer das formulações e da tinta de referência é apresentado na Figura 29.

Figura 29 - Gráfico da viscosidade Stormer das misturas e padrão



Fonte – Autor, (2025).

Dentre as mono cargas a inclusão do caulim apresentou um aumento na viscosidade, resultando em tintas com alta viscosidade. Promovendo um acréscimo 35,5% em comparação a formulação de referência. Essa característica foi evidenciada também nas amostras binárias e ternárias com maior proporção de Caulim, como a composição 6,5P6,5D26C, que expressou um aumento de aproximadamente 15,9% na viscosidade em comparação ao valor de referência.

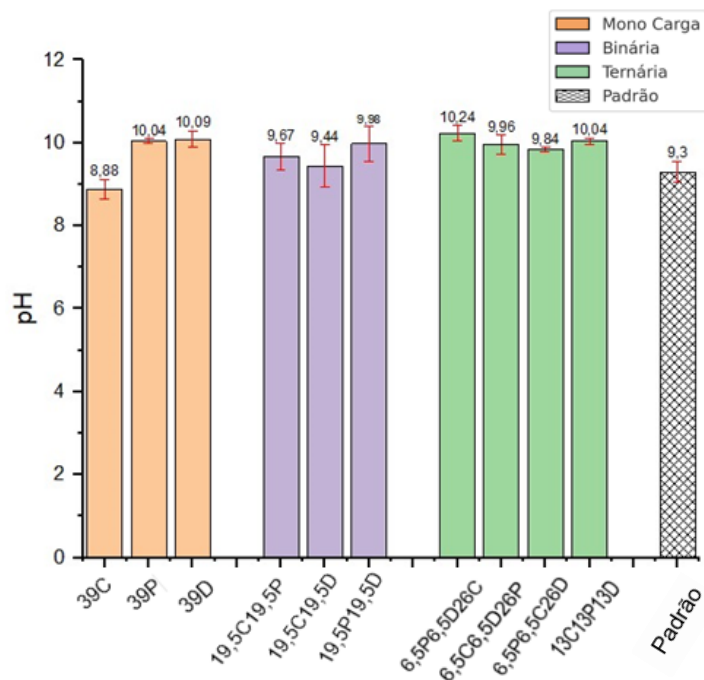
A presença da Dolomita nas formulações resultou em tintas mais fluidas nas três categorias apresentadas. O PCC atuou como carga com efeito intermediário sobre a viscosidade. Na composição binária 19.5C19.5P, a presença do PCC em partes iguais ao Caulim manteve a viscosidade elevada (143 KU), o que sugere que o PCC não compromete a estrutura reológica gerada pelo Caulim. Entretanto, quando associado à Dolomita na formulação 19.5P19.5D, observou-se uma redução dos valores de viscosidade, alcançando 107 KU. Indicando que o PCC isoladamente não é suficiente para promover o aumento da viscosidade na presença de uma carga predominantemente fluida como a Dolomita.

Conforme Tressmann (2019), Partículas com diferentes granulometrias podem melhorar o empacotamento do filme da tinta e possibilitar a formação de misturas com alto teor de sólidos e ao mesmo tempo com baixa viscosidade. Podendo-se notar que a quantidade e tipo de carga mineral adicionada influenciam muito na viscosidade da tinta. Sendo o tipo o fator de maior impacto. Sendo evidenciado nas

amostras ternárias que a viscosidade aumenta com a proporção de Caulim, e tende a diminuir com o aumento das proporções de Dolomita e PCC de acordo com Cizeski (2023) e Lucas (2024). Adicionalmente, o estudo de Machado (2021), acrescenta que a relação entre o teor de sólidos e a viscosidade aparente depende ainda das propriedades das resinas utilizadas.

O gráfico dos resultados de pH das formulações e da tinta de referência é apresentado na Figura 30.

Figura 30 - Gráfico de pH das misturas e padrão



Fonte – Autor, (2025).

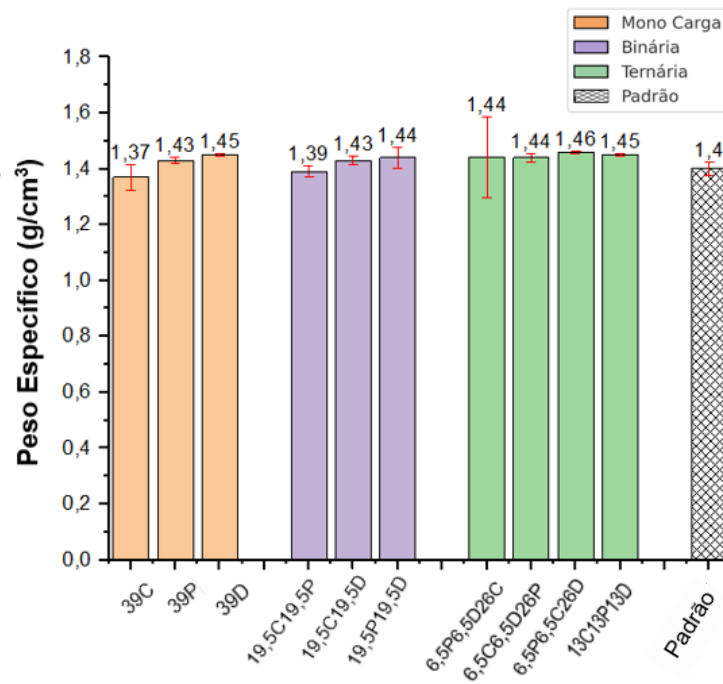
Os valores de pH das amostras de tintas variam entre valores de 8,88 e 10,24 e possuem baixo desvio padrão conforme observado na Figura 30. Todas as amostras apresentaram resultados alcalinos. Dentre as mono cargas a amostra 39 C obteve o menor pH, apresentando uma diferença percentual de redução de 4.3% em relação a amostra de referência. As misturas mono cargas contendo Dolomita e PCC exibiram valores bem próximos com diferença percentual de 0,49% entre elas. Nas amostras binárias e ternárias pode-se observar uma diminuição do pH resultante da adição do caulim.

Este comportamento das tintas é devido em parte às forças elétricas entre partículas, que são definidas em parte pelo pH do fluido circundante (KARAKAS e CELIK, 2018). No processo de fabricação de tintas, há alguns fatores que podem

contribuir com a desestabilização do produto. Verifica-se essa desestabilização com a medição do pH. A diminuição do pH comparado com o padrão, traz consequências indesejadas como crescimento de microrganismos e consequentemente mau cheiro, baixa qualidade de cor, película com baixa aderência e baixo brilho. Por isso, nesse procedimento, o pH deve ser controlado e no final do processo tem de ser ajustado para os limites adequados (limite padrão de 9,20 a 9,80) para conseguir uma boa estabilidade (MOURA, 2021; GUEDES, 2018).

O gráfico dos resultados do peso específico das formulações e da tinta de referência é apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Gráfico de peso específico das misturas e padrão



Fonte – Autor, (2025).

O peso específico é uma propriedade fundamental para entender o comportamento de diferentes materiais. A partir da análise da Figura 31, os resultados indicam que a Dolomita quando trabalhada de forma isolada (39 D) apresenta a maior massa específica 1,45 g/cm<sup>3</sup>, enquanto o caulim (39 C) exibiu 1,37 g/cm<sup>3</sup>. O PCC apresentou valores intermediários com diferença de 1,38% menor em relação à carga de maior peso específico.

Esse comportamento das cargas minerais se repetiu quando trabalhadas de forma combinada, nas formulações binárias e ternárias apresentam valores

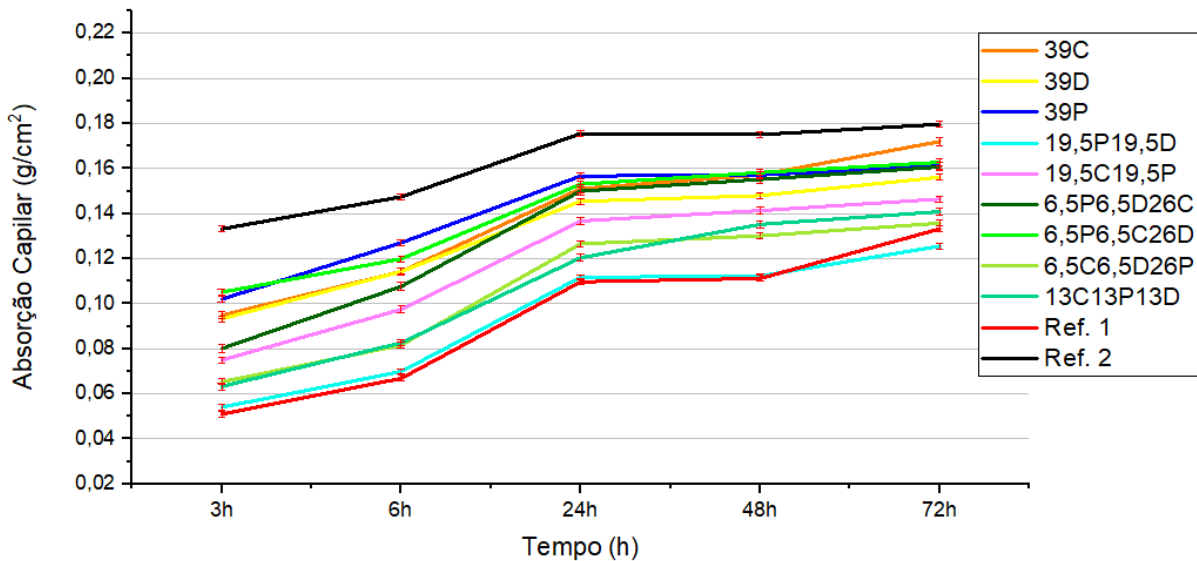
intermediários, com variações dependendo da proporção de cada componente. Em misturas contendo maior percentual de Dolomita resultaram em tintas com maiores pesos específicos, como por exemplo, mistura 6,5P6,5C26D, apresentou uma massa específica relativamente alta (1,44 g/cm<sup>3</sup>), enquanto a presença do Caulim apresenta um potencial de redução, sendo sua mistura binária com a presença de PCC, resulta em uma massa específica mais baixa (1,39 g/cm<sup>3</sup>). A mistura ternária com as mesmas proporções de cargas minerais obteve resultado próximo a formulação mono carga 39D. Para as demais misturas ternárias, não houve diferenças significativas como redução ou aumento do pesos específicos. Os resultados estão em concordância com De Matos (2024), a variação de massa específica observada está relacionada às diferentes densidades das cargas minerais utilizadas. Os valores de massa específica obtidos estão relacionados à maior densidade da Dolomita em comparação às demais cargas. Com tudo, a maioria das formulações estava de acordo com os padrões estabelecidos ABNT NBR 5829:2014. Os padrões referentes ao peso específico para tintas Standard de 1,40 g/cm<sup>3</sup> a 1,46 g/cm<sup>3</sup> (Moura, 2021).

#### 4.2.2 Determinação da absorção de água por capilaridade

Os resultados a seguir mostram dados de absorção de água de corpos de prova para determinar se as tintas utilizadas tem influência significativa na redução da absorção. Foram avaliadas doze amostras: uma tinta comercial representada pela sigla (Ref.1), uma amostra de referência sem pintura representada por (Ref.2), e dez formulações pré-definidas neste estudo.

Após realizar o ensaio, os dados obtidos foram aplicados nas equações (2) para absorção de água por capilaridade, resultando nas médias apresentadas na Figura 32.

Figura 32- Gráfico de absorção de água por capilaridade dos corpos de prova cilíndricos.



Fonte – Autor, (2025).

Ao analisar os resultados da absorção capilar foi evidenciado em todas as formulações um aumento progressivo na massa de água absorvida ao longo do tempo, atingindo tendência de estabilização após 48 h. Ao final de 72 horas, as formulações com mono cargas 39C, 39D e 39P apresentaram absorções de 95,73%, 86,93% e 89,77%, respectivamente. Esses valores foram superiores à absorção da tinta de referência, que registrou 74,14%. Sugerindo uma menor eficácia dessas cargas quando trabalhados de forma isolada, resultando em um aumento da absorção capilar, mostrando um desempenho menos eficaz.

Em contraste, as formulações binárias apresentaram maior redução na absorção. A mistura 19,5P19,5D foi a mais eficaz dentre as formulações desse estudo, como redução final de 30,12%, superando a tinta comercial de referência em 4,26 pontos percentuais (que teve redução de 25,86%). A mistura 19,5C19,5P também obteve um resultado positivo, com uma absorção de 81,53%.

No grupo das formulações ternárias, a mistura 6,5C6,5D26P foi a que mais se aproximou da tinta de referência, com absorção de 75,56%. A formulação 13C13P13D também apresentou um resultado próximo, com 78,40%. As demais formulações apresentaram comportamentos intermediários, com diferenças discretas, mas observando-se que aquelas contendo combinações de cargas

minerais e pigmentos tendem a reduzir a absorção quando comparadas com a amostra referência (Ref. 2) que obteve uma absorção de 100%.

Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Perraro (2017) e Silva (2023). Perraro (2017) verificou que as amostras de referência (sem pintura) absorveram um percentual maior de água por capilaridade, o que demonstra a permeabilidade de superfícies sem proteção. Além disso, a presença de uma camada de tinta nos corpos de prova proporcionou menor absorção de água, sendo que as tintas com maior teor de sólidos foram as que apresentaram o melhor desempenho, com menor absorção de água por capilaridade.

Para Thomazini Filho (2019) o comportamento impermeabilizante se dá a medida que a amostra absorve grande quantidade de água nas primeiras horas, e posteriormente essas taxas de absorção são reduzidas. Sendo assim, com os resultados dos ensaios constatou-se que a aplicação dos produtos diminuiu notavelmente a absorção de água por capilaridade dos corpos de prova.

#### 4.2.3 Teste de manchamento

O teste de manchamento proporciona, de maneira indireta, verificação da ausência ou presença de manchas. De acordo com a norma para a execução deste ensaio, as formulações não apresentaram manchas visíveis após a realização do ensaio, conforme mostra a Figura 33.

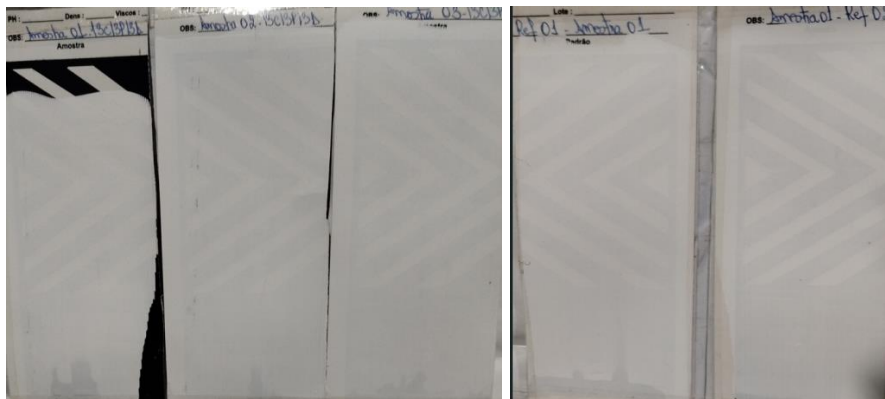
Figura 33 - teste de manchamento: a) Escoamento da água no teste de manchamento. b) Cartelas após a aplicação da água. c) amostras ternária com 13C,13P13D. d) Tintas de referência.



(a)



(b)



(c)

(d)

Fonte – Autor, (2025).

Foram encontrados resultados semelhantes ao estudo de Dos Santos (2023), O teste de manchamento não resultou em diferenças entre as formulações estudadas, fazendo com que nenhuma das misturas apresentasse manchas ao logo do ensaio resultando na eficiência da resina para esta aplicação. Entretanto, de acordo com Silvano (2019), tintas com cores intensas apresentam maior facilidade em manchamento devido a elevada concentração de resina e pigmentos.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs fazer um estudo e avaliação do desempenho de tintas industriais com variação de cargas minerais em relação as suas propriedades físico-químicas. A partir dos resultados, pode-se concluir:

- Para as análises das cargas minerais, no teste de absorção em óleo, foi evidenciando que quanto maior o valor de absorção em óleo, maior será a quantidade de resina absorvida pela carga mineral. Portanto a amostra que conteve a maior absorção foi a de PCC e a conteve a menor absorção foi a Dolomita. Em relação ao pH dessas amostras, todas apresentaram pH alcalino e estão diretamente ligadas a estabilidade, durabilidade e qualidade final da tinta.
- A Microscopia Eletrônica de Varredura juntamente com a análise de EDS possibilitou verificar a morfologia e quantificar os elementos presentes na amostra de pigmento, cargas minerais e na resina acrílica mostrando resultados que estão concordância com a literatura para a aplicação em tintas.
- Os resultados para Viscosidade Stormer para misturas binárias e ternárias indicam que a viscosidade aumenta com a presença de Caulim, diminuiu de forma razoável com adição de PCC e se mantém em valores mais baixos quando adicionado Dolomita.
- Os resultados do pH das formulações, indicaram que estas estão dentro dos padrões estabelecidos pelas normas e a literatura. Nas amostras binárias e ternárias pode-se observar uma diminuição do pH resultante da adição do caulim.
- Ensaio de determinação de capilaridade mostrou que a proteção superficial com tinta resultou em uma perceptível redução da absorção de água por capilaridade. Apresentando melhores resultados para amostra binária 19,5% de PCC e 19,5% de Dolomita, as amostras ternárias com 26% de PCC e 13% de Caulim 13% de PCC e 13% de Dolomita. Materiais com menor absorção capilar tendem a ser mais resistentes à umidade e infiltração, o que é importante para a durabilidade das estruturas.

- As formulações demonstraram alta resistência à mancha e não apresentando manchas visíveis após a realização do ensaio, mantendo sua superfície uniforme.
- A mistura binária 19,5% de PCC e 19,5% de Dolomita é indicada para ambientes internos e externos, à baixa absorção de água garante que essas superfícies não fique encharcadas, protegendo-o e evitando que a umidade se transfira para as paredes internas do imóvel, sendo adequada também para salas, quartos e cozinhas.
- As amostras ternárias com 26% de PCC e 13% de Caulim 13% de PCC e 13% de Dolomita são apropriadas para diversas aplicações em áreas internas com pouca umidade, sendo indicada para paredes internas de salas e escritórios.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados deste estudo, algumas sugestões para novas pesquisas incluem:

- Avaliar o comportamento das tintas formuladas na presença de pigmentos ativos, com foco na ocorrência de manchas de descoloração (amarelamento e clareamento);
- Avaliar a influência de outros tipos de resina na formulação;
- Realizar ensaios que medem a durabilidade da tinta, resistência a abrasão e de porosidades das tintas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAFATI. **O setor de tintas no Brasil**. 2024. Disponível em: <https://abrafati.com.br/dados-do-setor/>. Acesso em: 25/02/2025

ABRAFATI - **Mercado de tintas**. Disponível em: <https://abrafati.com.br/vendas-de-tintas-cresceram-34-em-2023/>. Acesso em: 12 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11702**: Tintas para construção civil: tintas, vernizes, texturas e complementos para edificações não industriais: classificação e requisitos. Rio de Janeiro, 2019a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 12554** – Tintas para edificações não industriais – terminologia. 4. ed. Rio de Janeiro, 14 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15079**: Tintas para construção civil - Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais – Tintas látex nas cores claras. Rio de Janeiro, 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15304**: – Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Avaliação de manchamento por água. ABNT, 2005.

ALENCAR, A. C.; SILVESTRINI, R.; GOMES, J. C. A.; SAVIAN, G. A. Amazônia em chamas: o novo e alarmante patamar do desmatamento na Amazônia. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM-Amazônia), 2022. (**Nota Técnica, n. 9**).

ALVES, Luzirene Teotonio. **O uso de dióxido de titânio como material fototérmico em sistemas de dessalinização solar**. 2024. 1 v. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - PPGCTA) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2024. Disponível em: <https://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/5096>. Acesso em: 30 dez. 2024.

BARBOSA, A. S.; RODRIGUES, M. G. F. Synthesis of NaA Zeolite: Conventional Route and Green Route. **Catalysis Research**, v. 4, n. 1, p. 002, jan. 2024. DOI: 10.21926/cr.2401002

BAUER, Elton; SOUZA, Jéssica Siqueira; MOTA, Larissa Mara Gonçalves. **Degradação de fachadas revestidas em argamassas nos edifícios de Brasília, Brasil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 283-298, dez. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Impactos à mudança do clima da região Norte envolvem resiliência da Amazônia. Brasília, DF: **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**, 20 set. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2021/09/impactos-a-mudanca-do-clima-da-regiao-norte-envolvem-resiliencia-da-amazonia>. Acesso em: 22 abr. 2024.

BONFIM, G. A. **Avaliação da incorporação de dolomitas saturadas com solução aquosa de fosfato de potássio e sua aplicação em polímeros absorventes**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2022.

BUCHMANN, Gláucia Santos. **Comparação dos impactos ambientais de formulações de tintas com a aplicação da avaliação do ciclo de vida**. 2018. 1 Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

CAMPOS, Débora De Pellegrin et al. **Avaliação da aderência de tintas brancas base solvente em diferentes substratos utilizados em rotogravura e flexografia**. Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC, Criciúma, v. 14, n. 1, p. 1-13, jan./jun. 2022. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Artigo\\_%28gram%C3%A1tica%29](https://pt.wikipedia.org/wiki/Artigo_%28gram%C3%A1tica%29). Acesso em: 02/ fev. 2025.

CASTRO, Carmen Dias. **Estudo da influência das propriedades de diferentes cargas minerais no poder de cobertura de um filme de tinta**. 2009. 157 f. Tese (Doutorado em Engenharia: Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CHRISTIE, Robert; ABEL, Adrian. **Organic pigments: general principles. Physical Sciences Reviews**, New York, v. 6, n. 12, p. 807-834, 2021.

CIZESKI, Letícia Delfino. **Influência de cargas minerais na formulação de tintas industriais**. 2023. 50 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário Barriga Verde (UNIBAVE), Orleans, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unibave.edu.br/handle/tede/1400>. Acesso em: 30 jun. 2024.

DÁRIO, Bruno Soares. **Estudo de adsorção de surfactantes sobre partículas de dióxido de titânio e seu desempenho na estabilização de dispersões aquosas**. 2021. 1 v. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46136/tde-08112021-150345/en.php>. Acesso em: 13 jun. 2024.

DAROS, Rafael Guglielmi. **Estabilização de cargas minerais para produção de Slurries utilizados em tintas acrílicas arquitetônicas base água**. 2016. 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/5023>. Acesso em: 05 de maio. 2025.

DASSOLER, Daniel et al. Avaliação de cargas minerais para utilização como extensores de dióxido de titânio em tintas epóxi. *Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC*, Criciúma, v. 4, n. 1, p. 185-211, jan./jun. 2019

DE LA CALLE, Inmaculada et al. Screening of TiO<sub>2</sub> and Au nanoparticles in cosmetics and determination of elemental impurities by multiple techniques (DLS, SP-ICP-MS, ICP-MS and ICP-OES). *Talanta*, v. 171, p. 291-306, 15 ago. 2017.

DE MATOS, Cynthia Barbosa da Silva. **Avaliação de carga mineral esférica e lamelar nos parâmetros de qualidade de massa com efeito marmorizado**. 2024. 1 v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

DIAS, P. ; CARNEIRO, C. ; ANDRADE L.. **Characterization of a water-based paint for corrosion protection**. *Journal of Coatings Technology and Research*, v. 9, n. 3, p. 345–356, 2012. DOI: 10.1007/s11998-011-9388-0.

DIEBOLD, U. The surface science of titanium dioxide. **Surface Science Reports**, Amsterdam, v. 48, n. 2-6, p. 53-229, nov. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0167-5729\(02\)00100-0](https://doi.org/10.1016/S0167-5729(02)00100-0). Acesso em: 17 maio 2025.

Distribuidora Industrial Paraense. **Especificações técnicas do dióxido de titânio Anatase**. Disponível em: <https://www.dipaquimica.com.br/oxidos/dioxido-de-titaneo-anatase>. Acesso em: 04 fev. 2022.

Distribuidora Industrial Paraense. **Especificações técnicas do dióxido de titânio Rutilo**. Disponível em: <https://www.dipaquimica.com.br/oxidos/dioxido-de-titaneo-rutilo>. Acesso em: 04 fev. 2022.

DOS SANTOS, Sabrina et al. Estudo da eficiência da resina elastomérica para eflorescência e intemperismo em tintas imobiliárias à base água. **Revista Vincici – Periódico Científico do UniSATC**, v. 8, n. 1, p. 212–232, 2023 .

FARDI, Theodora et al. A novel methodological approach for the assessment of surface cleaning of acrylic emulsion paints. **Microchemical Journal**, v. 141, p. 25–39, 2018.

FARIA, Fernanda Cardoso de; SCHMID, Aloísio Leoni; MIRANDA, Isabela Pagani Heringer de. **Avaliação das características e resistência à abrasão de tintas imobiliárias formulados com pigmento de Curcuma Longa L. Ambiente Construído**, v. 24, 2024

FARIA, Rodrigo Alchaar de. **Beneficiamento e caracterização do caulim da região do Prado (BA)**. 2019. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

FAZENDA, Jorge M. R. **Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2021.

FAZENDA, J.M.R.; DINIZ, F.D. Introdução, história e composição básica. Tintas: Ciência e tecnologia. In: FAZENDA, J.M.R. (Org.). **Tintas: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Blucher, 2009. Cap. 1, p. 4-10.

FAZENDA, Jorge M. R. et al. **Tintas e Vernizes: Ciências e Tecnologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2013.

GÁZQUEZ, Manuel Jesús; MORENO, Silvia María Pérez; BOLÍVAR, Juan Pedro. TiO<sub>2</sub> as white pigment and valorization of the waste coming from its production. In: SHAHPARAST, Shahin (ed.). Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and its applications. Cambridge: **Elsevier**, 2021. cap. X, p. 155–174.

GILIOI, André Luiz. **Desenvolvimento de membranas vítreas porosas impregnadas com TiO<sub>2</sub> visando obter propriedades catalíticas para tratamento de efluentes**. 2019. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Londrina, 24 jun. 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12240>. Acesso em: 27 jul. 2024.

GNECCO, C. Ensaio em tintas anticorrosivas (CETA). Associação Brasileira de Corrosão – **ABRACO**, 2021. Disponível em: <http://www.abraco.org.br/2021>. Acesso em: 02 fev. 2024.

GUEDES, Maécio Rodrigues. **Estudo dos processos de coagulação, floculação e decantação para o tratamento de efluentes gerados em uma indústria de tintas local**. 2018. 48 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, ago. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13229>. Acesso em: 01 fev. 2025..

HARE, L. B. Mixture design applied to food formulation: a review. *Food Technology*, Chicago, p. 50-55, mar. 1974.

HOLANDA, Leonardo Lopes et al. **Aumento da produtividade na linha de complementos imobiliários através da coleta e análise de dados**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL (CBGTI), 3., 2023, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: Centro Universitário Estácio do Ceará, 2023. p. 1-13. Disponível em: <https://anaiscbgti.com.br/index.php/cbgti/article/view/82/87>. Acesso em: 17 agost. 2024.

IFIJEN, Ikhazuagbe H. et al. Review on solvents based alkyd resins and water borne alkyd resins: impacts of modification on their coating properties. *Chemistry Africa, Cham*, v. 5, n. 2, p. 301-316, jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42250-021-00271-w>. Acesso em: : 17 agost. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contas de Ecosistemas: o uso da terra nos Biomas Brasileiros 2000-2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101753\\_folder.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101753_folder.pdf). Acesso em: 26 jul. 2024.

JÚNIOR, Hudson Santos Menezes et al. **Desenvolvimento de argamassas de reboco com a incorporação de caulim natural**. In: SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (SNCT) DO IFS, 2020, Aracaju. Anais [...]. Aracaju: IFS, 2020. p. 1-10. Disponível em: [https://snct.ifs.edu.br/anais/downloads/2020/desenvolvimento\\_de\\_argamassas\\_de\\_reboco.pdf](https://snct.ifs.edu.br/anais/downloads/2020/desenvolvimento_de_argamassas_de_reboco.pdf). Acesso em: 26 jul. 2024.

KARAKAS, F.; CELIK, M.S. **Stabilization mechanism of main paint pigments**. *Progress in Organic Coatings*, v. 123, p. 292-298, 2018.

LI, Jiaquan; HUANG, Zhiwei; WANG, Qian; ZHANG, Fengnian; MIAO, Yang; GAO, Feng. **Sintering inhibition and oil-absorption properties of calcined coal-series kaolin**. *Clay Minerals*, v. 58, n. 1, p. 57-66, mar. 2023. DOI: 10.1180/clm.2023.10

LOPEZ, Ariel Brandt. **Controle da dispersão de pigmentos através da técnica de transmissão da luz**. 2023. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário Barriga Verde (UNIBAVE), Orleans, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unibave.edu.br/handle/tede/1402>. Acesso em: 26 jul. 2024.

LÓPEZ-ARCE, P.; GÓMEZ-VILLALBA, L. S.; MARTÍNEZ-RAMÍREZ, S.; ÁLVAREZ DE BUERGO, M.; FORT, R. Influence of relative humidity on the carbonation of calcium hydroxide nanoparticles and the formation of calcium carbonate polymorphs. *Powder Technology*, Amsterdam, v. 205, p. 263-269, jan. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.09.026>. Acesso em: 1 agost. 2024.

LUCAS, Mathaus Moraes et al. **Caracterização de tintas industriais aplicadas na região amazônica a partir de análises físico-químicas, mecânicas e de durabilidade**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Materiais) Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Ananindeua, 2024.

**LUZ, A. B.; LINS, F. A. F.** Caulim. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (org.). *Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. cap. 15, p. 353–387.

MACHADO, A. M. L.; NORBERTO, C. C.; FILHO, F. E. D. **Estudo comparativo entre os parâmetros reológicos de tintas acrílicas arquitetônicas**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 223-240, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212022000100589>. Acesso em: 1 agost. 2024.

MACIEL, CARLOS A. **ENSAIOS DE INTEMPERISMO ACELERADOS**. Portal TS, 2021. Disponível em: <https://www.portaltts.com.br/ensaios-de-intemperismo-acelerados>. Acesso em: 18/08/2024.

MADEIRO, Roberto Martins. **Estudo para a melhoria do poder tintorial de pasta aquosa amarelo óxido e vermelho óxido para uso em tintas**. 2024. 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário Barriga Verde (UNIBAVE), Orleans, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unibave.edu.br/handle/tede/1529>. Acesso em: 1 agost. 2024.

MADUREIRA, Sara et al. Maintenance planning of facades in current buildings. *Construction and building materials*, v. 147, p. 790-802, 2017.

MATOS, Mariana. **Uma visão química das tintas imobiliárias e sua questão ambiental**. 2017. Monografia (Especialização em Química) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2017.

FILHO, Elizeu Alves Mazzo. **Análise de variáveis a fim de otimizar a formulação de tintas imobiliárias econômicas em termos de resistência à abrasão e cobertura**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MBOA, Eduardo Boaventura. **Análise qualitativa e quantitativa dos impactos ambientais causados pela matéria-prima durante o processo da fabricação das tintas**. 2022. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU), Manaus, 2022. Disponível em: <https://repositorio.sereduc.com/handle/123456789/22020>. Acesso em: 1 agost. 2024.

MELO R. H.; SILVA, M. C.; FALCÃO J. F., BERSCH J. D. **Performance and durability of paints for the conservation of historic façades**. *Buildings*, v. 14, n. 4, p. 1016, 2024. DOI: 10.3390/buildings14041016.

MENDES, Rui Fernando Alves. **Caracterização de Materiais por Py-GC/MS e Controle de Qualidade em Tintas**. Dissertação (Mestrado em Métodos Avançados e Acreditação em Análise Química) Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2022.

MORAIS, Carlos Drumond do Nascimento. Principais patologias causadas pela umidade na alvenaria e a importância da impermeabilização como medida preventiva. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 27958-27971, 2021.

MOREIRA, Roberto Alexandre Oliveira. **Análise estatística da variação da granulometria no processo de fabrico de tinta em pó**. 2020. 1 v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2020.

MOURA, Allana Souza de et al. **Especificação técnica e avaliação físico-química de tintas imobiliárias à base de água**. 2021. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário do Norte (UNINORTE), Manaus, 2021. Disponível em: <https://repositorio.sereduc.com/handle/123456789/7243>. Acesso em: 27 de . out. 2024.

MOURA, Hellen Regina de Carvalho Veloso. **Influência dos aditivos biocidas e dispersantes no desempenho e na durabilidade de tintas látex produzidas com resíduo de granito**. 2023. 1 v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://repositorio.cefetmg.br/handle/prefix/2744>. Acesso em: 29 jul. 2024.

MÜLLER, B.; POTH, U. Part I. Basics. In: Coatings Formulation. Hanover: **VincentzNetwork**, 2019. p. 13374.

OLIVEIRA, A. S.; DWECK, J.; FAIRBAIRN, E. M. R. et al. Crystalline admixture effects on crystal formation phenomena during cement pastes hydration. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **Dordrecht**, v. 141, n. 3, p. 1957-1964, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09756-w>. Acesso em: 01 maio. 2025.

OLIVEIRA, Felipe Ventura; MARTINS, Afonso Henriques. Precipitação de carbonato de cálcio para aplicação industrial. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, v. 62, n. 2, p. 175-183, abr./jun. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0370-44672009000200008>. Acesso em: 01 maio. 2025.

OLIVEIRA, Yohana Camily de. **Estudo da aplicação da cronoanálise em uma indústria de tintas e sua influência no processo produtivo**. 2022. 38 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Centro Universitário do Norte (UNINORTE), Manaus, 2022. Disponível em: <https://repositorio.sereduc.com/handle/123456789/22021>. Acesso em: 19. Maio 2025

PÉRICO, Bruna. **Estudo e caracterização de cargas minerais para utilização em massa PVA**. 2021. 30 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário Barriga Verde (UNIBAVE), Orleans, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unibave.edu.br/handle/tede/1032>. 19. Maio 2025

PERRARO, Andrew Pereira. **Avaliação da absorção de água por capilaridade em tintas usadas na construção civil**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2017.

PINTO, T. M. et al. Caracterização de uma suspensão de TiO<sub>2</sub> da marca Dupont. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 61., 2006, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. São Paulo: ABM, 2006. p. [Páginas do trabalho]. Disponível em: <https://www.tst.jus.br/web/guest/justica-do-trabalho>. Acesso em: 5 jul. 2024.

PREUSS, Núbia Liziani. **Efeito dos aspectos morfológicos do pigmento TiO<sub>2</sub> nas propriedades ópticas de tintas base água**. 2016. 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade do Extremo Sul

Catarinense (UNESC), Criciúma, 2016. Disponível em:  
<http://repositorio.unesc.net/handle/1/5225>. Acesso em: 5 jul. 2024..

Renan Sousa Engenharia - <https://www.renansousaeng.com.br/post/57932-impermeabilizacao-fundacoes>.

RODRIGUES, Arthur Azevedo; SANTOS, Maiky Morgan Almeida dos. **Revisão sistemática das manifestações patológicas causadas por infiltração e umidade. 2023.** 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU), Manaus, 2023. Disponível em: <https://repositorio.sereduc.com/handle/123456789/22026>. Acesso em: 27 mar. 2025.

ROMEIRO, Thália Raelly de LM; BAUER, Elton. A influência dos fatores de intemperismos na ocorrência da degradação das fachadas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE E ENGENHARIAS, 2022, Joinville. **Anais** [...]. Joinville: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), 2022. p. 1-13. Disponível em:  
<https://publicacoes.univille.edu.br/index.php/SICMEA/article/view/1781/1692>. Acesso em: 11 fev. 2025.

SAUFFI, Ahmad Syauqi et al. Uma Revisão da Análise Morfológica da Dolomita como Material Aditivo em Geopolímero. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY (ICST), 2020, Indonésia. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. [S. l.]: IOP Publishing, 2020. v. 835, p. 012024. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/835/1/012024>. Acesso em: 9. Out 2024.

SANTANA, Murillo Rodrigues Cappelle et al. **Estudo de paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 10, p. 77520-77533, out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-090>. Acesso em: 11 fev. 2025.

SANTARELLI, Michelli. **Seleção de agentes reticulantes para resina acrílica utilizada em revestimento externo para embalagens de alumínio no segmento de bebidas.** 2018. 1 v. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2018. Disponível em:  
<https://repositorio.fei.edu.br/handle/123456789/1004>. Acesso em: 11 fev. 2025.

SANTOS, Danilo Gonçalves dos. **Estudo da vida útil e degradação de fachadas em argamassa a partir da inspeção de edifícios**. 2019. 1 v. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário da Grande Dourados (UNIGRAN), Dourados, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unigran.br/handle/123456789/2208>. Acesso em: 14 fev. 2025.

SANTOS, Hericles Campos dos. **Etilenoglicol e nano-caco3 como aditivos para argamassas de cimento Portland: efeitos na microestrutura, carbonatação e capacidade de autocura**. 2024. 156 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2024.

SENRA, Elaine M. et al. Influence of a Catalyst in Obtaining a Post-consumer Pet-Based Alkyd Resin that Meets Circular Economy Principles. **Journal of Polymers and the Environment**, New York, v. 30, n. 9, p. 3761-3778, set. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-022-02450-4>. Acesso em: 14 fev. 2025.

SILVA, Almir Pereira da; BERINGUEL, Laércio da Cunha; LAURSEN, Anderson; QUEIROZ, Evandro. **A influência do valor de absorção de óleo dos pigmentos e das cargas minerais usadas na fabricação de tintas arquitetônicas**. *Ciências Exatas e da Terra*, v. 27, ed. 122, mai. 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7902535.

SILVA, Beatriz Rocha et al. Desenvolvimento de argamassas de reboco com a incorporação de caulim. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, João Pessoa, v. 13, n. 3, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/rcet/article/view/2873/1188>. Acesso em: 17 fev. 2025.

SILVA, Layse Ariotti da. **Avaliação do comportamento higroscópico de tintas e simulação higrotérmica de sistemas de vedação vertical externa (SVVEs)**. 2023. 1 v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/257329>. Acesso em: 05 maio 2025.

SILVANO, Letícia da Rocha. **Estudo da influência do tipo de água nas características físico-químicas de tintas imobiliárias**. 2019. 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário Barriga Verde (UNIBAVE), Orleans, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unibave.edu.br/handle/tede/807>. Acesso em: 04. dez.2024

SOBRINHO, Carlos Wellington de Azevedo Pires. **Durabilidade das Alvenarias de Blocos de Gesso: Limites de Sua Utilização**. 2021. 1 v. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2021.

SOLANO, R.; PATIÑO-RUIZ, D.; HERRERA, A. **Preparação de tintas modificadas com aditivos nanoestruturados e suas potenciais aplicações**. *Nanomateriais e Nanotecnologia*, [S. l.], v. 10, p. 1-10, 26 fev. 2020.

SOUSA, B. B. et al. Síntese e caracterização de zeólita tipo sodalita obtida a partir de resíduo de caulim. *Cerâmica*, São Paulo, v. 66, n. 380, p. 404-412, out./dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/036669132020663802901>. Acesso em: 1 jul. 2025.

SOUSA, Elias Barbosa de. **Estudo comparativo de cargas na formulação de tintas foscas Super Premium**. 2023. 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário Barriga Verde (UNIBAVE), Orleans, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unibave.edu.br/handle/tede/1406>. Acesso em: 1 jul. 2025.

SUPICHAYA, S.; NIWUT, J.; APA, J. Flexural strength of provisional restorative materials upon aging. In: 6th ASEAN/Asian Academic Society International Conference, 2018, Chiang Rai, Tailândia. *Anais...* Chiang Rai: Mae Fah Luang University, 2018.

TAVARES, Renan Vasconcelos. **Influência da variação granulométrica do rejeito de caulim nas propriedades mecânicas e de flamabilidade de compósitos poliméricos**. 2024. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – UFPA, Ananindeua. 79 f. Disponível em acesso aberto

THOMAZINI FILHO, Opérsio Marcos. **Avaliação de produtos impermeabilizantes na construção civil**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25445>

THRIVENI, Thenepalli et al. Factors affecting the crystal growth of scalenohedral calcite by a carbonation process. *Journal of the Korean Ceramic Society*, v. 51, n. 2, p. 107-114, 2014.

TRESSMANN, Deise Mara Garcia Alves. **Aplicação do resíduo de mármore como carga mineral em tintas à base de solo e como pigmento ativo para fabricação de tintas imobiliárias econômicas**. 2019. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

VENKOV, T.; HADJIIVANOV, K. FTIR study of CO interaction with Cu/TiO<sub>2</sub>. **Catalysis Communications**, v. 4, p. 209-213, 2003.

VINHAL, Jonathan Tenório et al. Caracterização de rejeito proveniente do processo de flotação do minério willemítico. In: XXVIII **Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, 2019.

VISHWANATH, A. D.; SHANKAR, J. S.; EKNATH, N. M.; EKNATH, A. A.; HARIBHAU, K. N. Preparation, characterization and photocatalytic activities of TiO<sub>2</sub> towards methyl red degradation. **Oriental Journal of Chemistry**, v. 33, p. 104-112, 2017.

WEG. **Treinamento Desenvolvimento Tecnológico DT-12: Pintura industrial com tintas líquidas**. 1. ed. Guaramirim: WEG Tintas, 2018

WEI, Hongyu et al. Adhesion and cohesion of epoxy-based industrial composite coatings. **Composites Part B: Engineering**, v. 193, p. 108035, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108035>. Acesso em: 24 de jan. 2025