

**HELLEN REGINA DE CARVALHO VELOSO MOURA**

**INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS BIOCIDAS E DISPERSANTES NO DESEMPENHO E  
NA DURABILIDADE DE TINTAS LÁTEX PRODUZIDAS COM RESÍDUO DE  
GRANITO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Leonardo Gonçalves Pedroti

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M929i  
2023  
Moura, Hellen Regina de Carvalho Veloso, 1989-  
Influência dos aditivos biocidas e dispersantes no  
desempenho e na durabilidade de tintas látex produzidas com  
resíduo de granito / Hellen Regina de Carvalho Veloso Moura. –  
Viçosa, MG, 2023.

1 dissertação eletrônica (90 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Leonardo Gonçalves Pedroti.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Engenharia Civil, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.208>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Tintas. 2. Construção sustentável. 3. Reaproveitamento  
(sobras, refugos, etc.). 4. Granito. 5. Biodegradação. 6. Biocidas.  
I. Pedroti, Leonardo Gonçalves, 1978-. II. Universidade Federal  
de Viçosa. Departamento de Engenharia Civil. Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDD 22. ed. 667.63


**HELLEN REGINA DE CARVALHO VELOSO MOURA**

**INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS BIOCIDAS E DISPERSANTES NO DESEMPENHO E  
NA DURABILIDADE DE TINTAS LÁTEX PRODUZIDAS COM RESÍDUO DE  
GRANITO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 27 de fevereiro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 HELLEN REGINA DE CARVALHO VELOSO MOURA  
Data: 04/05/2023 10:25:51-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Hellen Regina de Carvalho Veloso Moura  
Autora

Documento assinado digitalmente  
 LEONARDO GONCALVES PEDROTI  
Data: 04/05/2023 15:43:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Leonardo Gonçalves Pedroti  
Orientador

*Aos meus pais  
Conceição e José Veloso  
ao meu irmão Eduardo e  
ao meu esposo Jackson.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, fonte da minha vida, inspiração e sabedoria. Até aqui o Senhor me sustentou e nunca me abandonou. Obrigada por estar sempre comigo e por seu amor infinito.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Civil (DEC) que possibilitaram o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Leonardo Gonçalves Pedroti, meu orientador, pela confiança, amizade e pelas valiosas contribuições. Agradeço a oportunidade de trabalharmos juntos.

Aos Professores José Carlos Lopes Ribeiro e José Maria Franco de Carvalho, meus coorientadores, pelas revisões, correções e sugestões.

Aos demais professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil pelos ensinamentos e pela excelente convivência.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A doutoranda Márcia Maria Salgado Lopes que não mediu esforços para me ajudar, contribuiu no esclarecimento de dúvidas em todas as etapas deste trabalho e com preciosas sugestões.

Ao estagiário Jean Carlos Bernardes Dias pela amizade e ajuda na execução dos ensaios.

Aos colegas da pós-graduação pelo companheirismo, auxílio e por tornarem meus dias mais leves, em especial a Beatryz, Roziani, Ramon, Jean Emerick, Gustavo Lopes, Gustavo Nalon, Igor, Rodrigo e Gustavo Lima.

Agradeço aos técnicos do Laboratório de Materiais de Construção e de Geotecnia em especial ao Wellington, Nathalia, José Carlos, José Dias e Marcelo, pela amizade e apoio.

Ao Laboratório de Microbiologia Industrial (BIOAGRO) em especial à Profa. Dra. Maria Cristina Dantas Vanetti e a doutoranda Cleonice Aparecida Salgado pela ajuda no desenvolvimento das análises microbiológicas.

Ao Núcleo de Microscopia e Microanálise (UFV), ao Laboratório de Mineralogia dos Solos e Geoquímica (DPS/UFV), ao Laboratório de Difração e Espalhamento de Raios-X (DPF/UFV), Laboratório de Nanoscopia (DPF/UFV) e ao Laboratório de Materiais Nanoestruturados (DQ/UFMG).

Por fim, agradeço imensamente aos meus pais José e Conceição Veloso, ao meu irmão Eduardo e ao meu esposo Jackson, que são a minha fortaleza, meus maiores incentivadores,

sempre estiveram do meu lado principalmente nos momentos difíceis. Amo muito vocês. Agradeço também aos demais familiares e amigos, pela torcida e orações.

Todos vocês foram fundamentais, direta ou indiretamente, na elaboração desta dissertação e também para meu crescimento pessoal e profissional.

*“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.*

(Isaac Newton)

## RESUMO

MOURA, Hellen Regina de Carvalho Veloso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2023. **Influência dos aditivos biocidas e dispersantes no desempenho e na durabilidade de tintas látex produzidas com resíduo de granito.** Orientador: Leonardo Gonçalves Pedroti.

Diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de desenvolver tintas sustentáveis que atendam os mesmos requisitos de desempenho e de durabilidade das tintas comerciais. A produção de tintas sustentáveis envolve tanto o reaproveitamento dos resíduos, como matéria-prima, quanto a substituição de solventes industrializados, para sistemas à base de água. Este último, apesar de reduzir a emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs), que são altamente prejudiciais ao meio ambiente, faz com que o meio fique propenso à biodeterioração e a instabilidade. Desta forma, torna-se pertinente estudar a incorporação de aditivos no processo produtivo das tintas sustentáveis, para melhorar suas propriedades e aparência. Este trabalho apresenta uma breve revisão de conceitos importantes a cerca das principais propriedades de desempenho das tintas imobiliárias, do processo de produção e da incorporação de aditivos. Posteriormente, foram desenvolvidos os estudos de avaliação da influência dos aditivos biocidas e dispersantes nas propriedades de desempenho e durabilidade de tintas látex à base de água e pigmentos de resíduo de granito. Foram realizados ensaios de caracterização física, química, mineralógica e morfológica do resíduo. Sequencialmente, as tintas produzidas foram caracterizadas por meio da determinação da viscosidade, pH, teor de sólidos e grau de dispersão. Além disso, foram determinados o desempenho e a durabilidade das tintas, por meio dos ensaios: poder de cobertura da tinta seca, resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva, estimativa do tempo de prateleira e resistência ao intemperismo natural. Os resultados demonstraram a viabilidade da utilização dos aditivos biocidas para prolongar o tempo de prateleira das tintas à base de resíduo de granito, sem afetar o seu desempenho, e o potencial do aditivo dispersante para melhorar a estabilidade da tinta, reduzindo a variação da viscosidade ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** Biocidas. Dispersantes. Resíduo de granito. Tintas sustentáveis.

## ABSTRACT

MOURA, Hellen Regina de Carvalho Veloso, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2023. **Influence of biocidal and dispersing additives on the performance and durability of latex paints produced with granite waste.** Adviser: Leonardo Gonçalves Pedroti.

Several studies have been carried out with the aim of developing sustainable paints that meet the same performance and durability requirements as commercial paints. The production of sustainable paints involves both the reuse of waste as raw material and the replacement of industrialized solvents for water-based systems. The latter, despite reducing the emission of volatile organic compounds (VOCs), which are highly harmful to the environment, makes the environment prone to biodeterioration and instability. In this way, it becomes pertinent to study the incorporation of additives in the production process of sustainable paints, to improve their properties and appearance. This work presents a brief review of important concepts about the main performance properties of architectural paints, the production process and the incorporation of additives. Subsequently, studies evaluating the influence of biocide and dispersant additives on the performance and durability properties of water-based latex paints and pigments from granite waste are presented. Tests were carried out to characterize the residue and paints produced. The results demonstrated the viability of using biocides additives to prolong the shelf life of granite waste-based paints, without affecting their performance and the potential of the dispersant additive, to improve the stability of the paint, reducing the variation in viscosity over time.

**Keywords:** Biocides. Dispersants. Granite residue. Sustainable paints.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Processamento e os resíduos gerados no setor de rochas ornamentais .....	20
Figura 2.2 – Efeitos da variação da concentração em volume de pigmentos (PVC) .....	24
Figura 2.3 – Aglomeração, dispersão e floculação do pigmento .....	27
Figura 2.4 – Estrutura molecular do poliacrilato de sódio .....	28
Figura 2.5 – Processo de fabricação de tintas látex à base de água .....	31
Figura 3.1 – Agitador mecânico com o disco Cowles acoplado .....	51
Figura 3.2 – Esquema das combinações entre as proporções dos componentes das tintas planejadas pelo DVE .....	54
Figura 3.3 – Sequência de produção das tintas .....	56
Figura 3.4 – Ensaio de resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva: a) cartela de PVC com película de tinta estendida antes do ensaio; b) Máquina de lavabilidade construída pelo projeto Cores da Terra c) cartela de PVC com película de tinta estendida após o ensaio.....	57
Figura 3.5 – Aplicação da tinta de resíduo de granito sobre a cartela de marca Isolabor Omicron, modelo 200-506. a) sem aplicação da tinta; b) Uma demão; c) Duas demãos; d) Três demãos .....	58
Figura 3.6 – Tintas produzidas com resíduo de granito e armazenadas em temperatura ambiente .....	59
Figura 3.7 – Amostras de tinta expostas para o ensaio de resistência ao intemperismo natural: a) antes da fixação da chapa metálica; b) após a fixação da chapa metálica .....	60
Figura 3.8 – Curva de distribuição granulométrica do pigmento de resíduo de granito .....	62
Figura 3.9 – Resultado da análise de DRX do pigmento de resíduo de granito.....	63
Figura 3.10 – Imagem do MEV das partículas de pigmento de resíduo de granito (Magnificação=5000X).....	64
Figura 3.11 – Gráfico de contorno: (a) Poder de cobertura; (b) Resistência à abrasão .....	65
Figura 3.12 – MEV das películas de tinta produzidas com pigmentos de resíduo de granito (Magnificação=3000X): a) amostra 7 (menor concentração de resina); b) amostra 8 (maior concentração de resina).....	66
Figura 3.13 – Perfilometria das películas de tinta à base de resíduo de granito: a) amostra 7 (maior concentração de resíduo); b) amostra 8 (menor concentração de resíduo).....	67
Figura 3.14 – Gráfico de contorno sobreposto para o poder de cobertura e a resistência a abrasão .....	68

Figura 3.15 – Otimização da resposta com base nas propriedades de poder de cobertura e resistência à abrasão.....	68
Figura 3.16 – Gráfico de pareto para o poder de cobertura ( $\alpha=0,05$ ).....	69
Figura 3.17 – Gráfico de pareto para a resistência à abrasão ( $\alpha=0,05$ ).....	70
Figura 3.18 – Gráfico de efeitos principais para a resistência à abrasão (ciclos).....	71
Figura 3.19 – Perfilometria das películas de tinta à base de resíduo de granito: a) amostra 1 (sem aditivos); b) amostra 4 (CB=0,400%); c) amostra 9 (CD=1,50%).....	71
Figura 3.20 – Gráfico de interação para o pH.....	72
Figura 3.21 – MEV das películas de tinta produzidas com pigmentos de resíduo de granito (Magnificação=3000X): a) amostra 1 (sem aditivos); b) amostra 4 (maior concentração de biocida); c) amostra 9 (maior concentração de dispersante. ....	73
Figura 3.22 – Gráfico de efeitos principais para a viscosidade: a) cinemática; b) plástica .....	74
Figura 3.23 – Amostras das tintas produzidas na Fase 2 após 90 dias de armazenamento em temperatura ambiente: (a) amostra 1; (b) amostra 4; (c) amostra 6 e (d) amostra 10.....	75
Figura 3.24 – Contagem de Unidades Formadoras de Colônia por ml para as amostras 1, 4,6 e 10, nos 0, 7, 15, 30, 45, 60 e 90 dias de armazenamento.....	76
Figura 3.25 – Placas de petri com as amostras de tinta após a incubação de 48 horas referente ao 45º dia de armazenamento: a) amostra 1 na diluição 10-4; b) amostra 4 na diluição 10-1; c) amostra 6 na diluição 10-1; d) amostra 10 na diluição 10-1; e) amostra 1 na diluição 10-3 sobre a luz germicida (fluorescente).....	77
Figura 3.26 – Contagem UFC/ ml das amostras 4,6 e 10 (Fase 2) aos 45 dias com tratamento térmico (CCT) e sem tratamento térmico (STT) .....	78
Figura 3.27 – Monitoramento do pH das amostras 1, 4, 6 e 10 (Fase 2) na embalagem.....	79
Figura 3.28 – Variação da viscosidade cinemática (%) das amostras 1,4,6 e 10 (Fase 2) .....	79
Figura 3.29 – Resultado do ensaio de resistência ao intemperismo natural das amostras produzidas na Fase 2 após seis meses de exposição.....	80
Figura 3.30 – Tintas à base de resíduo de granito após seis meses de exposição ao intemperismo.. .....	82
Figura 3.31 – Gráfico de efeitos principais para delta-E .....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Composição dos diferentes tipos de tintas látex .....	24
Tabela 2.2 – Parâmetro $\lambda$ e as propriedades esperadas .....	25
Tabela 2.3 – Requisitos básicos para a formação de microrganismos.....	29
Tabela 2.4 – Biocidas para proteção de tintas durante o armazenamento .....	29
Tabela 2.5 – Normas referentes à análise microbiológica de tintas .....	30
Tabela 2.6 – Limites mínimos dos requisitos de desempenho das tintas látex .....	32
Tabela 3.1 – Espécies de bactérias, fungos e leveduras de atuação do biocida CIT/MIT .....	52
Tabela 3.2 – Formulações em massa para as tintas definidas pelo software estatístico Minitab® 17 .....	54
Tabela 3.3 – Experimento fatorial gerado no software estatístico Minitab® 17.....	55
Tabela 3.4 – Composição das tintas produzidas na Fase 1 .....	56
Tabela 3.5 – Composição das tintas produzidas na Fase 2 .....	56
Tabela 3.6 – Resultados da análise de FRX do pigmento de granito .....	63
Tabela 3.7 – Características e propriedades de desempenho das tintas da Fase 1 .....	64
Tabela 3.8 – Equações de regressão para as misturas de tinta produzidas na Fase 1 .....	65
Tabela 3.9 – Características e propriedades de desempenho das tintas produzidas na Fase 2...	69
Tabela 3.10 – Comparações emparelhadas de Tukey (95% de confiança) .....	70
Tabela 3.11 – Análise sensorial e de desempenho das amostras 1, 4, 6 e 10 (Fase 2) .....	75
Tabela 3.12 – Diferença de cor (delta-E) e análise das manifestações patológicas das tintas produzidas na Fase 2 .....	81
Tabela 3.13 – Dados meteorológicos da Estação Climatológica Principal de Viçosa .....	81

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1 Considerações iniciais .....	13
1.2 Objetivos.....	14
1.3 Justificativa .....	15
1.4 Estrutura da dissertação .....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
2.1 Resíduo de granito.....	18
2.2 Tintas imobiliárias.....	20
2.2.1 Definição.....	20
2.2.2 Componentes das tintas imobiliárias .....	21
2.2.3 Composição das tintas imobiliárias .....	21
2.3 Incorporação de aditivos.....	23
2.4 Processo de fabricação das tintas .....	28
2.5 Desempenho das tintas .....	30
2.6 Durabilidade das tintas .....	31
2.7 Tintas sustentáveis .....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
3. EFEITOS DE ADITIVOS BIOCIDAS E DISPERSANTES NO DESEMPENHO E NA DURABILIDADE DE TINTAS LÁTEX PRODUZIDAS COM RESÍDUO DE GRANITO	46
3.1 INTRODUÇÃO .....	46
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.2.1 Materiais.....	48
3.2.2 Caracterização do resíduo de granito .....	51
3.2.3 Modelo experimental .....	51
3.2.4 Produção das tintas e caracterização das amostras de tinta.....	53
3.2.5 Determinação do desempenho das tintas .....	55
3.2.6 Determinação da durabilidade das tintas.....	56
3.2.7 Análise estatística .....	59
3.2.8 Análises microscópicas .....	59
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	60
3.3.1 Caracterização dos pigmentos.....	60
3.3.2 Caracterização e desempenho das tintas.....	62
3.3.2.1 Otimização do desempenho das tintas à base de resíduo de granito, em função de seus componentes básicos (Fase 1).....	62
3.3.2.2 Influência de aditivos biocidas e dispersantes nas propriedades de desempenho das tintas produzidas com pigmentos de resíduo de granito .....	66
3.3.2.3 Influência de aditivos biocidas e dispersantes na durabilidade das tintas produzidas com pigmentos de resíduo de granito .....	72
3.4 CONCLUSÃO .....	81
3.5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Considerações iniciais**

O Brasil está entre os cinco maiores produtores de rochas ornamentais do mundo. Anualmente, o país produz cerca de nove milhões de toneladas de rochas ornamentais, sendo 44,5% correspondente à produção de granito e 25,6% de mármore (ABIROCHAS, 2022). Estima-se que durante o processo de beneficiamento das rochas ornamentais sejam geradas mais de 190.000 toneladas de resíduo por ano no país (BACARJI et al., 2013; SOUZA et al., 2017), que quando alocado inadequadamente, promove diversos danos ambientais como contaminação do solo, dos corpos hídricos e poluição visual (MENDES; SILVA; COSTALONGA JUNIOR, 2018).

Por esse motivo, na literatura, encontram-se diversos estudos que objetivam investigar à reutilização e aplicabilidade dos resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais nos materiais de construção civil, dentre eles a produção de concretos (PATIL; PATIL, 2021; RASHWAN et al., 2020; TUGRUL TUNC, 2019; VARDHAN; SIDDIQUE; GOYAL, 2019), argamassas (LOZANO-LUNAR et al., 2020; NASCIMENTO et al., 2020; NASR et al., 2020), vidros (BASTOS, 2018; GOMES et al., 2020; MARÇAL, 2011) e cerâmicas (ALMEIDA, K. S. De; SOARES; MATOS, 2020; SILVA; LEÃO; REIS, 2021). Porém, para que a grande quantidade de resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais tenha o devido aproveitamento, na cadeia produtiva da construção civil, diversas formas de incorporação devem ser estudadas de forma a contribuir, tanto para a redução dos impactos ambientais, quanto para a melhoria do desempenho destes materiais (MARQUES; SANTOS; CRUZ, 2021).

Neste cenário, algumas pesquisas têm relatado a incorporação dos resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais, mais especificamente, resíduos de mármore e granito, na fabricação de tintas imobiliárias (LOPES et al., 2019; TRESSMANN et al., 2020; LOPES et al., 2021). No estudo realizado por Lopes et al. (2019) foi investigada a influência do resíduo de granito atuando como carga mineral no desempenho de tintas à base de pigmentos de solo, sequencialmente a esta pesquisa, Lopes et al. (2021) buscaram otimizar o desempenho das tintas produzidas com resíduo de granito, por meio de alterações no tamanho das partículas e do pH. Já a pesquisa de Tressmann et al. (2020) objetivou melhorar o desempenho de tintas à base de pigmentos de solo por meio do aproveitamento de resíduos de mármore como carga

mineral em substituição do  $\text{CaCO}_3$  comercial. Ambos os trabalhos apresentaram resultados satisfatórios de desempenho das tintas produzidas.

Os resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais possuem características interessantes que viabilizam a sua adição em tintas, como a coloração e a granulometria. O resíduo de granito apresenta elevadas concentrações de sílica que conferem propriedades importantes às tintas, como o aumento da resistência mecânica e fosqueamento (AGUIAR, 2012). Lopes et al. (2019) concluíram que o resíduo de granito promoveu melhorias na resistência à abrasão das tintas, em virtude da dureza e abrasividade de suas partículas, além disso, sua incorporação no sistema das tintas influenciou positivamente no poder de cobertura.

Apesar dos resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais apresentarem diversos benefícios quando aplicados à produção de tintas são necessários novos estudos para melhorar suas propriedades de forma que estas se tornem ainda mais semelhantes às tintas comerciais (LOPES et al., 2019). Na pesquisa realizada por Tressmann et al. (2020), foi constatado o surgimento de fungos *Aspergillus sp.*, que podem ter se originado devido à presença de matéria orgânica nos materiais que compõe as tintas ou a contaminação no processo de fabricação ou da própria matéria prima. Além disso, no estudo de Lopes et al. (2019), foi salientada a importância da melhoria na estabilidade das tintas, para que estas não apresentem excesso de sedimentação, coagulação, empedramento e separação dos pigmentos, a fim de que o produto final seja de prática homogeneização e aplicação.

Diante do exposto, tem-se a necessidade de incorporar aditivos na tinta produzida com os resíduos de granito. Os aditivos podem ser utilizados tanto para conferir características especiais às tintas quanto para promover melhorias em propriedades específicas das mesmas (RODRIGUES et al., 2016). Os aditivos biocidas são aditivos de preservação que são utilizados para prevenir o crescimento de microrganismos nas tintas, aumentando sua durabilidade durante o armazenamento (COSTA et al.; 2015). Quando a finalidade é melhorar a estabilidade e homogeneização da tinta, pode-se utilizar o aditivo dispersante, que envolve as partículas dos resíduos promovendo força de repulsão entre elas (CONFIANÇA, 2015).

## 1.2 Objetivos

Este estudo objetiva aperfeiçoar as propriedades de desempenho e durabilidade de tintas látex PVA produzidas com resíduo de granito através da incorporação de aditivos biocidas e dispersantes.

Para alcançar tal propósito, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Obter a mistura de tinta otimizada em função dos componentes básicos (resíduo, água e resina PVA) com base nos testes de desempenho: poder de cobertura da tinta seca e resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva e de acordo com o critério de desejabilidade.
- b) Avaliar a influência da incorporação de diferentes concentrações do aditivo biocida e dispersante no desempenho de tintas à base de resíduo de granito em termos de poder de cobertura e resistência à abrasão.
- c) Avaliar a influência de aditivos biocidas e dispersantes no tempo de prateleira das tintas à base de resíduo de granito, por meio do acompanhamento da degradação microbiológica, das alterações sensoriais e das suas propriedades de desempenho.
- d) Investigar a influência de aditivos biocidas e dispersantes na durabilidade das tintas no estado seco, após aplicação no substrato, por meio do teste de exposição ao intemperismo natural.

### **1.3 Justificativa**

No processo do beneficiamento de rochas ornamentais, cerca de 40% do volume do bloco processado é convertido em resíduo. A disposição inadequada desse resíduo promove malefícios ao meio ambiente e à saúde humana. Como solução para a disposição final ambientalmente adequada têm-se os aterros, porém estes envolvem custos elevados com transporte, áreas para depósito e controle ambiental (RODRIGUES et al., 2022; VIDAL et al., 2013). Por esse motivo, diversos estudos estão sendo realizados com o objetivo de incorporar estes resíduos na fabricação de novos produtos, visando além de contribuir para o desenvolvimento sustentável, reduzir custos e promover melhorias em seu desempenho.

Adicionalmente, de acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (2022), o Brasil está entre os cinco maiores produtores de tintas do mundo, em 2021 produziu 1,715 bilhões de litros de tinta, sendo 83,5% correspondente a tintas imobiliárias. Apesar disso, a tinta imobiliária é um produto de difícil acesso à população carente. De acordo com a ABRAFATI (2019), o Brasil ainda tem que evoluir no consumo per capita de tintas imobiliárias, atualmente o consumo está na faixa de 7 litros/habitante/ano, menos da metade do consumo de países desenvolvidos.

Aliando a necessidade de destinar adequadamente o resíduo de granito a baixa demanda de tintas imobiliárias no Brasil devido a custos elevados, a alternativa de estudar a utilização do resíduo de granito na produção de tintas fez-se pertinente e foi investigada por Lopes et al. (2019) e Lopes et al. (2021), que avaliaram a incorporação destes resíduos como substitutos aos pigmentos inertes comerciais em tintas látex à base de água e obtiveram resultados satisfatórios nas principais propriedades de desempenho. Entretanto, estes pesquisadores ressaltaram que a proliferação de microrganismos e a baixa estabilidade dos pigmentos na dispersão, podem prejudicar o desempenho e até impossibilitar o uso das tintas, influenciando, inclusive, no tempo de conservação durante o armazenamento.

As tintas de base aquosa são consideradas uma boa fonte para a proliferação de microrganismos devido à presença de água, do carbono que compõe a resina e dos nutrientes presentes nos pigmentos (TEIXEIRA, 2018). Esta biodeterioração dá origem a alterações físico-químicas, como: mau odor, produção de gases que podem provocar danos na embalagem e alterações na cor e na viscosidade, esta última influencia na facilidade de aplicação, opacidade da película e estabilidade das tintas (BRANDÃO et al., 2016; GALHARDO, 2012; OLIVEIRA, 2008). A contaminação das tintas pode ocorrer durante o seu processo de produção devido à contaminação da água, das matérias primas e dos equipamentos utilizados.

No que tange a dispersão dos pigmentos, melhorias em seu processo permitem uma melhor distribuição destes, no veículo ou resina, utilizados na produção das tintas, desempenhando um papel fundamental para garantir a qualidade final do filme (BERNADO; OLIVEIRA, 2015).

Isto posto, tem-se a alternativa de estudar a incorporação de aditivos ao sistema das tintas, produzidas com resíduo de granito, com vistas a melhorar a estabilidade e reduzir a degradação por microrganismos, para que estas atendam aos padrões de desempenho e durabilidade. Preenchendo-se essa lacuna no processo produtivo, espera-se que esta seja um alternativa de qualidade e baixo custo, principalmente destinada a população de baixa renda, sobretudo às comunidades adjacentes às indústrias, responsáveis pela geração do resíduo de granito, que de acordo com Lopes et al. (2023), é encontrado em 10 estados brasileiros (ES, MG, PR, BA, RJ, SC, MS, RN, CE e PB) . Além disso, acredita-se que, com o aumento do tempo de prateleira, o aproveitamento do resíduo de granito na produção de tintas torne-se de

interesse industrial e seja estimulado e promovido, principalmente pelas indústrias do setor de rochas ornamentais.

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

Com intuito de cumprir os objetivos desta dissertação, o presente trabalho está dividido em quatro capítulos:

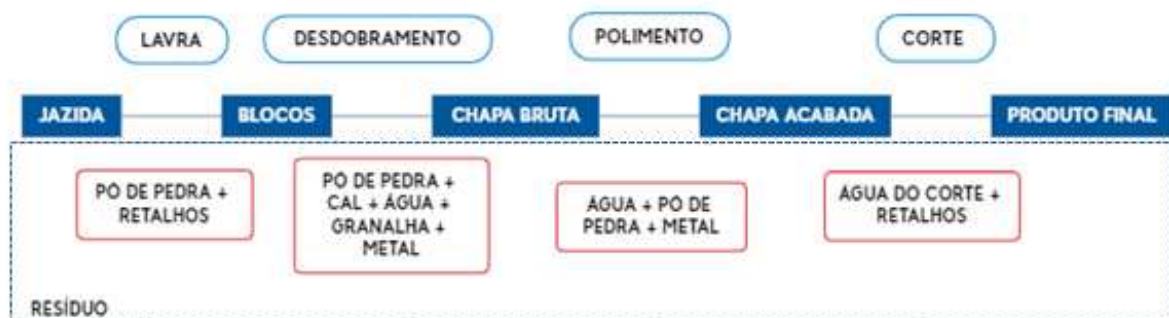
- Introdução geral – apresenta as considerações iniciais para contextualização do presente trabalho bem como os objetivos, a justificativa e a estruturação da dissertação.
- Revisão bibliográfica – apresenta o embasamento teórico e técnico para o desenvolvimento desta pesquisa.
- Artigo – Efeitos de aditivos biocidas e dispersantes no desempenho e na durabilidade de tintas látex produzidas com resíduo de granito – avalia a resistência à abrasão, o poder de cobertura, o tempo de prateleira e a resistência ao intemperismo natural de tintas à base de pigmentos de resíduo de granito com diferentes concentrações de aditivo biocida e dispersante, através de um planejamento fatorial, para definir quais misturas apresentam melhor desempenho.
- Conclusões – apresenta as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Resíduo de granito

O granito é uma rocha de elevada dureza e resistência, formado pelo resfriamento do magma. É composto basicamente por três tipos de minerais: mica, feldspato e quartzo. Sendo, responsáveis por conferir o brilho, variedade de cores e resistência mecânica, respectivamente (SIGEP, 2013). A indústria mineradora é uma das principais geradoras de resíduo no mundo e, dentro deste setor, a produção de rochas ornamentais se destaca em razão de suas baixas taxas de aproveitamento (SILVA; VIANA; CAVALCANTE, 2012). Na Figura 2.1 estão apresentados os estágios do processamento de rochas ornamentais. Observa-se que a geração de resíduo ocorre em todas as etapas.

Figura 2.1 – Processamento e os resíduos gerados no setor de rochas ornamentais



Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2004)

No processo de beneficiamento do granito para a produção das chapas que são destinadas ao consumidor final, os blocos extraídos das jazidas são serrados. A serragem pode se dar por dois tipos de teares, os convencionais e os de fio diamantado. Os teares convencionais utilizam granalha, água e cal em seu processo de corte, gerando como resíduo uma lama, tratada por diversos pesquisadores como lama do beneficiamento de rochas ornamentais. Enquanto os teares de fios diamantados utilizam apenas a água para resfriar, lubrificar e limpar os fios, gerando como subproduto somente o pó da rocha, desta forma o resíduo produzido pelo corte com fio diamantado apresenta maior possibilidade de reutilização, por não conter elementos metálicos e nem químicos derivados do processo de beneficiamento (VIDAL; CASTRO; FRASCÁ, 2014).

Na literatura, encontram-se uma diversidade de estudos sobre a incorporação do resíduo de granito em materiais de construção civil. Por exemplo, no estudo realizado por Alves et al.

(2015), foi investigado o aproveitamento do resíduo de granito na produção de lâ de vidro, tendo em vista seu elevado teor de sílica que se trata do principal componente de materiais vítreos. Os autores concluíram que apesar de ser necessária a adição de outros elementos para aumentar a fluidez do produto final, o resíduo de granito como matéria-prima principal na produção de lâ de vidro foi considerado viável.

Nascimento et al. (2020) estudaram a substituição parcial do cimento e do agregado miúdo pelo resíduo de granito na produção de argamassas com o traço de 1:2:6 (cimento: caulim: areia) em volume e com a relação água cimento (a/c) fixada em 1,70. Foram desenvolvidas misturas com substituições de 5, 10, 15 e 20% do cimento e também com 5 a 20% de substituição do agregado miúdo de forma a manter a relação a/c. Apesar da substituição do cimento ter comprometido as propriedades de desempenho da argamassa, os resultados obtidos na substituição do agregado miúdo foram favoráveis a resistência mecânica.

Cardoso et al. (2021) estudaram a incorporação do resíduo de granito na fabricação de blocos intertravados para pavimentação com resistência à compressão mínima de 35MPa e absorção de no máximo 6%. O resíduo substituiu parcialmente o cimento nas taxas de 5, 10, 15 e 20%. Os resultados obtidos foram satisfatórios, até mesmo na máxima substituição, levando a concluir que o resíduo de granito pode ser utilizado como alternativa parcial em pavimentação correspondente a tráfego de pedrestes, veículos leves e comerciais de linha.

Nascimento et al. (2021) substituíram parcialmente o solo por resíduo do granito na produção de tijolos de solo-cimento e concluíram que a substituição de até 20% não interferiu significativamente em suas propriedades, demonstrando-se uma alternativa viável e sustentável.

Em geopolímeros, Nuaklong et al. (2021) analisaram suas propriedades com a substituição de 25 e 50% da areia natural por resíduo de granito e verificaram que o concreto geopolimérico se tornou mais fluido na medida em que se aumentou a proporção de resíduo na mistura. Além disso, concluíram que o formato angular das partículas do resíduo de granito, contribuiu para melhoria na resistência à compressão do concreto geopolimérico com a substituição de 50%.

Singh et al. (2022) estudaram a resistência do concreto contendo o resíduo de granito como substituição parcial ao agregado miúdo e obtiveram como resultado que a substituição de 40% promoveu melhorias nos parâmetros de resistência e durabilidade. Na pesquisa realizada por

Palanisamy et al. (2022) foi investigada a aplicação do resíduo de granito como agregado na fabricação de concreto autoadensável e constataram que a substituição de 25% promoveu melhorias em suas propriedades tanto no estado fresco quanto endurecido.

Conforme apresentado no item 1.1, os autores Lopes et al. (2019) e Lopes et al. (2021), estudaram a reutilização do resíduo de granito na fabricação de tintas látex imobiliárias de classe econômica. Lopes et al. (2019) concluíram que o resíduo de granito melhorou o poder de cobertura das tintas à base de pigmentos de solo, além disso, devido à dureza e abrasividade de suas partículas constataram que o resíduo promoveu melhorias na resistência à abrasão e na resistência ao intemperismo natural. Na pesquisa realizada por Lopes et al. (2021), verificou-se que a redução da granulometria das partículas do resíduo de granito e a incorporação de aditivos reguladores de pH promoveram melhorias no desempenho das tintas.

## **2.2 Tintas imobiliárias**

### **2.2.1 Definição**

A tinta é uma mistura líquida, usualmente viscosa, formada por um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido, que ao passar pelo processo de cura, após aplicação em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato (ABRAFATI, 2005; VAZ, 2017).

A aplicação da tinta na construção civil excede o aspecto estético. Os avanços tecnológicos possibilitaram o lançamento de produtos inovadores com funções técnicas especiais, como: conforto térmico, resistência a agentes intempéricos e ao ataque de microrganismos (fungos e bactérias), proteção ao desgaste e corrosão do substrato, manutenção e conservação dos ambientes (ABRAFATI, 2020; BARBOSA 2014).

De acordo com a ABRAFATI (2020) as tintas imobiliárias são as mais produzidas no Brasil, dentro deste grupo, as tintas látex são as mais utilizadas. As tintas látex utilizam a água como principal solvente e, dependendo do tipo de resina utilizada, podem ser consideradas como acrílicas, PVA (poliacetato de vinila) e vinil-acrílicas (SILVEIRA; CORREA, 2017).

Tendo em vista os requisitos mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 15079-1:2021, que estão ligados a durabilidade, lavabilidade e poder de cobertura, as tintas podem ainda ser classificadas como Econômica, Standard, Premium e Super premium. As tintas Econômicas possuem o menor custo e apresentam menor resistência às intempéries, por esse motivo são indicadas para ambientes internos. As demais tintas, Standard, Premium e Super Premium,

podem ser utilizadas tanto em ambientes internos quanto externos.

### **2.2.2 Componentes das tintas imobiliárias**

De acordo com Barrios (2017), os materiais que compõem as tintas podem ser agrupados em quatro categorias principais em função do papel que desempenham, são elas: formadores de filme (látex, resina e endurecedores), componentes voláteis (solventes e coalescentes), componentes insolúveis (pigmentos e cargas) e aditivos. O tipo e as quantidades de cada componente das tintas dependem das propriedades finais desejadas.

Os formadores de filme ou veículos ligantes são componentes poliméricos, ativos e responsáveis por agregar e manter coesa a mistura da tinta, além de selar e proteger a superfície de aplicação. São comercializados em base pura ou diluídos em solvente orgânico ou água. Os componentes voláteis auxiliam no processo de produção e aplicação por meio da redução da viscosidade da mistura (CARDOSO et al., 2016).

Os pigmentos podem ser ativos e inertes (cargas). Os pigmentos ativos são responsáveis por conferir as tintas propriedades como cor, opacidade e poder de cobertura, enquanto os pigmentos inertes se destacam por proporcionar melhorias na resistência mecânica, resistência ao intemperismo, permeabilidade, lavabilidade, brilho, viscosidade, entre outras características das tintas (BARRIOS, 2017).

Por fim, os aditivos, que são adicionados em quantidades relativamente pequenas, de acordo com Alexandre et al. (2015), raramente excedem a 5% da composição das tintas, porém influenciam significativamente no seu processo de manufatura, aplicabilidade, estabilidade e aspecto do filme.

### **2.2.3 Composição das tintas imobiliárias**

Para determinar a composição das tintas imobiliárias Silva e Uemoto (2005) agruparam as tintas látex em cinco classes, três de acabamento fosco, e duas de acabamento brilhante, que receberam as seguintes denominações: Vinil Acrílico, Látex PVA, Acrílico Fosca, Acrílico Acetinada e Acrílico semibrilho. Na Tabela 2.1 são apresentados o teor de sólidos, de resinas e de pigmentos de acordo com cada classe de tinta.

Tabela 2.1 – Composição dos diferentes tipos de tintas látex

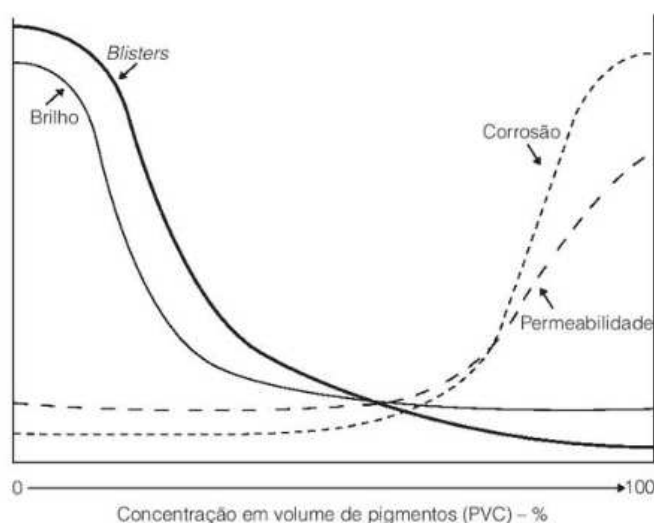
Teores (%) em massa	Classes de tinta látex				
	Vinil acrílica	Látex PVA	Acrílica fosca	Acrílica acetinada	Acrílica semibrilho
Sólidos	37,5 a 50,2	35,6 a 53,0	37,8 a 50,2	33,3 a 48,4	28,4 a 50,1
Resinas	2,7 a 8,0	4,3 a 13,0	5,1 a 14,0	15,9 a 18,8	12,3 a 21,5
Pigmentos	35,1 a 46,5	30,4 a 45,9	32,1 a 41,1	19,8 a 29,7	16,1 a 28,6

Fonte: Silva e Silva e Uemoto (2005)

De acordo com Fazenda (2009), um dos parâmetros mais utilizados para descrever a composição de uma tinta é o PVC (*Volumetric Concentration of Pigments*), que representa o percentual do pigmento sobre o volume total de sólidos do filme seco. No caso do PVC de 100% a pintura seria constituída somente de pigmento, ao passo que para o PVC de 0% constaria somente o ligante.

Tintas que possuem baixo PVC normalmente apresentam brilho e formação de bolhas (blisters) no filme, enquanto as tintas com alto PVC (foscas ou semifoscas) tendem a possuir maior permeabilidade e potencial de corrosão. Na Figura 2.2 é apresentado o comportamento das propriedades da tinta para os dois extremos, excesso e quantidade limitada de pigmentos.

Figura 2.2 – Efeitos da variação da concentração em volume de pigmentos (PVC)



Fonte: Fazenda (2009)

À medida que o volume de ligante da mistura diminui é alcançada a concentração CPVC (Concentração Volumétrica Crítica de Pigmento) que contém resina apenas o suficiente para revestir as partículas dos pigmentos e preencher os vazios entre elas. Fazenda (2009)

apresenta uma relação entre o PVC e o CPVC que considera importante para prever as propriedades das tintas, mesmo quando as formulações destas não atingem a concentração crítica. Na Tabela 2.2 são apresentadas as diferentes faixas de  $\Lambda$  (PVC/CPVC) para alguns tipos de tintas e algumas propriedades esperadas. No caso das tintas econômicas essa relação é normalmente maior do que 1.

Tabela 2.2 – Parâmetro  $\Lambda$  e as propriedades esperadas

<b>Tinta</b>	<b>Valores de <math>\Lambda</math></b>	<b>Propriedades esperadas</b>
Acabamentos automotivos	0,05 - 0,15	Alto brilho e aspecto vitreo
Acabamentos industriais	0,20 - 0,30	Bom brilho, custos compatíveis
Acabamentos sintéticos imobiliários	0,35 - 0,55	Semibrilho, custos compatíveis
Acabamentos estruturais	0,60 - 0,85	Resistência ao empolamento, atrito e riscos
Acabamentos arquiteturais		
• Exterior	0,90 - 1,00	Resistência à lavagens e baixo custo
• Interior	1,00 - 1,10	
Primers de manutenção	0,75 - 0,95	Resistência à corrosão e ao empolamento
Primers de Surface	1,05 - 1,10	Bom nivelamento e poder de enchimento, boa ancoragem, lixabilidade
Madeira/revenda	0,60 - 0,70	Boa penetração no substrato (adesão), ancoragem dos acabamentos

Fonte: Fazenda (2009)

### 2.3 Incorporação de aditivos

De acordo com Fazenda (2009), os aditivos utilizados na composição de tintas podem ser subdivididos em quatro categorias: aditivos de cinética, de reologia, de processo e de preservação. Devido à complexidade do sistema de composição de tintas, o mesmo aditivo pode assumir várias funções, sendo necessário então um estudo criterioso para que haja equilíbrio na formulação.

Os aditivos de cinética são subdivididos em secantes, catalisadores e antipeles. Os secantes promovem ou aceleram a secagem, cura ou endurecimento da resina. Os aditivos catalisadores são utilizados para acelerar reações que ocorrem de forma lenta devido a determinadas condições de temperatura, concentração, entre outras características. E os aditivos antipeles são utilizados para evitar a formação ou crescimento da película na superfície da tinta, que é comumente formada quando o recipiente está parcialmente preenchido ou aberto (ABRAFATI, 2006).

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.

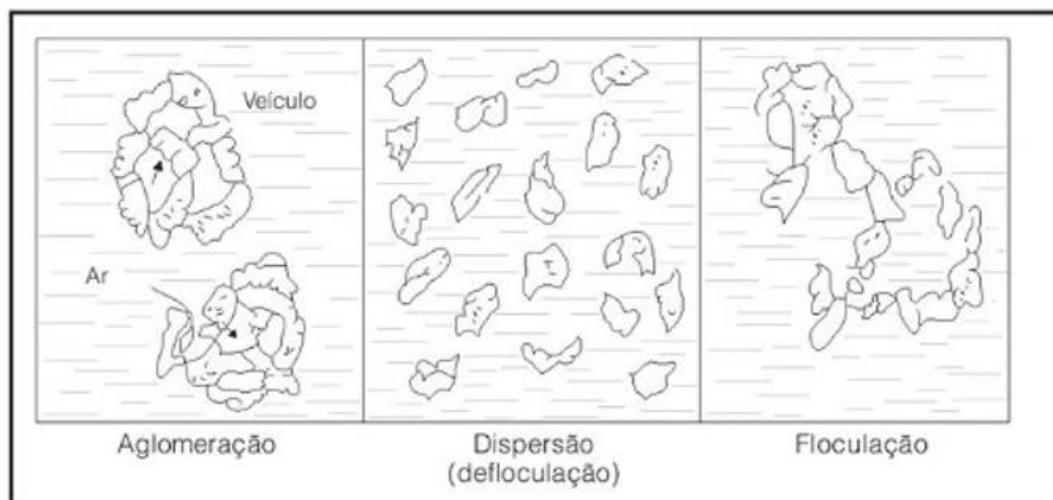
Os aditivos de preservação podem ser estabilizantes de ultravioletas que tem a função de amenizar a ação destrutiva da radiação ultravioleta provinda da luz solar sobre as tintas, e biocidas que visam prevenir a contaminação biológica causada por microrganismos, como fungos, bactérias e algas (MOURA FILHO, 2018).

#### **2.4.1 Aditivos dispersantes**

Os aditivos dispersantes possuem a função de melhorar as características que interferem na homogeneidade da formulação das tintas, reduzindo a incompatibilidade entre as matérias-primas e evitando a floculação dos pigmentos. A definição do sistema de dispersão das tintas consegue influenciar positiva ou negativamente em aspectos como: poder de cobertura, rendimento na aplicação, viscosidade e separação de fases, fatores determinantes na percepção de qualidade da tinta pelos usuários (CONFIANÇA, 2015).

De acordo com Fazenda (2009), os pigmentos que compõem as tintas não são partículas primárias, são aglomerados de partículas que possuem baixa força de atração entre si, mantém contato somente pelos cantos e arestas e estão separadas por ar e misturas. Quando ocorre a dispersão dos pigmentos, estes aglomerados são quebrados pelas forças de cisalhamento e de impacto originando idealmente as partículas primárias. Durante o processo de dispersão são formadas partículas menores com maior interface com a resina, e então o sistema se esforça para retornar ao estado original de baixa energia, suas partículas se unem formando estruturas maiores conhecidas como floculados, que são semelhantes aos aglomerados, porém no espaço entre as partículas se encontram as soluções de resina. Na Figura 2.3 é apresentada a comparação entre estes sistemas (DAROS, 2017).

Figura 2.3 – Aglomeração, dispersão e floculação do pigmento.



Fonte: Fazenda (2009)

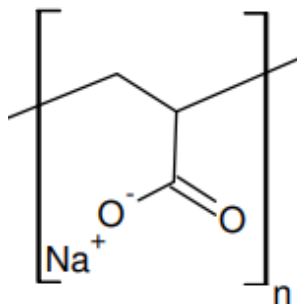
Desta forma, os aditivos dispersantes são necessários para estabilizar o sistema, evitando a floculação dos pigmentos. Os dispersantes envolvem a superfície dos pigmentos, promovendo forças de repulsão consideráveis entre suas partículas (HEILEN, 2009; BYK, 2018). Como os aditivos encapsulam os pigmentos, a quantidade necessária para a composição das tintas depende da sua área superficial e, de acordo com Fazenda (2009), o teor dos aditivos dispersantes tradicionais varia de 0,5 a 2,0% sobre pigmentos inorgânicos e de 1,0 a 5,0% sobre pigmentos orgânicos.

Os melhores resultados da incorporação de aditivos dispersantes ocorrem quando estes são adicionados em uma pré mistura de solventes, aditivos e pigmentos, permitindo dessa forma a completa ação do aditivo nos pigmentos sem a interferência da resina. O teor e preparação corretos para a inclusão dos aditivos dispersantes devem ser bem avaliados, visto que, a sua utilização inadequada pode afetar na formação de película e nas propriedades anticorrosivas das tintas (FAZENDA, 2009).

Primo (2017) analisou a influência de diferentes tipos de aditivos dispersantes em tintas produzidas à base de água e concluíram que os aditivos: soluções aquosas de sal de amônio, de poliacrilato de sódio e de acrilato de amônio, apresentaram melhor desempenho, promovendo melhorias nas propriedades das tintas. O poliacrilato de sódio é considerado um dispersante bem difundido no mercado de aditivos e é geralmente utilizado como dispersante comercial em várias formulações de tintas (KARAKAŞ; ÇELİK, 2018). Na Figura 2.4 está apresentada a estrutura molecular do poliacrilato de sódio, que possui peso molecular controlado e característica aniônica, auxilia na remoção de íons diminuindo a viscosidade e

umentando a estabilidade dos componentes da formulação (SANTOS, 2015).

Figura 2.4 – Estrutura molecular do poliacrilato de sódio



Fonte: Takaya (2014)

Na pesquisa realizada por Sirandelli, Finzer e Fernandes (2016) foi investigada a influência de diferentes concentrações (0,1 e 1%) de dispersante a base de poliacrilato de sódio em tintas à base de água com pigmentos de dióxido de titânio. Os melhores resultados das propriedades de desempenho (poder de cobertura e resistência à abrasão) foram obtidos na concentração de 0,1%.

Scirea et al.(2015) estudaram a dispersão de partículas submicrométricas de hematita em meio aquoso com diferentes tipos de aditivos dispersantes, o objetivo foi maximizar a concentração de sólidos sem comprometer as características de viscosidade. Nesta pesquisa, o poliacrilato de sódio foi considerado o dispersante mais efetivo quando comparado ao poliacrilato de amônio.

#### 2.4.2 Aditivos biocidas

O termo biocida se refere a compostos que possuem a capacidade de inibir o crescimento ou eliminar determinados microrganismos (COSTA et al., 2015). Os fabricantes de tintas imobiliárias estão cada vez mais utilizando aditivos biocidas em sua composição para proteger a tinta durante o período de armazenamento (MOURA FILHO, 2018). Isso se deve ao fato das tintas aquosas estarem sujeitas a contaminação biológica por diversos microrganismos, que conseguem sobreviver mesmo em situações críticas (FAZENDA, 2009). Na Tabela 2.3 são apresentados os requisitos básicos para a formação de microrganismos.

Tabela 2.3 - Requisitos básicos para a formação de microrganismos

	<b>Bactérias</b>	<b>Fungos</b>	<b>Algas</b>
<b>Luz solar</b>	Não (com exceção das clorofiladas)	Não	Sim
<b>Oxigênio</b>	Aeróbicas Anaeróbicas	Sim	Sim Necessita de CO <sub>2</sub>
<b>pH</b>	2,0 a 13,0	Meio ácido	Alcalino
<b>Nutrientes</b>	Orgânicos Inorgânicos	Carbono orgânico Nitrogênio Minerais	CO <sub>2</sub> N <sub>2</sub> Minerais
<b>Temperatura</b>	Larga faixa	20 a 50°C	Tropical
<b>Água</b>	Sim	Umidade	Sim

Fonte: Fazenda (2009)

De acordo com Fazenda (2009), as bactérias que mais se destacam no processo de degradação de tintas são as *pseudomas*, *aerobacter*, *flavobacterium* e *escherichia proteus* da família gram-negativo e *bacillus sp* do tipo gram-positivo. Os fungos e algas não se desenvolvem em embalagens fechadas, porém atuam sobre o filme de tinta seco. Para ser considerado de boa qualidade, o biocida além de eliminar os microrganismos existentes, não pode causar efeitos indesejáveis nas propriedades das tintas, estes também não podem oferecer riscos aos fabricantes, usuários e ao meio ambiente. Na Tabela 2.4 são apresentados alguns biocidas comumente utilizados para proteger as tintas durante a etapa de armazenamento.

Tabela 2.4 - Biocidas para proteção de tintas durante o armazenamento

<b>Princípio ativo</b>	<b>Substância ativa</b>	<b>Nome comercial</b>
Formaldeído	Formalina	Vários
Liberação de formaldeído	I (3-Cloro) - 2,5 - I - Cloreto de azoniadamantano	DOWICIL 75
Organo-mercuriais	Acetato de fenilmercúrio	COSAN PMA-30 E
	Oleato de fenilmercúrio	PMA-60 COSAN
	Di(fenilmercúrio) dodecil succinato	PMO-30 E PMA-60 SUPERADIT
Cianobutano	1,2 - dibromo - 2,4 - dicianobutano	TEKTAMER 38
Benzotiazolonas	1,2 - benzotiazolin - 3 - ona	PROXEL
Isotiazolinonas	Misturas de isotiazolinonas	KATHON LXE

Fonte: Fazenda (2009)

Tanto os biocidas que possuem mercúrio, quanto os que possuem formaldeído em sua composição são considerados nocivos ao meio ambiente e a saúde humana. Desta forma, a partir da década de 80 foram introduzidos os biocidas que possuem como princípio ativo as

isotiazolinonas, que se degradam por meio de mecanismos químicos, físicos e biológicos, gerando subprodutos inofensivos quando utilizados em pequenas concentrações. Por esse motivo, os biocidas a base de isotiazolinonas são amplamente utilizados na indústria de tintas (MATOS, 2017; TEIXEIRA, 2018).

Segundo Monfardini (2012) a concentração dos biocidas depende do tipo de microrganismo que se deseja atuar e do tipo de tinta. As tintas de classe econômica são mais susceptíveis a biodeterioração e por isso necessitam de uma dosagem maior de biocidas, em torno de 0,2%.

De acordo com Galhardo (2012), ainda não estão disponíveis normas para o controle da aplicação de aditivos biocidas em tintas, mas existem algumas normas ABNT referentes à análise microbiológica das tintas, conforme apresentado na Tabela 2.5. Além destas, em 2016 foi publicada a ABNT NBR 16445, que descreve o método de detecção semiquantitativa da contaminação por bactérias redutoras de sulfatos em tintas, vernizes e complementos, objetivando avaliar a qualidade microbiológica e a biodeterioração.

Tabela 2.5 – Normas referentes à análise microbiológica de tintas

<b>Norma</b>	<b>Objeto</b>
NBR 14941:2003	Fungos em placa petri sem lixiviação
NBR 15301:2005	Fungos em câmara tropical
NBR 15313:2005	Esterelização para análises microbiológicas
NBR 15458:2007	Avaliação microbiológica
NBR 15821:2010	Resistência de microorganismos na embalagem

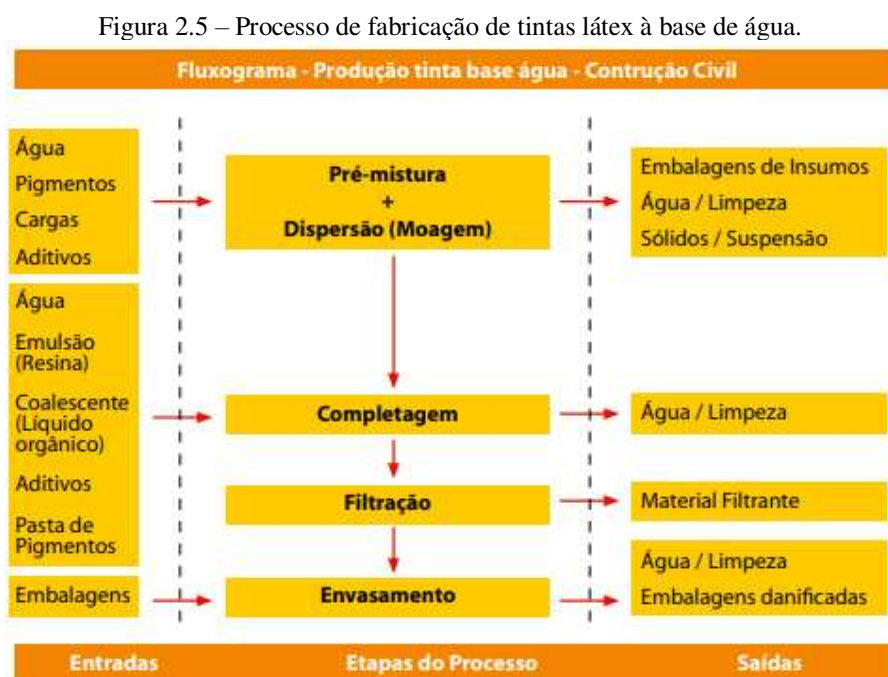
Fonte: ABRAFATI (2012)

## 2.4 Processo de fabricação das tintas

O processo de fabricação de tintas látex à base de água é mais simples do que o utilizado na produção de tintas à base de solventes e pode ser dividido em quatro etapas: pré-mistura e dispersão, completagem, filtração e envase conforme apresentado na Figura 2.5 (ABRAFATI, 2006).

A produção das tintas tem início com uma pré-mistura, onde as matérias primas: água, pigmentos, cargas e aditivos são misturados com o auxílio de um equipamento adequado para obter uma mistura homogênea (NUNES et al., 2016). Em seguida, a mistura passa pelo

processo de dispersão, que tem como objetivo quebrar mecanicamente os aglomerados possibilitando uma umectação da superfície interna e externa de cada partícula. No processo de dispersão mecânica, o dispersor a disco de alta velocidade pode ser considerado o mais prático, ágil e de menor custo entre os equipamentos de dispersão existentes, além disso, ele pode ser utilizado em todas as fases de preparação das tintas (FAZENDA, 2009).



Fonte: ABRAFATI (2006)

Os moinhos também são frequentemente utilizados no processo de dispersão dos pigmentos, no setor de produção de tintas existem diversos tipos de moinhos, como os de rolos, de bolas, verticais e horizontais. Estes, exceto o moinho de rolos, contam com agentes de moagem (esferas de aço ou material cerâmico resistente), que, com a ação combinada de cisalhamento e impacto, promovem a desaglomeração e umectação das partículas pela resina ou veículo utilizado (BERNARDO; OLIVEIRA, 2015). De acordo com Fazenda (2009), o diâmetro do moinho; a velocidade, relação volumétrica, densidade, tamanho e geometria do agente de moagem e a relação volumétrica e formulação da base da moagem, são os fatores que controlam a eficiência da dispersão.

A próxima etapa do processo de produção é a completagem, que é realizada em um tanque provido de agitação onde são adicionados ao produto da dispersão obtido na etapa anterior, água, emulsão, aditivos e solventes. Nesta etapa, aproveita-se para fazer ajustes de cor e outras correções caso seja necessário para obter as características especificadas para a tinta (ABRAFATI, 2006). As etapas de filtração e envase, concluem o processo produtivo e

ocorrem simultaneamente, possuem a finalidade de remover partículas maiores que o especificado e evitar possíveis contaminações.

## 2.5 Desempenho das tintas

As tintas devem apresentar o desempenho compatível com sua finalidade. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) subdivide a tinta látex em quatro categorias de acordo com requisitos de desempenho, sendo elas: econômica, standard, premium e super premium. Para o enquadramento nestas categorias, a tinta deve apresentar o desempenho de acordo com os limites mínimos (Tabela 2.6) estabelecidos pela norma ABNT NBR 15079-1:2021, depois de submetidas a ensaios de resistência à abrasão, poder de cobertura e rendimento.

Tabela 2.6 – Limites mínimos dos requisitos de desempenho das tintas látex

Requisitos	Método de ensaio	Unidade	Limites mínimos dos requisitos de desempenho das tintas látex				
			Econômica	Standard fosca	Premium fosca	Super premium fosca	
Poder de cobertura de tinta seca	ABNT NBR 14942	m <sup>2</sup> /L	4,0	5,0	6,0	8,0	
Rendimento mínimo acabado	ABNT NBR 14942	m <sup>2</sup> /embalagem acabado	18L	70	90	110	150
			3,6L	14	18	22	30
			0,9L	3,5	4,5	5,5	7,5
Poder de cobertura de tinta úmida	ABNT NBR 14943	%	55,0	85,0	90,0	90,0	
Resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva	ABNT NBR 15078	Ciclos	100	-	-	-	
Resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva	ABNT NBR 14940	Ciclos	10	40	100	200	

Fonte: ABNT NBR 15079-1:2021

O poder de cobertura é a propriedade que a tinta possui de, ao revestir o substrato onde foi aplicada, proporcionar opacidade e pode ser verificado tanto no filme úmido, quanto no filme seco. No caso do filme seco de acordo com a ABNT NBR 14942:2019 o poder de cobertura corresponde à área máxima (m<sup>2</sup>) aplicada, por unidade de volume (L), que apresente contraste de 98,5%. No caso do filme úmido, a norma ABNT NBR 14943:2018 estabelece que o poder de cobertura se refere a razão de contraste (%) determinada em uma área de tinta imediatamente após sua aplicação na cartela.

O rendimento mínimo da tinta corresponde à área pintada conforme orientações do fabricante, expressa em metros quadrados por embalagem. Na Tabela 2.6 são apresentados os limites de rendimento mínimo para tintas comerciais, no caso de outros volumes de tinta a ABNT NBR 15079-1:2021 apresenta uma Equação (1) para obtenção deste limite.

$$Limite_{\min} = \frac{Volume_{embalagem}(L) \times Limite\ mínimo\ de\ desempenho\ para\ 18L}{18} \quad (1)$$

A ABNT NBR 15078:2006 define a resistência à abrasão como a capacidade de uma película de tinta resistir ao desgaste mecânico ocasionado pela escovação. Para se obter a resistência à abrasão sem pasta abrasiva deve-se medir o número de ciclos necessários para remover pelo menos 80% da área percorrida pela escova. No caso da resistência à abrasão com pasta abrasiva, a ABNT NBR 14940:2018 determina que seu resultado se refere ao número de ciclos necessários para obtenção de um desgaste com forma de uma linha contínua e paralela ao sentido da escovação sobre o ressalto na película de tinta.

Além dos requisitos mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 15079-1:2021, ainda pode-se destacar outras propriedades como: teor de sólidos, viscosidade e pH. De acordo com Mariz et al. (2010), em misturas à base de água, quanto maior o teor de sólidos melhor o poder de cobertura e mais rápida a secagem do filme de tinta. A viscosidade deve ser controlada para garantir a reprodução e desempenho da tinta nos mesmos padrões, além disso, a viscosidade está diretamente relacionada com a finalidade de aplicação, por exemplo, tintas com viscosidade alta são comumente utilizadas em acabamentos texturizados, e no caso de aplicações usuais, as tintas devem possuir baixa viscosidade (MATOS, 2008; LI, 2014). Segundo Yamak (2013), o aumento do pH nas tintas ocasiona o aumento da solubilidade dos polímeros, como o PVA, causando alterações em suas propriedades reológicas e mecânicas.

## 2.6 Durabilidade das tintas

A durabilidade é a resistência que a tinta deve apresentar quando submetida a ação de agentes agressivos, como: radiação solar, umidade, chuva, poluição atmosférica, biodeterioração e variações de temperatura (ABRAFATI, 2017). Desta forma, as tintas além de atenderem aos requisitos mínimos de desempenho estabelecidos pelas normas, também precisam apresentar durabilidade para evitar que o seu desempenho e qualidade sejam prejudicados.

No caso da exposição aos agentes intempéricos, Cogulet et al. (2019) destacaram a importância de testar as tintas nas condições de uso finais para estimar seu provável desempenho, desta forma, várias pesquisas do seguimento de tintas realizaram ensaios de intemperismo. Galvão et al. (2018) e Tressmann et al. (2020) realizaram o ensaio de resistência ao intemperismo natural de tintas sustentáveis de acordo com a ASTM G7 e a ISO 2810, as amostras de tinta aplicadas no substrato foram expostas por um período de dezesseis

e doze meses, respectivamente, para examinar a presença de manifestações patológicas e alterações na qualidade do filme de tinta, como cor e aspecto, em comparação às amostras protegidas do intemperismo.

Na pesquisa realizada por Alonso-Villar et al. (2021) foram avaliadas exclusivamente as alterações de cor de dez tipos de tintas de diferentes composições que foram expostas à luz artificial por um período de sete meses e foi observado que a degradação da cor foi mais intensa em tintas do tipo acrílica do que nas do tipo PVA, de acordo com os autores, este resultado pode estar atrelado à menor fotoestabilidade dos pigmentos. Na pesquisa realizada por Faria e Schmid (2015), foram realizados ensaios de envelhecimento acelerado de tintas de acordo com a ABNT NBR 15380:2015, com o objetivo de comparar o comportamento de quatro tintas sustentáveis com uma tinta imobiliária industrializada e concluíram que apesar das tintas sustentáveis apresentarem menor resistência quando comparadas a tinta industrializada, estas também se apresentaram viáveis para uso na construção civil.

Com relação ao ataque microbiológico, diversas pesquisas foram realizadas para verificar sua influência na qualidade e durabilidade de tintas (ARRECHE et al., 2015; GANGULI; CHAUDHURI, 2020; GAYLARDE et al., 2011; SARAVIA et al., 2021; SHIRAKAWA et al., 2011; TOTHILL; SEAL, 1993; TRESSMANN et al., 2020; ZACARÍAS et al., 2018). A presença de microrganismos (fungos e bactérias) nas tintas pode prejudicar sua vida útil, reduzindo a sua durabilidade (TRESSMANN et al., 2020).

Gaylarde et al. (2011) apresentam vários métodos instrumentais que podem ser utilizados para analisar a biodeterioração do filme de tinta, como: espectroscopia vibracional, espectroscopia de ruptura induzida por laser (LIBS), cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), análise de imagem, espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC-MS). Estas técnicas podem ser utilizadas para detectar ou medir o grau de degradação do filme de tinta e também para avaliar o nível de colonização microbiana.

Rocha (2018) avaliou o grau de contaminação microbiológica de tintas à base de água e a eficiência de três tipos de biocida na conservação do produto em lata, para tal foi realizado o método de contagem de microrganismos utilizando o espalhamento em placa de petri com Plate Count Agar (PCA), que é utilizado para quantificar bactérias viáveis.

## 2.7 Tintas sustentáveis

Em se tratando de tintas imobiliárias, é possível identificar uma diversidade de impactos ambientais oriundos do seu processo produtivo, como a grande geração de compostos orgânicos voláteis (COVs) que são responsáveis pela poluição atmosférica e oferecem riscos aos usuários durante o processo de pintura. Desta forma, diversos estudos foram realizados com objetivo de desenvolver tintas sustentáveis que atendam aos requisitos de desempenho e durabilidade de tintas comerciais (ALMEIDA, T. de F., 2014; AZEVEDO, 2018; FARIA; SCHMID, 2015; GALVÃO et al., 2018; MORENO et al., 2015; PAIANO et al., 2021; ROCHIKASHVILI; BONGAERTS, 2016; SALES; COSTA, 2018; LOPES et al., 2019; SOUZA; et al., 2021; TRESSMANN et al., 2020; RAZALI; ALKAF; ZUHAN, 2021).

Nesse contexto da produção de tintas sustentáveis, tem-se a alternativa de, além de utilizar a água como solvente para reduzir a emissão de COVs, incorporar os resíduos sólidos da construção civil em substituição das matérias-primas convencionais, como pigmentos, cargas minerais e resinas.

Na pesquisa realizada por Azevedo (2018) foram aproveitados os rejeitos da indústria de beneficiamento de caulim para produzir tintas à base de solo. A pesquisa realizada por Galvão et al. (2018) propôs a utilização dos rejeitos de minério de ferro oriundos de barragens de rejeito na produção de tintas para edifícios. Lopes et al. (2019) e Tressmann et al. (2020) estudaram a incorporação dos resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais, granito e mármore respectivamente, como cargas mineiras em tintas produzidas com pigmentos de solo. Moreno et al. (2015) propuseram uma alternativa às resinas convencionais através da incorporação de ácidos graxos que podem ser encontrados em diversas plantas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS. **O Desempenho Brasileiro no Setor de Rochas Ornamentais**. 2022. Disponível em: <https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Producao-Brasileira-Lavra-2021.pdf> Acesso em: 06/12/2022.

ABRAFATI. **O setor de tintas no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://abrafati.com.br/setor-de-tintas/dados-do-setor/> Acesso em: 08/12/2022.

ABRAFATI. **Informações gerais sobre tintas e pintura imobiliária**. 2013. Disponível em: <https://abrafati.com.br/informacoes-gerais-sobre-tintas-e-pintura-imobiliaria/>. Acesso em: 11/08/2021.

ABRAFATI. **Tintas e Vernizes**: Ciência e Tecnologia. 2 ed. V.2 São Paulo: FIESP, 2005.

ABRAFATI. **Tintas de qualidade: livro de rótulos da Abrafati: linha imobiliária**. 1. Ed. São Paulo: Blucher, 2017.

ABRAFATI. **Tintas e vernizes - Guia técnico ambiental Tintas e Vernizes - Série P+L**. [s. l.], v. 1, 2006.

AGUIAR, Mariane Costalonga de. **Utilização de resíduo de serragem de rocha ornamental com tecnologia de fio diamantado em cerâmica vermelha**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Universidade Estadual do Norte Fluminense. p. 133. 2012.

ALMEIDA, Kelson Silva De; SOARES, Roberto Arruda Lima; MATOS, José Milton Elias de. Effect of gypsum and granite residues on products from the red ceramic industry: Literature review. **Revista Materia**, [s. l.], v. 25, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620200001.0893>

ALMEIDA, Thiago de Freitas. **Reaproveitamento de resíduo de pó de mármore e chamote na produção de material cerâmico para isolamento térmica**. [s. l.], p. 103, 2014.

ALONSO-VILLAR, E. M.; RIVAS, T.; POZO-ANTONIO, J. S. Resistance to artificial daylight of paints used in urban artworks. Influence of paint composition and substrate. **Progress in Organic Coatings**, [s. l.], v. 154, n. March, p. 106180, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106180>

ALVES, Joner Oliveira; JUNCA, Eduardo; ESPINOSA, Denise Croce Romano; TENÓRIO, Jorge Alberto soares. Resíduo do corte de granito: inovação tecnológica para a destinação final. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 12, n. 2, p. 123-128, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM G7-05**, Standard Practice for Atmospheric Environmental Exposure Testing of Nonmetallic Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D2805-11**, Standard Test Method for Hiding Power of Paints by Reflectometry, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D3723-05**, Standard Test Method for Pigment Content of Water-Emulsion Paints by Low-Temperature Ashing, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D4060-19**, Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.

ARRECHE, Romina; IGAL, katerine; BELLOTTI, Natalia; VÁSQUEZ, Patricia. Microbiological Prevention Using Functionalized Materials as Ecological Additives in Hygienic Paints. **Procedia Materials Science**, [s. l.], v. 9, p. 635–642, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.05.040>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5849** – Tintas - Determinação de viscosidade pelo copo Ford. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181** – Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14941** – Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência de tintas, vernizes e complementos ao crescimento de fungos em placas de Petri sem lixiviação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14942** – Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta seca. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14943** – Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15078** – Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15079-1** – Tintas para construção civil - Requisitos mínimos de desempenho - Parte 1: Tinta látex fosca nas cores claras. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15301** – Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência de tintas e complementos ao crescimento de fungos em câmara tropical. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15313** – Tintas para construção civil – Procedimento básico para lavagem, preparo e esterelização de materiais utilizados em análises microbiológicas. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15380** – Tintas para construção civil- Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Resistência à radiação UV e à condensação de água pelo ensaio acelerado. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15458** – Tintas para construção civil- Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Avaliação microbiológica de tintas, vernizes, complementos, matérias-primas e instalações. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15821** – Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do grau de resistência de tintas, vernizes e complementos, em emulsão na embalagem ao ataque de microrganismos. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16445** – Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Detecção de bactérias redutoras de sulfatos em tintas, vernizes e complementos. Rio de Janeiro, 2007.

AZEVEDO, Gislaine Handrinelly de. Use of the Reply of Caulim'S Benefiting Industries for the Production of Earth-Based Ecological Ink / Aproveitamento Do Rejeito Das Indústrias De Beneficiamento Do Caulim Para a Produção De Tinta Ecológica À Base De Terra. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 242–247, 2018.

BACARJI, E.; TOLEDO FILHO, R.D.; KOENDERS, E.A.B; FIGUEIREDO, E.P.; LOPES, J.L.M.P. Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete fillers. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 45, p. 1–10, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.032>

BARBOSA, Fernando Nogueira. **Avaliação de degradação de tinta imobiliária e de seus componentes por fungos mesofílicos**. 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154681>. Acesso em: 10/12/2021

BARRIOS, Silmar. **Manual descomplicado de tecnologia de tintas: um guia rápido e prático para formulação de tintas e emulsões**. 1.ed. São Paulo: Blucher, 2017.

BASTOS, ISADORA ANDRADE. **Utilização de resíduos de rochas ornamentais na fabricação de vidros sodo-cálcicos** [s. l.], p. 86, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/11190>

BERNARDO, Romildo Campos; OLIVEIRA, Marcos Fernandes de. Dispersão De Pigmentos No Processo De Fabricação Por Moagem E Sua Umectação. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, [s. l.], n. 6ª edição, 2015.

BRANDÃO, I. S. L.; SILVA, T.V.; OLIVEIRA, S.H.; VIEIRA, M.R.S; LIMA, D.V.V.. **Teste de atividade e eficácia de agentes biocidas em tinta acrílica**. 2016. Teste de atividade e eficácia de agentes biocidas em tinta acrílica, p. 1-388–416.

BUCHMANN, Gláucia Santos. **Comparação dos impactos ambientais de formulações de tintas com a aplicação da avaliação do ciclo de vida**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BYK. **Aditivos, Umectantes e Dispersantes**. [s. l.], 2018. Disponível em: [https://ebooks.byk.com/fileadmin/pdf/BYK\\_L-WI\\_1\\_PT\\_Online.pdf%0Ahttps://ebooks.byk.com/2/wetting-and-dispersing/aditivos-umectantes/](https://ebooks.byk.com/fileadmin/pdf/BYK_L-WI_1_PT_Online.pdf%0Ahttps://ebooks.byk.com/2/wetting-and-dispersing/aditivos-umectantes/)

CARDOSO, Fernando de Paula; ALVARENGA, Rita de Cássia Silva Sant'Ann; CARVALHO, Anôr Fiorini de; FONTES, Maurício Paulo Ferreira. Processos de produção e avaliação de requisitos de desempenho de tintas para a construção civil com pigmentos de solos. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 167–183, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000400112>

CARDOSO, W., BAPTISTA, R. C., MACHADO, T. A. P., GALDINO, A. G. de S., FELICE, R. (2021). Avaliação da incorporação de resíduo de corte de mármore e granito em concreto para produção de pisos intertravados para pavimentação. **Revista Ifes Ciência**, 7(1), 01-17. <https://doi.org/10.36524/ric.v7i1.1192>

COGULET, Antoine; BLANCHET, Pierre; LANDRY, Véronic. Evaluation of the impacts of four weathering methods on two acrylic paints: Showcasing distinctions and particularities. **Coatings**, [s. l.], v. 9, n. 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/COATINGS9020121>

CONCEIÇÃO FILHO, Marcos Alexandre. **Diferenças de espessantes acrílicos em tintas em pvc 30% e 60% e suas aplicações**. [s. l.], 2015.

CONFIANÇA, Química E M. **Agentes umectantes e dispersantes**. [s. l.], 2015.

COSTA, Luciana Cunha; MANDU, Maria Aparecida Larrubiua Granado Moreira Rodrigues; MARIA, Luiz Claudio de Santa; MARQUES, Mônica Regina da Costa. Resinas poliméricas reticuladas com ação biocida: atual estado da arte. **Polimeros**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 414–423, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.1739>

DAROS, Rafael Guglielmi. **Estabilização de cargas minerais para produção de Slurries utilizados em tintas acrílicas arquitetônicas base água.** 2017. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/5023>. Acesso em: 09/12/21

FARIA, F. C; SCHMID, A. L. Avaliação Do Comportamento De Tintas Naturais Para Ensaio De Envelhecimento Acelerado. **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**, [s. l.], n. 1, p. 1–10, 2015.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas e vernizes: Ciência e tecnologia.** 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009, 1146 p.

GALHARDO, Camila Maziviero. **Biocidas em preparações pigmentárias: Biodeterioração de tintas e a importância do uso de biocidas.** [s. l.], p. 35, 2012.

GALVÃO, José Lucas Barros; ANDRADE, Humberto Dias; BRIGOLINI, Guilherme Jorge; PEIXOTO, Ricardo André Fiorotti; MENDES, Júlia Castro. Reuse of iron ore tailings from tailings dams as pigment for sustainable paints. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 200, p. 412–422, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.313>

GANGULI, Parna; CHAUDHURI, Surabhi. Nanomaterials in antimicrobial paints and coatings to prevent biodegradation of man-made surfaces: A review. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], v. 45, p. 3769–3777, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.275>

GAYLARDE, C. C.; MORTON, L.H.G.; LOH, K.; SHIRAKAWA, M.A. Biodeterioration of external architectural paint films - A review. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [s. l.], v. 65, n. 8, p. 1189–1198, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.09.005>

GOMES, Paulo César Correia; LAMEIRAS, Rodrigo de Melo; ROCHA, Sergio Renato Ávila Glasherster da. **Obtenção de materiais à base de cimento com resíduo do estado de Alagoas: um caminho para o desenvolvimento sustentável da construção.** Relatório Final - FAPEAL. Alagoas. 2004.

GOMES, Vinicius Rodrigues; BABISK, Michelle Pereira; VIEIRA, Carlos Maurício Fontes; SAMPAIO, Juraci Aparecido; VIDAL, Francisco Wilson Hollanda; GADIOLI, Monica Castoldi Borlini. Ornamental stone wastes as an alternate raw material for soda-lime glass manufacturing. **Materials Letters**, [s. l.], v. 269, p. 127579, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.127579>

HEILEN, W. **Additives for Waterborne Coatings.** Vincentz Network, 2009.

KARAKAŞ, Fırat; ÇELİK, Mehmet S. Stabilization mechanism of main paint pigments. **Progress in Organic Coatings**, v. 123, p. 292-298, 2018.

LI, Z.; YUAN F.; FICHTHORN K. A.; MILNER S. T.; LARSON R. G. Molecular view of polymer/water interfaces in latex paint. **Macromolecules**, v. 47, n. 18, p. 6441- 6452, 2014

LOPES, Carolina de Melo Nunes; MENDES, Vitor Freitas; GARCIA, Danielle Rios; MENDES, Júlia Castro. Residues in cement-based composites: occurrence mapping in Brazil. **Case Studies in Construction Materials**, p. e01763, 2022.

LOPES, Márcia Maria Salgado; ALVARENGA, Rita de Cássia Silva Sant'Ana; PEDROTI, Leonardo Gonçalves; RIBEIRO, José Carlos Lopes; CARVALHO, Anôr Fiorini de; CARDOSO, Fernando de Paula; MENDES, Beatriz Cardoso. Influence of the incorporation of granite waste on the hiding power and abrasion resistance of soil pigment-based paints. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 205, p. 463–474, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.046>

LOPES, Márcia Maria Salgado; PEDROTI, Leonardo Gonçalves; OLIVEIRA, André Fernando de; RIBEIRO, José Carlos Lopes; CARVALHO, José Maria Franco de; CARVALHO, Anôr Fiorini de; CARDOSO, Fernando de Paula; NALON, Gustavo Henrique; LIMA, Gustavo Emílio Soares de Lima. Optimization of performance of sustainable paints using granite waste through the variation of particle size and pH. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 326, n. September, p. 129418, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129418>

LOZANO-LUNAR, A.; DUBCHENKO, I.; BASHYNSKYI, S.; RODERO, A.; FERNÁNDEZ, J.M.; JIMÉNEZ, J.R. Performance of self-compacting mortars with granite sludge as aggregate. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 251, p. 118998, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118998>

MARÇAL, Rubens Lincoln Santana Blazutti. **Fabricação De Vidros Especiais a Partir De Resíduos Da Indústria De Rochas Ornamentais**. [s. l.], p. 1–79, 2011.

MARIZ, I. F. A.; MILLICHAMP, I. S.; LA CAL J. C.; LEIZA, J. R. High performance water-borne paints with high volume solids based on bimodal latexes. **Progress in Organic Coatings**, v. 68, n. 3, p. 225-233, 2010.

MARQUES, Marcos Vinicius Dias; SANTOS, Rodrigo Rodrigues dos; CRUZ, Patrícia Torres. O Panorama dos Resíduos de Corte de Mármore e Granito no Cenário Atual da Construção Civil The Panorama of Marble and Granite Cutting Residues in the Current Civil Construction Scenario. **Brasilian Journal of Development**, [s. l.], v. 26800, n. 2525–8761, p. 26800–26811, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-401>

MATOS, M. DA C. DA S. **Estudo da incorporação de estearatos em tintas de forma a aumentar a sua impermeabilidade à água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Instituto Politecnico de Bragança. Bragança. p. 86. 2008.

MATOS, Mariana. **Uma visão química das Tintas Imobiliárias e sua questão ambiental.** 2017. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/coqui/TCC/Monografia-TCC-MarianaMatos.pdf>. Acesso em: 09/12/21

MENDES, Heberon Gomes; SILVA Mayke Gomes da; COSTALONGA JUNIOR, Joel. **Impactos ambientais no setor de rochas ornamentais no Espírito Santo e alocação e reaproveitamento de seus resíduos.** [s. l.], 2018. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/09/impactos-ambientais-no-setor-de-rochas-ornamentais-no-espírito-santo-e-alocacao-e-reaproveitamento-de-seus-residuos.pdf>

MONFARDINI, Lucélia. Defensor de fungos e bactérias. **Paint & Pintura**, São Paulo, 172, p.71, novembro, 2012.

MORENO, Mónica; LAMPARD, Chistopher; WILLIAMS, Neal; LAGO, Elsa; EMMETT, Simon; GOIKOETXEA, Monika; BARANDIARAN, MARÍA J.. Eco-paints from bio-based fatty acid derivative latexes. **Progress in Organic Coatings**, [s. l.], v. 81, p. 101–106, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2015.01.001>

MOURA FILHO, J. N. B. **Avaliação da ação antifúngica em fungos de revestimento de uma solução fungicida e da prata coloidal.** [s. l.], n. 21, p. 1–9, 2018.

NASCIMENTO, E. S.S; SOUZA, P.C.; OLIVEIRA, H.A.; MELO JÚNIOR, M.M.; ALMEIDA, V.G.O.; CAVALCANTE, F.M.. Soil-cement brick with granite cutting residue reuse. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 321, n. September, p. 129002, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129002>

NASCIMENTO, Anny Salorny; SANTOS, Cochiran Pereira dos; MELO, Fernanda Martins Caval. Production of plaster mortar with incorporation of granite cutting wastes. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 265, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121808>

NASR, Mohammed Salah; SHUBBAR, Ali Addulhussein; ABED, Zain Al-Abideen Raed; IBRAHIM, Mohammed Sami. Properties of eco-friendly cement mortar contained recycled materials from different sources. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 31, n. April, p. 101444, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101444>

Norma API 13B. **Recommended Practice for Field Testing Oil-Based Drilling Fluids.** API

**Recommended Practice 13B-2.** 5ª ed, 2012.

NUAKLONG, Peem; WORAWATNALUNART, Papassara; JONGVIVATSAKUL, Pitcha. Pre- and post-fire mechanical performances of high calcium fly ash geopolymer concrete containing granite waste. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 44, n. September, p. 103265, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103265>

NUNES, Rosineide; PIMENTEL, Rodrigo Augusto da Silva; ANDERSON, Iataanderson Fabio; MEDEIROS, Tallis Rennan Lucas; CRAVEIRO, Joaquim Maciel da Costa. Estudo de caso na produção de tintas: como o sistema de informação eficiente. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, [s. l.], p. 1–16, 2016.

OLIVEIRA, Filipa Alexandra Lourenço. **Desenvolvimento do Instrumento Laboratorial ROBpaint Estudos de Reologia**. [s. l.], 2008.

PAIANO, Annarita; GALLUCCI, Teodoro; PONTRANDOLFO, Andrea; LAGIOIA, Giovanni; PICCINNO, Paolo; LACALAMITA, Amedeo. Sustainable options for paints through a life cycle assessment method. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 295, p. 126464, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126464>

PALANISAMY, C.; VELUSAMY, S.; KRISHNASWAMI, N.; MANICKAM, K.; RATHINASAMY, L.; ANNAMALAI, I. Materials Today : Proceedings Experimental investigation on self-compacting concrete with waste marble and granite as fine aggregate. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], v. 65, p. 1900–1907, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.159>

PATIL, Mahesh V; PATIL, Yogesh D. Materials Today : Proceedings Effect of copper slag and granite dust as sand replacement on the properties of concrete. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], v. 43, p. 1666–1677, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.029>

PRIMO, Catarina Bastos. **Estudo da influência da concentração e tipo de dispersantes no desempenho de uma tinta aquosa**. Dissertação de Mestrado. [s. l.], 2017.

RASHWAN, M. A.; AL-BASIONY, T.M.; MASHALY, A.O.; KHALIL, M.M.. Behaviour of fresh and hardened concrete incorporating marble and granite sludge as cement replacement. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 32, n. May, p. 101697, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101697>

RAZALI, Mohd.Najib Bin; ALKAF, Alawi Abdulqader; ZUHAN, Mohd Khairul Nizam Bin Mohd. Formulation of water-based white colour paint from waste titanium dioxide. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], n. xxxx, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.360>

ROCHA; Cândido Daniel Moreira. **Avaliação do grau de contaminação microbiológica em tintas através de um método de detecção rápida de partículas** *Dissertação de Mestrado*. [s. l.], 2018. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/111872/2/264703.pdf>. Acesso em: 14/12/2022.

ROCHIKASHVILI, Mariia; BONGAERTS, Jan C. Multi-criteria Decision-making for Sustainable Wall Paints and Coatings Using Analytic Hierarchy Process. **Energy Procedia**, [s. l.], v. 96, n. October, p. 923–933, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.167>

RODRIGUES, Hayala Karoline Santos; OLIVEIRA, Hebert Alves de; MELO, Fernanda Martins Cavalcante de; ALMEIDA, Vanessa Gentil de Oliveira. Propriedades de um concreto leve estrutural com incorporação de argila expandida e resíduo de granito. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [s. l.], v. 27, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620220001.1353>

RODRIGUES, Viviane Cristine; DINIZ, Milton Faria; MATTOS, Elizabeth da Costa; DUTRA, Rita de Cássia Lazzarini. Separação e identificação de aditivos em tinta por TLC-IR/UATR e extração seletiva. **Polimeros**, [s. l.], v. 26, p. 68–74, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.1887>

SALES, Fábio Henrique Silva; COSTA, Thays O. Tintas Ecológicas a Partir De Minerais Encontrados Na Costa Maranhense. **Holos**, [s. l.], v. 1, p. 16–29, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2018.4440>

SANTOS, Rodrigo Vergne de Abreu. **Polímeros superabsorventes: processos de produção, aplicações e mercado**. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/19157>. Acesso em 05/01/2023

SARAVIA, Sandra G.Gómez de; RASTELLI, Silvia E.; BLUSTEIN, Guillermo; VIERA, Marisa R. Antibacterial and algacide activity of three natural compounds: Lab-test approaches on their potential use in paint formulations. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 43, n. March, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102560>

SCIREA, Renata Fumagali; VIEIRA JUNIOR, Luiz Eloi; RODRIGUES NETO, João Batista; HOTZA, Dachamir. Otimização reológica de suspensões aquosas de óxido de ferro (III). **Matéria (Rio de Janeiro)**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 185–192, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620150001.0019>

SHIRAKAWA, M. A.; LOH, K.; SILVA, M.E.S.; GAYLARDE, C.C. Biodeterioration of painted mortar surfaces in tropical urban and coastal situations: Comparison of four paint formulations. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [s. l.], v. 65, n. 5, p. 669–674, 2011. Disponível

em: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.03.004>

SIGEP. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil: volume III**. 2013. Disponível em: [http://sigep.cprm.gov.br/SIGEP\\_Vol\\_III.pdf](http://sigep.cprm.gov.br/SIGEP_Vol_III.pdf). Acesso em 30/03/2022.

SINGH, O.P.; KULHAR, K.S.; CLOUDHARY, S. Materials Today : Proceedings Strength studies on concrete containing of recycled coarse aggregate and granite cutting waste as partial replacement of fine aggregate. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.153>

SILVA, M. C.A.; LEÃO, V. A.; REIS, E. L. Incorporation of quartzite fines in the production of red ceramics. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 288, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125098>

SILVA, J. M. DA; UEMOTO, K. L. **Caracterização de tintas látex para construção civil: diagnóstico do mercado do estado de São Paulo**. 2005. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00420.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00420.pdf)>. Acesso em: 14/09/2021.

SILVA, Ana Paula Moreira da; VIANA, João Paulo; CAVALCANTE, André Luís Brasil. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da atividade de mineração de substâncias não energéticas**. 2012. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP\\_Diagn%C3%B3stico\\_2012.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf). Acesso em: 13/12/2022

SILVEIRA, Carlos Alberto da; CORREA, Iraides Maria B. Contribuição ao Estudo do Nivelamento de Tintas Látex. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 34-37, 2013.

SOUZA, Antonio Olavo de; NASCIMENTO, Rodrigues do; MONTEIRO, Giovanna Karolina da Silva; SANTOS, Jéssica Carvalho dos; NASCIMENTO, Juliana Rodrigues do. **Tinta ecológica como fator de integração solidária , social e ambiental em comunidades urbanas e rurais**. [s. l.], p. 1–6, 2021. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2021/I-019.pdf>

SOUZA, Luiz Guilherme Meira de; SANTOS, Natanaeyfle Randemberg; CAVALCANTE, Amanda Gonçalves; SOUZA, Luiz Guilherme Vieira Meira de; COSTA, Larissa Caroline Fernandes. Composite utilizing residues of marble and granite for building popular homes. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 9, n. January, p. 192–197, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.01.003>

SPIRLANDELLI, G S; FINZER, J.R.D.; FERNANDES, D.M.. Dispersão de dióxido de titânio em formulações de tintas. **Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, [s. l.], 2016.

TAKAYA, Raquel. **Preparação e avaliações comparativas das propriedades físico-químicas entre os hidrogéis de poliacrilato de sódio e de ácido itacônico para potencial aplicação como biomaterial**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TEIXEIRA, Mafalda Daniela Leite. **Controlo Químico da Qualidade de Tintas**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

TOTHILL, I. E.; SEAL, K. J. Biodeterioration of waterborne paint cellulose thickeners. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 241–254, 1993. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0964-8305\(93\)90020-3](https://doi.org/10.1016/0964-8305(93)90020-3)

TRESSMANN, Deise Mara Garcia Alves; PEDROTI, Leonardo Gonçalves; CARVALHO, Anôr Fiorini; RIBEIRO, José Carlos Lopes; CARDOSO, Fernando de Paula; LOPES, Márcia Maria Salgado; OLIVEIRA, André Fernando de; FERREIRA, Sukarno Olavo. Research into the use of marble waste as mineral filler in soil pigment-based paints and as an active pigment in waterborne paints. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 205, p. 117976, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.046>

TUGRUL TUNC, Esra. Recycling of marble waste: A review based on strength of concrete containing marble waste. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 231, n. October 2018, p. 86–97, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.034>

VARDHAN, Kirti; SIDDIQUE, Rafat; GOYAL, Shweta. Influence of marble waste as partial replacement of fine aggregates on strength and drying shrinkage of concrete. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 228, p. 116730, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116730>

VAZ, Carlos Duarte Marques Ferreira. **Implementação de métodos de controle de qualidade em tintas**. 2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/110720/2/250452.pdf>. Acesso em: 09/12/21

VIDAL, F.W.H.; CASTRO, N.C.; FRASCÁ, M.H.B.O. Introdução. **Tecnologia de rochas ornamentais - pesquisa, lavra e beneficiamento**, [s. l.], 2014. Disponível em: [http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1730/CCL00010014\\_CAPITULO\\_01\\_opt%281%29.pdf?sequence=1](http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1730/CCL00010014_CAPITULO_01_opt%281%29.pdf?sequence=1) Acesso em: 08/12/2022

VIDAL, F. W. H., AZEVEDO, H. C. A., CASTRO, N. F. (Eds). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 700p

YAMAK, H. B. Emulsion polymerization: effects of polymerization variables on the properties of vinyl acetate based emulsion polymers. In: Dr. Faris Yılmaz (ed.). **Polymer Science**. InTech, cap.2, p.35-70, 2013.

ZACARÍAS, Silvia M.; MARCHETTI, Sofia; ALFANO, Orlando M.; BALLARI, María de los Milagros. Photocatalytic paint for fungi growth control under different environmental conditions and irradiation sources. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, [s. l.], v. 364, n. May, p. 76–87, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2018.05.034>

### **3. EFEITOS DE ADITIVOS BIOCIDAS E DISPERSANTES NO DESEMPENHO E NA DURABILIDADE DE TINTAS LÁTEX PRODUZIDAS COM RESÍDUO DE GRANITO**

#### **Resumo**

Este estudo objetiva determinar a influência de aditivos biocidas e dispersantes no desempenho e na durabilidade de tintas látex PVA produzidas com resíduo de granito. Para isso, inicialmente foi determinada a mistura otimizada, de acordo com o critério de desejabilidade (DSJ), que considera o atendimento simultâneo da resistência à abrasão (RA) e do poder de cobertura (PC) mínimos, exigidos pela ABNT NBR15079-1:2021, em função dos componentes: resíduo de granito, água e resina PVA. Em seguida, fixando-se a mistura ótima, as amostras foram formuladas a partir de um experimento fatorial de dois fatores e quatro níveis: aditivo biocida (0; 0,050; 0,225 e 0,400%) e aditivo dispersante (0; 0,02; 0,76 e 1,50%). As formulações foram analisadas quanto à RA, PC, tempo de prateleira e resistência ao intemperismo. Os resultados mostraram que o aditivo biocida não influenciou significativamente nas propriedades de desempenho, enquanto o aditivo dispersante reduziu a resistência à abrasão do filme das tintas, possivelmente devido ao aumento do pH do meio. Com relação ao tempo de prateleira as amostras com as concentrações média e intermediária de biocida (0,225% e 0,400%) apresentaram o mesmo comportamento no período analisado, desta forma, segundo o critério sustentável e econômico, a amostra com a concentração 0,225% de biocida foi considerada mais apropriada. Além disso, foi observado que o dispersante contribuiu para estabilizar a viscosidade das tintas ao longo do tempo. No ensaio de resistência ao intemperismo, nenhuma das amostras analisadas apresentou fissuras, descascamentos ou bolores, entretanto, os desbotamentos dos filmes das tintas foram mais intensos para as maiores concentrações de dispersante. Assim, os resultados obtidos indicam que os aditivos biocidas, são alternativas promissoras para promover melhorias na durabilidade das tintas à base de resíduo de granito.

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

O Brasil possui participação expressiva no segmento de exploração e beneficiamento de rochas ornamentais e está entre os maiores exportadores desse material no mundo (NASCIMENTO et al., 2020). Sua notoriedade se deve, entre outros fatores, à grande variedade de matérias-primas, sendo assim considerado o país com a maior geodiversidade mundial em rochas ornamentais (ABIROCHAS, 2021a).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, em 2019, o Brasil atingiu a produção de 9,2 milhões de toneladas, entretanto apresentou uma queda de 5,6% no primeiro semestre de 2020, possivelmente em consequência da pandemia da COVID-19, em setembro de 2020, apesar da desaceleração econômica ocasionada pela pandemia, o faturamento do setor superou o mesmo mês de 2018 e 2019 (ABIROCHAS, 2021b). Nesse contexto, destaca-se o estado do Espírito Santo, que é responsável por cerca de 85% de toda a produção brasileira de rochas ornamentais (SINDIROCHAS, 2022).

De acordo com Alves et al. (2015) e Mathielo et al. (2019), o processo de beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil, gera rejeitos na faixa de 20 a 25% em massa do total beneficiado, tendo em vista que, a produção de granito no país corresponde à 44,5% da produção total. No Brasil são geradas toneladas de resíduo de granito por ano, resíduo este que, quando descartado inadequadamente, ocasiona diversos impactos ambientais, como o assoreamento de rios e comprometimento da sobrevivência animal e vegetal.

Em função disso, encontram-se na literatura diversos estudos sobre a incorporação dos resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais, principalmente em materiais de construção civil, tendo em vista que este setor representa um dos maiores consumidores de recursos naturais do planeta (ROQUE; PIERRE, 2019). Uma das possibilidades de aplicação do resíduo de granito é na indústria de tintas, onde, além de reduzir os danos ambientais causados pela disposição inadequada do resíduo, seria possível reduzir os custos de fabricação, e desta forma, torná-lo um produto acessível à população de baixa renda. Esta alternativa se justifica ainda pelas características como: índice de branquidão, pH, tamanho das partículas e distribuição granulométrica, que sugerem sua aplicação na fabricação de tintas em substituição dos pigmentos e cargas minerais (MARRAS et al., 2022).

Lopes et al. (2019), foram pioneiros a investigar a aplicação do resíduo de granito na produção de tintas, a pesquisa teve como objetivo analisar a influência da incorporação do resíduo de granito, atuando como carga mineral no desempenho de tintas à base de pigmentos de solo. Lopes et al. (2021), estudaram a otimização das propriedades de desempenho das tintas à base de pigmentos de resíduo de granito, por meio de variações no tamanho de suas partículas e no pH, destacando a necessidade de novos estudos para investigar a incorporação de aditivos a fim de promover melhorias na etapa de armazenamento da tinta líquida.

As tintas comerciais à base de água apresentam um tempo de prateleira médio (vida útil da

tinta úmida) de três anos, enquanto as tintas à base de solvente, de quatro anos. Porém, no caso das embalagens abertas, este prazo é reduzido para dois anos, em ambos os tipos de tintas (SUVINIL, 2022). As tintas de base aquosa, contribuem para a redução da emissão de compostos orgânicos voláteis (GALVÃO et al., 2018; PAIANO et al., 2021), entretanto, o uso da água como solvente trás consigo a maior susceptibilidade a biodegradação (GALHARDO, 2012). Desta forma, faz-se necessário o uso de aditivos biocidas para evitar o desenvolvimento de microrganismos, promovendo a proteção das tintas no estado úmido e o aumento do tempo de prateleira (FAHEIM et al., 2021).

Além da necessidade da adição de biocidas, as tintas de base aquosa podem apresentar prejuízos à estabilidade mecânica devido à remoção dos COVs (OLIVEIRA; SILVA, 2014). Desta forma, ao substituir o solvente pela água, faz-se necessário aumentar a concentração de dispersantes para estabilizar os pigmentos, reduzindo sua sedimentação durante a etapa de armazenamento e facilitando sua redispersão no momento da aplicação no substrato (ALMEIDA, 2011).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da incorporação de aditivos biocidas e dispersantes no desempenho e na durabilidade de tintas à base de pigmentos de resíduo de granito. No melhor conhecimento dos autores, o uso destes aditivos na produção de tintas sustentáveis à base de resíduo de granito não foi relatado na literatura recente. O processo de produção das tintas buscou, além de satisfazer às condições de uma tecnologia social e sustentável, desenvolver um produto capaz de despertar o interesse industrial, devido às melhorias na etapa de armazenamento e aplicação. O reaproveitamento em escala industrial pode promover maiores impactos na redução do volume de resíduo de granito.

## **3.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia para o desenvolvimento desta pesquisa foi dividida em três etapas principais. Inicialmente foi realizada a preparação e caracterização do resíduo de granito, em seguida, a otimização do desempenho das tintas à base de resíduos de granito de acordo com seus componentes básicos e, por fim, a análise da influência das diversas concentrações de aditivos biocidas e dispersantes, nas propriedades de desempenho e de durabilidade das tintas.

### **3.2.1 Materiais**

Para o desenvolvimento das tintas apresentadas neste trabalho, foi utilizado como pigmento, o resíduo de granito oriundo do processo de corte por fio diamantado, fornecido pela Empresa

Decolores Mármore e Granitos, que está localizada em Cachoeiro do Itapemirim, região sul do estado do Espírito Santo.

Como tratamento inicial, o resíduo de granito foi seco ao ar, destorroado manualmente e peneirado na peneira ASTM 8 mesh, abertura 2,28mm, com o objetivo de desaglomerar as partículas e retirar impurezas grosseiras. Em seguida, para umectação das partículas, o resíduo de granito foi submetido à dispersão mecânica em meio úmido, com auxílio de um dispersor de alta velocidade (disco *Cowles*), acoplado a um agitador mecânico (Figura 3.1), da marca Marconi, código MA039 e com velocidade 1080 rpm. Sequencialmente, os resíduos dispersos em meio aquoso foram peneirados na peneira ASTM 400 mesh (abertura 0,037mm).

Figura 3.1 – Agitador mecânico com o disco Cowles acoplado



Fonte: Autor, 2023

O solvente selecionado foi a água obtida da concessionária SAAE de Viçosa, Minas Gerais, considerando a redução de custo, a disponibilidade e principalmente a redução na emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs) (PATIÑO GUÍO, 2014). Esse solvente apresentou pH médio de 6,60 e massa específica de 1,00g/cm<sup>3</sup>.

Por se tratar de uma resina miscível em água e ser a mais produzida no mundo, sendo desta forma, facilmente encontrada no mercado (JÚNIOR et al., 2019), a resina utilizada foi a resina poliacetado de vinila (PVA), da marca *Cascorez*, categoria Extra, pertencente ao lote B514903721 e com validade até novembro de 2023. De acordo com a Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) fornecida pelo fabricante, apresentou densidade de 1,05g/cm<sup>3</sup>, pH no intervalo de 4,00 à 5,00 e o teor de sólidos de 45%.

Como aditivo biocida, foi utilizada uma mistura de isotiazolinonas, composta por 5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona (CIT) e 2-metil-4-isotiazolin-3-ona (MIT), da marca *Koralone*, que conforme especificação técnica do fabricante, apresentou pH entre 1,80 e 2,60 e densidade entre 1,022 e 1,032 g/cm<sup>3</sup>. O uso deste biocida se deve ao fato deste ser totalmente solúvel em água, facilmente encontrado no mercado e por seu princípio ativo ser o mais utilizado na formulação de aditivos biocidas para tintas (GALHARDO, 2012; VAZ, 2017). Ainda de acordo com informações do fabricante, este biocida é livre de solventes orgânicos (COVs) e possui atividade microbiológica de amplo espectro contra bactérias, fungos e leveduras, conforme apresentado na Tabela 3.1. De acordo ainda com o fabricante, a concentração recomendada está na faixa de 0,050 a 0,400%, em relação a massa total da tinta, dependendo do produto a ser protegido e das condições ambientais as quais está exposto.

Tabela 3.1 – Espécies de bactérias, fungos e leveduras de atuação do biocida CIT/MIT

<b>Bactérias</b>	<b>Fungos</b>	<b>Leveduras</b>
<i>Corynebacterium sp.</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>Penicilium funiculosum</i>	
<i>Klebsiella sp</i>		
<i>Proteus penneri</i>		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		

Fonte: Autor, 2023

O aditivo dispersante empregado foi o sal sódico de ácido poliacrílico (poliacrilato de sódio), da marca WANA, categoria WANPEX 1450, que conforme boletim técnico e FISPQ fornecidos pelo fabricante, apresentou pH de 7,50, densidade de 1,20g/cm<sup>3</sup> e teor de sólidos de 35,4%. A concentração recomendada pelo fabricante está na faixa de 0,02% a 1,50%, em relação a massa total da tinta, dependendo do tipo de aplicação, sendo necessária a realização de testes para determinar as quantidades ideais de uso.

Este aditivo foi selecionado devido à sua solubilidade em meio aquoso, por ser amplamente utilizado na indústria de tintas e por apresentar melhor desempenho em comparação a outros aditivos dispersantes (PRIMO, 2017). Outro fator que contribuiu para a escolha deste aditivo foi a sua disponibilidade no mercado, tendo em vista que, os aditivos dispersantes são comercializados apenas em grandes quantidades, para essa pesquisa, um fabricante de tintas látex à base de água, localizado em Muriaé-MG, forneceu as quantidades necessárias.

### 3.2.2 Caracterização do resíduo de granito

Após o tratamento inicial mencionado na seção 3.1, o resíduo foi caracterizado química, física, mineralógica e morfológicamente. Na caracterização química, foram determinados o pH em conformidade com a metodologia da Embrapa (1997) e a Fluorescência de raio X (FRX), utilizando-se do espectrômetro Shimadzu Micro-EDX-1300, do Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), aplicando-se a alta voltagem (50keV e 50  $\mu$ A) e mapeando-se 1200 pontos. Efetuou-se a Difração de raios X (DRX), para a caracterização mineralógica, por meio do difratômetro D8 Discover (Bruker), no Laboratório de Difração e Espalhamento de Raios X do Departamento de Física da UFV, com radiação de  $\text{CuK}\alpha$  (1,5418 Å),  $2\theta$  variando de 3° a 70°, 0,05°  $2\theta$  step-scan e 1,0 s/step.

Para a caracterização física, foram determinadas a curva de distribuição granulométrica, com base na ABNT NBR 7181:2016, a densidade das partículas, conforme a metodologia da Embrapa (1997) e a porcentagem de matéria orgânica de acordo com a ABNT NBR 13600:2022. A caracterização morfológica foi realizada por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), no Núcleo de Microscopia e Microanálise da UFV, equipamento *Leo 1430VP*.

### 3.2.3 Modelo experimental

#### 3.2.3.1 Otimização do desempenho das tintas à base de resíduo de granito, em função de seus componentes básicos (Fase 1)

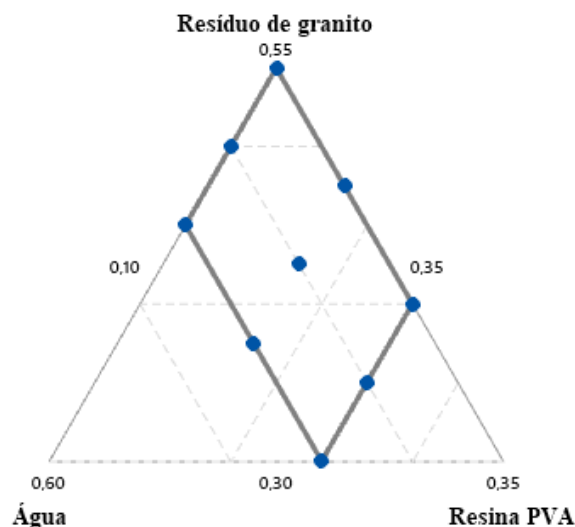
Na Fase 1 as proporções dos componentes das tintas foram definidas a partir de um planejamento de misturas ternárias em rede simplex, com delineamento em vértice extremo (DVE), de grau 3. As variáveis independentes do planejamento foram o resíduo de granito, sofrendo variações de 30 a 55%, a resina PVA, variando de 10 a 25% e a água, variando de 35 a 45%, as faixas de variação foram fixadas com baseada em Lopes et al. (2019). O delineamento experimental foi definido por meio do software estatístico Minitab® 17, conforme demonstrado na Tabela 3.2 e na Figura 3.2.

Tabela 3.2 – Formulações em massa para as tintas definidas pelo software estatístico Minitab® 17

Amostra	Resíduo de granito	Água	Resina PVA
1	0,375	0,450	0,175
2	0,450	0,450	0,100
3	0,500	0,400	0,100
4	0,475	0,350	0,175
5	0,400	0,350	0,250
6	0,350	0,400	0,250
7	0,550	0,350	0,100
8	0,300	0,450	0,250
9	0,425	0,400	0,175

Fonte: Autor, 2023

Figura 3.2 – Esquema das combinações entre as proporções dos componentes das tintas planejadas pelo DVE



Fonte: Autor, 2023

Nesta etapa, obteve-se a mistura ótima, ou seja, a formulação capaz de otimizar simultaneamente o poder de cobertura e a resistência à abrasão das tintas, atendendo aos mínimos, respectivamente, 4 m<sup>2</sup>/l e 100 ciclos, de acordo com o estabelecido pela ABNT NBR 15079-1:2021.

### 3.2.3.2 Influência de aditivos biocidas e dispersantes nas propriedades de desempenho das tintas produzidas com pigmentos de resíduo de granito (Fase 2)

Nesta fase 2, optou-se por um delineamento fatorial, o que possibilita avaliar os efeitos de diversos fatores e a interação entre eles. Nesta pesquisa, foram investigados dois fatores: a concentração do aditivo biocida, variando entre os níveis 0%, 0,050%, 0,225% e 0,400%; e a

concentração do aditivo dispersante, com os níveis 0%, 0,02%, 0,76% e 1,50%. As concentrações dos aditivos biocida e dispersante foram calculadas sobre a massa total das misturas, conforme orientações dos respectivos fabricantes. Na Tabela 3.3 são apresentadas as formulações geradas no software Minitab® 17.

Tabela 3.3 – Experimento fatorial gerado no software estatístico Minitab® 17

<b>Id.</b>	<b>CB(%)</b>	<b>CD (%)</b>
M1-0B-0D	0,000	0,00
M2-0,225B-1,50D	0,225	1,50
M3-0,50B-0,76D	0,050	0,76
M4-0,40B-0D	0,400	0,00
M5-0,40B-0,76D	0,400	0,76
M6-0,225B-0D	0,225	0,00
M7-0,225B-0,76D	0,225	0,76
M8-0,40B-0,02D	0,400	0,02
M9-0B-1,50D	0,000	1,50
M10-0,05B-0,02D	0,050	0,02
M11-0,05B-0D	0,050	0,00
M12-0B-0,02B	0,000	0,02
M13-0,225B-0,02D	0,225	0,02
M14-0B-0,76D	0,000	0,76
M15-0,40B-1,50D	0,400	1,50
M16-0,05B-1,50D	0,050	1,50

Legenda: Id.- identificação; CB- concentração do biocida; CD- concentração de dispersante

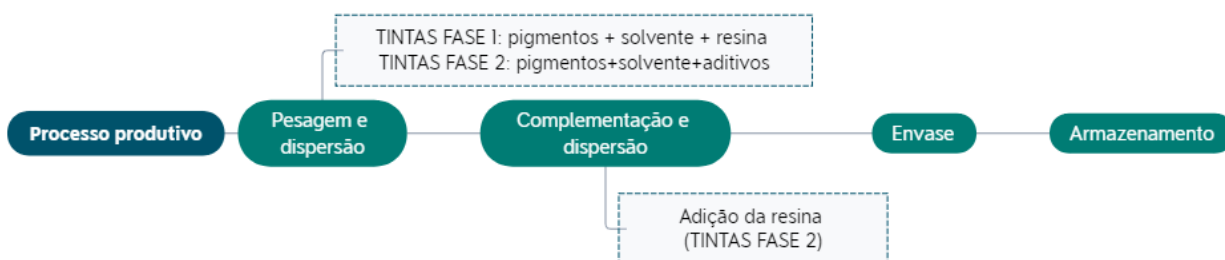
Fonte: Autor, 2023

### 3.2.4 Produção das tintas e caracterização das amostras de tinta

Na Figura 3.3 são apresentadas as etapas do processo produtivo das amostras de tinta desenvolvidas nessa pesquisa. Os pigmentos do resíduo de granito, após tratamento inicial, se encontram dispersos em meio aquoso, desta forma fez-se necessário a determinação do teor de sólidos, para que o mesmo se adequasse às proporções definidas no programa experimental.

No caso das tintas produzidas na Fase 1, realizou-se a mistura dos pigmentos, solvente e resina obedecendo às proporções definidas na Tabela 2, por meio do disco Cowles acoplado ao agitador mecânico a uma velocidade de 540 rpm por 15 minutos. Entretanto, na Fase 2, a primeira etapa de produção das tintas consistiu em uma pré-mistura da solução de pigmentos e aditivos por 5 minutos, a fim de garantir uma melhor dispersão e incorporação destes nas misturas, sem interferência da resina, em seguida, adicionou-se a resina PVA e o sistema foi disperso por mais 10 minutos, totalizando 15 minutos de dispersão a 540 rpm.

Figura 3.3 – Sequência de produção das tintas



Fonte: Autor, 2023

Nas Tabelas 3.4 (Fase 1) e 3.5 (Fase 2), são apresentadas as formulações finais, de cada amostra em massa (g), com base nas proporções estabelecidas no planejamento experimental (Tabelas 2 e 3).

Tabela 3.4 – Composição das tintas produzidas na Fase 1

Amostra	Resíduo de granito (g)	Resina PVA (g)	Água (g)
1	348,82	162,78	418,58
2	409,44	90,99	409,44
3	377,30	75,46	301,84
4	443,82	163,51	327,03
5	347,79	217,37	304,32
6	350,53	250,38	400,61
7	549,93	99,99	349,96
8	274,88	229,07	412,32
9	444,17	182,89	418,04

Fonte: Autor, 2023

Tabela 3.5 – Composição das tintas produzidas na Fase 2

Amostra	Resíduo de granito (g)	Resina PVA (g)	Água (g)	Aditivo biocida (g)	Aditivo dispersante (g)
M1-0B-0D	500,00	233,63	395,03	0,00	0,00
M2-0,225B-1,50D	500,00	233,63	395,03	2,54	16,93
M3-0,50B-0,76D	500,00	233,63	395,03	0,56	8,58
M4-0,40B-0D	500,00	233,63	395,03	4,51	0,00
M5-0,40B-0,76D	500,00	233,63	395,03	4,51	8,58
M6-0,225B-0D	500,00	233,63	395,03	2,54	0,00
M7-0,225B-0,76D	500,00	233,63	395,03	2,54	8,58
M8-0,40B-0,02D	500,00	233,63	395,03	4,51	0,23
M9-0B-1,50D	500,00	233,63	395,03	0,00	16,93
M10-0,05B-0,02D	500,00	233,63	395,03	0,56	0,23
M11-0,05B-0D	500,00	233,63	395,03	0,56	0,00
M12-0B-0,02B	500,00	233,63	395,03	0,00	0,23
M13-0,225B-0,02D	500,00	233,63	395,03	2,54	0,23
M14-0B-0,76D	500,00	233,63	395,03	0,00	8,58
M15-0,40B-1,50D	500,00	233,63	395,03	4,51	16,93
M16-0,05B-1,50D	500,00	233,63	395,03	0,56	16,93

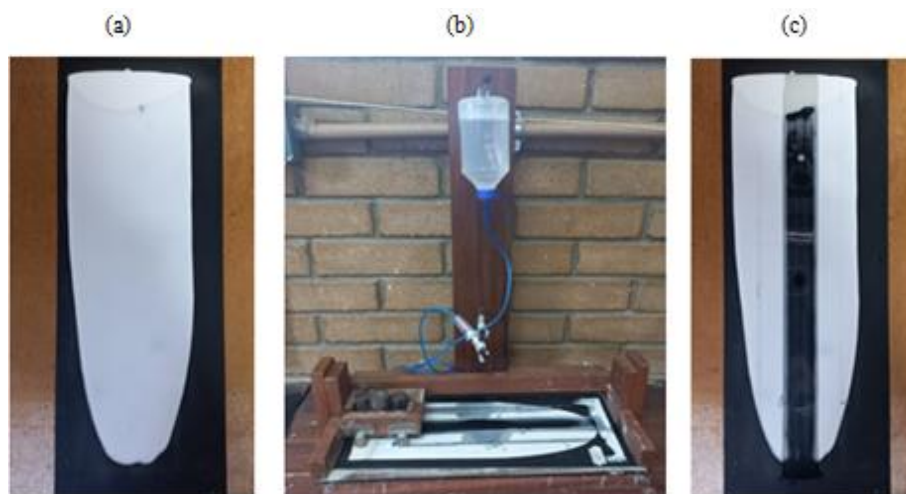
Fonte: Autor, 2023

Para caracterização das amostras de tinta, determinou-se o teor de sólidos, a concentração volumétrica de pigmentos (PVC), o pH, a viscosidade cinemática e a viscosidade plástica, além disso, foi mensurado o grau de dispersão das tintas produzidas na Fase 2. O teor de sólidos foi mensurado de acordo com as especificações da ASTM-D 3723-05:2017. A concentração volumétrica de pigmentos corresponde ao percentual da relação entre o volume de pigmentos e o volume total de sólidos do filme seco (Fazenda, 2009). O pH foi determinado por meio do pHmetro da marca *TECNO PON*, modelo mPA-210, a viscosidade cinemática foi medida utilizando-se o viscosímetro Copo Ford nº4 (ABNT NBR 5849:2015) e a viscosidade plástica foi obtida pelo viscosímetro Fann 35 (ISO 10414-1:2008, API 13B:2012). O grau de dispersão dos pigmentos foi determinado por meio do grindômetro da marca *Isolabor Omicron* de modelo 155-01, conforme a metodologia da ASTM D 1210-05:2022.

### 3.2.5 Determinação do desempenho das tintas

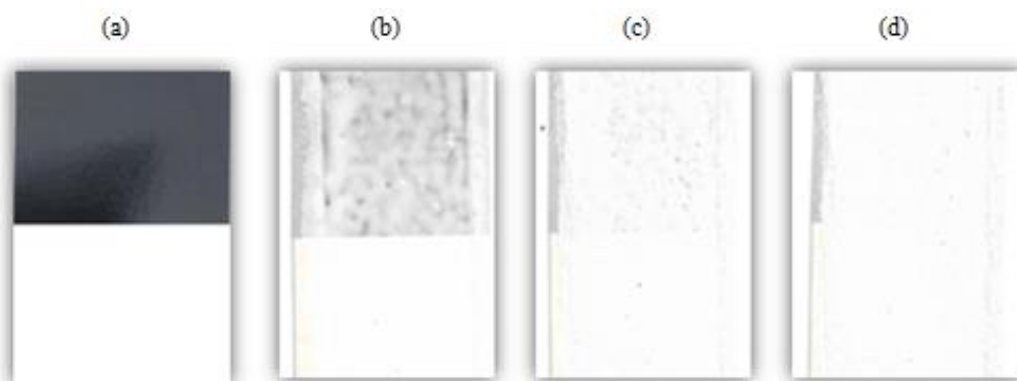
Na análise do desempenho das tintas, foram realizados os ensaios de resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva, (ABNT NBR 15078:2006; ASTM D4060-19:2019) e o poder de cobertura da tinta seca (ABNT NBR 14942:2016; ASTM D2805-11:2018). A resistência à abrasão úmida, sem pasta abrasiva, foi dada pelo número de ciclos necessários para provocar um desgaste na película de tinta estendida de 80% da área percorrida pela escova. Para a realização deste ensaio foi utilizada a máquina de lavabilidade apresentada na Figura 3.4.

Figura 3.4 – Ensaio de resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva: a) cartela de PVC com película de tinta estendida antes do ensaio; b) Máquina de lavabilidade; c) cartela de PVC com película de tinta estendida após o ensaio.



O poder de cobertura, da tinta seca, foi dado pela relação entre a área máxima de aplicação da tinta ( $m^2$ ) por unidade de volume (L), que apresentou razão de contraste de 98,5%. A razão de contraste entre duas superfícies, substrato preto e substrato branco da cartela de ensaio (Figura 3.5), submetidas a uma mesma luz incidente, foi dada pelo quociente entre as respectivas intensidades da luz refletida. Para essa comparação foi utilizado o software *Photoshop*®, para obtenção do fator B (brilho) do padrão de cores HSB (*Hue, Saturation e Brightness*), de acordo com Cardoso et al. (2016), Lopes et al. (2019) e Tressmann et al. (2020). O fator B apresenta uma faixa de variação de 0 (medido na cor preta) a 100 (medido na cor branca), possibilitando comparar a reflectância do filme de tinta seca nas duas partes da cartela.

Figura 3.5 – Aplicação da tinta de resíduo de granito sobre a cartela de marca *Isolabor Omicron*, modelo 200-506. a) sem aplicação da tinta; b) uma demão; c) duas demãos; d) três demãos



Fonte: Autor, 2023

### 3.2.6 Determinação da durabilidade das tintas

A análise da durabilidade foi realizada, tanto para a tinta no estado úmido durante a etapa de armazenamento quanto para o filme seco, após aplicação no substrato. Nesta etapa foram selecionadas as tintas produzidas na Fase 2.

#### 3.2.6.1 Estimativa do tempo de prateleira

O tempo de prateleira ou prazo de validade corresponde ao período em que um produto preserva suas características de desempenho e se mantém seguro para uso do consumidor. Para estimar o tempo de prateleira das tintas produzidas com resíduo de granito, estas foram monitoradas aos 7, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 dias de armazenamento, em temperatura ambiente, com o objetivo de verificar o atendimento às propriedades mecânicas e as alterações nas características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais.

A definição do tempo de prateleira se baseou em dois critérios: o atendimento aos limites

mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 15079-1:2021 para as propriedades mecânicas (poder de cobertura e resistência à abrasão) referentes à tinta látex de categoria econômica; e a análise sensorial, onde foram verificadas alterações de cor e odor. Desta forma, no momento em que a amostra deixou de atender a qualquer um dos critérios, seu monitoramento foi encerrado e a mesma foi considerada inapropriada para uso. Além disso, para melhor compreensão do processo de degradação das tintas, foram acompanhados o pH, a viscosidade cinemática e o crescimento microbiano.

Para estas análises foram selecionadas as amostras M1-0B-0D, M4-0,40B-0D e M6-0,225B-0D que apresentaram os melhores resultados de desempenho na Fase 2, além disso, foi selecionada a amostra M10-0,05B-0,02D que apresentou desejabilidade superior a 90% para verificar se o aditivo dispersante contribuiu de alguma forma para a melhoria da estabilidade da tinta na embalagem. Foram produzidos 1100 ml de cada tinta (Figura 3.6), sendo 100 ml utilizados para as análises microbiológicas e sensoriais e o restante para as demais análises. Antes de cada análise periódica, as amostras passaram por um processo de redispersão mecânica de 15 minutos a 540 rpm, para garantir a homogeneização do sistema.

Figura 3.6 – Tintas produzidas com resíduo de granito e armazenadas em temperatura ambiente (Imagens referentes ao dia em que as amostras foram produzidas)



Fonte: Autor, 2023

A contaminação microbiana foi avaliada por meio da contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) pelo Método de Superfície ou *Spread plate*, de acordo com a ABNT NBR 15821:2022, com as devidas adaptações. O ensaio consistiu em diluir as amostras de tinta de forma seriada em solução salina 0,85% (*Dinâmica*), em seguida, transferiu-se 0,1 mL de cada diluição para uma placa contendo ágar padrão para contagem (PCA, *Acumedia*), em triplicata. Posteriormente, as placas foram incubadas de forma invertida à temperatura de  $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$  por um período de 48 horas. Por fim, procedeu-se a contagem das UFCs. Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Microbiologia Industrial do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da UFV.

### 3.2.6.2. Ensaio de resistência ao intemperismo natural

A resistência ao intemperismo natural foi avaliada conforme metodologia proposta pela norma ASTM G7:2013, adaptada de acordo com Lopes et al. (2019). Com o objetivo de simular o emprego convencional de tintas imobiliárias, as amostras de tintas foram aplicadas em um substrato de argamassa mista. Para tal, foram desenvolvidas placas de argamassa de traço 1:1:6 em volume (cimento, cal e areia), com dimensões de 20x40cm e 3cm de espessura.

Este ensaio foi realizado com todas as amostras produzidas na Fase 2, em duplicata, e conforme orientações dos fabricantes de tintas látex de classe econômica. Estas foram aplicadas num total de três demãos. As placas foram fixadas de forma aleatória em um suporte de madeira (Figura 3.7a), cuja posição foi orientada para o norte. Além disso, tendo em vista que o Município de Viçosa encontra-se na latitude 20° 45' 14" S, foram posicionadas com uma inclinação de 20° em relação à vertical, desse modo as tintas foram expostas à máxima incidência de radiação. Por fim, para que somente metade das placas ficassem expostas ao intemperismo, estas foram parcialmente cobertas com uma chapa metálica galvanizada (Figura 3.7b).

Figura 3.7 – Amostras de tinta expostas para o ensaio de resistência ao intemperismo natural: a) antes da fixação da chapa metálica; b) após a fixação da chapa metálica.



Fonte: Autor, 2023

O monitoramento semanal, para verificar o surgimento de manifestações patológicas nas películas das tintas, se deu por meio de inspeção visual e registro fotográfico por um período de seis meses, tendo iniciado no dia 10 de agosto de 2022. Finalizados os seis meses de exposição, as chapas metálicas foram removidas e procedeu-se a comparação entre a parte submetida às intempéries e a parte protegida pelas chapas. Esta comparação ocorreu por meio da determinação da diferença de cores com método Delta-E. Para isso, utilizou-se os

softwares Photoshop® e Delta-E Calculator (COLORMINE, 2018), para realizar as leituras e obter o valor de delta-E, respectivamente. As alterações identificadas foram cruzadas com os dados meteorológicos (temperatura, precipitação, velocidade do vento e incidência solar) de Viçosa, obtidos na Estação Climatológica Principal de Viçosa (UFV, 2022).

### 3.2.7 Análise estatística

Após a obtenção dos resultados experimentais, foram realizados tratamentos estatísticos apropriados ao delineamento experimental de misturas (Fase 1) e fatorial (Fase 2). Todas as análises estatísticas realizadas nesta pesquisa utilizaram o software Minitab® e consideraram o nível de significância (p-valor) menor que 0,05.

Na Fase 1, para determinar a mistura otimizada, utilizou-se a função desejabilidade, que considera para cada variável resposta uma desejabilidade individual na faixa de 0 a 1, sendo zero um valor inadmissível e o 1 um valor alvo, ou seja, o valor desejável. Para otimizar simultaneamente duas ou mais variáveis resposta, utilizou-se a média geométrica simples das desejabilidades individuais e considerou-se as variáveis poder de cobertura (PC) e resistência à abrasão (RA), e os alvos de 4 m<sup>2</sup>/L e 100 ciclos, respectivamente, baseado no desempenho prescrito pela ABNT NBR 15079-1:2021.

Após a obtenção dos resultados da Fase 2, além do critério de desejabilidade, realizou-se o teste de Tukey, que estabelece a diferença estatística entre médias em um determinado nível de significância. No resultado de comparação entre as médias, as que apresentam a mesma letra são consideradas estatisticamente iguais. Além disso, foram utilizados gráficos de Pareto para detalhar as análises de variância.

### 3.2.8 Análises microscópicas

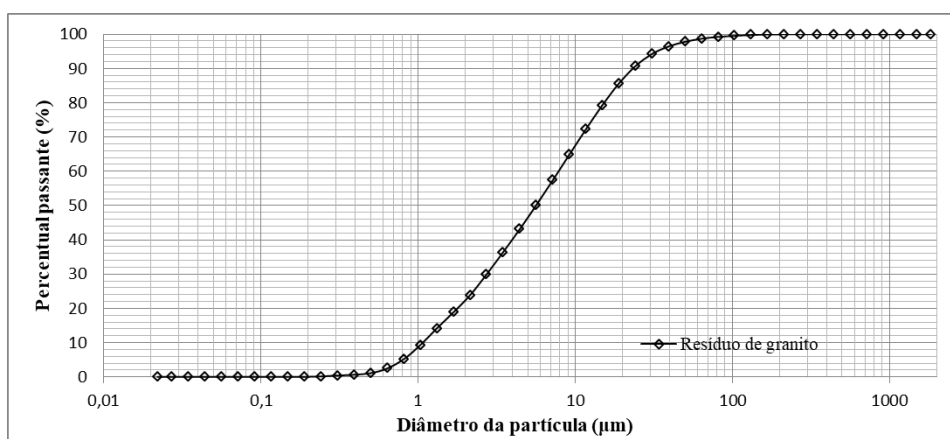
As análises microscópicas foram realizadas nas amostras 7 (menor concentração de resina) e 8 (maior concentração de resina) referentes a Fase 1; e nas amostras M1-0B-0D, M4-0,4B-0D e M9-0B-1,50D referentes a Fase 2. Para isso, as tintas foram aplicadas em três demãos nos stubs (suporte de amostras). As imagens dos filmes das tintas foram obtidas por meio do microscópio eletrônico de varredura *Leo 1430VP* do Núcleo de Microscopia e Microanálise da UFV. Para determinar a rugosidade das películas das tintas, estas também foram aplicadas em três demãos em laminas de vidro e conduzidas ao ensaio de perfilometria, por meio do perfilômetro ótico 3D *Contour GTK* do Laboratório de Nanoscopia (DPF –UFV).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Caracterização dos pigmentos

A curva de distribuição granulométrica do pigmento de resíduo de granito é apresentada na Figura 3.8, observa-se que este apresentou um diâmetro médio (D50) equivalente a 6,3  $\mu\text{m}$ , este tamanho está dentro da faixa dos pigmentos inertes comerciais que, de acordo com Daros (2016), apresentam granulometria entre 0,01 e 44  $\mu\text{m}$ . O tamanho das partículas do pigmento influencia na opacidade, na resistência à abrasão e na dispersibilidade das tintas. Quanto menor o tamanho do pigmento, melhor o empacotamento e menor a rugosidade do filme (CAETANO, 2019; LOPES et al., 2021). Além disso, de acordo com Preus (2016), partículas de pigmentos menores contribuem para melhorar a capacidade de espalhamento de luz visível, o que implica em melhorias no poder de cobertura.

Figura 3.8 – Curva de distribuição granulométrica do pigmento de resíduo de granito



Fonte: Autor, 2023

As partículas do resíduo de granito utilizado nesta pesquisa apresentaram densidade de 2,60  $\text{g}/\text{cm}^3$ , este resultado é fundamental para a formulação de tintas, tendo em vista que é utilizado para o cálculo da concentração volumétrica de pigmentos (PVC). A porcentagem de matéria orgânica, presente no resíduo de granito, correspondeu a 0,55%. Este resultado pode ser considerado desprezível, uma vez que, não deve influenciar significativamente no desenvolvimento e crescimento de microrganismos nas tintas (PRATA; LAVORENTI, 2000).

No que se refere a caracterização química, os pigmentos apresentaram pH alcalino correspondente a 8,89, este resultado é compatível com o pH de pigmentos inertes utilizados na indústria de tintas, como o carbonato de cálcio e o silicato de magnésio (OLIVEIRA; MARTINS, 2009). No processo de fabricação de tintas, o pH de seus componentes deve ser

equilibrado, pois a alcalinidade ou acidez elevadas podem ocasionar problemas de coagulação no sistema de tintas (GUEDES, 2018; LOPES et al., 2021).

Os resultados da fluorescência de raios X (FRX) são apresentados na Tabela 3.6. Observa-se que o resíduo de granito é composto predominantemente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Segundo Santos, Destefani e Holanda (2013), normalmente os resíduos do beneficiamento de rochas graníticas são quimicamente sílico-aluminosos, isso pelo fato de apresentarem altos teores de sílica e alumina na faixa de 72,92 a 95,32 %.

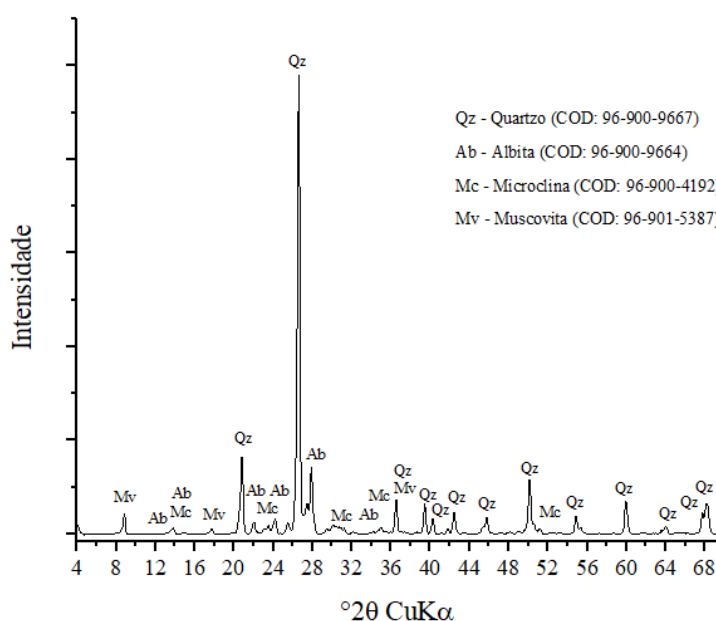
Tabela 3.6 – Resultados da análise de FRX do pigmento de resíduo granito

Compostos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Outros
Teor (%)	84,62	8,60	2,67	1,29	1,00	0,94	0,41	0,47

Fonte: Autor, 2023

Na Figura 3.9 é apresentado o resultado de caracterização mineralógica por meio da difração de raios X (DRX) do pigmento de resíduo de granito. Observa-se que o resíduo apresenta picos mais intensos de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) e albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), além de picos de baixa intensidade de muscovita ( $\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ ) e microclina ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ). As análises do DRX foram realizadas com o auxílio do *software High Score Plus*.

Figura 3.9 – Resultado da análise de DRX do pigmento de resíduo de granito.

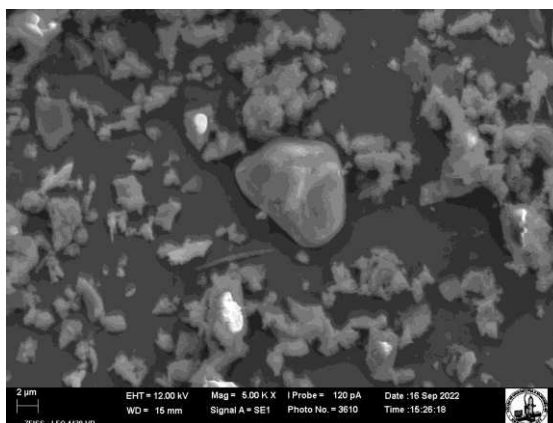


Fonte: Autor, 2023

A respeito da caracterização morfológica, na Figura 3.10 são apresentadas as micrografias das partículas do resíduo de granito. Observa-se que suas partículas apresentam formato

tipicamente irregular e arestas angulares, aspectos que se devem ao processo de corte e beneficiamento da rocha. Além disso, a micrografia mostra uma distribuição heterogênea de diâmetro das partículas, corroborando com os dados granulométricos (MANHÃES; HOLANDA, 2008).

Figura 3.10 – Imagem do MEV das partículas de pigmento de resíduo de granito (Magnificação=5000X)



Fonte: Autor, 2023

### 3.3.2 Caracterização e desempenho das tintas

#### 3.3.2.1 Otimização do desempenho das tintas à base de resíduo de granito, em função de seus componentes básicos (Fase 1)

Na Tabela 3.7 estão apresentados os resultados da caracterização das tintas, produzidas na Fase 1: teor de sólidos (TS), concentração volumétrica de pigmentos (PVC), pH, viscosidade cinemática (VC) e viscosidade plástica (VP); os resultados das propriedades de desempenho: poder de cobertura (PC) e resistência à abrasão (RA); e também os valores de deseabilidade (DSJ) de cada uma das amostras.

Tabela 3.7 – Características e propriedades de desempenho das tintas da Fase 1

Amostra	TS (%)	PVC (%)	pH	VC (s)	VP (cP)	PC (m <sup>2</sup> /l)	RA (ciclos)	DSJ
1	46,16	65,79	7,29	14,07	24	3,57	107,50	0,95
2	50,45	80,15	7,22	14,39	28	6,15	64,00	0,82
3	55,33	81,78	7,31	20,25	66	10,45	49,00	0,75
4	54,98	70,90	7,14	22,01	69	4,62	115,00	1,00
5	52,15	58,95	7,29	21,51	68	3,31	143,00	0,91
6	46,99	55,68	7,07	17,17	39	3,15	127,00	0,89
7	58,03	83,15	7,40	19,00	97	14,18	40,00	0,70
8	41,97	51,85	7,20	14,28	22	2,05	160,00	0,76
9	50,84	68,55	7,36	16,47	38	4,29	69,50	0,85

Fonte: Autor, 2023

As equações de regressão nas quais as propriedades de desempenho RA e PC, utilizadas na otimização, foram influenciadas ( $p$ -valor $<0,05$ ) pelos componentes das misturas estão apresentadas na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Equações de regressão para as misturas de tinta produzidas na Fase 1

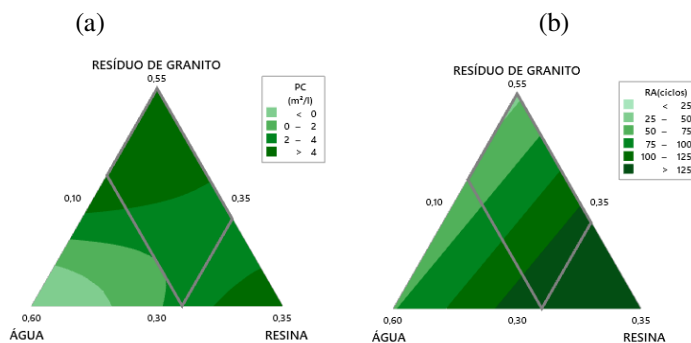
Parâmetro	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
PC (m <sup>2</sup> /l)	$\hat{y}=70,5a - 40,4b + 130,3c - 437,1ac$	0,96
RA (ciclos)	$\hat{y}=-55,17a + 56,50b + 560,39c$	0,88

Legenda: a - resíduo de granito; b - água; c- resina PVA

Fonte: Autor, 2023

No que diz respeito ao poder de cobertura (PC), conforme observado na equação de regressão (Tabela 3.8) e no gráfico de contorno (Figura 3.11a), a quantidade de resíduo de granito adicionada à mistura é o principal fator que contribui para seu aumento, este resultado também foi evidenciado por Lopes et al. (2019) e Tressmann et al. (2020), tendo em vista que, os pigmentos são os principais responsáveis por proporcionar opacidade ao filme de tinta (BUYONDO; KASEDDE; KIRABIRA, 2022). Isso também justifica a interação negativa entre os pigmentos e a resina PVA, considerando que o aumento na proporção de resina contribui para a redução do *PVC*.

Figura 3.11 – Gráfico de contorno: (a) Poder de cobertura; (b) Resistência à abrasão



Fonte: Autor, 2023

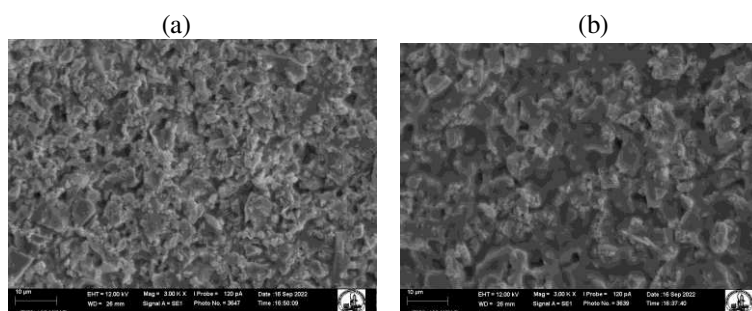
Segundo a ABNT NBR 15079-1:2021, as tintas látex PVA de categoria econômica devem apresentar o poder de cobertura mínimo de 4 m<sup>2</sup>/L. Com base nos resultados apresentados na Tabela 3.7, somente as tintas com baixas concentrações de resina e elevados teores de resíduo de granito foram capazes de atender a esta especificação. Desta forma, o resíduo de granito apresenta potencial para ser utilizado como pigmento na produção de tintas, conferindo melhorias em suas propriedades ópticas, resultado este também comprovado por Lopes et al. (2019).

Ademais, o poder de cobertura depende da capacidade que o filme de tinta possui em evitar que a luz visível chegue ao substrato, desta forma, além da concentração de pigmentos, o poder de cobertura depende também do seu índice de refração (PREUSS, 2016). O quartzo é o principal constituinte do resíduo de granito e apresenta um índice de refração de 1,544-1,553 (GUZZO, 2008), que pode ser considerado pouco expressivo, quando comparado ao dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), que corresponde ao pigmento mais empregado na indústria de tintas e possui índice de refração de 2,55-2,76 (CAMPOS et al., 2022). Entretanto, pode-se compensar esse índice por meio de adequações no PVC do sistema. Conforme apresentado na Tabela 3.7, os melhores resultados de poder de cobertura foram obtidos para os valores de PVC acima de 68,55%.

Em se tratando de resistência a abrasão (RA), do mesmo modo em que foi observado por Lopes et al. (2019) e Tressmann et al. (2020), a resina PVA foi considerada a principal responsável por melhorar os resultados desta propriedade, de acordo com Pilz (2004), sem a presença da resina, a tinta não teria aderência ao substrato.

Na Figura 3.12 são apresentadas as imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV), referentes às películas de tinta das amostras 7 e 8, que correspondem, respectivamente, ao pior e ao melhor resultado de resistência à abrasão dentre as misturas analisadas. Observa-se na Figura 3.12a, que na amostra 7, a quantidade de resina presente na mistura, não foi suficiente para envolver as partículas de pigmento, contribuindo para o surgimento de poros, que comprometem a resistência da película (CARDOSO et al., 2016). Em contrapartida, no caso da amostra 8, consegue-se observar na Figura 3.12b, o completo envolvimento das partículas de pigmentos pela resina.

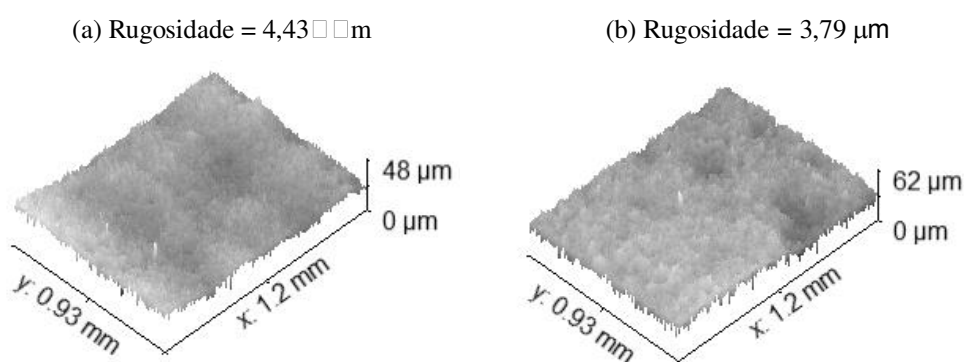
Figura 3.12 – MEV das películas de tinta produzidas com pigmentos de resíduo de granito (Magnificação=3000X): a) amostra 7 (menor concentração de resina); b) amostra 8 (maior concentração de resina).



Fonte: Autor, 2023

De acordo com a ABNT NBR 15079-1:2021, o limite mínimo para a resistência à abrasão de tintas látex, da categoria econômica, é de 100 ciclos. Observa-se, na Tabela 3.7, que esta especificação foi atendida somente nas misturas com elevados teores de resina. O resíduo de granito atua de forma oposta a resina quando se trata da resistência à abrasão. O aumento na quantidade de pigmentos na matriz da tinta favorece a formação de vazios (OLIVEIRA, 2007). Na medida em que se teve um incremento de resíduo de granito na mistura, ocorreu um adensamento do meio e um aumento em sua rugosidade (Figura 3.13), o que contribui negativamente para a resistência à abrasão. Além disso, o resíduo de granito é o principal componente responsável por promover a alcalinidade (Tabela 3.8) do sistema, o que reduz a reatividade da resina PVA (Lopes et al., 2019).

Figura 3.13 – Perfilometria das películas de tinta à base de resíduo de granito: a) amostra 7 (maior concentração de resíduo); b) amostra 8 (menor concentração de resíduo)

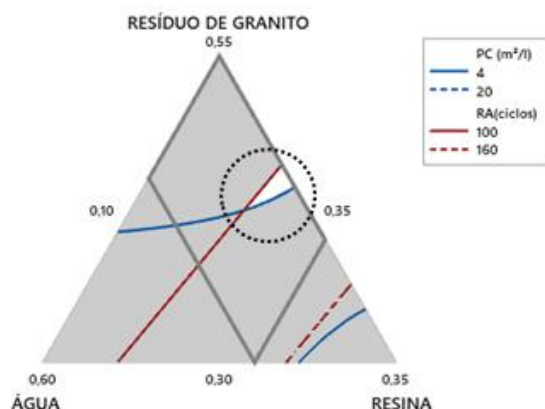


Fonte: Autor, 2023

Sendo assim, observa-se que existe uma relação de antagonismo entre os componentes que promovem melhorias no poder de cobertura e na resistência à abrasão, já observado por Lopes et al. (2019). Isto reforça a complexidade para a determinação da mistura ótima, ou seja, a formulação de tinta que atende, simultaneamente, as propriedades de poder de cobertura e a resistência à abrasão.

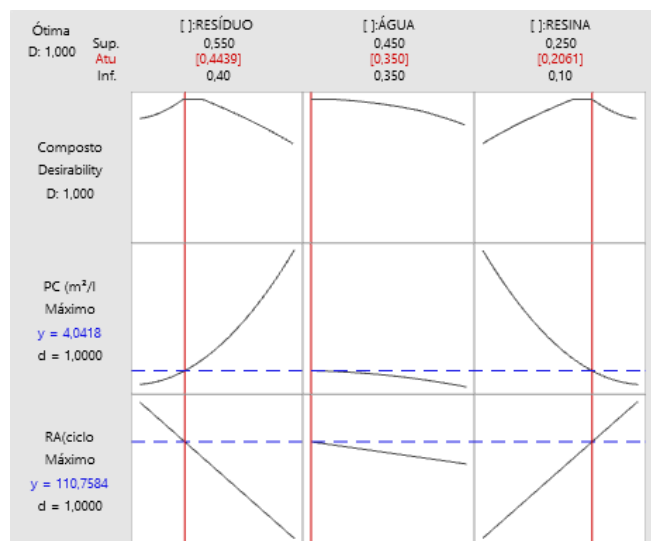
Na Figura 3.14 está apresentado o gráfico de contorno sobreposto para o PC e a RA, onde é possível visualizar a região em que ambas as propriedades são atendidas. Dentro desta região, selecionou-se a mistura composta por 44,3% de resíduo de granito, 35% de água e 20,7% de resina PVA para o desenvolvimento da Fase 2 (Figura 3.15).

Figura 3.14 – Gráfico de contorno sobreposto para o poder de cobertura e a resistência a abrasão em função da proporção dos componentes da mistura.



Fonte: Autor, 2023

Figura 3.15 – Otimização da resposta com base nas propriedades de poder de cobertura e resistência à abrasão



Fonte: Autor, 2023

### 3.3.2.2 Influência de aditivos biocidas e dispersantes nas propriedades de desempenho das tintas produzidas com pigmentos de resíduo de granito

Os resultados de caracterização e desempenho das tintas produzidas na Fase 2 estão apresentados na Tabela 9. Observa-se que, a amostra de referência (M1-0B-0D), ou seja, sem a incorporação de aditivos, atingiu a desejabilidade de 100%, com valores de poder de cobertura (4,32 m<sup>2</sup>/L) e resistência à abrasão (118 ciclos), análogos aos previstos no item anterior (Figura 3.15), o que corrobora com uma boa adequação do modelo. Ainda, conforme apresentado na Tabela 3.9, três amostras atenderam as especificações normativas quanto ao poder de cobertura e a resistência à abrasão, simultaneamente, a saber: M1-0B-0D, M4-

0,40B-0D e M6-0,225B-0D. Observa-se que as misturas com aditivo dispersante, não atenderam simultaneamente os limites normativos, para as propriedades de desempenho.

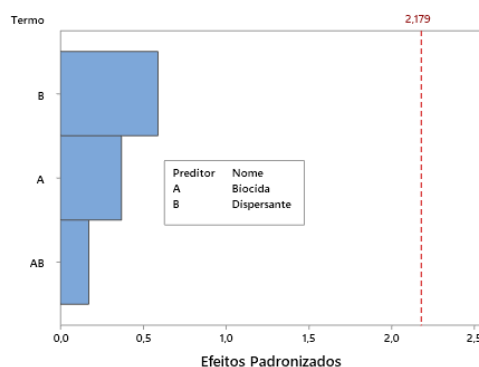
Tabela 3.9 - Características e propriedades de desempenho das tintas produzidas na Fase 2

Amostra	TS (%)	PVC (%)	pH	GD (Hg)	VC (s)	VP (cP)	PC (m <sup>2</sup> /l)	RA (ciclos)	DSJ
M1-0B-0D	53,42	65,76	6,63	8,00	23,12	74	4,32	118,00	1,00
M2-0,225B-1,50D	53,05	64,66	7,38	7,00	19,48	65	4,49	42,00	0,65
M3-0,50B-0,76D	53,40	65,20	7,12	7,50	20,02	63	3,21	69,00	0,74
M4-0,40B-0D	53,30	65,76	6,41	8,00	22,54	66	4,87	104,00	1,00
M5-0,40B-0,76D	53,16	65,20	6,90	7,50	22,17	63	4,35	67,00	0,82
M6-0,225B-0D	53,46	65,76	6,44	7,50	22,80	72	4,96	100,00	1,00
M7-0,225B-0,76D	52,79	65,20	7,06	8,00	21,57	62	3,08	74,00	0,75
M8-0,40B-0,02D	53,22	65,75	6,30	7,50	22,32	67	2,79	102,00	0,84
M9-0B-1,50D	53,39	64,66	7,47	8,00	19,08	63	5,34	74,00	0,86
M10-0,05B-0,02D	53,60	65,75	6,42	7,50	21,77	72	3,28	117,00	0,91
M11-0,05B-0D	53,57	65,76	6,52	7,50	23,00	70	4,90	76,00	0,87
M12-0B-0,02B	53,36	65,75	6,68	8,00	22,48	68	4,24	85,00	0,92
M13-0,225B-0,02D	52,86	65,75	6,31	7,00	22,96	67	3,30	88,00	0,85
M14-0B-0,76D	53,68	65,20	7,30	7,80	19,67	66	4,41	81,00	0,90
M15-0,40B-1,50D	53,11	64,66	7,33	7,00	19,92	62	4,80	33,00	0,57
M16-0,05B-1,50D	53,15	64,66	7,44	7,50	20,71	62	4,35	51,00	0,71

Fonte: Autor, 2023

Os resultados obtidos de caracterização e desempenho das tintas foram analisados estatisticamente por meio do software Minitab®. Para o poder de cobertura, está apresentado na Figura 3.16 o gráfico de Pareto, onde a linha tracejada corresponde à referência utilizada para indicar se os efeitos são estatisticamente significantes e o número 2,179 se trata do valor de t associado à hipótese nula para  $\alpha=0,05$ . Observa-se que ambos os fatores (dispersante e biocida) e a interação entre eles não influenciaram significativamente no poder de cobertura ao nível de 0,05.

Figura 3.16 – Gráfico de Pareto para o poder de cobertura ( $\alpha=0,05$ )



Fonte: Autor, 2023

Após realizar o teste de Tukey (Tabela 3.10), concluiu-se que para todas as concentrações de biocida investigadas, os resultados das propriedades das tintas são estatisticamente iguais para um nível de significância de 5%. Este resultado pode ser considerado satisfatório, tendo em vista que o biocida foi incorporado às misturas com o objetivo de evitar a biodegradação das tintas, sem influenciar nas propriedades de desempenho (RA e PC). Desta forma, a escolha da concentração ideal de biocida recai no desempenho quanto à durabilidade da tinta e nos critérios ambientais e econômicos. A influência do aditivo biocida na durabilidade das tintas produzidas com resíduo de granito é apresentada no item 3.3.2.3.

Tabela 3.10 – Comparações emparelhadas de Tukey (95% de confiança)

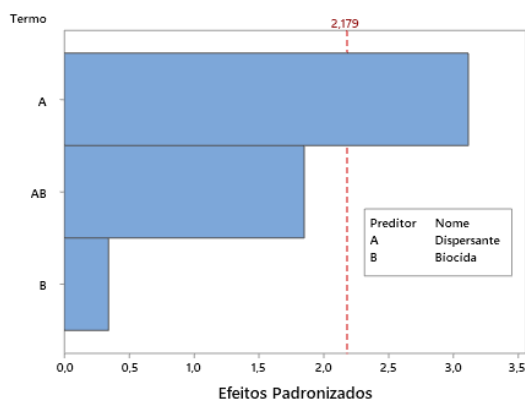
	Concentração (%)	TS (%)	PVC (%)	pH	GD (Hg)	VC (s)	VP (cP)	PC (m <sup>2</sup> /L)	RA (ciclos)
<b>Biocida</b>	0,000	A	A	A	A	A	A	A	A
	0,050	A	A	A	A	A	A	A	A
	0,225	A	A	A	A	A	A	A	A
	0,400	A	A	A	A	A	A	A	A
<b>Dispersante</b>	0,00	A	A	A	A	A	A	A	A
	0,02	A	B	A	A	A   B	A   B	A	A
	0,76	A	C	B	A	B   C	B	A   B	A   B
	1,50	A	D	C	A	C	B	B	B

Legenda: TS- teor de sólidos; PVC - concentração volumétrica de pigmentos; pH - potencial hidrogeniônico; GD - grau de dispersão; VC - viscosidade cinemática; VP - viscosidade plástica; PC - poder de cobertura; RA - resistência à abrasão

Fonte: Autor, 2023

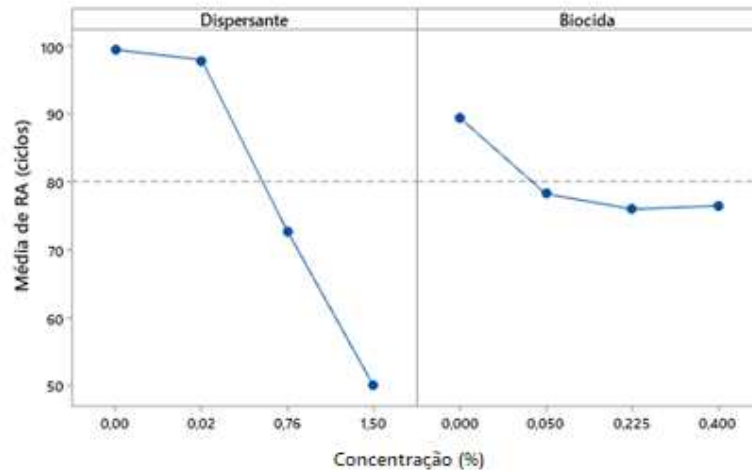
Isto posto, verifica-se no gráfico de Pareto (Figura 3.17) que o aditivo dispersante influenciou significativamente na resistência à abrasão das tintas. Em consonância com o gráfico de efeitos principais (Figura 3.18), na medida em que se aumentou a concentração de dispersante na mistura, ocorreu um decréscimo na resistência à abrasão do filme de tinta.

Figura 3.17– Gráfico de Pareto para a resistência à abrasão ( $\alpha=0,05$ )



Fonte: Autor, 2023

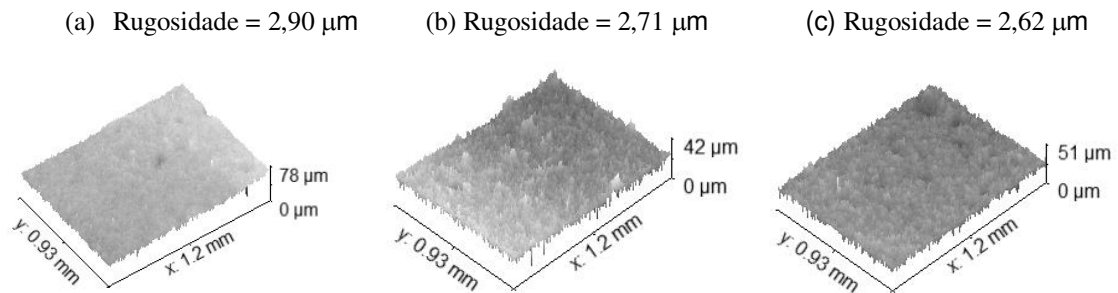
Figura 3.18 – Gráfico de efeitos principais para a resistência a abrasão (ciclos)



Fonte: Autor, 2023

Conforme apresentado no item 3.3.2.1, o aumento no teor de sólidos e o pH alcalino são fatores que podem reduzir a resistência do filme de tinta. Analisando os resultados obtidos de teor de sólidos, observa-se que não houve variação significativa (Tabela 3.10) e que estes se mantiveram na faixa de 52,79 a 53,68%. Além disso, de acordo com Lopes et al. (2019), outro fator que pode influenciar negativamente nos resultados de resistência à abrasão é o aumento da rugosidade. Entretanto, observa-se na Figura 3.19, que a incorporação dos aditivos ocasionou uma pequena redução na rugosidade da película, comportamento também evidenciado por Farrokhpay et al. (2010).

Figura 3.19 – Perfilometria das películas de tinta à base de resíduo de granito: a) M1-0B-0D; b) M4-0,40B-0D; c) M9-0B-1,50D



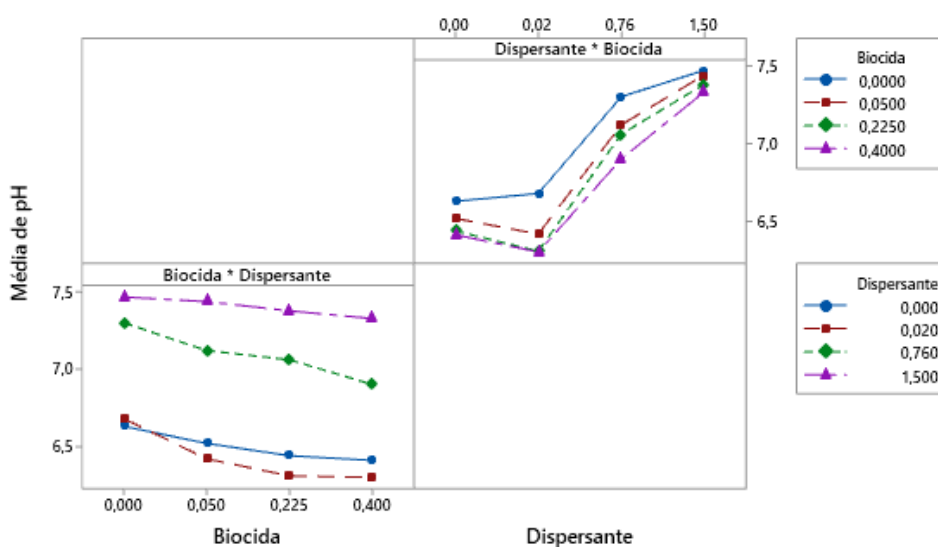
Fonte: Autor, 2023

Desta forma, este comportamento pode estar relacionado com a variação no pH da mistura. Na Figura 3.20 são apresentados os gráficos de interação entre as concentrações de biocida (%) e de dispersante (%) para os resultados de pH. Observa-se que, na medida em que se aumenta a concentração de biocida, ocorre um decréscimo nos valores de pH para todas as misturas, isso se deve ao pH ácido do biocida utilizado. O dispersante, entretanto, apresenta

comportamento antagônico, devido a sua condição alcalina.

Além disso, observa-se que as misturas com as menores concentrações de dispersante (0 e 0,02%) apresentaram pH ácido, enquanto as concentrações 0,76% e 1,50% apresentaram o pH alcalino. De acordo com Lopes et al. (2021), o meio alcalino pode prejudicar as propriedades aglomerantes da resina PVA (Figura 3.21), proporcionando uma redução de sua resistência à hidrólise, ou seja, aumentando sua vulnerabilidade aos danos promovidos pelo contato com a água.

Figura 3.20 – Gráfico de interação para o pH



Fonte: Autor, 2023

No que diz respeito ao grau de dispersão dos pigmentos, esperava-se que o aditivo dispersante contribuisse para o seu aumento, entretanto, observa-se no teste de Tukey que a incorporação do aditivo dispersante não influenciou significativamente em seu resultado. As amostras apresentaram resultados estatisticamente iguais, com valores entre 7 e 8 Hg. De acordo com Kammer (2017) e Bauer (2018), o grau de dispersão igual ou maior do que 7 Hg representa uma boa dispersão do pigmento na pasta.

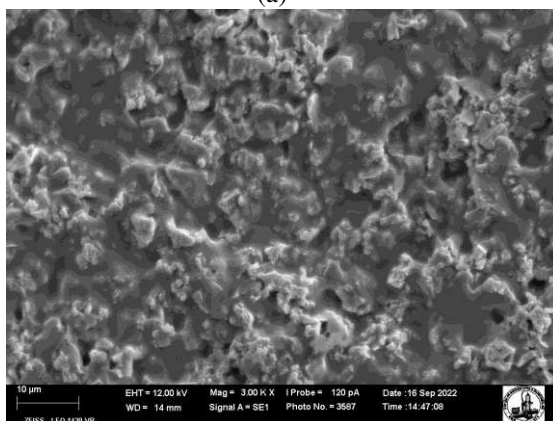
Na Figura 3.22 são apresentados os efeitos principais do aditivo dispersante na viscosidade cinemática (3.22a) e plástica (3.22b), observa-se que em ambos os casos ocorreu uma redução da viscosidade na medida em que a concentração do dispersante aumentou. Esse comportamento também foi observado por Spirlandelli et al. (2016), que estudaram a influência do dispersante a base de poliacrilato de sódio em emulsão aquosa com pigmentos de dióxido de titânio. De acordo com Primo (2017), os aditivos dispersantes reduzem a

viscosidade das tintas, pelo fato de atuarem também como surfactantes, ou seja, auxiliam na molhagem dos pigmentos aumentando sua estabilidade no meio aquoso.

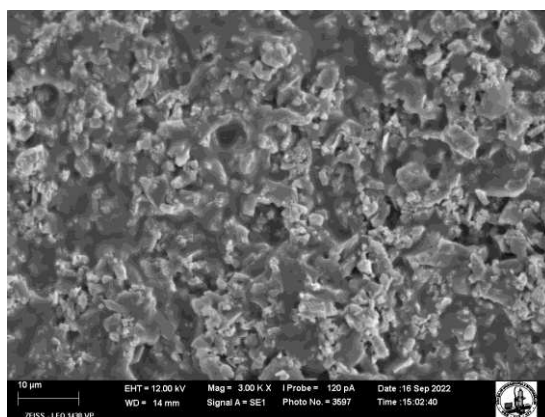
Figura 3.21 – MEV das películas de tinta produzidas com pigmentos de resíduo de granito (Magnitude=3000X):

a) amostra 1 (sem aditivos); b) amostra 4 (maior concentração de aditivo biocida); c) amostra 9 (maior concentração de dispersante)

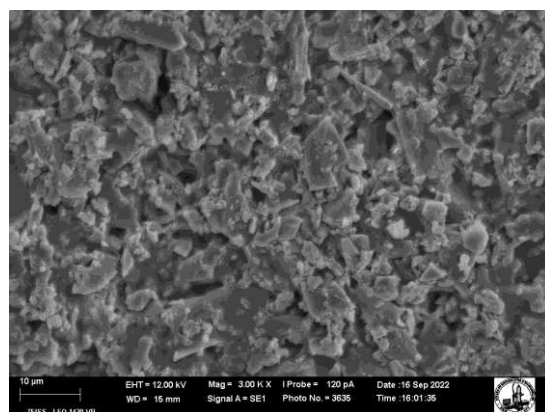
(a)



(b)

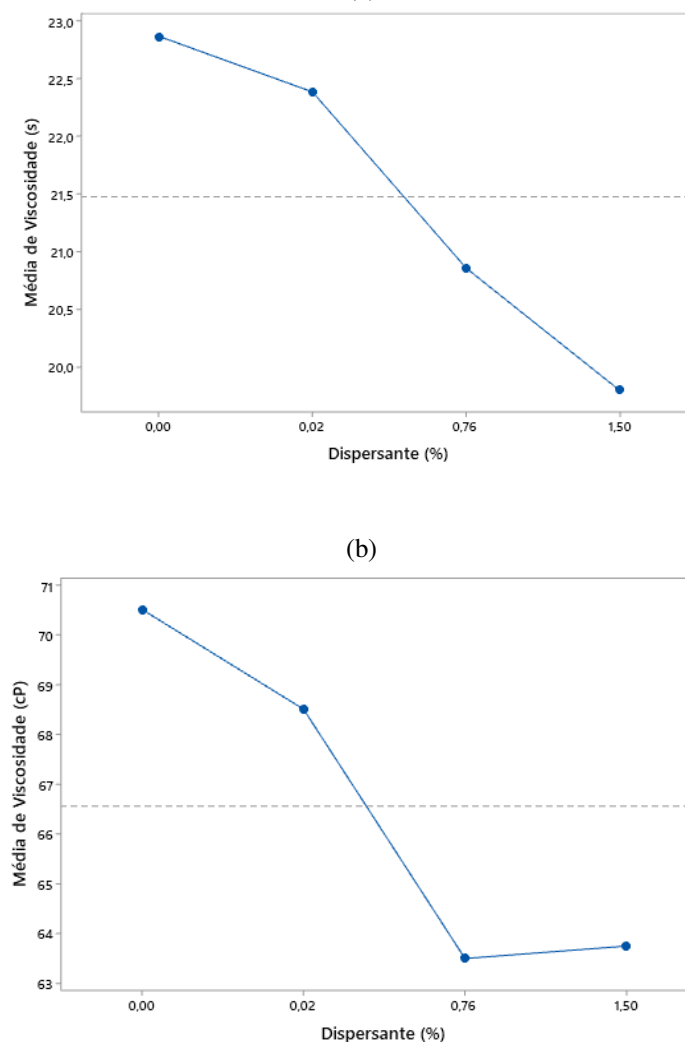


(c)



Fonte: Autor, 2023

Figura 3.22 – Gráfico de efeitos principais para a viscosidade: a) cinemática; b) plástica



Fonte: Autor, 2023

### 3.3.2.3 Influência de aditivos biocidas e dispersantes na durabilidade das tintas produzidas com pigmentos de resíduo de granito

#### 3.3.2.3.1 Tempo de prateleira (*Shelf life*)

Na Tabela 3.11 estão apresentados os resultados das análises sensoriais, referentes às alterações de cor e odor da tinta na embalagem, bem como das propriedades de desempenho que correspondem ao atendimento dos requisitos mínimos para o poder de cobertura e resistência à abrasão.

Com relação à análise sensorial, classificou-se em presente (P) e ausente (A) as amostras que apontaram tais alterações ou não, respectivamente. Para as características de desempenho, a classificação foi dada em: “conformidade” (C) para as amostras que apresentaram PC (m<sup>2</sup>/L) maiores ou iguais a 4 e RA (ciclos) maiores ou iguais a 100 e “não conformidade” (NC), caso

contrário.

Tabela 3.11 – Análise sensorial e de desempenho das amostras M1-0B-0D, M4-0,40B-0D, M6-0,225B-0D e M10-0,05B-0,02D (Fase 2)

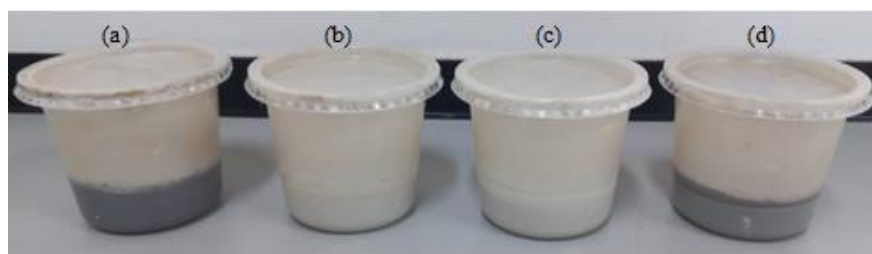
Amostra	Alterações	Tempo (dias)						
		7	15	30	45	60	90	120
M1-0B-0D	Cor	A	A	P	-	-	-	-
	Odor	A	A	P	-	-	-	-
	PC (m <sup>2</sup> /L)	C	C	NR	-	-	-	-
	RA (ciclos)	C	C	NR	-	-	-	-
M4-0,40B-0D	Cor	A	A	A	A	A	A	A
	Odor	A	A	A	A	A	A	A
	PC (m <sup>2</sup> /L)	C	C	C	C	C	C	C
	RA (ciclos)	C	C	C	C	C	C	C
M6-0,225B-0D	Cor	A	A	A	A	A	A	A
	Odor	A	A	A	A	A	A	A
	PC (m <sup>2</sup> /L)	C	C	C	C	C	C	C
	RA (ciclos)	C	C	C	C	C	C	C
M10-0,05B-0,02D	Cor	A	A	A	A	A	P	-
	Odor	A	A	A	A	A	P	-
	PC (m <sup>2</sup> /L)	NC	NC	NC	NC	NC	NR	-
	RA (ciclos)	C	C	C	C	C	NR	-

Legenda: P- Presente; A- Ausente; C- Conformidade; NC - Não conformidade; NR - Experimento não realizado.

Fonte: Autor, 2023

Observa-se na Tabela 3.11 e na Figura 3.23 que, tanto no caso da amostra M1-0B-0D quanto para a amostra M10-0,05B-0,02D, as alterações sensoriais foram determinantes para estimar sua durabilidade na embalagem (15 e 60 dias, respectivamente), ou seja, até o momento em que não houveram alterações de cor e odor, as tintas mantiveram seus resultados de desempenho. Desta forma, fez-se pertinente investigar a origem destas alterações, que podem estar relacionadas ao crescimento microbiano.

Figura 3.23 – Amostras das tintas produzidas na Fase 2 após 120 dias de armazenamento em temperatura ambiente: (a) amostra M1-0B-0D; (b) amostra M4-0,40B-0D; (c) amostra M6-0,225B-0D e (d) amostra M10-0,05B-0,02D.

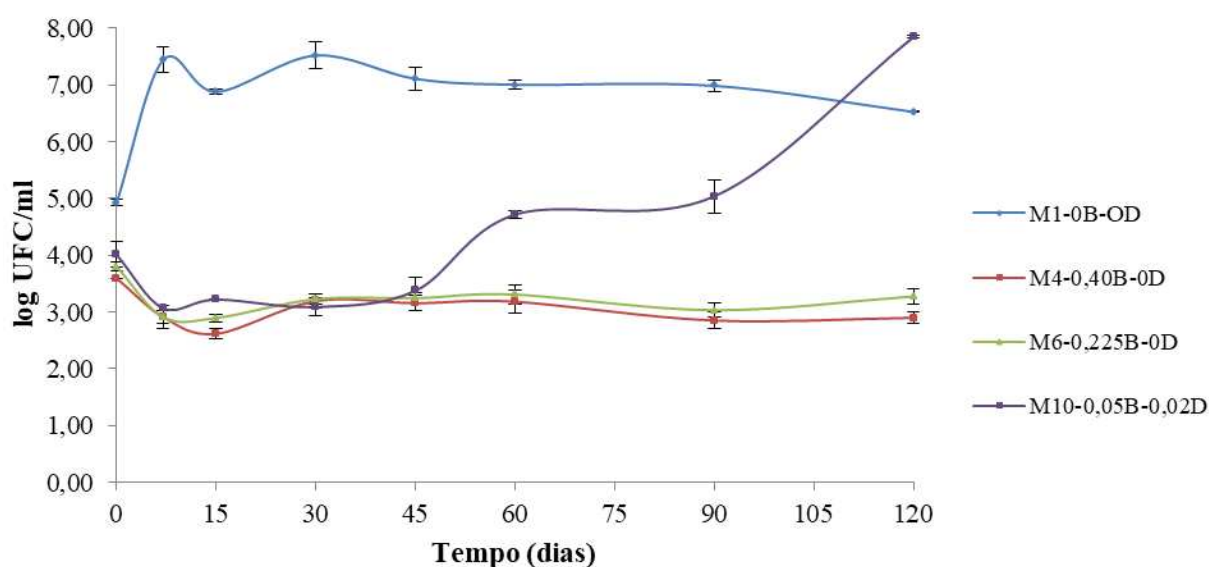


Fonte: Autor, 2023

Na Figura 3.24 são apresentados os resultados referentes ao acompanhamento do crescimento microbiano nas tintas. Observa-se que as amostras com aditivo biocida na composição,

apresentaram redução na população microbiana, de aproximadamente 1 ciclo (1 log 10), quando comparadas com a amostra de controle (M1-0B-0D) no dia 0 (dia em que as tintas foram produzidas). De acordo com Teixeira (2018), os biocidas à base de isotiazolinonas apresentam um mecanismo de rápida inibição do crescimento e do metabolismo de microrganismos.

Figura 3.24 – Contagem de Unidades Formadoras de Colônia por ml nas amostras 1, 4,6 e 10, nos 0, 7, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 dias de armazenamento.

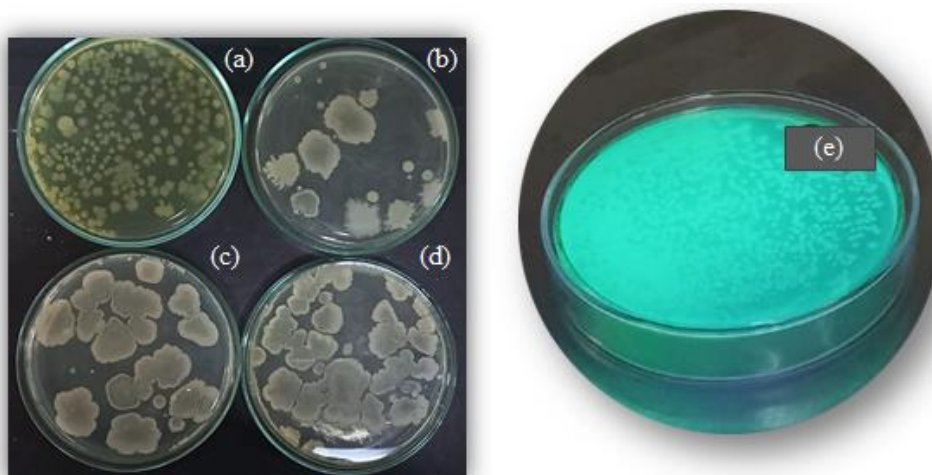


Fonte: Autor, 2023

Conforme apresentado na Figura 3.24, a disparidade entre a contagem de UFC/ml referente a M1-0B-0D e as demais amostras de tinta estudadas, foi ainda mais expressiva a partir da análise no sétimo dia de armazenamento. A amostra M1-0B-0D apresentou contagem de 7,43 log UFC/ml e as demais amostras, que continham biocida, apresentaram redução média de 4,5 log UFC/ml.

Na Figura 3.25 estão apresentadas as placas de petri com as amostras de tinta após 48 horas de incubação, observa-se que na amostra M1-OB-OD as colônias de bactérias apresentam predominantemente pigmentação esverdeada, comportamento ainda mais evidente na Figura 3.25e. Diante desta característica, pode-se sugerir que se tratam de colônias de *Pseudomonas fluorescens*, que pertencem a família das bactérias Gram-negativas, e são comumente associadas a deterioração de tintas (AIRES, 2019). Esse tipo de microrganismo não foi observado nas amostras que contém biocida, o que indica que o biocida escolhido foi eficiente no combate das cepas dominantes nas tintas à base de resíduo de granito.

Figura 3.25 – Placas de petri com as amostras de tinta após a incubação de 48 horas referente ao 45º dia de armazenamento: a) M1-OB-O na diluição  $10^{-4}$ ; b) M4-0,40B-0D na diluição  $10^{-1}$ ; c) M6-0,225B-0D na diluição  $10^{-1}$ ; d) M10-0,05B-0,02D na diluição  $10^{-1}$ ; e) M1-OB-O na diluição  $10^{-3}$  sobre a luz ultra-violeta



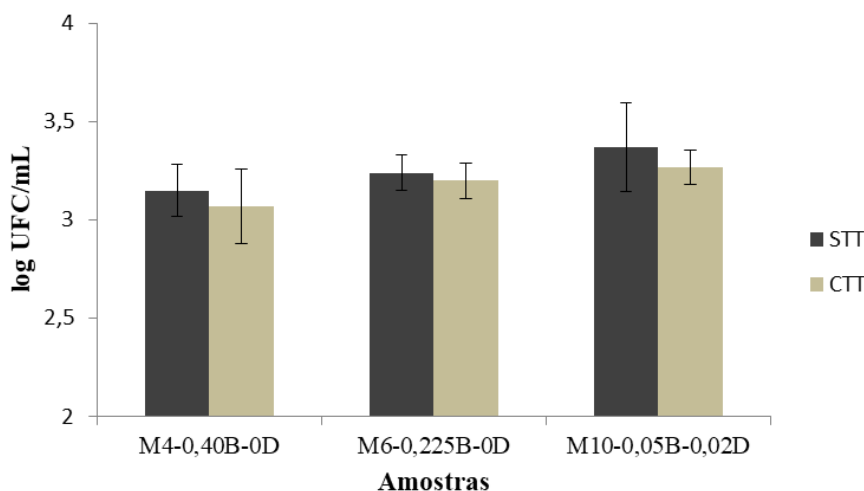
Fonte: Autor, 2023

Observa-se, entretanto, que nas amostras com biocida (M4-0,40B-0D; M6-0,225B-0D e M10-0,05B-0,02D) as colônias apresentaram características semelhantes como, por exemplo, a cor esbranquiçada. Além disso, de acordo com a Figura 24, do 7º ao 45º dia de armazenamento a contagem UFC/ml destas amostras se manteve praticamente constante, na faixa de 3 a 4 log UFC/ml, indicando que não houve crescimento da microbiota e que as bactérias podem estar na condição esporulada. Os esporos constituem um mecanismo de sobrevivência das bactérias, quando estas se encontram em condições inapropriadas para reprodução. Os esporos bacterianos podem permanecer em estado latente, por um longo intervalo de tempo e sobreviver em condições de escassez de nutrientes e de umidade, temperaturas elevadas e variações no pH (TORTORA et al., 2010).

Diante disto, fez-se pertinente realizar a contagem de colônias de esporos, conforme a metodologia da National Canners Association (SPECK, 1976), onde as amostras passaram por um tratamento térmico a 80°C por 10 minutos antes da realização do plaqueamento conforme apresentado no tópico 3.2.6.1. Na Figura 3.26 está apresentada a contagem UFC/ml das amostras M4-0,40B-0D, M6-0,225B-0D e M10-0,05B-0,02D aos 45 dias de armazenamento, com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT). Observa-se que, em todas as amostras, a contagem CTT e STT permaneceu no mesmo ciclo log, o que levou a concluir que os contaminantes presentes estavam na forma esporulada. No estado esporulada, as bactérias permanecem dormentes, seu metabolismo é reduzido e sua reprodução e crescimento não ocorrem, atrasando o processo de biodegradação das tintas. Isso ocorre até

que as condições do meio voltem a ser favoráveis, o que pode justificar o resultado crescente na contagem UFC/ml da amostra M10-0,05B-0,02D a partir dos 60 dias de armazenamento.

Figura 3.26 – Contagem UFC/ml das amostras M4-0,40B-0D, M6-0,225B-0D e M10-0,05B-0,02D (Fase 2) aos 45 dias, com tratamento térmico (CCT) e sem tratamento térmico (STT)

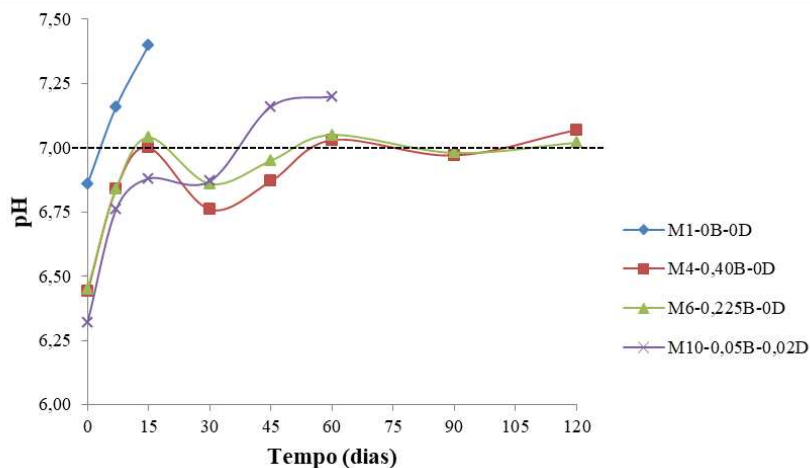


Fonte: Autor, 2023

Os resultados do monitoramento do pH estão apresentados na Figura 3.27, nota-se o pH alcalino do meio, no caso da amostra M1-0B-0D e da amostra M10-0,05B-0,02D, após 7 e 45 dias, respectivamente. Isto pode estar relacionado com o processo de biodegradação da tinta. As bactérias podem estar retirando os nutrientes necessários para o seu crescimento e liberando compostos básicos que tornam o meio alcalino provavelmente devido à presença dos metais alcalinos que compõe o resíduo de granito como o sódio, potássio e o magnésio.

Na Figura 3.28, estão apresentados os resultados do acompanhamento da variação da viscosidade das tintas, durante o armazenamento. Observa-se que em todas as amostras ocorreu uma redução da viscosidade cinemática ao longo do tempo. Possivelmente, esta redução na viscosidade, está atrelada ao processo de redispersão da mistura para realização dos experimentos. De acordo com Pilz (2004) e Machado et al. (2022), as tintas apresentam comportamento pseudoplástico, desta forma, quando submetidas a uma tensão de cisalhamento, sua estrutura interna é afetada, ocasionando redução na viscosidade. Além disso, conforme Galhardo (2012) e Matsumoto (2022), outro fator que pode ocasionar a redução da viscosidade das tintas é o processo de biodegradação, que promove a destruição do ligante (resina).

Figura 3.27 – Monitoramento do pH das amostras M1-0B-0D, M4-0,40B-0D, M6-0,225B-0D e M10-0,05B-0,02D (Fase 2) na embalagem

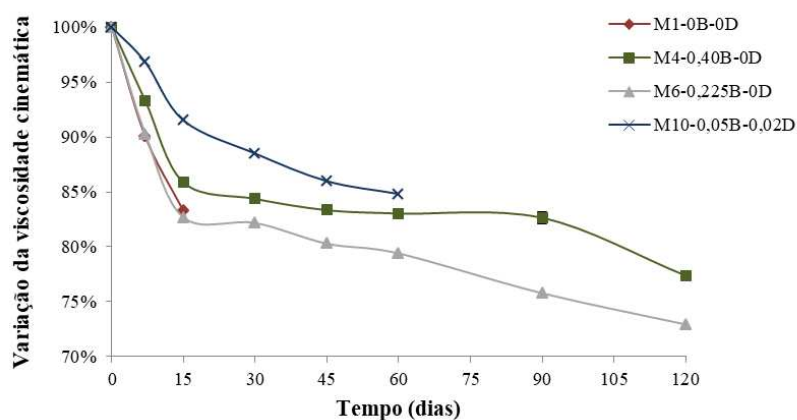


Fonte: Autor, 2023

Observa-se ainda, na Figura 3.28, que no caso da amostra M10-0,05B-0,02D, ocorreu uma menor variação da viscosidade ao longo do tempo, isto pode estar relacionado com a influência do dispersante na defloculação das partículas. A floculação controlada dos pigmentos contribui para a estabilidade da viscosidade das tintas (BERTO, 2000; BTK, 2018).

Cabe ressaltar que a redução na viscosidade, ao longo do tempo não prejudicou as propriedades de desempenho das amostras analisadas. Entretanto, de acordo com Eley (2019), as alterações na viscosidade precisam ser monitoradas, para evitar o surgimento de marcas de escorrimento e gotejamento no filme, e também para facilitar o processo de aplicação no substrato.

Figura 3.28 – Variação da viscosidade cinemática (%) das amostras M1-0B-0D, M4-0,40B-0D, M6-0,225B-0D e M10-0,05B-0,02D (Fase 2) durante o armazenamento



Fonte: Autor, 2023

Conforme apresentado na Figura 3.24, as amostras M4-0,04B-0D e M6-0,225B-0D apresentaram comportamento análogo quanto a contagem UFC/ml; além disso, mantiveram suas propriedades sensoriais e desempenho (Tabela 3.11) pelo mesmo período dentro do intervalo analisado, assim sendo, a amostra M6-0,225B-0D pode ser considerada a melhor opção dentre as tintas analisadas, por utilizar a menor concentração de aditivo biocida. Esta escolha se baseou na redução de impactos ambientais e de custos de produção.

### 3.3.2.3.2 Resistência ao intemperismo natural

Na Figura 3.29 são apresentadas as imagens das placas de argamassa pintadas com as amostras de tintas produzidas na Fase 2, após a exposição por um período de seis meses. Os resultados de diferença de cor, quantificada pelo delta-E, entre a metade da película de tinta protegida pela chapa metálica e a metade exposta às intempéries, são apresentados na Tabela 3.12. Além disso, na Tabela 3.12 estão apresentadas as avaliações com relação a manifestações patológicas identificadas nas amostras de tinta. Os dados meteorológicos de temperatura, umidade, radiação e precipitação disponibilizados pela Estação Climatológica Principal de Viçosa, referentes ao período de análise, estão apresentados na Tabela 3.13.

Figura 3.29 – Resultado do ensaio de resistência ao intemperismo natural das amostras produzidas na Fase 2 após seis meses de exposição



Fonte: Autor, 2023

Tabela 3.12 – Diferença de cor (delta-E) e análise das manifestações patológicas das tintas produzidas na Fase 2

Amostra	CB (%)	CD (%)	Alteração de cor (delta-E)	Manifestações patológicas		
				Microfissuras	Descascamento	Bolor
M1-0B-0D	0,000	0,00	3,50	A	A	A
M2-0,225B-1,50D	0,225	1,50	6,85	A	A	A
M3-0,50B-0,76D	0,050	0,76	5,43	A	A	A
M4-0,40B-0D	0,400	0,00	4,83	A	A	A
M5-0,40B-0,76D	0,400	0,76	5,47	A	A	A
M6-0,225B-0D	0,225	0,00	3,42	A	A	A
M7-0,225B-0,76D	0,225	0,76	5,38	A	A	A
M8-0,40B-0,02D	0,400	0,02	4,18	A	A	A
M9-0B-1,50D	0,000	1,50	5,08	A	A	A
M10-0,05B-0,02D	0,050	0,02	4,14	A	A	A
M11-0,05B-0D	0,050	0,00	5,84	A	A	A
M12-0B-0,02B	0,000	0,02	5,41	A	A	A
M13-0,225B-0,02D	0,225	0,02	5,18	A	A	A
M14-0B-0,76D	0,000	0,76	6,43	A	A	A
M15-0,40B-1,50D	0,400	1,50	5,50	A	A	A
M16-0,05B-1,50D	0,050	1,50	5,75	A	A	A

Legenda: CB- concentração de biocida; CD - concentração de dispersante; A- ausente; P- presente

Fonte: Autor, 2023

Tabela 3.13 – Dados meteorológicos registrados pela Estação Climatológica Principal de Viçosa.

Mês/Ano	Temperatura (°C)			Umidade (%)	Radiação (kJm <sup>2</sup> )	Precipitação (mm)	
	Média	Máxima	Mínima			média	máxima
	Agosto/2022*	16,71	30,70			7,00	73,62
Setembro/2022	18,71	32,50	6,30	75,88	1163,20	0,06	13,40
Outubro/2022	21,44	31,50	13,00	78,07	1390,25	0,14	14,80
Novembro/2022	20,08	30,40	10,60	82,04	1317,56	0,46	38,60
Dezembro/2022	20,82	29,20	16,50	81,08	1170,77	0,43	23,00
Janeiro/2023	22,18	29,90	17,10	85,37	1226,19	0,54	43,60
Fevereiro/2023**	19,40	21,70	18,00	93,00	-	-	-

\*Após o dia 10 \*\*Até o dia 02

Fonte: Adaptado de UFV (2022) e UFV (2023)

Apesar das condições climáticas (Tabela 3.13) do período de exposição favorecerem o surgimento de patologias no filme das tintas estudadas, como por exemplo, a umidade acima de 70% que se trata de um fator condicionante para o surgimento e proliferação de fungos filamentosos (bolor) (GUERRA et al., 2012), de acordo com o apresentado na Figura 3.29 e na Tabela 3.12, as amostras não apresentaram microfissuras, descascamentos ou bolores no período investigado. Este comportamento também foi observado por Lopes et al. (2019), que constataram que as tintas produzidas com resíduo de granito apresentam boa resistência aos agentes intempéricos. Provavelmente, isto se deve a característica química deste resíduo, que apresenta elevado teor de sílica e alumina, minerais inertes com alto grau de alinhamento

crystalográfico, que proporcionam melhorias nas propriedades de barreira como a permeabilidade e a resistência química (RELOSI et al., 2015).

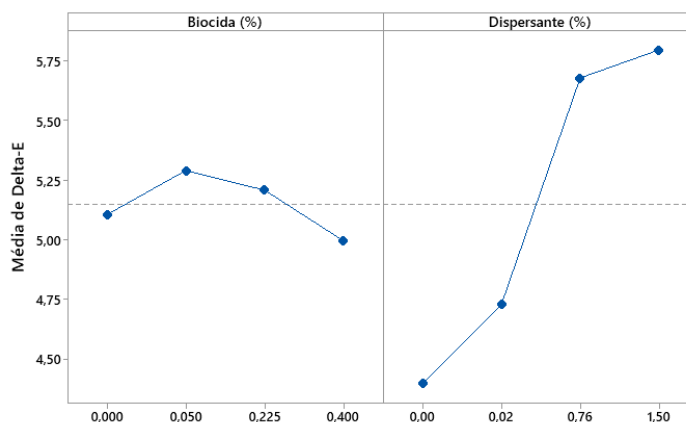
A diferença de tonalidade entre o filme de tinta protegida e o exposto às intempéries, foi determinada por meio do parâmetro delta-E. Conforme apresentado na Tabela 3.12, todas as amostras investigadas apresentaram valores de delta-E superiores a dois. De acordo com a Colormine (2018), acima deste limite ( $\Delta E > 2$ ) as variações de cor são perceptíveis ao olho humano. Este resultado (Figura 3.30), possivelmente está relacionado com a intensidade das chuvas e da radiação solar no período de exposição (Tabela 3.13). Segundo Battisti (2016) e Matos (2017), a incidência de luz pode causar um desbotamento na película de tinta em função da fotodegradação de seus componentes ocasionada pela luz UV.



Fonte: Autor, 2023

Além disso, o aumento da variação na coloração pode estar associado à resistência do filme à ação da água proveniente das chuvas. Conforme apresentado no item 3.2.2, o aditivo dispersante reduziu à resistência a hidrólise da resina, o que pode explicar o aumento de delta-E na medida em que este foi adicionado à mistura (Tabela 3.12 e Figura 3.31).

Figura 3.31 – Gráfico de efeitos principais para delta-E



Fonte: Autor, 2023

Na pesquisa realizada por Galvão (2018), foi investigada a resistência ao intemperismo de tintas comerciais, como resultado, estas também apresentaram valores de delta-E superiores a dois, no mesmo período de análise. Adicionalmente a isto, percebe-se que a fotodegradação não afetou na durabilidade do filme das tintas, sugerindo que estas possam ser utilizadas em ambientes externos. Entretanto, cabe ressaltar que, as tintas produzidas nesta pesquisa visaram atender as especificações da NBR 15079-1:2021 para a classe látex econômica, indicadas exclusivamente para ambiente interno, e que de acordo com a norma de desempenho NBR 15575-1:2013, a vida útil de sistemas de pintura interna e externa deve ser de no mínimo 3 e 8 anos, respectivamente, o que implica que a resistência às intempéries precisa ser estudada por um período mais longo.

### **3.4 CONCLUSÃO**

Este estudo investigou a atuação do resíduo de granito como pigmento inerte em tintas látex imobiliárias à base de água e a influência da incorporação de aditivos biocidas e dispersantes em suas propriedades de desempenho e durabilidade. Fundamentado nos resultados dos ensaios experimentais, pode-se concluir:

- A formulação ideal de tintas é complexa, por conta do comportamento antagônico de seus componentes frente às propriedades de desempenho (Fase 1). No que diz respeito ao poder de cobertura, observou-se que o resíduo de granito foi o principal responsável por proporcionar opacidade ao filme das tintas e que a interação entre o resíduo e resina promove uma perda no poder de cobertura devido a redução do PVC. No caso da resistência à abrasão, a resina PVA apresentou maior contribuição para sua melhoria.
- Com relação à influência do aditivo biocida e dispersante, nas propriedades de desempenho das tintas desenvolvidas na Fase 2, concluiu-se que o aditivo biocida não afetou significativamente no poder de cobertura e na resistência à abrasão, este resultado pode ser considerado satisfatório, tendo em vista que o biocida foi incorporado as misturas para melhorar suas propriedades de durabilidade sem afetar seu desempenho. Entretanto, no caso do aditivo dispersante, apesar deste não influenciar significativamente nos resultados de poder de cobertura, na medida em que foi incorporado a mistura, promoveu uma redução na resistência à abrasão. Isto porque promoveu o aumento do pH das tintas, prejudicando a propriedade aglomerante da resina.

- Na estimativa do tempo de prateleira, as alterações sensoriais ocasionadas pela degradação microbiológica foram determinantes, tendo em vista que as tintas mantiveram suas propriedades de desempenho, até o momento em que as alterações de cor e odor se manifestaram. O biocida utilizado (isotiazolinona) reduziu em 1 ciclo log a contagem UFC/ml na ocasião da produção das tintas, o que demonstra sua capacidade de rápida inibição, além disso, sua eficiência aumentou após os 7 dias de armazenamento, onde a discrepância entre as amostras com biocida e a amostra sem biocida foi para 4,5 log UFC/ml.
- A amostra sem aditivos (M1-0B-0D) foi considerada inapropriada para uso após 15 dias de armazenamento. A amostra M10-0,05B-0,02D apresentou o tempo de prateleira de 60 dias. As amostras M4-0,40B-0D e M6-0,225B-0D mantiveram suas características sensoriais e de desempenho durante todo o período de análise (4 meses). A segunda opção (M6-0,225B-0D), no entanto, mostra-se uma alternativa mais econômica e sustentável, apresentando grande viabilidade e aumento no tempo de prateleira em relação a amostra sem aditivos.
- O aumento do pH nas amostras M1-0B-0D e M10-0,05B-0,02D está relacionado ao processo de biodegradação, com a liberação de metais alcalinos no meio. Quanto à viscosidade, ocorreu uma redução ao longo do tempo para todas as amostras, que pode estar relacionada tanto com o processo de redispersão quanto com a biodegradação que enfraqueceram a estrutura do ligante, entretanto, essas variações não afetaram o desempenho das tintas.
- Ao final dos seis meses de exposição ao intemperismo natural, apesar de todas as amostras referentes à Fase 2 apresentarem alterações de cor perceptíveis, principalmente as amostras com as maiores concentrações de dispersante, não foram evidenciadas manifestações patológicas, como microfissuras, bolores e descascamentos.

Concluiu-se, então, que o aditivo biocida pode ser considerado como alternativa promissora para melhorar a performance das tintas à base de resíduo de granito, sobretudo quando se tratam de suas características de durabilidade.

### 3.5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, têm-se:

- Avaliação da influência na redução da granulometria do resíduo de granito em escalas nanométricas, no desempenho e estabilidade de tintas imobiliárias;
- Incorporação de outros aditivos, principalmente ligados à reologia, como os aditivos espessantes para estabilizar a viscosidade das tintas e reduzir a sedimentação dos pigmentos;
- Utilização de medidas sustentáveis para reduzir a degradação das tintas na embalagem, como a incorporação do gás ozônio, esterelização a temperaturas controladas e outras medidas personalizadas para impedir a proliferação das cepas identificadas nas tintas produzidas com resíduo de granito.
- Utilização do resíduo de granito na produção de texturas e massas niveladoras.
- Avaliação da resistência ao intemperismo natural por período superior a três anos, período mínimo de vida útil de acordo com norma de desempenho NBR 15575-1:2013.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS. **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais**. 2021. Disponível em: [https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2021/02/Informe-01\\_2021-Balanco-2020.pdf](https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2021/02/Informe-01_2021-Balanco-2020.pdf). Acesso em: 16/02/2022

ABIROCHAS. **O Desempenho Brasileiro no Setor de Rochas Ornamentais**. 2021. Disponível em: [https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2021/05/Informe-02\\_2021-Desempenho-do-Setor-v3.pdf](https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2021/05/Informe-02_2021-Desempenho-do-Setor-v3.pdf). Acesso em: 07/12/2021

AIRES, Ivyna Vívya Rodrigues. **Controle de Qualidade Microbiológica e avaliação de boas práticas na produção de tintas em uma indústria no estado da Paraíba**. 2019. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/20771>. Acesso em 06/12/2022.

ALMEIDA, Hamilton. Dispersantes para tintas. **Química e derivados**, São Paulo, v.0481-4118, 510 p.9-11, junho, 2011

ALVES, Joner Oliveira; JUNCA, Eduardo; ESPINOSA, Denise Croce Romano; TENÓRIO, Jorge

Alberto Soares. Resíduo do corte de granito: inovação tecnológica para a destinação final. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 12, n. 2, p. 123-128, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D1210-05**, Standard Test Method for Fineness of Dispersion of Pigment-Vehicle Systems by Hegman-Type Gage, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D2805-11**, Standard Test Method for Hiding Power of Paints by Reflectometry, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D3723-05**, Standard Test Method for Pigment Content of Water-Emulsion Paints by Low-Temperature Ashing, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D4060-19**, Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM G7-05**, Standard Practice for Atmospheric Environmental Exposure Testing of Nonmetallic Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5829** – Tintas, vernizes e derivados - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5849** – Tintas - Determinação de viscosidade pelo copo Ford. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181** – Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13600** – Solo - Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440°C-. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14942** – Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta seca. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15078** – Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15079-1** – Tintas para construção civil - Requisitos mínimos de desempenho - Parte 1: Tinta látex fosca nas cores claras. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15821**: Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do grau de resistência de tintas, vernizes e complementos, em emulsão na embalagem ao ataque de micro-organismos. Rio de Janeiro, 2022

BATTISTI, Andrei Pavei. **Avaliação do efeito fotocatalítico do TiO<sub>2</sub> em tinta acrílica na degradação de tolueno**. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/174146>. Acesso em: 01/02/2023.

BAUER, Maria Virginia. **Avaliação da eficiência colorimétrica dos concentrados de pigmentos amarelo dicromato-ouro e azul ftalocianina no processo de produção de esmaltes sintéticos automotivos**. 2019. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/6783>. Acesso em: 01/02/2023.

BERTO, Arnaldo Moreno. Adequação das propriedades de tintas e esmaltes aos sistemas de aplicação e técnicas decorativas Parte I: Esmaltação. **Cerâmica industrial**, v. 5, n. 5, p. 11-18, 2000.

BUYONDO, Kasumba A.; KASEDDE, Hillary; KIRABIRA, John B. A comprehensive review on kaolin as pigment for paint and coating: Recent trends of chemical-based paints, their environmental impacts and regulation. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, [s. l.], v. 6, n. March, p. 100244, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.csee.2022.100244>

BYK. **Aditivos, Umectantes e Dispersantes**. [s. l.], 2018. Disponível em: [https://ebooks.byk.com/fileadmin/pdf/BYK\\_L-WI\\_1\\_PT\\_Online.pdf](https://ebooks.byk.com/fileadmin/pdf/BYK_L-WI_1_PT_Online.pdf) https://ebooks.byk.com/2/wetting-and-dispersing/aditivos-umectantes/

CAETANO, Mario. **Propriedades de Pigmentos (Inorgânicos e Orgânicos) de corantes**. CTB, 2019. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/materias-primas/pigmentos-corantes/propriedades-de-pigmentos-e-corantes>. Acesso em 22 de março de 2022.

CAMPOS, Débora De Pellegrin; KLIMA, Kévin Castro; NEVES, Josiane da Rocha Silvano; MELO, Aline Resmini. AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE TINTAS BRANCAS BASE SOLVENTE EM DIFERENTES SUBSTRATOS UTILIZADOS EM ROTOGRAVURA E FLEXOGRAFIA. **Revista**

**Vincci-Periódico Científico do UniSATC**, v. 7, n. 1, p. 249-267, 2022.

CARDOSO, Fernando de Paula; ALVARENGA, Rita de Cássia Silva Sant'Ann; CARVALHO, Anôr Fiorini de; FONTES, Maurício Paulo Ferreira. Processos de produção e avaliação de requisitos de desempenho de tintas para a construção civil com pigmentos de solos. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 167–183, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000400112>

COLORMINE. **Delta-E Calculator**. ColorMine.org, 2018. Disponível em: <http://colormine.org/delta-e-calculator/>. Acesso em: 10 de janeiro de 2023.

DAROS, Rafael Guglielmi. **Estabilização de cargas minerais para produção de Slurries utilizados em tintas acrílicas arquitetônicas base água**. 2016.

ELEY, R. R. Applied rheology and architectural coating performance. **Journal of Coatings Technology and Research**, v. 16, n. 2, p. 263-305, 2019.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997.

FAHEIM, Aber A.; ELSAWY, M.M.; SALEM, S. Salem; EL-WAHAB, A. Abd . Novel antimicrobial paint based on binary and ternary dioxouranium (VI) complexes for surface coating applications. **Progress in Organic Coatings**, [s. l.], v. 151, n. October 2020, p. 106027, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106027>

FARROKHPAY, Saeed; MORRIS, Gayle E.; FORNASIERO, Daniel; SELF, Peter. Stabilisation of titania pigment particles with anionic polymeric dispersants. **Powder Technology**, [s. l.], v. 202, n. 1–3, p. 143–150, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.04.031>

FAZENDA, J. M. R. **Tintas e vernizes: Ciência e tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009, 1146 p.

FÉLIX, Thiago de Freitas; VIDAL, Emanuella Layne Ferreira; GARCIA, Rosangela Balaban. **DESENVOLVIMENTO DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO À BASE DE ÁGUA COM ALTA CAPACIDADE DE INIBIÇÃO E ALTA LUBRICIDADE**. 2007. Disponível em: [http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO\\_2\\_2\\_0455-2.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO_2_2_0455-2.pdf). Acesso em: 27/12/2022

GALHARDO, Camila Maziviero. **Biocidas em preparações pigmentárias: Biodeterioração de tintas e a importância do uso de biocidas**. [s. l.], p. 35, 2012.

GALVÃO, José Lucas Barros; ANDRADE, Humberto Dias; BRIGOLINI, Guilherme Jorge; PEIXOTO, Ricardo André Fiorotti; MENDES, Júlia Castro. Reuse of iron ore tailings from tailings

dams as pigment for sustainable paints. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 200, p. 412–422, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.313>

GUEDES, Maécio Rodrigues. **Estudo dos processos de coagulação floculação e decantação para o tratamento de efluentes gerados em uma indústria de tintas local**. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13229>. Acesso em: 22/12/2022.

GUERRA, Fernanda Lamego; CUNHA, Eduardo Grala da; SILVA, Antônio César Silveira Baptista da; KNOP, Stífany. Análise das condições favoráveis à formação de bolor em edificação histórica de Pelotas, RS, Brasil. **Ambiente Construído**, v. 12, p. 7-23, 2012.

GUZZO, Pedro Luiz. Capítulo 31: Quartzo. **Rochas & Minerais Industriais. Usos E Especificações. 2a Edição**, [s. l.], n. 1988, p. 681–721, 2008.

JÚNIOR, Lindemberg PC; SILVA, Dáfenes B. R. dos S.; AGUIAR, Maurício F. De; MELO, ALVES, Kleber G. B. . Preparation and characterization of polypyrrole/organophilic montmorillonite nanofibers obtained by electrospinning. **Journal of Molecular Liquids**, v. 275, p. 452-462, 2019.

KAMMER, Eduardo Hobold. **Influência de resinas alquídicas na dispersão de pigmentos**. 2017. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/6764>. Acesso em: 07/01/2023.

LOPES, Márcia Maria Salgado; ALVARENGA, Rita de Cássia Silva Sant'Ana; PEDROTI, Leonardo Gonçalves; RIBEIRO, José Carlos Lopes; CARVALHO, Anôr Fiorini de; CARDOSO, Fernando de Paula; MENDES, Beatryz Cardoso. Influence of the incorporation of granite waste on the hiding power and abrasion resistance of soil pigment-based paints. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 205, p. 463–474, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.046>

LOPES, Márcia Maria Salgado; PEDROTI, Leonardo Gonçalves; OLIVEIRA, André Fernando de; RIBEIRO, José Carlos Lopes; CARVALHO, José Maria Franco de; CARVALHO, Anôr Fiorini de; CARDOSO, Fernando de Paula; NALON, Gustavo Henrique; LIMA, Gustavo Emílio Soares de Lima. Optimization of performance of sustainable paints using granite waste through the variation of particle size and pH. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 326, n. September, p. 129418, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129418>

ISO 10414-1. Indústrias de petróleo e gás natural - Testes de campo de fluidos de perfuração - Parte 1. **Fluidos à base de água**, 2008.

MACHADO, Amanda Moreira Lima; NOBERTO, Camila Carvalho; DAMASCENO FILHO, Francisco estevão; SILVA, Wyoshynaria Mihaly Maia da; BABADOPULOS, Lucas Feitosa de Albuquerque Lima; MEDEIROS JÚNIOR, Marcelo Silva Medeiros. Estudo comparativo entre os

parâmetros reológicos de tintas acrílicas arquitetônicas. **Ambiente Construído**, v. 22, p. 223-240, 2021.

MANHÃES, J.P.V.T., HOLANDA, J.N.F. Caracterização e Classificação de resíduo Sólido Pó de Rocha Granítica Gerado na Indústria de Rochas Ornamentais”, **Química Nova**, v. 31, n.6, pp. 1301-1304, 2008

MARRAS, Graziella ; CARCANGIU, Gianfranco; MELONI, Paola; CAREDDU, Nicola. Circular economy in marble industry: From stone scraps to sustainable water-based paints. **Construction and Building Materials**, v. 325, p. 126768, 2022.

MATHIELO, J. G.; JÚNIOR, A. C.; BONAMICO, E. A.; JÚNIOR, U. L. G. Produção Limpa e Riscos Ambientais. ABIROCHAS, 2019. Disponível em: <http://cms.academiadasrochas.com.br/wp-content/uploads/2019/08/5d653e1aa76ae.pdf> . Acessado em 07 de fevereiro de 2022.

MATOS, Mariana. **Uma visão química das Tintas Imobiliárias e sua questão ambiental**. 2017. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/coqui/TCC/Monografia-TCC-MarianaMatos.pdf>. Acesso em: 01/02/23

MATSUMOTO, Nelson Mituo. **Desenvolvimento do método multivariado acelerado para a determinação do prazo de validade de tintas unindo quimiometria, cinética química e colorimetria**. 2022. 192 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2022.

NASCIMENTO, Anny Salomny; SANTOS, Cochiran Pereira dos; MELO, Fernanda Martins Caval. Production of plaster mortar with incorporation of granite cutting wastes. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 265, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121808>

Norma API 13B. **Recommended Practice for Field Testing Oil-Based Drilling Fluids. API Recommended Practice 13B-2**. 5ª ed, 2012.

OLIVEIRA, Felipe Ventura; MARTINS, Afonso Henriques. Precipitação de carbonato de cálcio para aplicação industrial. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 62, p. 175-183, 2009.

OLIVEIRA, Luis Felipe Lessa. **Influência do PVC na Delaminação de Tintas**. 2007. Tese de Doutorado. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, RJ, Brasil.

OLIVEIRA, Mauricio Pinheiro de; SILVA, Caroline Reggiani da. Síntese de látices com baixa concentração de compostos orgânicos voláteis (COVs): efeito das técnicas de redução dos COVs nas

propriedades dos látexes e das tintas. **Polímeros**, v. 24, p. 478-485, 2014.

PAIANO, Annarita; GALLUCCI, Teodoro; PONTRANDOLFO, Andrea; LAGIOIA, Giovanni; PICCINNO, Paolo; LACALAMITA, Amedeo. Sustainable options for paints through a life cycle assessment method. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 295, p. 126464, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126464>

PATIÑO GUÍO, Lyda Milena. **Compostos orgânicos voláteis em tintas imobiliárias: caracterização e efeitos sobre a qualidade do ar em ambientes internos construídos**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PILZ, C. F. **Influência das propriedades da resina nas propriedades de uma tinta base água**. 2004. 128 f. 2004. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

PRATA, Fábio; LAVORENTI, Arquimedes. Comportamento de herbicidas no solo: influência da matéria orgânica. **Revista Biociências**, v. 6, n. 2, 2000.

PREUSS, Núbia Liziani. **Efeito dos aspectos morfológicos do pigmento TiO<sub>2</sub> nas propriedades ópticas de tintas base água**. 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/156342>. Acesso em: 22/12/2022

PRIMO, Catarina Bastos. **Estudo da influência da concentração e tipo de dispersantes no desempenho de uma tinta aquosa**. Dissertação de Mestrado. [s. l.], 2017.

RELOSI, Natanael; RECKZIEGEL, Ademir Z.; ZATTERA, Ademir J.; PIAZZA, Diego; RODRIGUES, Karen S.; KUNST, Sandra R.; BIRREL, Eliena J.. 14 o. Congresso internacional de tintas trabalho N°: 100. **Efeito da adição de mica muscovita nas propriedades mecânicas de uma tinta em pó a base de epóxi/poliéster**. 2015. Disponível em: [http://abrafati2019.com.br/2015/Dados/PDF/Paper\\_100.pdf](http://abrafati2019.com.br/2015/Dados/PDF/Paper_100.pdf). Acesso em: 03/-1/2023.

ROQUE, Rodrigo Alexander Lombardi; PIERRI, Alexandre Coan. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. **Research, society and development**, v. 8, n. 2, p. e3482703-e3482703, 2019.

SANTOS, Max M. Aguiar; DESTEFANI, A. Z.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização de resíduos de rochas ornamentais provenientes de diferentes processos de corte e beneficiamento. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 18, p. 1442-1450, 2013.

SINDIROCHAS. **Exportações de rochas**. 2021. Disponível em:

<https://www.sindirochas.com/downloads/relatorios/relatorio-exportacao-dezembro-2021.pdf>. Acesso em: 16/02/2022.

SPECK, Marvin L.. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 1976.

SPIRLANDELLI, Gabriela Silva; FINZER, José Roberto Delalibera; FERNANDES, David Maikel. **DISPERSÃO DE DIÓXIDO DE TITÂNIO EM FORMULAÇÕES DE TINTAS**. 2016. Disponível em: <https://repositorio.uniube.br/handle/123456789/531>. Acesso em 27/12/2022

SUVINIL. **Lata de Tinta aberta: Qual é a validade? Como conservar?**. 2022. Disponível em: <https://www.suvinil.com.br/blog/lata-de-tinta-aberta-qual-e-a-validade-como-conservar>. Acesso em: 17/01/2023

TEIXEIRA, Mafalda Daniela Leite. **Controlo Químico da Qualidade de Tintas**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 10<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

TRESSMANN, Deise Mara Garcia Alves; PEDROTI, Leonardo Gonçalves; CARVALHO, Anôr Fiorini; RIBEIRO, José Carlos Lopes; CARDOSO, Fernando de Paula; LOPES, Márcia Maria Salgado; OLIVEIRA, André Fernando de; FERREIRA, Sukarno Olavo. Research into the use of marble waste as mineral filler in soil pigment-based paints and as an active pigment in waterborne paints. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 205, p. 117976, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.046>

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico 2022**. Viçosa, MG: UFV, 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico 2023**. Viçosa, MG: UFV, 2023.

VALE, M. M.; CURBELO, F.D.S.; BRAGA, G.S.; GARNICA, A.I.C. ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE ÁGUA: EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE NaCl. **HOLOS**, v. 1, p. 214-228, 2017.

VAZ, Carlos Duarte Marques Ferreira. **Implementação de métodos de controlo de qualidade em tintas**. 2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/110720/2/250452.pdf>. Acesso em: 21/02/2022.