



Universidade Federal
de São João del-Rei

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGEOG**

SINVAL JOSÉ DA SILVA JÚNIOR

**A UTILIZAÇÃO DE SOLOS DA CIDADE DE SÃO JOÃO DEL-REI
E REGIÃO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA
PRODUÇÃO DE TINTAS**

São João del-Rei

2025



Universidade Federal
de São João del-Rei

A UTILIZAÇÃO DE SOLOS DA CIDADE DE SÃO JOÃO DEL-REI E REGIÃO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE TINTAS

Sinval José da Silva Júnior

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal de São João del-
Rei, como requisito parcial à obtenção
do título de Mestre em Geografia.

**Área de concentração: Análise
Ambiental e Territorial**

**Linha de pesquisa: Dinâmica das
Paisagens Tropicais**

**Orientador: Prof. Dr. Leonardo
Cristian Rocha**

**Coorientador: Prof. Dr. Mateus de
Carvalho Martins**

São João del-Rei
2025

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO				
CANDIDATO: 2024100159 - SINVAL JOSE DA SILVA JUNIOR				
NÍVEL: Mestrado				
DATA DA DEFESA: 05/12/2025				
HORÁRIO DE INÍCIO: 14:00 horas				
LOCAL: meet.google.com/eci-khoi-igm				
MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
LEONARDO CRISTIAN ROCHA	009.368.016-38	Presidente	Doutor	UFSJ
MUCIO DO AMARAL FIGUEIREDO	632.642.856-49	Membro 1	Doutor	UFSJ
MATEUS DE CARVALHO MARTINS	821.054.136-68	Membro 2	Doutor	UFSJ
JOSÉ FALCÃO SOBRINHO	245.960.433-53	Membro 3	Doutor	UVA
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: O USO DOS SOLOS DA CIDADE DE SÃO JOÃO DEL-REI E REGIÃO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE TINTAS				
Em sessão pública após apresentação oral do candidato, o mesmo foi arguido pela banca e este, à vista de todo o conteúdo apresentado julgou o candidato:				
☒ (x) Aprovado. ☐ () Reprovado.				
Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada e pelo candidato.				
São João del-Rei, 05 de dezembro de 2025.				
Presidente: _____	 Documento assinado digitalmente LEONARDO CRISTIAN ROCHA Data: 05/12/2025 15:33:09-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br			
Membro 1: _____	 Documento assinado digitalmente MUCIO DO AMARAL FIGUEIREDO Data: 05/12/2025 15:59:49-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br			
Membro 2: _____	 Documento assinado digitalmente MATEUS DE CARVALHO MARTINS Data: 05/12/2025 16:08:46-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br			
Membro 3: _____	 Documento assinado digitalmente JOSE FALCAO SOBRINHO Data: 06/12/2025 15:20:30-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br			
Candidato: _____	 Documento assinado digitalmente SINVAL JOSE DA SILVA JUNIOR Data: 20/01/2026 17:35:41-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br			

Obs.: O aluno deverá encaminhar à coordenação do curso, no prazo máximo de 60 dias os exemplares definitivos da dissertação.

“A tinta à base de pigmentos do solo é processo de baixo custo e impacto ambiental mínimo, que compreende produtos, técnicas e metodologias que visam a transformação social, bem como o fortalecimento da cidadania ativa, favorecendo a organização das comunidades, desenvolvendo a criatividade e ocasionando a melhoria da autoestima dos envolvidos, além de proporcionar alternativa de renda, como a conservação e valorização do solo”.

Capeche, 2010; Silva *et al.*, 2013

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho seria inviável sem o apoio fundamental de diversas pessoas e instituições, às quais manifesto minha sincera gratidão.

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela dádiva da vida e pela criação do solo, matéria-prima fundamental que não só deu origem a esta pesquisa, mas que sustenta a própria existência. Que este trabalho, de alguma forma, reverbere a grandeza e a complexidade da Sua criação.

À minha esposa, Angélica, e à minha filha, Rebecca, dedico meu mais profundo agradecimento. O amor, paciência e compreensão foram o alicerce sobre o qual esta jornada foi construída. Foram elas que, com seu incentivo incondicional, me proporcionaram a estabilidade e a força necessárias para persistir, especialmente nos momentos mais desafiadores. Este trabalho é, em grande medida, um fruto do nosso esforço coletivo.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Leonardo Cristian Rocha, e ao meu Coorientador, Prof. Dr. Mateus de Carvalho Martins, expresso minha imensa dívida de gratidão. Agradeço enormemente pelo tempo e dedicação dedicados, pela orientação, os constantes estímulos intelectuais e a confiança depositada em mim. Sem o apoio e a riqueza de seus conhecimentos, que serviram como o "ligante" que deu coesão e forma a esta pesquisa, a conclusão desta dissertação não teria sido possível.

Agradeço também aos demais membros da banca examinadora, Prof. Dr. José Falcão Sobrinho e Prof. Dr. Múcio do Amaral Figueiredo, pela generosa disponibilidade, pelas preciosas contribuições e pelo rigoroso escrutínio durante a arguição. Seus apontamentos foram fundamentais para o aprimoramento final deste trabalho.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEOG) e à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) pelo acolhimento, pela

infraestrutura disponibilizada e pelo ambiente fértil de debates e aprendizado. A UFSJ foi o solo institucional que nutriu o desenvolvimento deste projeto.

Por fim, mas não menos importante, registro meu agradecimento a todos os amigos e colegas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para esta caminhada. Assim como a tinta de solo, que resgata a essência e a memória do lugar, cada um de vocês deixou sua marca singular e valiosa nesta trajetória.

A todos, meu mais sincero e eterno obrigado.

RESUMO

Face aos impactos ambientais dos processos industriais convencionais, como alto consumo energético, geração de resíduos e emissões poluentes, torna-se necessária a busca por materiais sustentáveis. Diante disso, esta pesquisa, de caráter interdisciplinar, situa-se na confluência entre a Geografia, a Arquitetura e Urbanismo, as Artes, a Bioconstrução e a Conservação do Patrimônio. Partindo de uma abordagem geográfica central, o estudo investiga o potencial do solo como recurso territorial e cromático, propondo resgatar, valorizar e aperfeiçoar seu uso tradicional na produção de tintas ecológicas. A Geografia fornece o quadro fundamental para compreender a relação entre sociedade, ambiente e território. Neste trabalho, ela se materializa no mapeamento e na catalogação georreferenciada dos solos da região de São João del-Rei (MG), associando suas propriedades pedológicas e suas coordenadas espaciais a uma paleta de pigmentos naturais. Os solos são processados de duas formas: em estado natural e como pigmentos tratados por dispersão mecânica e peneiramento, gerando um banco de dados espacial que documenta a diversidade cromática do território. As formulações de tinta resultantes, utilizando aglutinantes acessíveis como cola branca e grude, são desenvolvidas e testadas para aplicações interdisciplinares: em revestimentos na Arquitetura e Bioconstrução, em expressão artística, e em intervenções no Patrimônio cultural. Dessa forma, a pesquisa demonstra como a análise geográfica do recurso solo pode fundamentar e viabilizar soluções técnicas e estéticas em múltiplas áreas. Ao integrar o conhecimento geocientífico à produção de materiais ecoeficientes, este estudo reforça o papel da Geografia como ciência integradora, promovendo a sustentabilidade a partir do aproveitamento consciente e inovador dos recursos locais. As tintas feitas com pigmentos dos solos são uma alternativa sustentável e podem ser preparadas por diversos materiais, como, por exemplo: água, solo, cola branca (cola de madeira ou de papel), cal, óleo, grude (feito com amido ou goma de tapioca), entre outros materiais. Assim, tintas de solo podem ser consideradas materiais ecoeficientes, por possuírem baixo impacto ambiental.

Os solos utilizados serão extraídos da região do município de São João del-Rei-MG e serão submetidos à dispersão mecânica em água com disco Cowles acoplado em furadeira ou misturador mecânico, visando quebrar os aglomerados mecanicamente, permitindo um material mais homogêneo e uma completa umectação da superfície externa e interna de cada partícula. Os pigmentos dos solos serão mapeados e catalogados por cores e coordenadas geográficas, resultando em um banco de dados com as cores dos solos da região. Em seguida as soluções de tintas serão preparadas e testadas, utilizando como adesivos materiais acessíveis, como cola branca comum, grude.

Palavras-Chave: Tintas com pigmentos de solos, tinta de terra, tinta ecológica, geotinta.

The utilization of soils from São João del-Rei and its surrounding region as a sustainable alternative for paint production.

ABSTRACT

Given the environmental impacts of conventional industrial processes, such as high energy consumption, waste generation, and polluting emissions, the search for sustainable materials becomes imperative. In this context, this interdisciplinary research lies at the confluence of Geography, Architecture and Urbanism, Arts, Bioconstruction, and Heritage Conservation. Starting from a central geographical approach, the study investigates the potential of soil as a territorial and chromatic resource, aiming to reclaim, value, and improve its traditional use in the production of ecological paints. Geography provides the fundamental framework for understanding the relationship between society, environment, and territory. In this work, it materializes through the mapping and georeferenced cataloging of soils in the region of São João del-Rei (MG), associating their pedological properties and spatial coordinates with a palette of natural pigments. The soils are processed in two ways: in their natural state and as pigments treated through mechanical dispersion and sieving, resulting in a spatial database that documents the chromatic diversity of the territory. The resulting paint formulations, using accessible binders such as white glue and starch paste, are developed and tested for interdisciplinary applications: in Architectural and Bioconstruction coatings, in artistic expression, and in interventions on cultural Heritage. Thus, the research demonstrates how the geographical analysis of soil resources can support and enable technical and aesthetic solutions across multiple fields. By integrating geoscientific knowledge with the production of eco-efficient materials, this study reinforces the role of Geography as an integrative science, promoting sustainability through the conscious and innovative use of local resources. Paints made with soil pigments are a sustainable alternative and can be prepared using various materials, such as water, soil, white glue (wood or paper glue), lime, oil, starch paste (made with starch or tapioca gum), among others. Therefore, soil-based paints can be considered eco-efficient materials due to their low environmental impact. The soils used will be extracted from the municipality of São João del-Rei-MG and will undergo mechanical dispersion in water using a Cowles blade attached to a drill or mechanical mixer, aiming to break up the aggregates mechanically, resulting in a more homogeneous material and ensuring complete wetting of the external and internal surfaces of each particle. The soil pigments will be mapped and cataloged by color and geographic coordinates, resulting in a database of the region's soil colors. Subsequently, the paint solutions will be prepared and tested using accessible adhesive materials, such as common white glue and starch paste.

Keywords: Paints with soil pigments, earth paint, ecological paint, geopaint.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição das tintas	25
Figura 2 – Representação de diferentes tipos de solo e suas respectivas cores	28
Figura 3 – Modelo da distribuição dos horizontes de um solo originado do intemperismo de uma rocha.....	29
Figura 4 – Pigmentos Pré-históricos (óxidos naturais).....	65
Figura 5 – Ocre, óxidos de ferro naturais	67
Figura 6 – Registros rupestres na Caverna de Chauvet, França	68
Figura 7 – Registros rupestres pintados com pigmentos minerais, no Parque Nacional da Serra da Capivara (PI).....	69
Figura 8 – Fogão a lenha feito de tabatinga	71
Figura 9 – Tabela de Munsell.....	76
Figura 10 – Constituintes básicos das tintas	80
Figura 11 – Processo de formação de filme de tinta por evaporação do solvente. a) Evaporação da água; b) Empacotamento e deformação das partículas de ligante; c) Difusão da água para fora do filme e coalescência das partículas de ligante	83
Figura 12 – Tintas de terras	93
Figura 13 – Triângulo textural.....	99
Figura 14 – Formas das partículas granulares.....	100
Figura 15 – Estado do solo, em função de seu teor de umidade.....	102
Figura 16 – Ensaio de determinação do limite de liquidez (LL), observando-se o aparelho de Casagrande, com seus acessórios e Ensaio de determinação do limite de plasticidade.	103
Figura 17 – Misturador de tinta helicoidal e dispersor Cowles adaptados à furadeira	116
Figura 18 – Comparativo de dispersão com haste helicoidal e disco Cowles adaptado	117
Figura 19 – Coleta das amostras dos solos	125

Figura 20 – Materiais e ferramentas para coleta das amostras dos solos	126
Figura 21 – Amostras dos solos selecionadas para o teste de granulometria	134
Figura 22 – Método para determinação da textura do solo	136
Figura 23 – Teste da queda da bola: aspectos do espalhamento, em função do tipo de solo (argilosa, à esquerda e arenosa à direita).....	139
Figura 24 – Teste do vidro de sedimentação	140
Figura 25 – Experimento do cordão	141
Figura 26 – Ensaio da fita.....	142
Figura 27 – Teste de Exsudação.....	143
Figura 28 – Teste da Resistência Seca.....	144
Figura 29 – Amostra selecionada para o teste de resina	147
Figura 30 – Testes de aplicação da tinta.....	148
Figura 31 – Cartão de contraste para o teste do poder de cobertura.....	148
Figura 32 - Modelo de viscosímetro caseiro.....	152
Figura 33 – Cartão de contraste para o teste do poder de cobertura da tinta seca.....	154
Figura 34 – Cartão de contraste para o teste do poder de cobertura da tinta úmida	156
Figura 35 – Processo de aplicação da tinta para o teste do poder de cobertura da tinta úmida.....	156
Figura 36 – Materiais utilizados nos ensaios de resistência à abrasão.....	160
Figura 37 – Amostras de tintas feitas com solos de composições diferentes	187
Figura 38 – Localização da Floresta Nacional de Ritópolis.....	197
Figura 39 – Fotos da oficina Pintando com Terra.....	198
Figura 40 – Fotos da Oficina na disciplina Biodiversidade e Cultura – DCNAT/UFSJ	200
Figura 41 – Fotos da parte do muro reservada para pintura	201
Figura 42 – Fotos da Oficina realizada na APAE – São João del-Rei – MG ..	203

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores de Formação dos Solos (Modelo de Jenny, 1941)	45
Tabela 2 – Exemplos de cores de solos e suas propriedades	46
Tabela 3 – Classes de tintas látex e suas propriedades	84
Tabela 4 – Classificação granulométrica dos constituintes do solo.....	97
Tabela 5 – Termos gerais utilizados para descrever a textura do solo em relação ao nome das classes texturais	98
Tabela 6 – Classificação dos solos, em função dos índices de plasticidade..	104
Tabela 7 – Síntese da campanha de coleta de amostras de solos	133
Tabela 8 – Avaliação dos resultados do experimento do cordão	141
Tabela 9 – Avaliação dos resultados do ensaio da fita	142
Tabela 10 – Avaliação dos resultados do teste de Exsudação	143
Tabela 11 – Avaliação dos resultados do teste de resistência seca	144
Tabela 12 – Proporções de PVA e rendimento em função dos Teores de Pigmento	162
Tabela 13 – resultados dos testes táteis-visuais	171
Tabela 14 – resultados dos testes expeditos	173
Tabela 15 – Resultado do teste laboratorial de granulometria	174
Tabela 16 – Comparativo entre os testes expeditos e laboratoriais	175
Tabela 17 – Análise dos dados de desempenho das amostras	190

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – amostras coletadas pelo Programa Saberes da Terra	130
Quadro 2 – Comparativo do poder de cobertura das tintas feitas diferentes resinas.....	180
Quadro 3 – Teste do poder de cobertura aplicado no quadro de contraste ...	181
Quadro 4 – Comparativo poder de cobertura das resinas: PVA, Grude e PVA com CAL.....	182
Quadro 5 – Comparativo poder de cobertura das resinas PVA, Grude e PVA com CAL em tintas aplicadas no cartão de contraste	182
Quadro 6 – comparativo dos ensaios de resistência à abrasão	183
Quadro 7 – comparativo dos ensaios de resistência à abrasão	184
Quadro 8 – comparativo dos resultados dos ensaios de resistência à abrasão	185
Quadro 9 – comparativo do poder de cobertura em cartão de contraste	188

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Desempenho das amostras de solo.....	191
--	-----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- APAE** – Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais.
- COVs** – Compostos Orgânicos Voláteis.
- CTC** – Capacidade de Troca Catiônica.
- DCNAT** – Departamento de Ciências Naturais (UFSJ).
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- GIS** – Geographic Information System (Sistema de Informação Geográfica).
- IPEA** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
- MG** – Minas Gerais.
- NBR** – Norma Brasileira (documento técnico normativo da ABNT).
- PPGEOG** – Programa de Pós-Graduação em Geografia
- PROTERRA** – Rede Ibero-americana para Construção com Terra
- PVA** – Acetato de Polivinila (Poliacetato de vinila).
- SiBCS** – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.
- UFLA** – Universidade Federal de Lavras.
- UFSJ** – Universidade Federal de São João del-Rei.
- UNESCO** – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
(Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura).
- UV** – Ultravioleta.
- V%** – Saturação por Bases (porcentagem).
- VOCs (COVs)** – Volatile Organic Compounds (Compostos Orgânicos Voláteis).

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADE
Ca(OH)_2	Hidróxido de cálcio (cal hidratada)	
d	Diâmetro das partículas do solo	mm
Fe_2O_3	Óxido de ferro III (hematita)	
FeO(OH)	Oxihidróxido de ferro (goethita)	
g/cm^3 g/cm^3	Gramas por centímetro cúbico (densidade)	
IP	Índice de plasticidade ($\text{IP} = \text{LL} - \text{LP}$)	%
LL	Limite de liquidez	%
LP	Limite de plasticidade	%
m^2/g	Metro quadrado por grama (área superficial específica)	m^2/g
mm	Milímetro (granulometria)	mm
pH	Potencial hidrogeniônico (acidez/alcalinidade)	
μm	Micrômetro (tamanho de partícula)	μm
%	Porcentagem (teor em massa/volume)	%
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius (temperatura)	$^{\circ}\text{C}$

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE QUADROS.....	13
LISTA DE GRÁFICOS	14
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	15
LISTA DE SÍMBOLOS	16
SUMÁRIO	17
1 INTRODUÇÃO	22
1.1 Justificativas.....	30
1.2 Objetivos	32
1.2.1 Objetivo geral.....	32
1.2.2 Objetivos específicos	33
1.3 Problematização.....	34
1.4 Metodologia	35
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	38
2.1. Geografia dos solos e etnopedologia.....	38
2.1.1 Classes de Solos e suas Propriedades	45
2.1.2 O Solo como Elemento Cultural: A Abordagem da Etnopedologia	50

2.2 Geodiversidade e Geoconservação: A Valorização do Patrimônio Geológico e o Uso Sustentável dos Solos	52
2.3 Sustentabilidade Além do Discurso: As Quatro Vertentes.....	55
2.4 A Geografia Cultural, a paisagem e o patrimônio: saberes sobre os solos para tintas na construção de territórios, memória e identidade.....	58
2.5 Educação em Solos: Perspectivas Teóricas e Metodológicas.....	61
2.6 Pigmentos	64
2.7 Pigmentos do solo	66
2.8 Pigmentos minerais no Brasil	69
2.9 Cores e tonalidades dos pigmentos minerais	72
2.10 A história do uso das tintas	77
2.11 O que é tinta e qual sua composição	79
2.11.1 Pigmentos.....	81
2.11.2 Resina.....	81
2.11.3 Solventes	82
2.11.4 Aditivos	82
2.12 Principais tipos de tintas	83
2.13 Classificação das tintas.....	87
2.14 Tintas naturais na construção civil	90
2.14.1 Tinta à base de pigmentos do solo	92
2.14.2 Tinta de solo: inovação e sustentabilidade	94
2.15 Propriedades físicas do solo.....	95
2.15.1 Textura / Granulometria	96

2.15.2 Forma das partículas	99
2.15.3 Consistência	100
2.15.4 Plasticidade	102
2.16. A influência da granulometria no desempenho de tintas minerais	104
2.16.1 Identificação visual e tátil de um solo siltoso	105
2.16.2 Identificação visual e tátil de um solo argiloso	106
2.17 A influência da composição mineralógica dos solos no desempenho das tintas minerais	107
2.18 Principais resinas utilizadas na produção de tintas de solo	108
2.19 Produção da tinta com cola branca (PVA)	111
2.20 Defloculação	112
2.21 Dispersão mecânica	114
3 METODOLOGIA	119
3.1 Etapas Explicadas	119
3.2. Seleção e coleta de solo	122
3.2.1 Metodologia das coletas das amostras	124
3.2.2 Método para determinação da textura pelo tato em campo	134
3.3 Processamento e caracterização física dos solos	136
3.3.1 Testes e análises das amostras	137
3.3.2 Testes expeditos	137
3.3.2.1 Ensaio de Impacto da Bola	139
3.3.3.2 Teste do vidro (sedimentação)	139
3.3.3.3 Experimento do Cordão	140
3.3.3.4 Ensaio da Fita	141

3.3.3.5 Teste de Exsudação	142
3.3.3.6 Teste da Resistência Seca	143
3.4 Teste laboratorial – Determinação granulométrica por peneiramento e sedimentação	144
3.5 Testes das resinas	145
3.6 Estudo da aplicação – viscosidade, poder de cobertura e resistência à abrasão	149
3.6.1 Testes de viscosidade	149
3.7 Proporção de PVA e rendimento	160
3.8 Produção em maiores quantidades	163
3.9 Adição de cargas minerais	165
3.10 Difusão da técnica de tinta de solo à comunidade	166
3.10.1 Oficinas e atividades comunitárias	167
4 RESULTADOS.....	169
4.1 Resultados dos testes táteis-visuais e expeditos	169
4.2. Resultado do teste laboratorial de granulometria (UFLA).....	173
4.3 Comparativo entre os testes expeditos e os testes laboratoriais.....	174
4.4 Resultados dos testes das resinas.....	176
4.4.1 Resultados dos testes de aplicação e viscosidade	176
4.4.2 Resultados dos testes de poder de cobertura em função do tipo de resina	179
4.4.3 Resultados dos testes de resistência à abrasão em função do tipo de resina	182
4.4.4 Conclusões e recomendações.....	186

4.5 Resultados dos testes de poder de cobertura em função do tipo de solo.....	186
4.6 Resultado do desempenho das amostras.....	190
4.7 Resultados da difusão da técnica de tinta de solo à comunidade	194
4.7.1 Oficina Pintando com Terra – Floresta Nacional de Ritópolis.....	196
4.7.2 Oficina na Disciplina Biodiversidade e Cultura – DCNAT/UFSJ	198
4.7.3 Oficina na APAE – São João del-Rei-MG.....	200
4.7.4 Considerações sobre a difusão da técnica de tinta de solo	203
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	207
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	217
GLOSSÁRIO.....	233
ANEXOS	236
ANEXO A- Catálogo de amostras de solos e suas características	236
ANEXO B – Mapeamento do banco de amostras de solos para tintas....	241

1 INTRODUÇÃO

A crise ambiental contemporânea constitui um dos desafios mais prementes da atualidade, caracterizada pela utilização desorganizada e predatória dos recursos naturais. Essa problemática decorre de um modelo de desenvolvimento com exploração intensiva, sem a devida consideração pela capacidade de regeneração dos ecossistemas, resultando na degradação acelerada de biomas em escala global.

Nesse contexto, o setor da construção civil global emerge como um dos principais vetores de pressão sobre os recursos naturais, sendo responsável por expressivo consumo de matéria-prima, energia e água, além da intensa geração de resíduos sólidos e emissões de gases de efeito estufa (GBC Brasil, 2021).

Diante desse cenário, observa-se uma crescente preocupação no âmbito acadêmico e profissional, fomentando propostas que visam reorientar as práticas da arquitetura e da construção civil a um paradigma mais sustentável. A utilização de materiais naturais e de baixo impacto ambiental emerge como uma resposta fundamental, porém insuficiente se considerada isoladamente. Argumenta-se que a concepção de espaços habitacionais saudáveis, climaticamente adequados, energeticamente eficientes e promotores do bem-estar humano requer uma abordagem profundamente interdisciplinar e sinérgica. Tal perspectiva exige a integração crítica de múltiplos campos do saber.

É importante resgatar e reavaliar os saberes ancestrais e as técnicas vernaculares. Esses conhecimentos, resultantes de séculos de adaptação empírica aos contextos locais, oferecem soluções bioclimáticas comprovadas, como a ventilação cruzada, a inércia térmica proporcionada por paredes espessas e o uso inteligente da insolação, que podem e devem ser reincorporadas à prática projetual contemporânea.

Este trabalho parte da premissa de que a concepção de espaços de habitação saudáveis, termicamente adequados, eficientes em recursos e promotores do bem-estar humano não é uma questão tecnológica isolada, mas

sim o produto de uma síntese complexa. Argumenta-se que é necessária a integração crítica entre o conhecimento empírico e bioclimático dos saberes ancestrais, o potencial de otimização e inovação das tecnologias contemporâneas e a dimensão sensível e humanizadora da arte.

De acordo como Gadotti (2005, p.15), pela primeira vez na história da humanidade, não por efeito de armas nucleares, mas pelo descontrole da produção, pode-se destruir toda a vida do planeta. É a essa possibilidade que se pode chamar de era do exterminismo. Passou do modo de produção para o modo de destruição; tem-se que viver daqui para frente com o desafio permanente de reconstruir o planeta. Tem-se talvez pouco mais de 50 anos para decidir se querem ou não destruir o planeta. Alertas vêm sendo dados por cientistas e filósofos desde os anos 1960. Precisa-se de um novo paradigma que tenha a Terra como fundamento. *Pedagogia da Terra e Cultura de Sustentabilidade*.

Para Colombo (2006), a sustentabilidade na construção civil deve ser encarada de forma multidisciplinar, pois há diferentes níveis de sustentabilidade: social, cultural, econômica, ecológica, espacial, política, temporal, técnica, relacional ou convival. Para ela, a sustentabilidade enfoca a ética e a estética centrada na vida.

A busca por alternativas frequentemente se concentra em soluções tecnológicas de alta complexidade e custo, nem sempre acessíveis ou adequadas a diferentes contextos socioeconômicos e climáticos. Paralelamente, valiosos conhecimentos tradicionais, resultantes de séculos de adaptação aos trópicos, são marginalizados e considerados obsoletos. Essa dissociação entre o saber local e a inovação global é um dos entraves à efetiva sustentabilidade (Sachs, 2007).

Superar essa dicotomia é o primeiro passo. É preciso reconhecer que a tecnologia de ponta e os saberes vernaculares não são antagônicos, mas complementares. Enquanto um oferece soluções testadas pelo tempo e perfeitamente adaptadas ao lugar, o outro fornece ferramentas para modelar, simular e otimizar essas soluções em escala e com precisão científica.

Nesse sentido, pode-se pensar nas atividades de pinturas na arquitetura e das produções das tintas para as construções em geral, das artes e outras áreas afins. A história do uso das cores e da pintura confunde-se com a própria história da humanidade. O ser humano na pré-história tinha limitados recursos verbais para transmitir suas experiências, buscando complementos para sua comunicação, perpetuando a informação (Polito, 2006).

Desde os tempos mais remotos da pré-história, o homem fabricava tintas devido à necessidade de expressar suas emoções e de demonstrar sua cultura. Nas pinturas rupestres, no período Paleolítico, o homem utilizava uma mistura de cal, gordura, sangue, carvão, entre outros materiais para a confecção de seus desenhos e suas mensagens. Alguns desenhos eram realizados em monocromia, utilizando óxido de ferro. De acordo com Anghinetti (2012, p.14), os primeiros pigmentos sintéticos surgiram no Egito (8000 a 5800a.C.), derivados de alumínio, silício, cobre e cálcio, além de elementos de origem orgânica. Os ligantes eram à base de ovo, goma arábica e cera de abelha.

As tintas desenvolvidas através de materiais naturais tinham uma função de adorno. Na Idade Média as tintas começam a ter função também de proteção, sendo empregadas nas igrejas, residências de autoridades, prédios públicos, entre outras edificações. Após a Revolução Industrial, a utilização de tintas começa a popularizar. Neste período as indústrias forneciam os elementos e o profissional preparava a própria tinta. Por volta de 1867 inicia-se a fabricação de tintas prontas para o uso. A partir do séc. XX há um avanço tecnológico na fabricação das tintas, surgindo variedades de tintas e um aprimoramento nas fórmulas. No Brasil, segundo Anghinetti (2012, p.11), a primeira fábrica de tinta foi em Blumenau, Santa Catarina, datada de 1886. A partir dos anos 1950 a indústria nacional desenvolveu-se com muitas resinas sintetizadas, surgindo tintas para diversas aplicações.

Hoje, o mercado de tintas no Brasil é bastante variado, havendo empresas nacionais, internacionais e mistas, produzindo uma variedade imensa de tipos de tintas, como, por exemplo: acrílica, vinílica, epóxi, de poliuretano,

emborrachada, à base de cal, à base de cimento, de terra, entre vários outros tipos.

As tintas são utilizadas para proteger os materiais, combatendo as deteriorações por diversos motivos. A tinta protege as superfícies dos materiais por meio da criação de película, impedindo a ação de agentes de degradação, de corrosão e de intempéries. Além disso, devido aos pigmentos que lhe dão texturas e cores, as tintas também têm a especial função de decorar superfícies, cabendo aí relações emocionais e culturais para as sociedades.

Tinta é uma composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato. Esse filme tem a finalidade de proteger e embelezar as superfícies (Fazenda, 2009). De acordo com Fazenda (2009), nos dias atuais, pode-se dizer que a tinta é composta basicamente por quatro elementos, conforme a **Figura 1**: Pigmentos - concedem o poder da cor e cobertura; Resinas ou ligantes - substância responsável pela ligação dos pigmentos e adesão do filme ao substrato; Solventes - são compostos (orgânicos ou água) utilizados para dissolver o aglutinante. É responsável pela consistência, conferindo maior ou menor fluidez; Aditivos - com grande variedade no mercado, tem a função de aperfeiçoar uma série de características e tipos específicos de tintas, melhorando suas propriedades.

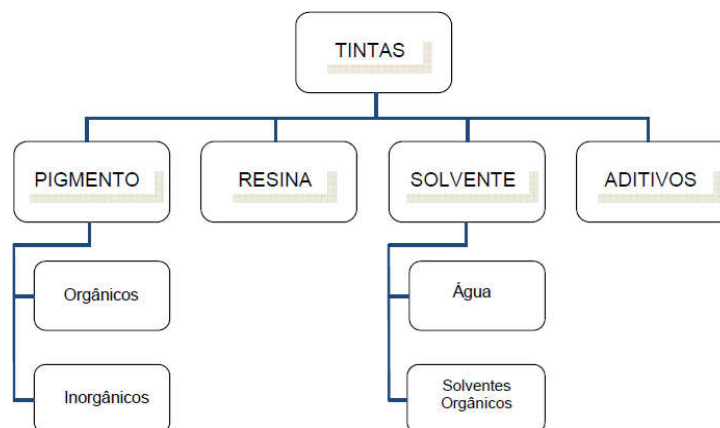


Figura 1 – Composição das tintas
Fonte: Anghinetti (2012, p.15)

Em função da grande variedade de tintas e de seus componentes, surge a indagação da questão econômica e da saúde das pessoas em contatos, diretos e/ou indiretos, com esses materiais. De acordo com Loeb e Harris (2008), agentes industriais, tais como: amianto, diesel, emissão de partículas de poeira de madeira, cromo, arsênio, cloreto de vinilo, solventes, etc. são conhecidos por estarem associados a induzir o aumento de câncer.

Um exemplo é o setor de fabricação de tintas, onde os trabalhadores ficam expostos a agentes potencialmente perigosos como os solventes aromáticos, pigmentos e resíduos plásticos (Netto, 2000; IARC 1989). Os componentes mais comumente encontrados como solventes no setor de pintura são: tolueno, benzeno, acetona e xileno, além de alguns pigmentos metálicos que podem conter cromo e pequenas quantidades de chumbo (Netto, 2000).

Além disso, a indústria de tintas gera resíduos sólidos em praticamente todas as etapas do processo produtivo, dentre os quais se destacam resíduos com potencial para reciclagem, resíduos contaminados por produtos químicos, resíduos orgânicos e de escritório e lodo proveniente da limpeza de tanques utilizados na fabricação de tintas. De acordo com a NBR-10004/2004, alguns resíduos, quando gerenciados de forma inadequada, podem apresentar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidências de doenças ou acentuando seus índices, além de grandes riscos ao meio ambiente.

A produção convencional de tintas industriais envolve a utilização de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente, como metais pesados e solventes orgânicos voláteis (VOCs), associados à contaminação do solo e à emissão de gases poluentes (Günther *et al.*, 2017).

Diante desse cenário, evidencia-se que o paradigma convencional de produção de tintas industriais, ancorado na utilização intensiva de compostos de elevada toxicidade, configura-se como um vetor significativo de degradação ambiental. Esta degradação opera em um duplo espectro: no âmbito micro, através da exposição ocupacional que compromete a saúde do trabalhador, e no macro, mediante a geração de resíduos sólidos perigosos e a emissão de

Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs), os quais contribuem para a contaminação dos solos e da atmosfera. A persistência desses poluentes no ambiente e seus efeitos deletérios à saúde pública demandam, portanto, uma reavaliação urgente dos insumos e processos produtivos, orientada pelos princípios da química verde e da ecoeficiência.

Diante desse cenário, evidencia-se que o padrão convencional de produção de tintas industriais, ancorado na utilização intensiva de compostos de elevada toxicidade, configura-se como um vetor significativo de degradação ambiental. Esta degradação opera em um duplo espectro: no âmbito micro, através da exposição ocupacional que compromete a saúde do trabalhador (IARC, 1989), e no macro, mediante a geração de resíduos sólidos classificados como perigosos pela NBR 10004 (2004) e a emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs), os quais estão associados à contaminação do solo e à poluição atmosférica (Günther *et al.*, 2017). A persistência desses poluentes no ambiente e seus efeitos nocivos à saúde pública demandam, portanto, uma reavaliação urgente dos insumos e processos produtivos, orientada pelos princípios da química verde (Santos; Oliveira, 2018).

Neste contexto, a busca por alternativas sustentáveis tem fomentado o interesse em tintas naturais, formuladas a partir de matérias-primas renováveis, biodegradáveis e de baixa ou nenhuma toxicidade. Essas formulações emergem como uma resposta viável para mitigar os impactos associados ao ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria-prima até a disposição final. Nesse contexto de inovação e sustentabilidade que uma proposta particularmente alinhada com os preceitos da economia circular ganha destaque: o desenvolvimento de tintas de solo.

A exploração do próprio solo para a produção de tintas apresenta um potencial notável, haja vista sua imensa diversidade composicional, textural e propriedade cromática, conforme ilustrado na **Figura 2**. A utilização direta de recursos geológicos locais não apenas reduz a dependência de pigmentos metálicos sintéticos e solventes orgânicos, mas também agrega valor a um material abundantemente disponível, promovendo uma simbiose entre a

atividade industrial e a base natural de recursos. Este enfoque inaugura um campo promissor para pesquisas em materiais aplicados, direcionando a indústria para um modelo de produção mais limpa e circular.

Os solos são formados a partir de transformações de milhares e milhões anos, onde as rochas sob ação do clima, com influência do relevo e dos macros e micro-organismos, reduzem seu tamanho e sua característica. Essa transformação, também chamada de intemperismo, continua até que as partículas do solo alcancem tamanhos correspondentes às frações areia, silte e argila. Dessa forma são originados diversos solos com muitas características diferentes, como pode ser visto na **Figura 2**. Por exemplo, os solos podem ser vermelhos, amarelos, marrons, pretos, cinzas, brancos; arenosos, argilosos, ou de textura média; rasos ou profundos; com ou sem pedras/rochas no interior ou na superfície; secos ou alagados; férteis ou pobres em nutrientes; com diferentes teores de matéria orgânica etc.



Figura 2 – Representação de diferentes tipos de solo e suas respectivas cores
Fonte: PEREIRA, Marcos Gervásio (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), 2019.

Alguns solos também são formados a partir de transformações físicas, químicas, biológicas e morfológicas que atuam sobre algum material terroso,

oriundo de processos anteriores de desagregação e decomposição das rochas originais. Um exemplo que pode ser citado é o neossolo flúvico, que são solos formados pela deposição de sedimentos transportados pelos rios e depositados ao longo do tempo nas suas margens, por ocasião das cheias e vazantes.

À medida que a rocha sofre decomposição ao longo do tempo, são formadas camadas ou horizontes com características pedológicas (físicas, químicas, morfológicas, mineralógicas e biológicas) diferenciadas, como pode ser visto na **Figura 3**.



Figura 3 – Modelo da distribuição dos horizontes de um solo originado do intemperismo de uma rocha.

Fonte: Embrapa (2010)

Pauliv *et al.* (2021) justifica a necessidade de se buscar o equilíbrio entre o desenvolvimento e crescimento econômico e a redução da degradação do meio ambiente. Portanto a proposta desse trabalho é aprimorar a técnica de tinta a partir de pigmentos extraídos do solo, visando um trabalho de educação ambiental focado em uma proposta socioeconômica, de sustentabilidade, e reaproveitamento de recursos naturais, além de resgatar um processo histórico-cultural da produção das tintas, criando um banco de dados e mapeando os pigmentos dos solos da região de São João del Rei. Uma das principais vantagens da tinta de solo é a ausência de derivados de petróleo e outros componentes poluentes. Além de sua utilização e aplicação serem simples como dos demais tipos de tintas, possuindo ótima durabilidade onde é aplicada.

1.1 Justificativas

A arquitetura atualmente tem um papel muito importante no desenvolvimento sustentável em relação aos materiais e às técnicas construtivas, onde cada vez mais se preocupa em fazer projetos mais ecológicos, além de obter construções mais saudáveis e econômicas. Somados a isso, as tintas à base de solo preparadas com diversos tipos de materiais, como, por exemplo, a cal, quando comparadas às tintas industriais são, sem dúvidas, mais sustentáveis e saudáveis. Além disso, o solo é um material renovável, podendo produzir tintas atóxicas com um gasto de energia menor, pois pode ser coletado, na maioria das vezes, no próprio terreno e fazendo a produção da tinta *in loco*.

O processo de produção de tintas com solo é uma das técnicas mais antigas nas comunidades rurais, tendo, recentemente uma evolução e ganho de espaço em centros urbanos, principalmente, através da arquitetura e das artes plásticas. Nesse sentido, esse trabalho de pesquisa visa resgatar e aperfeiçoar essa técnica de baixo custo, fortemente sustentável, saudável, além de possibilitar, no futuro, fontes de rendas para determinadas comunidades.

De acordo com Muggler, Pinto Sobrinho e Machado (2005) é nesse contexto e numa perspectiva holística de identificação do homem com a terra que a Etnopedologia estuda o entendimento que o povo tem acerca dos recursos do solo, a partir de seus conhecimentos sobre a natureza, além de resgatar o sentimento de pertencimento, respeito e afetividade das pessoas pela terra, estabelecendo uma espécie de "consciência pedológica".

A produção de tintas a partir de pigmentos do solo é uma técnica ancestral utilizada por diversas civilizações ao longo da história (Eastough, 2007). Contudo, com o advento da industrialização e o desenvolvimento de corantes sintéticos, esse conhecimento tradicional foi progressivamente marginalizado. Nos últimos anos, entretanto, o interesse por métodos sustentáveis e ecológicos tem motivado o resgate dessas técnicas (Gottsegen, 2006). Este trabalho discute a justificativa para resgatar essa técnica de produção de tintas com pigmentos do solo, considerando aspectos históricos, ambientais, econômicos, sociais e culturais.

A utilização de pigmentos de solos em pinturas rupestres, como as encontradas na caverna de Lascaux, na França, e em sítios arqueológicos brasileiros, como Serra da Capivara (Clottes, 2008), evidenciam não apenas a durabilidade desses materiais, mas também sua importância na expressão artística e simbólica de povos antigos. O resgate dessas técnicas contribui para a preservação de saberes tradicionais, muitas vezes associados a comunidades indígenas e locais (Dunn, 2014).

Em contraste com as tintas industriais, que frequentemente contêm compostos orgânicos voláteis (VOCs) e metais pesados, os pigmentos naturais do solo apresentam menor toxicidade e são biodegradáveis (Smith, 2010). Além disso, sua extração demanda menos energia e gera menor impacto ambiental quando comparada à síntese de pigmentos artificiais. Estudos indicam que a exploração responsável de argilas e óxidos naturais pode ser

uma alternativa viável para reduzir a poluição decorrente da produção de tintas convencionais (GAGLIARDI, 2019).

Os pigmentos de solo são amplamente disponíveis em diversas regiões, o que reduz custos de produção e transporte, tornando-os uma opção economicamente viável para comunidades rurais e artistas locais (Friedman, 2012). Além disso, sua aplicação não se restringe à arte: podem ser utilizados em revestimentos arquitetônicos, como as técnicas de taipa de pilão e pinturas à base de cal, que têm ganhado espaço na bioarquitetura (Kearey, 2017).

O resgate da técnica de produção de tintas com pigmentos do solo justifica-se não apenas por seu valor histórico e cultural, mas também por suas vantagens ambientais e econômicas. Em um contexto de crescente preocupação com a sustentabilidade, revitalizar essas técnicas tradicionais pode contribuir para a redução de impactos ecológicos e para a valorização de conhecimentos ancestrais. Portanto, é essencial promover pesquisas interdisciplinares que integrem química, arqueologia e antropologia, a fim de aprimorar e difundir essas práticas no mundo contemporâneo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Diante da importância e da atualidade do tema em relação à sustentabilidade, economia, saúde, entre outros fatores no campo da arquitetura, da construção civil, das artes, geografia e áreas afins, esta pesquisa procurou investigar as potencialidades dos solos da cidade de São João del-Rei e região para produção de tintas ecológicas, por meio da caracterização físico-química dos solos, do mapeamento de pigmentos, da elaboração de formulações sustentáveis e da análise de suas aplicações, visando à valorização ambiental, cultural e econômica desses recursos.

Contudo, por se tratar de um assunto antigo, porém pouco explorado apesar de seu potencial, foi necessário, primeiramente, realizar um

levantamento teórico em torno do assunto. Em seguida foram realizados trabalhos práticos para a produção da tinta à base solo com algumas misturas, dando propriedades específicas ao produto final e sua aplicação. Destaca-se que foram utilizados solos do município de São João del-Rei e municípios adjacentes, região do Campos das Vertentes, no Estado de Minas Gerais.

Desta maneira, as análises visaram montar um banco de dados a fim de ampliar o leque de conhecimento sobre a produção de tinta à base de solo e suas misturas, proporcionando fundamentos futuros trabalhos de pesquisas e de extensões.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Mapear e caracterizar os solos da cidade de São João del-Rei e região quanto às suas propriedades cromáticas e físicas relevantes para a produção de pigmentos;
- Elaborar um banco de dados georreferenciado com a localização, características e cores dos solos utilizados como pigmento;
- Testar diferentes formulações de tintas ecológicas, avaliando propriedades como aderência, resistência, poder de cobertura e durabilidade;
- Analisar os aspectos de sustentabilidade, viabilidade econômica e social associados ao uso de solos na produção de tintas;
- Resgatar, valorizar e sistematizar os saberes tradicionais associados ao uso de solos como pigmento na cultura local, integrando práticas ancestrais com conhecimentos científicos.

Para alcançar esses objetivos foi necessário realizar algumas pesquisas qualiquantitativas, dentre elas:

- Levantar pesquisas diversas sobre o assunto, detectando onde se concentram pesquisas e outros trabalhos realizados ou em andamento a nível nacional e internacional;
- Pesquisar os tipos de solos que mais são utilizados para produzir as tintas, criando um banco de dados de solos com diversas cores da cidade de São João del-Rei;
- Pesquisar as resinas que darão propriedades específicas à mistura, como, por exemplo, a cal e a cola branca;
- Pesquisar os tipos de tintas e suas produções, enfatizando a tinta feita com solo;
- Pesquisar a produção da tinta feita com solo, realizando testes com pequenas quantidades e diversidades de tipos de cores e misturas;
- Pesquisar a produção de tintas feitas com solo para utilização em quantidades maiores e o seu gasto;
- Pesquisar a aplicação da tinta feita a base de solo.

1.3 Problemática

A crescente demanda por materiais sustentáveis tem impulsionado pesquisas sobre pigmentos naturais, em substituição aos corantes sintéticos, muitas vezes derivados de petroquímicos e potencialmente tóxicos. Nesse cenário, os solos, historicamente utilizados como pigmentos em pinturas rupestres e arquitetônicas, ressurgem como alternativa ecológica devido à sua composição mineralógica e variedade cromática.

A cidade de São João del-Rei, localizada no estado de Minas Gerais, possui uma diversidade geológica marcante, com solos ricos em óxidos de ferro, manganês e outros minerais que conferem tonalidades variadas, desde ocre-amarelado até vermelho-escuro. Essas características sugerem um potencial ainda pouco explorado para a produção de tintas ecológicas, alinhando-se aos princípios da sustentabilidade e da economia circular.

Diante desse contexto, surge a seguinte questão central: "Quais são as potencialidades dos solos da cidade de São João del-Rei e região para a produção de tintas ecológicas, considerando suas características físicas, cromáticas e sua aplicação sustentável?"

Essa questão desdobra-se em aspectos específicos:

1. **Caracterização dos solos:** Quais minerais predominam nos solos da região e como eles influenciam suas propriedades cromáticas?
2. **Viabilidade técnica:** Como os pigmentos extraídos desses solos se comportam em formulações de tintas, em termos de estabilidade, aderência e durabilidade?
3. **Aspectos sustentáveis:** Qual o impacto ambiental da extração e processamento desses solos em comparação com pigmentos sintéticos?
4. **Aplicabilidade:** Quais são as possíveis utilizações dessas tintas de solo e como elas podem ser integradas a práticas sustentáveis?

Esta problematização busca, portanto, articular ciência, sustentabilidade e cultura, explorando o potencial dos solos de São João del-Rei como alternativa inovadora e ecologicamente responsável.

1.4 Metodologia

O presente estudo adotou uma abordagem metodológica sistemática, fundamentada em etapas inter-relacionadas, visando a produção e avaliação de tintas à base de pigmentos do solo, com ênfase na sustentabilidade e aplicabilidade regional. A metodologia divide-se em oito fases principais: revisão bibliográfica, levantamento e mapeamento, coleta de amostras, processamento dos solos, formulação das tintas, testes de desempenho, análise e mapeamento dos resultados, Oficinas Teórico-Práticas e conclusões e otimização.

Inicialmente, realizou-se um levantamento abrangente da literatura nacional e internacional, com enfoque em geografia aplicada, etnopedologia, geodiversidade e sustentabilidade, além de pesquisas relacionadas a tintas naturais, pigmentos do solo, resinas e técnicas de preparo. Essa etapa visou estabelecer parâmetros técnicos para a produção das tintas e identificar seus potenciais benefícios socioambientais.

Em seguida, foi realizado o processo de identificação de áreas de interesse para coleta de amostras, conduzida mediante integração de técnicas de Geographic Information System (GIS) e conhecimento empírico local. O mapeamento priorizou solos com características cromáticas e granulométricas variadas no município de São João del-Rei e regiões adjacentes (municípios vizinhos).

A coleta das amostras de solo foi realizada de forma estratificada, contemplando diferentes profundidades e posições no relevo, em duas etapas:

- 1) Fase exploratória: Coleta de pequenas amostras (em torno de 3l) para testes preliminares, visando identificar solos com potencial pigmentante;
- 2) Fase seletiva: Coleta de volumes maiores apenas das amostras previamente validadas, otimizando recursos e minimizando impactos ambientais.

Em seguida as amostras passaram por processos de secagem, trituração e peneiramento para extração de pigmentos. Foram realizadas análises de textura, granulometria e propriedades físico-químicas, garantindo a padronização do material para produção das tintas.

Foram analisadas as principais resinas mais acessíveis utilizadas em tintas de solos e aditivos compatíveis, testando diferentes proporções de solo, água, ligantes e adjuvantes. As formulações foram registradas em protocolos padronizados para replicação e ajustes.

Também foram realizados alguns testes de desempenho, onde as tintas produzidas foram avaliadas quanto a: Propriedades físicas (cobertura, aderência e durabilidade) e Resistência (à água, à abrasão e intempéries).

Os dados foram sistematizados em tabelas comparativas e gráficos, correlacionando tipos de solo com a qualidade da tinta produzida. A difusão dos resultados à comunidade incluiu estudos de caso e oficinas demonstrativas.

As Oficinas Teórico-Práticas foram realizadas com o objetivo de resgatar e valorizar essas técnicas tradicionais, promovendo a educação alternativa e a sustentabilidade com a comunidade. Maiores detalhes sobre tais oficinas serão colocados em um capítulo mais à frente.

Ajustes finais foram aplicados às fórmulas e processos, com proposições para aplicações específicas. Discutiu-se, ainda, a relevância do estudo para a sustentabilidade regional, destacando contribuições técnicas e socioeconômicas.

No capítulo seguinte serão apresentados os principais referenciais teóricos que sustentam importância deste trabalho, que subsidiará pesquisas futuras nos temas sustentabilidade, uso racional dos recursos naturais, economia circular; valorização dos saberes tradicionais; geodiversidade aplicada e educação ambiental e territorial.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Geografia dos solos e etnopedologia

O solo é um componente fundamental da paisagem e constitui um dos mais complexos e dinâmicos sistemas naturais, funcionando como interface entre a litosfera, a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera. Na perspectiva da Geografia Física e da Pedologia, o solo é entendido como um corpo natural tridimensional, estruturado em horizontes, resultante da ação conjunta de fatores formadores, como clima, material de origem, relevo, organismos e tempo, sobre um substrato geológico (Jenny, 1941; Resende *et al.*, 2014). Porém, além de sua dimensão física, o solo, quando analisado sob a ótica da Etnopedologia, que estuda os conhecimentos tradicionais sobre os solos e suas relações com as comunidades, também possui significados culturais e simbólicos, quando inserido em um contexto sociocultural, onde adquire significados simbólicos e utilitários distintos conforme as sociedades que o utilizam (Muggler *et al.*, 2005).

Este trabalho busca discutir o solo em sua dupla dimensão: como um recurso físico, formado por processos pedogenéticos e classificado segundo suas propriedades, e como um elemento cultural, portador de identidade e saberes tradicionais. Para tanto, serão abordados conceitos como pedogênese, intemperismo, a classificação dos solos segundo critérios físicos e químicos, com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) e a relação entre sociedades tradicionais e solos, destacando como diferentes grupos humanos interpretam, classificam e atribuem significados a esse recurso. classificação dos solos e suas propriedades – etnopedologia.

O solo é definido como um corpo natural tridimensional, formado por partículas minerais e orgânicas, ar e água, organizado em horizontes distintos e capaz de sustentar a vida (Resende *et al.*, 2014). Sua formação ocorre por meio da pedogênese, um processo influenciado por cinco fatores principais (clima, material de origem, relevo, organismos e tempo), conforme proposto por Dokuchaev (1883) e posteriormente sistematizado por Jenny (1941).

Embora a definição apresentada de “solo como corpo natural tridimensional e suporte à vida” seja fundamental, faz-se necessário aprofundar suas bases epistemológicas e clarificar distinções conceituais cruciais. A Pedologia, como ciência do solo, tem seu marco fundacional atribuído ao geógrafo e mineralogista russo Vasily Vasilyevich Dokuchaev (1846-1903). Em suas pesquisas nas estepes russas, na última parte do século XIX, Dokuchaev propôs uma visão revolucionária: o solo não era um simples substrato geológico inerte, mas um corpo natural dinâmico e histórico, resultado sintético da ação e interação de fatores específicos, como :clima, material de origem, organismos, relevo e tempo. Esta abordagem, posteriormente sistematizada na famosa equação de Jenny (1941), estava intrinsecamente ligada ao nascente conceito geográfico de paisagem. Para Dokuchaev (1892), o solo era o "espelho" ou a expressão íntima da paisagem, um registro integrado e visível das condições ambientais e do histórico biogeoquímico de um local. Sua obra estabeleceu, portanto, a pedologia como uma ciência de interface, conectando a geologia à geografia física e à ecologia, ao entender o solo como um componente ativo e reflexivo dos sistemas terrestres.

Para além dessa perspectiva geográfica e pedogenética, é essencial diferenciar o conceito de solo do de regolito. Nas Geociências, de modo geral, o termo regolito refere-se à camada não consolidada de material fragmentado (detritos rochosos, sedimentos) que recobre a rocha sã, resultante predominantemente de processos de intemperismo físico e erosão. O solo (pedosfera), por sua vez, é uma subdivisão viva e diferenciada do regolito. Ele surge quando os processos pedogenéticos, particularmente a ação dos organismos e a ciclagem biogeoquímica, atuam sobre o regolito, organizando-o em horizontes diagnósticos e incorporando matéria orgânica em decomposição (húmus). Enquanto o regolito é essencialmente um produto de degradação, o solo é um produto de síntese e organização biogênica.

Esta distinção contrasta, em parte, com a perspectiva utilitária frequentemente adotada na Engenharia Agrônômica. Nesta disciplina, o foco recai sobre o solo como meio para o crescimento de plantas cultivadas, dando

maior ênfase às suas propriedades físico-hídricas e à fertilidade química imediata. Nesse contexto prático, a definição de solo pode, por vezes, abranger materiais superficiais pouco evoluídos, como alguns regolitos, que apresentem potencial agrícola após correção e manejo, desde que permitam o desenvolvimento radicular. A perspectiva pedológica, contudo, mantém um critério mais estrito: a presença de horizontes e de atividade biogênica contínua é condição indispensável para a caracterização de um verdadeiro solo, independentemente de sua aptidão agrícola. Assim, todo solo forma-se a partir de um regolito, mas nem todo regolito constitui um solo, sendo esta, uma premissa fundamental para estudos que integram a análise do meio físico.

A Geografia Física, enquanto ramo da ciência geográfica dedicado ao estudo dos componentes e processos do sistema terrestre na interface litosfera-atmosfera-hidrosfera-biosfera, encontra na Pedologia um de seus pilares mais fundamentais e interdisciplinares. A pedologia, definida como a ciência que estuda a gênese, a morfologia, a classificação e a distribuição espacial dos solos no contexto de seu ambiente (Schaefer, 2013), transcende a visão do solo como mero substrato físico. Ela o concebe como um corpo natural histórico e tridimensional, um produto dinâmico e sensível da ação conjunta do clima, dos organismos, do relevo, do material de origem, ao longo do tempo – os famosos fatores pedogenéticos formulados por Jenny (1941) e ainda hoje estruturantes.

A abordagem geográfica contemporânea, pautada pela análise integrada e sistêmica da paisagem, não pode prescindir da compreensão pedológica. O solo é o epicentro de inúmeras interações que definem a estrutura e o funcionamento dos geossistemas. Ele atua como regulador dos ciclos hidrológicos, sendo determinante na infiltração, no armazenamento e na liberação de água para os cursos fluviais e o lençol freático (Troeh & Thompson, 2005). Suas propriedades físico-hídricas, como textura, estrutura e porosidade, são variáveis-chave para a modelagem de processos erosivos, movimentos de massa e a própria evolução do relevo (Guerra e Cunha, 2015).

Nesse sentido, a contribuição da Geografia Física para a Pedologia se manifesta na espacialização e contextualização ambiental dos solos. A

geomorfologia fornece a chave para entender a distribuição dos materiais de origem (coluvionares, aluvionares, residuais) e a atuação dos processos de vertente que constantemente renovam ou estabilizam as superfícies pedogenéticas. O clima, por sua vez, imprime sua assinatura nos processos pedogenéticos dominantes, diferenciando as intensas lixiviações e lateritizações dos trópicos úmidos dos processos de gleização e podzolização das regiões temperadas frias (Cooper *et al.*, 2021). Assim, os mapeamentos pedológicos, quando sobrepostos a unidades geomorfológicas e climáticas, revelam padrões espaciais previsíveis, constituindo os chamados sequências ou catenas de solos (Vasconcelos & Gomes, 2019).

Reciprocamente, a Pedologia ilumina a análise geográfica ao oferecer o solo como um registro paleoambiental e um indicador de mudanças ambientais. A morfologia do perfil, a presença de horizontes enterrados (paleossolos) e a composição isotópica da matéria orgânica são arquivos que permitem reconstituir paisagens pretéritas e inferir sobre mudanças climáticas e evolutivas da vegetação (Schaefer, 2013). Na escala do Antropoceno, as alterações antrópicas nos solos – como compactação, contaminação, salinização e perda de matéria orgânica – tornam-se indicadores sensíveis da degradação ambiental, sendo objeto central da Geografia Ambiental Crítica (Ab’Sáber, 2003; Guerra & Jorge, 2020).

No contexto brasileiro, essa interface é particularmente fértil e urgente. A compreensão dos Latossolos profundos e intemperizados do Cerrado e da Amazônia, dos Argissolos das bordas de planalto sujeitos à erosão acelerada, ou dos Organossolos e Gleissolos das planícies pantaneiras e costeiras, é imperativa para o planejamento territorial sustentável. A integração entre geossistemas e pedossistemas fornece subsídios para a avaliação da aptidão agrícola, a vulnerabilidade a desastres naturais (como deslizamentos em encostas com solos pouco profundos) e a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos (Cooper *et al.*, 2021).

Portanto, conclui-se que Geografia Física e Pedologia mantêm uma relação de simbiose epistemológica e metodológica. A primeira fornece o

arcabouço espacial, processual e sistêmico; a segunda, a leitura detalhada de um dos componentes mais complexos e vitais da paisagem. O avanço no conhecimento dessa interface é crucial para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos, exigindo pesquisas que superem a compartimentalização disciplinar e adotem perspectivas verdadeiramente integradoras, nas quais o solo seja simultaneamente variável dependente dos fatores ambientais e variável independente condicionante dos processos geográficos.

O intemperismo é a etapa inicial da formação do solo, envolvendo a decomposição física e química das rochas. O intemperismo físico (ou mecânico) desagrega as rochas sem alterar sua composição química, enquanto o intemperismo químico promove transformações mineralógicas, como a hidrólise e a oxidação (Embrapa, 2018).

O intemperismo é o processo inicial de desagregação e decomposição das rochas (material litológico), que fornece o material particulado para a formação do solo. Pode ser classificado em três tipos principais: Intemperismo físico (mecânico), químico e biológico.

Intemperismo físico (mecânico): Envolve a desagregação da rocha sem alteração química significativa, causada por fatores como variação térmica, ação do gelo, pressão de raízes e abrasão eólica ou fluvial. Em regiões semiáridas, por exemplo, a expansão e contração térmica geram fraturas nas rochas, facilitando sua fragmentação (Embrapa, 2018).

Exemplos:

- **Processos termoclásticos:** Expansão e contração diferencial devido a variações térmicas diurnas (comum em desertos).
- **Crioclastismo:** Fragmentação por congelamento e expansão da água em fraturas rochosas (regiões alpinas e periglaciais).
- **Haloclastismo:** Cristalização de sais em poros rochosos, gerando pressão e desagregação (ambientes costeiros e áridos).

- **Ação biológica:** Pressão de raízes e escavação por animais.

Intemperismo químico: Promove a alteração mineralógica por meio de reações como hidrólise, oxidação, carbonatação e dissolução. Em climas úmidos tropicais, a hidrólise dos silicatos é intensa, levando à formação de minerais secundários, como caulinita e óxidos de ferro e alumínio (Resende *et al.*, 2014).

Exemplos:

- **Hidrólise:** Reação entre minerais e água, formando novos compostos (e.g., feldspatos → caulinita em climas úmidos).
- **Oxidação:** Formação de óxidos de ferro (hematita e goethita), conferindo coloração avermelhada ou amarelada.
- **Dissolução:** Remoção de íons (e.g., carbonatos em calcários).
- **Hidratação:** Absorção de água por minerais, como a transformação de anidrita em gipsita.

Intemperismo biológico: Associado à ação de organismos (microorganismos, raízes, fauna edáfica), que aceleram a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes.

Exemplos:

- **Ação de microrganismos:** Fungos e bactérias produzem ácidos orgânicos que aceleram a decomposição mineral.
- **Fauna edáfica:** Minhocas e artrópodes promovem a mistura de partículas e a formação de agregados.

A pedogênese refere-se ao conjunto de processos que transformam o material intemperizado em um perfil de solo estruturado.

Entre os principais processos pedogenéticos, destacam-se:

- **Adição:** Acúmulo de matéria orgânica (horizonte O e A) e deposição de sedimentos.

- **Lixiviação:** Remoção de solutos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}) pela água percolante, comum em solos de regiões úmidas (e.g., Latossolos).
- **Eluviação-Iluviação:** Transporte de argila e óxidos do horizonte superficial (eluvial, horizonte E) para camadas mais profundas (iluvial, horizonte B), característico de Argissolos.
- **Gleização:** Redução de ferro em condições de saturação hídrica, conferindo coloração acinzentada a solos hidromórficos (e.g., Gleissolos).
- **Horizontização:** Diferenciação de camadas (O, A, B, C, R) devido à acumulação de matéria orgânica, argila ou óxidos.
- **Transformação:** Alteração mineralógica (e.g., formação de argilas) e humificação.
- **Translocação:** Movimento de partículas (argila, óxidos) para horizontes inferiores (eluviação-iluviação).

O tempo exerce papel crucial na pedogênese: solos jovens (e.g., Neossolos) apresentam pouca diferenciação de horizontes, enquanto solos maduros (e.g., Latossolos) exibem perfis profundos e altamente intemperizados (Embrapa, 2018).

Na **Tabela 1** estão listados alguns fatores que exercem influência nos processos de pedogênese dos solos:

Fator	Influência na Pedogênese
Clima	Precipitação e temperatura controlam taxas de intemperismo e decomposição orgânica.
Organismos	Vegetação e microfauna determinam aporte de matéria orgânica e agregação.
Relevo	Declividade afeta erosão e drenagem (solos mais espessos em topos suaves).
Material de origem	Composição mineralógica da rocha-mãe define fertilidade e textura inicial.

Fator	Influência na Pedogênese
Tempo	Solos jovens (Neossolos) têm menor desenvolvimento que solos maduros (Latosolos).

Tabela 1 – Fatores de Formação dos Solos (Modelo de Jenny, 1941)

Fonte: JENNY, H. Factors of Soil Formation (1941)

2.1.1 Classes de Solos e suas Propriedades

Os solos são classificados com base em suas propriedades físicas e químicas, como textura, estrutura, cor, porosidade, pH e teor de matéria orgânica.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Embrapa, 2018) organiza os solos em seis categorias hierárquicas (ordem, subordem, grande grupo, subgrupo, família e série), com base em atributos diagnósticos como:

- **Textura:** Proporção de areia, silte e argila, influenciando a retenção de água e aeração.
- **Estrutura:** Arranjo das partículas (e.g., granular, blocosa), importante para a penetração de raízes.
- **Cor:** Relacionada à composição mineral (e.g., vermelho = hematita; amarelo = goethita) e teor de matéria orgânica.
- **Química do solo:** pH, capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%).

As Propriedades Físicas do Solos são classificadas em:

- **Textura:** Proporção de areia (0,05–2 mm), silte (0,002–0,05 mm) e argila (<0,002 mm).
 - Solos arenosos: Alta permeabilidade, baixa retenção de água.
 - Solos argilosos: Alta capacidade de troca catiônica (CTC), propensão à compactação.
- **Estrutura:** Arranjo de partículas em agregados (granular, blocosa, prismática).

- **Porosidade:** Espaços vazios que influenciam aeração e infiltração (macroporos >50 µm; microporos <50 µm).
- **Densidade:** Massa por volume (solos compactados têm densidade >1,6 g/cm³).

As Propriedades Químicas do Solos são classificadas em:

- **pH:** Acidez ou alcalinidade (solos tropicais são geralmente ácidos: pH 4–6).
- **Matéria Orgânica:** Fonte de nutrientes (solos férteis têm >5% de C orgânico).
- **CTC:** Capacidade de reter cátions (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺). Argilas e húmus elevam a CTC.
- **Saturação por Bases (V%):** Proporção de cátions básicos na CTC (solos eutróficos: V% >50%).

A cor dos solos é um indicativo visual importante para definir sua composição e processos pedogenéticos de suas propriedades. Solos escuros, por exemplo, geralmente possuem alto teor de matéria orgânica, enquanto tons avermelhados indicam a presença de óxidos de ferro (Resende *et al.*, 2014). Demais exemplos podem ser vistos da **Tabela 2**.

Cor	Mineral/Ocorrência	Exemplo de Solo
Vermelha	Óxidos de ferro (hematita – Fe ₂ O ₃)	Latossolos, Argissolos
Amarela	Goethita (FeO(OH)) em condições menos oxidantes	Podzólicos Amarelos
Preta	Matéria orgânica ou magnetita (solos vulcânicos)	Chernossolos, Terra Preta
Cinza	Redução de ferro (gleização) em ambientes alagados	Gleissolos

Tabela 2 – Exemplos de cores de solos e suas propriedades
Fonte: Resende *et al.* (2014)

O atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (Embrapa, 2018) compreende 13 Classes Gerais de Solos, em função de suas características pedológicas, que estão descritas resumidamente a seguir:

1. ARGISSOLOS: solos com horizonte B textural e argila de atividade baixa, conhecidos anteriormente como podzólico vermelho-amarelo, parte das terras roxas estruturadas e similares, terras brunas, podzólico amarelo ou podzólico vermelho-escuro.
2. CAMBISSOLOS: solos com horizonte B incipiente, assim também designados anteriormente.
3. CHERNOSSOLOS: solos escuros, ricos em bases e carbono, anteriormente designados por brunizem, rendzina, brunizem avermelhado ou brunizem hidromórfico.
4. ESPODOSSOLOS: solos conhecidos anteriormente como podzóis.
5. GLEISSOLOS: solos com horizonte glei, conhecidos como glei húmico ou pouco húmico, hidromórfico cinzento ou glei tiomórfico.
6. LATOSSOLOS: solos com horizonte B latossólico que, anteriormente, também tinham a mesma designação.
7. LUVISSOLOS: solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e alta saturação por bases, anteriormente designados por podzólico vermelho-amarelo eutrófico ta, podzólico bruno-acinzentado eutrófico ou podzólico vermelho-escuro eutróficos ta.
8. NEOSSOLOS: solos pouco desenvolvidos, anteriormente designados por litossolos, aluviais, litólicos, areias quartzosas ou regossolos.
9. NITOSSOLOS: solos com horizonte nítico, correspondendo à terra roxa estruturada e similar, terra bruna estruturada e similar ou a alguns podzólicos vermelho-escuros.
10. ORGANOSSOLOS: solos orgânicos, conhecidos anteriormente por solos orgânicos, semi orgânicos, turfosos ou tiomórficos.

11. PLANOSSOLOS: solos com grande contraste textural, estrutura prismática, presença de sódio, anteriormente designados por planossolos, solonetz solodizado ou hidromórfico cinzento.
12. PLINTOSSOLOS: solos com plintita, conhecidos como laterita hidromórfica, podzólicos plínticos ou latossolos plínticos.
13. VERTISSOLOS: solos com propriedades provenientes de argilas expansíveis, que anteriormente tinham a mesma designação.

A formação dos solos é um processo dinâmico, influenciado por interações complexas entre intemperismo, pedogênese e fatores ambientais. Sua classificação e propriedades (físicas, químicas e morfológicas) são essenciais para o manejo agrícola e conservacionista. A cor, por sua vez, serve como um indicador prático de suas características e história pedogenética. Compreender esses aspectos é fundamental para o uso sustentável desse recurso não renovável.

A caracterização e classificação dos solos constituem uma etapa primordial em qualquer projeto de engenharia civil, servindo como alicerce para a previsão de seu comportamento geotécnico. No Brasil, esse procedimento é normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da NBR 6502:1995 - Rochas e solos - Terminologia, que estabelece os critérios e a nomenclatura para a classificação de solos. Esta norma, uma adaptação do consagrado Unified Soil Classification System (USCS), fornece uma linguagem técnica unificada, permitindo uma comunicação clara e precisa entre profissionais da geotecnia, além de ser ferramenta indispensável para a correta seleção de parâmetros de resistência e deformabilidade em projetos de fundações, pavimentos, aterros e obras de contenção (ABNT, 1995).

O sistema de classificação proposto pela norma baseia-se em critérios objetivos e mensuráveis, obtidos através de ensaios de laboratório normalizados. A classificação é realizada em um processo de duas etapas principais: a análise granulométrica e a avaliação da plasticidade.

Inicialmente, o solo é segregado em solos grossos (contendo mais de 50% de seu material retido na peneira de 0,075 mm - Abertura #200) e solos finos (com mais de 50% do material passando na peneira #200). Os solos grossos são subdivididos em pedregulhos (símbolo G), com mais de 50% dos grãos grossos retidos na peneira de 4,8 mm (#4), e areias (símbolo S), com mais de 50% dos grãos grossos passando na peneira #4.

Para os solos grossos, a segunda letra do símbolo indica a graduação granulométrica ou a natureza dos finos. Solos bem graduados (símbolo B), apresentam uma distribuição contínua de tamanhos de grãos, conferindo-lhes maior compactação e resistência.

Já os solos mal graduados (símbolo P) possuem uma distribuição uniforme ou com faltas em certas faixas de tamanho. Se houver uma quantidade significativa de finos, a segunda letra indica sua natureza: M para silte ou C para argila (e.g., SM - Areia com silte; GC - Pedregulho com argila).

Para os solos finos, a classificação é predominantemente determinada pelos Limites de Atterberg (Limite de Liquidez - LL e Limite de Plasticidade - LP). Eles são classificados como siltes (símbolo M) ou argilas (símbolo C). A segunda letra qualifica sua plasticidade: B para baixa plasticidade ($LL < 50\%$) e A para alta plasticidade ($LL \geq 50\%$). Esta distinção é crucial, pois solos de alta plasticidade (e.g., CH - Argila de alta plasticidade) tendem a ser mais compressíveis, expansivos e apresentam maior variação de volume com mudanças no teor de umidade comparados aos de baixa plasticidade (e.g., CL - Argila de baixa plasticidade) (Carvalho, 2010).

A NBR 6502:1995 mantém-se, mesmo quase três décadas após sua publicação, como um pilar da geotecnia brasileira. Seu sistema de classificação, baseado em propriedades indexais de simples determinação, oferece um método robusto e eficiente para uma primeira e vital avaliação das características dos solos.

2.1.2 O Solo como Elemento Cultural: A Abordagem da Etnopedologia

A Etnopedologia estuda os conhecimentos tradicionais sobre os solos, analisando como diferentes culturas percebem, classificam e utilizam esse recurso, integrando saberes empíricos e simbólicos (Muggler *et al.*, 2005).

A etnopedologia consolida-se como um campo epistemológico e metodológico essencial para estudos que visam integrar a compreensão científica dos solos aos saberes tradicionais das comunidades que com eles interagem. Definida como a disciplina que estuda os conhecimentos, classificações, práticas de manejo e sistemas de significado que os grupos humanos desenvolvem acerca dos solos (Barrera-Bassols; Zinck, 2003; Muggler *et al.*, 2005), ela opera na interface entre a Ciência do Solo e as Ciências Humanas, particularmente a Antropologia e a Geografia Cultural. Seu pressuposto fundamental reside no reconhecimento de que as populações locais, através da experiência acumulada e da transmissão geracional, elaboram sistemas de conhecimento sobre os recursos edáficos que são detalhados, funcionais e adaptados aos seus contextos ecológicos e culturais específicos (Toledo; Barrera-Bassols, 2009).

A relevância dessa abordagem para a pesquisa contemporânea é multifacetada. Em primeiro lugar, ela oferece um antídoto epistemológico ao reducionismo técnico, ao demonstrar que o solo é percebido não apenas como um substrato físico-químico (pedon), mas também como um elemento carregado de significados culturais, afetivos e simbólicos (etnon). Para comunidades tradicionais, indígenas e agricultores familiares, o solo pode estar associado a divindades, à fertilidade da "Mãe Terra", a histórias de origem ou a práticas rituais, constituindo um verdadeiro patrimônio biocultural (Gomes; Silva, 2021). Em segundo lugar, a etnopedologia fornece ferramentas metodológicas valiosas para pesquisas participativas e dialógicas. Técnicas como entrevistas semiestruturadas, observação participante, mapeamentos cognitivos e caminhadas transversais, que permitem acessar e documentar esse conhecimento local de forma sistemática e respeitosa (Winklerprins, 2009).

Esse saber empírico, longe de ser um mero anedotário, apresenta notável correlação com atributos mensuráveis pela ciência pedológica formal, como teor de matéria orgânica, composição granulométrica e capacidade de troca catiônica (Santos *et al.*, 2020). Ignorar essa fonte de informação significa abrir mão de séculos ou milênios de experimentação adaptativa e perder insights valiosos para o manejo sustentável e a conservação dos solos.

Diferentemente da classificação técnica da Pedologia, os sistemas etnopedológicos frequentemente desenvolvem classificações próprias, baseadas nas características dos solos em associação com cultivos específicos, utilizando critérios como:

- **Cor e textura:** Agricultores amazônicos distinguem "terra preta" (solos antropogênicos férteis) de "terra branca" (solos arenosos pobres).
- **Fertilidade intuitiva:** Associada a indicadores como vegetação espontânea e comportamento das culturas.
- **Significado ritualístico:** Em algumas culturas, solos são vinculados a divindades (e.g., "Pachamama" nos Andes).

Pinto Sobrinho e Machado (2005) destacam que, em muitas comunidades agrícolas, o solo não é apenas um substrato físico, mas um elemento carregado de significados culturais e espirituais. Por exemplo, solos férteis podem ser associados a divindades ou rituais agrícolas, enquanto solos degradados podem ser vistos como castigos ou sinais de desequilíbrio ambiental. Estudos em comunidades quilombolas e indígenas revelam que práticas como o pousio, a adubação verde e o manejo de agroflorestas são baseadas em conhecimentos etnopedológicos acumulados por gerações.

Essa dualidade reforça a importância de políticas de manejo sustentável que considerem não apenas os aspectos agronômicos, mas também os saberes tradicionais e a relação simbólica entre humanos e solos.

Portanto, a compreensão do solo deve integrar tanto a perspectiva científica da Pedologia, com seus critérios técnicos, e a Etnopedologia, com seus saberes locais. Enquanto a primeira fornece ferramentas para compreender sua

gênese e classificação, a segunda revela como as sociedades interagem e atribuem significado a esse recurso. Políticas de conservação e agricultura devem considerar ambos os enfoques, promovendo diálogos entre a ciência e a tradição para garantir a sustentabilidade socioambiental.

2.2 Geodiversidade e Geoconservação: A Valorização do Patrimônio Geológico e o Uso Sustentável dos Solos

A geodiversidade, conceito amplamente discutido por Gray (2013), refere-se à variedade de elementos abióticos da natureza, incluindo rochas, minerais, solos, formas de relevo e processos geológicos. Esses componentes, frequentemente negligenciados em políticas de conservação em detrimento da biodiversidade, constituem a base física dos ecossistemas e desempenham um papel fundamental na manutenção dos serviços ecossistêmicos. Nesse contexto, os solos e os materiais terrosos, muitas vezes subvalorizados, integram o patrimônio geológico local, devendo ser reconhecidos como recursos de relevância científica, cultural e econômica (Brilha, 2005).

A geoconservação emerge como um estudo essencial para a proteção desse patrimônio, visando a preservação de sítios geológicos de relevância, bem como o uso sustentável de recursos geológicos. Conforme destacado por Nascimento *et al.* (2008), a geoconservação não se limita à mera proteção de formações rochosas ou geomorfológicas, mas também abrange a gestão responsável de materiais terrosos, como os solos utilizados na produção de tintas naturais. Esses recursos, classificados como minerais não metálicos, representam uma interface entre a geodiversidade e as práticas tradicionais, reforçando a necessidade de estratégias que equilibrem exploração e conservação.

O uso de solos para pigmentos em tintas tradicionais ilustra a valorização dos elementos abióticos, conectando cultura material e geodiversidade. No entanto, a extração desregulada pode levar à degradação de geossítios e à perda de solos com singularidade mineralógica. Portanto, é imperativo desenvolver políticas de uso sustentável, alinhadas aos princípios da

geoconservação, que assegurem a disponibilidade desses recursos para futuras gerações (Gray, 2013).

A utilização de solos como matérias-primas para a produção de tintas naturais constitui uma prática ancestral que evidencia a intrínseca relação entre sociedades humanas e a geodiversidade. No entanto, essa atividade, quando não regulamentada, pode levar à degradação de geossítios e à perda de solos com características mineralógicas únicas, afetando tanto a integridade do patrimônio geológico, quanto os processos ecológicos associados. Nesse sentido, é fundamental analisar essa prática sob a ótica da geoconservação, considerando os solos como elementos integrantes da geodiversidade e, portanto, passíveis de valorização e proteção (Gray, 2013; Brilha, 2005).

Em síntese, a integração entre geodiversidade, geoconservação e aproveitamento racional de recursos abióticos fortalece a noção de patrimônio geológico como um legado a ser preservado. A abordagem interdisciplinar, conforme defendida por Brilha (2005), é fundamental para promover a conscientização sobre a importância dos elementos geológicos e garantir sua proteção em escalas local e global.

Os solos utilizados como pigmentos naturais possuem composições mineralógicas distintas, frequentemente associadas a óxidos de ferro (hematita, goethita), argilas (caulinita, montmorilonita) e matéria orgânica, que conferem tonalidades variadas – do ocre ao vermelho, do amarelo ao preto. Esses materiais, além de seu valor utilitário, representam um registro geoquímico e sedimentar de ambientes pretéritos, sendo essenciais para a compreensão de processos pedogenéticos e paleoambientais (Nascimento *et al.*, 2008).

Do ponto de vista cultural, a extração e o uso de solos pigmentares estão vinculados a saberes tradicionais, especialmente em comunidades indígenas e locais, onde as tintas naturais são empregadas em arte rupestre, artesanato e rituais. Essa dimensão cultural reforça a necessidade de abordagens que integrem a conservação do patrimônio geológico à preservação de conhecimentos etnopedológicos, evitando que a exploração indiscriminada leve à erosão de práticas ancestrais e de geossítios relevantes (Brilha, 2005).

A extração de solos para fins pigmentares, quando realizada sem critérios técnicos, pode resultar em:

1. **Degradação de geossítios:** A remoção desordenada de camadas superficiais altera perfis pedológicos completos, comprometendo sítios de interesse científico e educativo.
2. **Perda de biodiversidade edáfica:** Solos abrigam microrganismos e fauna especializada, cuja destruição afeta processos ecológicos essenciais, como a ciclagem de nutrientes.
3. **Erosão e desertificação:** Em regiões semiáridas, a remoção excessiva de solos pode acelerar processos erosivos, reduzindo a resiliência dos ecossistemas.

Diante desses riscos, a geoconservação deve incorporar estratégias de manejo sustentável, tais como:

- **Inventariação de áreas fonte:** Identificação e mapeamento de depósitos de solos pigmentares, classificando-os segundo critérios de raridade, singularidade e relevância cultural (Gray, 2013).
- **Regulamentação da extração:** Estabelecimento de cotas de exploração e técnicas de baixo impacto, como a coleta seletiva de camadas, preservando a estrutura pedológica.
- **Valorização de práticas tradicionais:** Integração de conhecimentos locais em planos de gestão, garantindo que a exploração seja feita de modo ecologicamente sustentável e culturalmente respeitoso (Nascimento *et al.*, 2008).

A promoção do geoturismo em áreas de ocorrência de solos pigmentares pode ser uma alternativa econômica que alia conservação e divulgação do patrimônio geológico. Roteiros interpretativos, por exemplo, podem explicar a gênese dos solos, suas aplicações culturais e a importância da geodiversidade,

sensibilizando visitantes e comunidades para a necessidade de preservação (Brilha, 2005).

Paralelamente, a educação geocientífica deve enfatizar o papel dos solos não apenas como substrato para a vida, mas como elementos-chave da geodiversidade, estimulando práticas de uso responsável. Programas de capacitação para artesãos e extrativistas, focados em técnicas de extração sustentável, são igualmente fundamentais para conciliar demanda econômica e conservação (Gray, 2013).

O uso de solos para tintas naturais ilustra a complexa interdependência entre geodiversidade, cultura e sustentabilidade. Para que essa prática perdure sem comprometer o patrimônio geológico, é imprescindível adotar uma abordagem pautada na geoconservação, que harmonize exploração e proteção. A implementação de políticas públicas, aliada ao envolvimento comunitário e à pesquisa científica, pode garantir que os solos pigmentares sejam valorizados não apenas como recursos econômicos, mas como componentes essenciais da herança abiótica do planeta.

2.3 Sustentabilidade Além do Discurso: As Quatro Vertentes

O conceito de sustentabilidade, frequentemente reduzido a uma retórica genérica, deve ser compreendido em suas múltiplas dimensões:

- **Ecológica:** Refere-se à manutenção dos ecossistemas e à preservação da biodiversidade, garantindo que os recursos naturais sejam utilizados dentro dos limites de regeneração do planeta (Boff, 1999). Envolve práticas como conservação de biomas, redução de emissões e eficiência energética.
- **Econômica:** Relaciona-se à viabilidade financeira de modelos de produção e consumo que não comprometam o futuro das próximas gerações (Sachs, 2002). Inclui a transição para negócios de baixo impacto, investimentos em energias renováveis e internalização dos custos ambientais.

- **Social:** Abrange a equidade, justiça distributiva e qualidade de vida, assegurando que as políticas sustentáveis beneficiem todas as camadas da população, especialmente grupos marginalizados.
- **Cultural:** Reconhece a importância dos saberes tradicionais e das identidades locais na construção de soluções sustentáveis, promovendo a harmonia entre modernidade e herança cultural (IPEA, 2015).

A economia circular (Murray *et al.*, 2017) propõe uma ruptura com o modelo linear de "extrair-produzir-descartar", substituindo-o por sistemas de reaproveitamento de resíduos, ciclos fechados de materiais e ecoeficiência.

Seus princípios incluem:

- **Design regenerativo:** Produtos concebidos para serem desmontados, reparados ou reinseridos em novos ciclos produtivos.
- **Logística reversa:** Mecanismos que garantem o retorno de materiais pós-consumo para a cadeia de valor.
- **Energias renováveis:** Integração de fontes limpas nos processos industriais.

Essa abordagem não apenas reduz impactos ambientais, mas também gera oportunidades econômicas, como a criação de empregos verdes e a redução de custos com matéria-prima virgem.

As tintas feitas com pigmentos do solo exemplificam os princípios da economia circular (Murray *et al.*, 2017):

- **Ciclos fechados:** Pigmentos naturais podem ser extraídos de resíduos (ex.: cinzas de biomassa, rejeitos de mineração não-tóxicos) ou de recursos abundantes e renováveis (ex.: argila, carvão vegetal).
- **Ecoeficiência:** Demandam menos energia para produção comparadas a tintas sintéticas e podem ser fabricadas em microescala, reduzindo emissões de transporte.
- **Reutilização:** Em construções com terra crua (como taipa ou adobe), as sobras de solo pigmentado retornam ao ambiente sem impactos.

As tecnologias sociais, conforme documentadas pelo IPEA, são soluções desenvolvidas e apropriadas por comunidades para resolver problemas concretos, fortalecendo a autonomia territorial.

Seus pilares são:

- **Produção local:** Uso de conhecimentos endógenos para criar sistemas alimentares, energéticos ou de manejo de recursos adaptados às realidades regionais.
- **Gestão comunitária:** Modelos colaborativos, como cooperativas de reciclagem ou bancos de sementes, que promovem inclusão socioeconômica.
- **Escalabilidade adaptativa:** Replicação de soluções com ajustes contextuais, respeitando diversidades culturais.

A produção de tintas naturais é uma tecnologia social quando:

- **Fortalecimento territorial:** Comunidades rurais e indígenas utilizam pigmentos locais para gerar renda (ex.: cooperativas de artesanato) ou revestir moradias populares, reduzindo custos com materiais industriais (Sachs, 2002).
- **Apropriação do conhecimento:** Técnicas de extração e aplicação são transmitidas coletivamente, como no uso do urucum (Brasil) ou terra sigillata (técnica romana revitalizada em bioarquitetura).
- **Inclusão produtiva:** Projetos como o "Tinta de Terra" (MG) capacitam agricultores familiares a produzirem tintas a partir do solo, integrando economia solidária e sustentabilidade (IPEA).

A verdadeira sustentabilidade exige a convergência entre práticas ecológicas, modelos econômicos circulares e tecnologias sociais inclusivas. Autores como Sachs (2002) e Boff (1999) destacam que essa integração só é possível com políticas públicas articuladas, educação ambiental crítica e

participação comunitária. O desafio está em transcender o discurso e implementar estratégias que reconciliem progresso e equilíbrio socioambiental

As tintas naturais, obtidas de pigmentos minerais (como argilas e óxidos) ou orgânicos (como cascas de árvores, sementes e folhas), alinham-se diretamente à vertente ecológica da sustentabilidade por:

- **Reduzir a toxicidade:** Diferentemente das tintas industriais (com metais pesados e compostos orgânicos voláteis – COVs), as tintas de terra são não poluentes e biodegradáveis (Boff, 1999).
- **Preservar ecossistemas:** Evitam a contaminação do solo e da água em seu ciclo de vida, desde a extração até o descarte.
- **Valorizar saberes tradicionais:** Sua produção muitas vezes deriva de técnicas ancestrais, fortalecendo a dimensão cultural da sustentabilidade (IPEA, 2015)

2.4 A Geografia Cultural, a paisagem e o patrimônio: saberes sobre os solos para tintas na construção de territórios, memória e identidade

A Geografia Cultural, ao investigar as relações entre sociedade e espaço, destaca a importância dos saberes tradicionais na construção dos territórios, da memória e da identidade cultural. Nesse contexto, os conhecimentos sobre os solos utilizados para a produção de tintas revelam-se como elementos fundamentais na conformação de paisagens culturais, na demarcação de territórios do saber e na articulação entre materialidade e imaterialidade.

A Geografia Cultural, ao analisar as interações entre sociedade e espaço, demonstra que os saberes tradicionais associados aos solos utilizados na produção de tintas desempenham um papel fundamental na conformação de territórios simbólicos e materiais. Esses conhecimentos, transmitidos geracionalmente, não apenas moldam paisagens culturais específicas, mas também constituem patrimônios materiais e imateriais que reforçam identidades coletivas. A partir das contribuições de Santos (1996), Claval (1999) e Besse (2014), é possível explorar como a extração, o processamento e o uso de

pigmentos naturais estruturam relações espaciais, memórias sociais e práticas culturais.

As paisagens culturais, conforme Santos (1996), são resultantes da interação entre a ação humana e o meio natural, constituindo-se como expressões materiais e simbólicas das sociedades. Os solos empregados na produção de tintas — como o ocre na arte rupestre, o barro vermelho nas pinturas corporais indígenas ou os pigmentos minerais nas construções coloniais — não apenas moldam visualmente a paisagem, mas também carregam significados culturais profundos. Esses elementos naturais transformam-se em patrimônio quando associados a técnicas, rituais e narrativas que lhes conferem valor identitário (Claval, 1999).

Segundo Santos (1996), a paisagem é um "espaço vivido", síntese entre a ação humana e a dinâmica natural. Nesse sentido, os solos utilizados para tintas — como os ocres avermelhados, as argilas brancas ou os óxidos de ferro — configuram paisagens culturalmente significativas. Por exemplo, na região francesa de Roussillon, as minas de ocre não apenas marcam fisicamente a paisagem com suas tonalidades vibrantes, mas também integram um imaginário coletivo associado à história industrial e artística local (Claval, 1999).

No Brasil, comunidades quilombolas e indígenas utilizam solos específicos para produzir tintas destinadas a pinturas corporais, artefatos e rituais. Essas práticas criam uma paisagem cultural em que o solo deixa de ser um mero recurso geológico para tornar-se um elemento identitário. Como destaca Besse (2014), a paisagem é um "texto" que pode ser lido a partir das camadas de significados atribuídos pelos grupos sociais.

A apropriação dos solos para tintas define territórios específicos do saber, nos quais o conhecimento técnico e simbólico é transmitido entre gerações. Besse (2014) enfatiza que tais práticas constituem uma geografia humana marcada pela experiência e pela memória coletiva. Por exemplo, comunidades tradicionais que extraem e preparam pigmentos demarcam seu território não apenas pelo uso físico da terra, mas também pela preservação de técnicas ancestrais. Esses saberes, muitas vezes imateriais, configuram uma

territorialidade baseada no conhecimento compartilhado e na relação íntima com o ambiente.

A extração e o preparo de solos para tintas delimitam territórios do saber, nos quais o conhecimento técnico e simbólico é reproduzido e ressignificado. Claval (1999) argumenta que o território não se restringe a uma delimitação política, mas envolve relações de poder, memória e apropriação cultural. No caso dos pigmentos naturais, certas áreas são valorizadas não apenas pela qualidade do solo, mas pelo saber-fazer associado à sua transformação.

Na África Ocidental, por exemplo, o território do povo Bassari, no Senegal, é marcado pelo uso de solos amarelos e vermelhos em pinturas rituais, definindo uma geografia sagrada. Da mesma forma, no México, a produção ancestral do azul maia, derivado da argila paligorsquita, constitui um território técnico-cultural reconhecido pela UNESCO como patrimônio imaterial. Esses exemplos ilustram como os saberes sobre os solos criam uma territorialidade baseada na prática e na transmissão intergeracional (Santos, 1996).

A utilização dos solos para tintas evidencia a dialética entre materialidade e imaterialidade. Enquanto a extração e o processamento dos pigmentos são ações concretas, os significados atribuídos a essas práticas — como sua associação a rituais, mitos ou identidades grupais — transcendem a dimensão física, atribuindo um sentido cultural a essa prática. Santos (1996) argumenta que o espaço é simultaneamente um fato e um valor ou um "conjunto de objetos" e um "conjunto de ações", reforçando que a materialidade do solo como recurso está intrinsecamente ligada a sistemas simbólicos que o tornam patrimônio cultural.

Nas comunidades andinas, o *llampu*, um tipo de argila colorida, é utilizado em pinturas rituais que conectam o homem à Pachamama (Mãe Terra). Aqui, o solo não é apenas um recurso, mas um mediador entre o mundo material e o cosmos espiritual. Essa dualidade é explorada por Besse (2014) ao discutir como a geografia humanista deve considerar tanto a dimensão física quanto as camadas simbólicas do espaço.

A crescente industrialização e a homogeneização cultural ameaçam os saberes associados aos solos para tintas, tornando urgente sua valorização como patrimônio. Claval (1999) destaca que a globalização tende a dissolver identidades locais, mas, em contrapartida, fortalece movimentos de resistência que reivindicam a preservação desses conhecimentos.

Iniciativas como o registro das técnicas de produção de tintas naturais no Inventário Nacional de Referências Culturais (Brasil) ou a proteção das minas de ocre na França demonstram como a materialidade do solo pode ser patrimonializada junto com seus aspectos imateriais. Santos (1996) lembra que o espaço é também um campo de lutas, e a defesa desses saberes representa uma forma de resistência contra a descaracterização cultural.

Os saberes sobre os solos para tintas exemplificam como a Geografia Cultural pode articular paisagem, território e patrimônio. Ao reconhecer esses conhecimentos como parte integrante da memória e da identidade cultural, é possível valorizar tanto sua dimensão ecológica quanto sua função sociocultural. Nesse sentido, a preservação dessas práticas demanda políticas que integrem a proteção dos recursos naturais e a salvaguarda dos saberes imateriais a eles vinculados.

Os solos utilizados para tintas exemplificam a complexa interação entre natureza e cultura na construção do espaço geográfico. Por meio da Geografia Cultural, percebe-se que esses elementos não são meros recursos naturais, mas agentes ativos na formação de paisagens, territórios e identidades. Sua análise demanda uma abordagem integrada, que considere tanto sua materialidade quanto os sistemas simbólicos a eles vinculados. A preservação desses saberes é, portanto, fundamental para a manutenção da diversidade cultural e da memória coletiva.

2.5 Educação em Solos: Perspectivas Teóricas e Metodológicas

A educação em solos tem adquirido crescente relevância no campo das ciências ambientais e no ensino básico, uma vez que o solo constitui elemento essencial à manutenção da vida, ao sustento alimentar e ao equilíbrio dos

ecossistemas. Nesse sentido, torna-se indispensável promover práticas pedagógicas que contribuam para a valorização do solo como recurso natural e cultural, despertando a consciência ambiental crítica nos diferentes níveis de ensino. Dessa forma, a educação em solos tem se consolidado como um campo emergente da educação ambiental, articulando ciência, cultura e práticas pedagógicas no enfrentamento dos desafios contemporâneos relacionados à conservação e ao uso sustentável dos recursos naturais, essencial para a compreensão das dinâmicas ambientais e para a promoção de práticas sustentáveis de uso e conservação do solo.

A educação em solos exige uma abordagem interdisciplinar, articulando a pedologia com a geografia, a biologia e as ciências ambientais, onde se deve articular conhecimentos científicos clássicos, como aqueles advindos da pedologia, da geologia e da edafologia, com abordagens sistêmicas e ecossistêmicas, que permitam compreender o solo como um sistema complexo e dinâmico, influenciado por fatores bióticos e abióticos. Destaca-se ainda a importância da etnopedologia, que integra o saber tradicional de agricultores e comunidades locais ao conhecimento técnico-científico, enriquecendo a compreensão sobre os solos e suas potencialidades, conforme Falcão Sobrinho (2024), que ressaltam que a educação em solos, em nível teórico-metodológico, é essencial para despertar uma consciência ambiental crítica, permitindo que jovens e adultos compreendam o solo não apenas como suporte físico da vida, mas também como patrimônio coletivo a ser preservado.

Segundo Falcão e Sobrinho (2024), o solo é um elemento fundamental para a manutenção da vida, atuando como suporte para a produção de alimentos, regulação do ciclo hidrológico e sustento da biodiversidade. De acordo com Muggler *et al.* (2006), a educação em solos objetiva desenvolver uma consciência pedológica, a partir de fundamentos construtivistas e inspirados em Paulo Freire, defendendo metodologias holísticas e participativas que promovam o engajamento crítico dos educandos.

Do ponto de vista histórico, observa-se que a ciência do solo evoluiu de enfoques edafológicos e geológicos até a consolidação da pedologia, sendo posteriormente ampliada pela incorporação de perspectivas culturais e sociais. Essa trajetória reforça a concepção do solo como capital natural e patrimônio coletivo, cuja conservação é imprescindível para a sustentabilidade dos ecossistemas e para a qualidade de vida humana.

No âmbito metodológico, Falcão e Sobrinho (2024) propõem a utilização de práticas pedagógicas inovadoras e lúdicas, tais como a produção de tintas com pigmentos naturais, jogos didáticos (memória, damas, tabuleiro), simuladores de erosão, terrários e minhocários. Essas estratégias visam não apenas facilitar a assimilação de conceitos complexos, mas também promover a conscientização ambiental e a valorização do solo enquanto recurso finito e indispensável.

Pesquisas recentes evidenciam o potencial de metodologias ativas e experimentais. Cunha e Nascimento (2023) destacam que o uso de recursos didáticos em ambientes presenciais e remotos favorece a aprendizagem significativa no ensino fundamental. Da mesma forma, Campos *et al.* (2019) demonstram que a realização de experimentos com solos em cursos de licenciatura em geografia contribui para a apropriação de conceitos de modo concreto e contextualizado. Outros estudos evidenciam a eficácia de práticas como a coleta de solos, a confecção de pigmentos naturais e tintas à base de terra, além de jogos educativos que reforçam a sensibilização ambiental (COMIN *et al.*, s.d.; FONSECA; SILVA, 2021).

A implementação dessas metodologias no ensino básico e na formação de professores mostra-se promissora para a construção de uma cultura de conservação e uso sustentável do solo. Conclui-se, portanto, que a educação em solos representa uma vertente fundamental para a formação cidadã e para a sustentabilidade socioambiental, devendo ser incorporada de forma transversal e contextualizada nos currículos escolares e na formação docente.

Apesar dos avanços, persistem lacunas na formação inicial e continuada de professores. Santos e Nunes (2022) identificam que muitos docentes de Geografia ainda não dispõem de estratégias pedagógicas consolidadas para trabalhar a temática, limitando-se frequentemente ao conteúdo dos livros didáticos. Nesse contexto, torna-se urgente fortalecer a formação docente em metodologias inovadoras e participativas, de modo a aproximar ciência, escola e comunidade.

A percepção dos estudantes sobre o solo também se apresenta como campo fértil de investigação. A pesquisa de Santos (2022), realizada na Universidade Federal da Bahia, demonstra que alunos oriundos de áreas rurais tendem a compreender o solo como parte integrante do espaço geográfico e de seu cotidiano, enquanto estudantes urbanos frequentemente apresentam uma visão mais abstrata. Tal constatação reforça a necessidade de práticas pedagógicas contextualizadas, que dialoguem com a realidade social e territorial dos educandos.

Diante do exposto, compreende-se que a educação em solos deve ser entendida como prática formativa e transformadora, capaz de articular fundamentos científicos, saberes tradicionais e inovação pedagógica. Ao promover a consciência pedológica, o campo contribui para a construção de uma cidadania ambiental crítica e para o fortalecimento de políticas de conservação do solo, alinhando-se às demandas por sustentabilidade no contexto da crise socioambiental global.

Este referencial teórico-metodológico servirá como base para a análise dos dados coletados nesta pesquisa, bem como para a proposição de ações educativas voltadas à conservação dos solos no contexto investigado.

2.6 Pigmentos

Os pigmentos constituem um dos principais compostos utilizados nas tintas, tanto industriais, quanto caseiras. De acordo com a CPRM (2015), os

pigmentos são as substâncias responsáveis por conferir cor a um determinado material, atuando nas tintas sob a forma de pequenas partículas insolúveis ligadas entre si por algum aglutinante, que podem ter sua origem artificial - quimicamente sintetizado e produzido ou natural - mineral, vegetal ou animal.

Além dos pigmentos, os corantes também são bastantes utilizados na produção de tintas, principalmente têxteis. Segundo Saron *et al.* (2006), a diferença principal entre pigmentos e corantes está no tamanho da partícula e na solubilidade no meio em que é inserido. Para Cruz (2007), ambos possuem a função de colorir, porém os corantes são materiais solúveis, orgânicos e mais utilizados no tingimento de têxteis.

Os pigmentos minerais (**Figura 4**) são materiais inorgânicos derivados de minerais naturais do solo, e/ou de misturas complexas e agregados, como rochas, terras e argilas. São extraídos dos solos e de minérios, como a hematita, goethita, lápis-lazúli, malaquita e argilominerais. Para se obter os pigmentos, é necessário um processo de moagem, peneiramento, decantação e extração, proporcionando uma vasta paleta de cores para pintura, de acordo com a coloração do mineral.



Figura 4 – Pigmentos Pré-históricos (óxidos naturais).

Fonte: Gomes *et al.* (2014) – Serviços Educativos do Museu de Arte Pré-histórica em Mação, Portugal

Os pigmentos minerais têm sido utilizados durante a história em pinturas rupestres, na arte, em pergaminhos, manuscritos, para decorar objetos, paredes e elementos arquitetônicos e na construção civil. Além de ser uma forma artística valiosa para patrimônio cultural da humanidade, pois é o resultado do equilíbrio entre meio ambiente, fonte de renda, organização social e formas de manifestação dos diferentes grupos da sociedade.

Essa busca pela produção dos próprios pigmentos e produção caseira da tinta vem crescendo amplamente em todo mundo, nas diferentes áreas, mas principalmente entre os artistas, onde o processo se dá através de pesquisas dos principais minerais e solos de determinada localidade, onde é possível coletar os materiais, extrair os pigmentos, aprimorar as técnicas, resultando uma ampla paleta de cores.

2.7 Pigmentos do solo

Para um material ser usado como pigmento, o ideal é que seja estável e quimicamente inerte, que tornará a tinta mais resistente à luz, ao ar, à umidade à abrasão. Uma paleta de pigmentos do solo possui uma variedade enorme de cores e tons, podendo, ainda, ser caracterizada pela sua cor, estrutura, granulometria, dimensão geográfica, utilização e origem, natural ou sintética (Eastaugh, 2004).

Sobre a origem dos pigmentos, os principais relatos são de estudos sobre as civilizações antigas, por meio de explorações de cavernas, escavações de sepulturas, túmulos, galerias subterrâneas, antigas construções, artefatos, entre outros, como pode ser visto nas pinturas rupestres pré-históricas.

Barnett *et al.* (2005) apontam que o surgimento dos pigmentos das cores se deu no período pré-histórico, do Paleolítico ao Neolítico, onde foram utilizadas fuligens da queima de gordura animal e carvão vegetal proveniente do fogo para pigmentos na cor preta. Além de pigmentos de terras nas cores

ocres amarelo e vermelho, formadas por influência da alta temperatura e desidratação, originadas naturalmente em regiões vulcânicas.

Neste período, destacam-se também os registros rupestres, palavra derivada da latina *rupes*, que significa "parede de rocha", que eram pinturas e gravuras feitas sobre superfícies rochosas, paredes ou tetos de grutas, abrigos, blocos, lajedos e matacões, que garantem longa durabilidade e resistência (Nascimento *et al.*, 2013). Esses registros rupestres são expressões de manifestações de diversos grupos humanos, em formas de desenhos e símbolos. As pinturas faziam referência à forma em que viviam, ao território e às práticas e condutas do cotidiano, além de indicar locais importantes, seja para marcar um caminho, recursos naturais, como fontes de água e alimentos ou ainda com grandes demonstrações motivacionais, desejos íntimos e vontades latentes. Para os autores, essas manifestações deram origem à arte pictural.

Na maioria dos registros rupestres foi identificado o uso de óxidos metálicos como pigmentos, ou seja, os ocres de cor amarela, vermelha e castanha (**Figura 5**), uma característica dos pigmentos minerais, que mantêm a sua cor ao longo do tempo, podendo variar sua coloração e tonalidade de acordo com a composição e concentração dos óxidos de ferro (Barnett *et al.*, 2005).



Figura 5 – Ocres, óxidos de ferro naturais
Fonte Gomes *et al.* (2014)

O registro mais antigo de arte pictural com uso de pigmentos minerais encontra-se na Caverna de Chauvet, na França, com cerca de 30 mil anos, e trata-se de pinturas feitas à base de pigmento preto de carvão (Valladas,

2003), conforme ilustrado na Figura 6.



Figura 6 – Registros rupestres na Caverna de Chauvet, França
Fonte: <https://arqueologiaeprehistoria.com>

O Brasil possui um rico acerto dessas manifestações pré-históricas, principalmente na região nordeste, onde encontra-se muitos vestígios arqueológicos, como registros rupestres. Uma das principais unidades de conservação brasileira, o Parque Nacional da Serra da Capivara, no Piauí, abriga o maior e mais antigo acervo rupestre da América do Sul. O Parque foi criado em 1979 para preservação do patrimônio arqueológico, onde já foram catalogados mais de 400 sítios arqueológicos, isso somente na área tombada, nos quais a maioria deles contém painéis de pinturas e gravuras rupestres de grande valor estético e cultural (IPHAN, 2022).

De acordo com Alves *et al.* (2011), os registros rupestres do Parque Nacional da Serra da Capivara (**Figura 7**), com idades datadas entre 17 a 25 mil anos, localizados em paredes ou tetos de grutas, abrigos, blocos, lajedos e costões de pedras, registram padrões de pinturas e gravuras de caça, território e locais importantes, animais diversos, além de práticas e condutas cotidianas. Os pigmentos utilizados eram preparados a partir de ocre ricos em óxidos de ferro (hematita e goethita), óxido de manganês e outros minerais, além de carvão vegetal, ossos queimados e também pinturas à base de pigmentos vegetais.

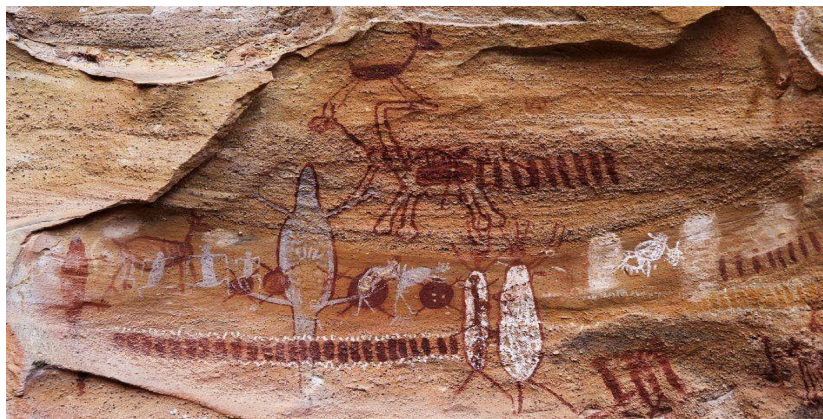


Figura 7 – Registros rupestres pintados com pigmentos minerais, no Parque Nacional da Serra da Capivara (PI)

Fonte: IPHAN/Tadeu Gonçalves

2.8 Pigmentos minerais no Brasil

Não diferente do resto do mundo, no Brasil os primeiros registros do uso de tintas e pigmentos foram identificados na arte rupestre, encontrados em todo o território, sendo os registros mais conhecidos aqueles encontrados no Parque Nacional da Serra da Capivara, estado do Piauí, que se destacam pela riqueza estilística e detalhes, pelas técnicas de execução dos grafismos e também pela diversidade de cores. São encontradas pinturas nas cores vermelho, amarelo, cinza, branco e preto, provenientes de óxidos de ferro, argilominerais e carvão.

Já no período colonial houve um avanço no uso da pigmentação e tintas, já que os europeus trouxeram consigo as técnicas mais utilizadas e difundidas em todo mundo, apesar das dificuldades encontradas por estarem em um território novo, onde ainda não tinham conhecimento das fontes de matéria prima para uso como pigmentos e ligantes, o que acabou gerando diferenças regionais, fortemente ligadas à disponibilidade local.

Essas diferenças podem ser notadas em cidades litorâneas ou próximas ao litoral, onde a arquitetura era caracterizada pela cor branca das alvenarias de pedra argamassadas e pintadas à cal, enquanto nas cidades interioranas isso era mais comum apenas nas edificações consideradas importantes, misturadas

com as tonalidades ocre das edificações populares, revestidas apenas com argamassas de terra.

O jesuíta João Felipe Bettendorf cita em seus livros que apensar da quantidade de barro de versas cores, abundância nas ribanceiras, apenas o branco era utilizado com maior frequência, principalmente para ser utilizado na primeira demão, para posteriormente receber os demais pigmentos, substituindo o “gesso do Reino” (Bettendorf, 1910, p. 28, *apud* Oliveira, 2018). O padre João Daniel registrou em seus livros que o barro era tão fino, que se assemelhava à cal, e por isso muito usado para a pintura de paredes e tetos, sendo comumente misturado com o sumo da mutamba (*Guazuma ulmifolia*), ficando mais resistente (Daniel, 2004, v. 538, *apud* Oliveira, 2018). Já no Solimões, o barro era usado para cobrir as edificações, misturado com a goma líquida extraída do tronco da sorveira (*Couma macrocarpa* ou *Couma utilis*), o tornando mais firme e resistente (Baena, 2004).

Em várias localidades do território brasileiro, era muito comum a utilização da tabatinga, um tipo de barro branco (argila) macio, com elevada capacidade de absorção de outras substâncias, como o óleo e gordura. A palavra "Tabatinga" é derivada do termo tupi *tobatinga*, que significa "barreira branca, barro branco como cal" (Navarro, 2005). A tabatinga é formada em área de restinga ou ligação com águas marítimas a partir de uma mistura de materiais encontrados no fundo de lagoas e/ou rios. Esse material só é formado quando se mistura a água doce da lagoa com a água salgada do mar. São justamente essa mistura de pHs e a diferença na salinidade que provocam uma reação de decomposição da formação original rochosa, tornando-a pastosa e permitindo que tenha uma liquefação à temperatura ambiente ou igual à corpórea. Na zona rural de Minas Gerais, a tabatinga era utilizada para revestimento das paredes das casas e fogões à lenha (**Figura 8**). O conhecimento da técnica de pintura à tabatinga faz parte da cultura popular, onde ainda é possível encontrar casas e fornos com essa técnica, principalmente no interior de Minas Gerais.



Figura 8 – Fogão a lenha feito de tabatinga

Fonte: <http://www.pedromartinelli.com.br/blog/fogao-de-tabatinga/> Acessado em: outubro de 2024

Percebe-se que houve uma influência muito grande das técnicas dos índios na produção das tintas e materiais de cobertura, onde o barro era misturado à coma ou extrato de árvores, melhorando a qualidade da mistura e dando-lhe características específicas, como maior resistência e tenacidade.

Apesar da cal e da tabatinga conferirem cor e também atuarem como elemento de proteção das superfícies, não são consideradas tintas, pela ausência de materiais ligantes em suas composições.

No caso da cal, a formação da camada de revestimento acontece pela carbonatação do Hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , sem a necessidade de um material ligante para aderir as partículas entre si e com as superfícies. No caso da tabatinga, a aderência é acontece pelas interações físicas entre as partículas que a compõem e o substrato.

No período colonial, o uso de materiais ligantes, a exemplo o óleo de linhaça e as têmperas, era mais destinado às tintas para pintura de madeiras, metais e materiais semelhantes, não para construção civil.

Conforme o registro de bens inventariados pela prefeitura de Ouro Preto das ruínas do “Antigo barracão das tintas”, localizado no distrito de Antônio Pereira, estado de Minas Gerais, (SMCOP, 2007), faz referência ao que seriam

os “tanques usados na fabricação de tintas, mas sem apresentar descrições mais detalhadas, dado o avançado estado de degradação das estruturas.

Outros registros de exploração de minerais para fabricação de pigmentos e tintas são encontrados em todo território brasileiro, principalmente na região sudeste, onde foi muito utilizada a baritina, barita ou sulfato de bário, um tipo de pigmento, de cor branca, bastante puro, com aspecto sacaroide, empregado na formulação de tintas como carga inerte.

Hoje, com o desenvolvimento das técnicas de produção e da indústria química, muitos pigmentos de origem mineral foram substituídos, tendo seu uso industrial limitado às cargas minerais, pigmentos que não tem função de dar cor e sim de melhorar as propriedades, a característica e o desempenho das tintas.

2.9 Cores e tonalidades dos pigmentos minerais

Quando se observa o solo, uma característica que logo percebe-se e que se destaca facilmente dentre as demais é a cor, sendo um importante indicador da formação e composição desse solo. No entanto somente com uma análise mais detalhada pode-se concluir qual é o tipo de solo, sua classificação, característica e composição. Muitos tipos de solos foram nomeados em função da sua cor, a exemplo: Terra Roxa, que vem do italiano rosso (vermelho); Chernossolo, do russo chern (escuro); Latossolo vermelho, Latossolo amarelo etc.

Portanto, a cor dos solos é originada e influenciada devido a vários mecanismos, entre os principais, destaca-se: a acumulação de matéria orgânica, a translocação de materiais, a drenagem e a alteração das rochas. A matéria orgânica e os compostos de ferro são os principais agentes de pigmentação dos solos, geralmente atuando na matriz branca oferecida pelos silicatos. As cores escuras (preto, marrom, cinza escuro) geralmente são originadas pelo acúmulo de matéria orgânica. As cores mais claras, apresentadas por solos bem drenados, podem ser escurecidas pela presença de matéria orgânica. Solos provenientes de depósitos turfosos são negros, mas os depósitos de turfas semidecompostas são pardo-escuros.

O solo pode apresentar uma ampla gama de cores: cinza, preto, branco, vermelho, castanho, amarelo e verde. Ao observar as faixas horizontais de diferentes cores em determinado solo possivelmente pode-se verificar os diferentes horizontes existentes. À medida que os minerais primários do solo vão sendo meteorizados, os elementos constituintes combinam-se em compostos novos, geralmente com cores distintas.

A cor do solo é produzida pelos minerais e pelo teor de matéria orgânica presentes em cada horizonte. Solo amarelo ou vermelho indica a presença de óxidos férricos. O ferro, por sua vez, pode apresentar-se como ferro reduzido (Fe^{+2} - ferro ferroso); ou ferro oxidado (Fe^{+3} – ferro férrico) que pode ser hidratado, como a goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$), ou desidratado, como a hematita (Fe_2O_3). O ferro oxidado é um potente pigmento, principalmente quando desidratado. A coloração vermelha está associada à maior concentração de óxidos de ferro desidratados, dando uma indicação de boa drenagem do solo. Os solos que apresentam coloração amarela indicam a ausência de hematita e maior ocorrência de ferro oxidado hidratado. Os teores de Fe_3 são reduzidos em função da pobreza de Fe na rocha original; altos teores de matéria orgânica e condições de redução. A hematita destaca-se por dar uma tonalidade vermelho-escura e, mesmo em baixa concentração, podendo levar a erros de interpretação com relação à concentração de matéria orgânica. O solo húmido aparecerá mais escuro do que o solo seco. No entanto, a presença de água também afeta a cor do solo, alterando a taxa de oxidação. O solo que tem um alto teor de água terá menos ar no solo, especificamente menos oxigénio. Em solos bem drenados, portanto ricos em oxigénio, as cores vermelha e castanha causadas por oxidação são mais comuns, ao contrário de solos húmidos (com baixo teor de oxigénio), onde o solo geralmente aparece cinza ou esverdeado pela presença de óxido de ferro (ferroso) reduzido. A presença de outros minerais também pode afetar a cor do solo. O óxido de manganês causa uma cor preta, glauconite torna o solo verde e calcite pode fazer o solo em regiões áridas parecer branco.

Segundo Resende *et al.* (2002), em condições bioclimáticas secas, os solos não são tão vermelhos porque há liberação lenta do ferro, resultado da

baixa taxa de intemperismo. Por outro lado, os solos tendem a ser mais amarelados em regiões que apresentam condições bioclimáticas úmidas e com grande atividade biológica durante grande parte do ano.

Os mesmos autores observam que a cor cinzenta pode ser dada pela ausência de ferro oxidado, podendo haver, ou não, a presença de ferro reduzido. A redução é comum em ambientes hidromórficos, onde a massa de solo encharcado é acinzentada (gleizada), podendo ser branca quando seca.

O manganês e o cobalto apresentam comportamento semelhante ao do ferro, o que pode ser um indicador importante de excesso ou deficiência desses três elementos. Em solos cinzentos bem drenados espera-se a carência desses elementos para plantas e animais; enquanto em ambientes encharcados, ao contrário, esses elementos podem encontrar-se concentrados em solução, o que pode resultar em toxidez (Resende *et al.*, 2002).

A matéria orgânica tende a tornar a cor do solo mais escura. Húmus, o estágio final da decomposição da matéria orgânica, é preto. Ao longo das etapas de decomposição da matéria orgânica, a cor conferida ao solo varia do castanho ao preto. O teor de sódio influencia a intensidade da cor da matéria orgânica e, portanto, do solo. O sódio faz com que a matéria orgânica (húmus) se disperse mais rapidamente e se espalhe sobre as partículas do solo, tornando o solo mais escuro, mais preto. Os solos que possuem acúmulo de carvão vegetal também apresentam a coloração escura, preta.

A cor do solo é uma propriedade morfológica fundamental para a sua caracterização e classificação, fornecendo indícios valiosos sobre sua composição mineralógica, conteúdo de matéria orgânica, condições de drenagem e processos pedogenéticos (Santos *et al.*, 2018). Para a descrição técnica e padronizada dessa propriedade, o método universalmente adotado em ciência do solo é o Sistema de Cores de Munsell, que permite uma comunicação precisa e reproduzível entre pesquisadores e técnicos (EMBRAPA, 2018).

O sistema de cores de Munsell possui uma tabela feita por várias cartelas contendo 170 tonalidades padronizadas de cores do solo, separadas por diferentes tipos de cores e tonalidades em componentes de matiz (relação com

vermelho, amarelo e azul), luminosidade (claridade ou escuridão) e cromatismo (palidez ou força).

O sistema organiza a percepção da cor em três atributos dimensionais independentes, conforme demonstrado na **Figura 9**: matiz (hue), valor (value) e croma (chroma). O matiz refere-se à cor espectral dominante, relacionada ao comprimento de onda da luz refletida pela amostra. No sistema Munsell aplicado aos solos, o matiz é representado por abreviações de letras que denotam as cores principais e intermediárias. Conforme detalhado por Silva e Vital (2020), as principais notações são:

- **R (Red)**: Vermelho.
- **Y (Yellow)**: Amarelo.
- **G (Green)**: Verde.
- **B (Blue)**: Azul.
- **P (Purple)**: Roxo ou Púrpura.

As combinações dessas letras formam os matizes intermediários, como YR (Yellow-Red), que representa a gama entre o amarelo e o vermelho. Em solos tropicais brasileiros, os matizes mais frequentes são R, Y e, sobretudo, YR (Ker, 1997). O valor corresponde ao grau de claridade ou luminosidade, quantificado em uma escala que varia do preto absoluto (valor 0) ao branco absoluto (valor 10), disposta verticalmente nas cartelas Munsell. Já o croma indica a pureza, intensidade ou saturação da cor em relação ao cinza, variando de 0 (cores acromáticas) a valores superiores (cores puras e vivas), sendo disposto horizontalmente (Silva; Vital, 2020).



Figura 9 – Tabela de Munsell

Fonte: <https://www.pedologiafacil.com.br/curiosidade.php>

A ferramenta operacional do sistema é a Tabela ou Carta de Cores de Munsell (**Figura 9**), constituída por um conjunto de cartelas móveis perfuradas, cada uma correspondendo a um matiz específico. A classificação consiste em posicionar a amostra de solo sob os orifícios até se encontrar a melhor correspondência de cor, anotando-se a notação Munsell completa (matiz, valor/croma) para as condições de umidade seca e úmida. Uma notação típica, por exemplo, seria descrita como: "matriz de cor 5YR 5/3 (seco) e 5YR 3/4 (úmido)" (EMBRAPA, 2018).

Y, R, G: Como exposto, são as iniciais em inglês para as cores fundamentais Amarelo (Yellow), Vermelho (Red) e Verde (Green), respectivamente. Elas compõem a base para a definição do matiz.

Gley (Gley 1 e Gley 2): Esta notação não se refere a uma cor espectral, mas a uma escala especial de matizes acromáticos e cromáticos esverdeados, azulados ou acinzentados, utilizada especificamente para descrever solos sujeitos à saturação hídrica prolongada e condições redutoras (hidromorfismo). As cartelas "Gley" são essenciais para identificar solos com drenagem imperfeita a pobre, onde a presença de ferro em sua forma reduzida (Fe^{2+}) confere colorações cinzas, esverdeadas ou azuladas (Santos *et al.*, 2018).

White (Branco): Representa a condição de alto valor e croma zero ou muito baixo. Corresponde à materiais predominantemente constituídos por minerais claros, como quartzo e caulinita, e/ou com teores muito elevados de carbonato de cálcio ou gipsita, refletindo quase toda a luz incidente sem dominância espectral perceptível (EMBRAPA, 2018).

Em síntese, o Sistema Munsell transcende uma simples ferramenta de descrição cromática, constituindo-se em um método analítico robusto para inferir processos pedológicos. A correta interpretação de seus componentes, incluindo as notações especiais como Gley e White, é, portanto, etapa indispensável para a caracterização morfológica e classificação taxonômica dos solos no âmbito da pesquisa pedológica nacional.

2.10 A história do uso das tintas

A história do uso das cores e da pintura se confunde com a própria história da humanidade. O ser humano na pré-história, possuidor de limitados recursos verbais para transmitir suas experiências, viu-se obrigado a desenvolver alternativas que complementassem sua comunicação e que perpetuasse a informação.

A história da tinta na pintura das paredes acompanha a evolução da espécie humana, com gravuras de até 35.000 anos registradas nas paredes das cavernas utilizadas para o seu abrigo.

Eram manifestações praticadas em diversas partes do mundo, que representavam o dia-a-dia, cenas de caça e rituais de magia, por meio de desenhos executados inicialmente em monocromia, e depois com algumas cores extraídas da natureza, elaborados nas paredes talvez preparadas com um fundo de gorduras animais.

Descobertas atuais demonstram que as gravuras encontradas em cavernas remetem ao último Período Glacial. Os nossos ancestrais perceberam que certos produtos, como o sangue por exemplo, uma vez espalhado nas rochas deixavam marcas que não desapareciam. Logo estes materiais começaram a ser utilizados para transmitir informações. Com a necessidade de

aumentar a durabilidade das pinturas e diversificar as cores, as chamadas pinturas rupestres passaram a utilizar óxidos naturais, presumivelmente abundantes junto à superfície do solo naquele tempo, como os ocre e vermelhos.

Para que fosse possível "pintar" era necessário um ligante que pudesse fixar os pigmentos à superfície conferindo alguma durabilidade. A solução foi misturá-los ao sebo ou seiva vegetal.

Com o aprimoramento da competência artesanal, ainda no período glacial, começaram a surgir as primeiras ferramentas e equipamentos auxiliares para executar as pinturas, bem como para manufaturar as matérias-primas utilizadas na preparação das tintas.

Depois disso, durante milhares de anos, pouco se acrescentou às descobertas iniciais. A história começa a registrar novidades quando várias civilizações surgem do longo período de maturação da mente humana.

Durante o período de 8000 a 5800 a.C. surgiram, desenvolvidos pelos egípcios, os primeiros pigmentos sintéticos. Estes pigmentos eram derivados de compostos de cálcio, alumínio, silício e cobre, razão pela qual possuíam grande gama de azuis, como o até hoje utilizado Azul do Egito. Além do desenvolvimento de pigmentos baseados em materiais minerais também foram desenvolvidos os de origem orgânica. Os produtos usados como ligantes incluíam goma arábica, albumina de ovo, cera de abelha entre outros.

Gregos e romanos utilizavam pigmentos como os egípcios, tendo desenvolvido grande variedade de pigmentos minerais, derivados de chumbo, zinco, ferro e orgânicos; derivados de ossos. Assim como no Egito, os bálsamos naturais eram utilizados como proteção para navios, revestindo os cascos.

Neste período da história são relatados usos de ferramentas como espátulas e trinchas.

Os orientais utilizavam diversos materiais orgânicos e minerais para suas pinturas. Os chineses e japoneses preparavam materiais para decoração de suas porcelanas, sendo que os indianos e persas faziam uso de trinchas e elementos de corte para executar a pintura.

Ainda neste período os maiores desenvolvimentos se davam em função do uso decorativo da pintura, sem grande importância ao aspecto de conservação.

Os índios das Américas, especialmente no que hoje conhecemos como América do Norte, faziam uso de vários materiais de origem vegetal nas suas pinturas e em seus cosméticos, além dos minerais retirados de rios e lagos.

Os nativos da América do Sul utilizavam penas de pássaros para a confecção de seus apetrechos de pintura. Neste período, algumas pinturas já possuíam boa durabilidade.

Neste período surgem os primeiros registros da utilização de vernizes como proteção para superfícies. Estes materiais eram preparados a partir do cozimento de óleos naturais e adição de alguns ligantes.

Assim como em outros setores industriais, foi durante o período da Revolução Industrial que a indústria de tintas e vernizes se desenvolveu com maior rapidez.

O copal e o âmbar eram as resinas mais comumente utilizadas.

As primeiras indústrias surgiram na Inglaterra, França, Alemanha e Áustria. As fórmulas eram tratadas sob sigilo absoluto, e tidas como uma informação de poucos privilegiados.

A história da indústria de tintas brasileira teve início por volta do ano 1900, quando os pioneiros Paulo Hering, fundador das Tintas Hering, e Carlos Kuenerz, fundador da Usina São Cristóvão, ambos imigrantes alemães, iniciaram suas atividades na nova pátria e lar. Sucessivamente outras empresas, atraídas pelo novo mercado potencial, começaram a se instalar em nosso País e desenvolver fortemente o setor.

2.11 O que é tinta e qual sua composição

Há diversas definições para o que é “tinta”. A exemplo no dicionário Aurélio o significado de “tinta” é “substância química corante, que adere à superfície a qual se aplica e é usada para a pintura”. Definição bem simples e didática, porém, bastante restrita para quem pretende se aprofundar mais no

assunto. Ao aprofundar nas pesquisas, encontra-se definições mais técnicas, como “tinta é uma composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato”.

Para chegar a uma definição mais adequada, primeiramente devemos saber qual é a composição da tinta. Entendendo cada um desses componentes separadamente, podemos chegar a uma definição mais completa.

Portanto, tinta é, basicamente, uma composição líquida, viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente, que tem a finalidade de proteger e embelezar o substrato (Fazenda, 2005).

Conforme o diagrama da **Figura 10**, os com as principais componentes das tintas são: pigmentos, resina, solvente e aditivo.



Figura 10 – Constituintes básicos das tintas

Fonte: <https://sohelices.com.br/o-que-e-tinta-e-qual-sua-composicao>

Os pigmentos dão cor à tinta, enquanto os solventes facilitam sua aplicação e secagem. As resinas ajudam a tinta a aderir à superfície e os aditivos oferecem características adicionais, como resistência à água ou durabilidade. A seleção das resinas, dos solventes e dos pigmentos deve atender a uma série de requisitos, sendo, para as resinas: dureza, flexibilidade, resistência à abrasão, resistência à álcalis, adesão, se são termoplásticas ou termofixas, etc.; para os solventes: volatilidade; para os pigmentos: resistência ao intemperismo, poder

de tingimento, poder de cobertura, solidez à luz, tamanho e geometria das partículas e dispersibilidade (Fazenda, 2005).

2.11.1 Pigmentos

Os pigmentos são substâncias sólidas, finamente divididas, partículas entre 0,05µm e 5µm, não voláteis e insolúveis no meio (com exceção do corante). Material utilizado com a finalidade de promover cor, opacidade, consistência, durabilidade e resistência à tinta.

De acordo com Mayer (2006), os pigmentos podem ser classificados de acordo com sua origem:

- Orgânica (vegetal, animal e pigmentos orgânicos sintéticos) - Exemplos: ftalocianinas azuis e verdes, quinacridonas violeta e vermelha.
- Inorgânica (minerais) - Exemplos: dióxido de titânio, óxidos de ferro, caulim calcinado, terras-naturais, terras- naturais calcinados e cores sintéticas inorgânicas.

No entanto, segundo Fazenda (2008), os pigmentos podem ser divididos em ativos e inertes. Os ativos são responsáveis pela cor e poder de cobertura as tintas. Já os inertes, também chamados de cargas, são responsáveis por proporcionar lixabilidade, dureza, consistência e outras características. São exemplos de pigmentos inertes: o carbonato de cálcio, o caulim, o agalmatolito, a dolomita, etc.

2.11.2 Resina

A resina é o aglutinante das partículas de pigmentos entre si e ao substrato. É a principal responsável pela formação do filme. Portanto é a parte não volátil da tinta, que serve para aglomerar as partículas de pigmentos. A resina também denomina o tipo de tinta ou revestimento empregado. Assim, por exemplo, têm-se as tintas acrílicas, alquídicas, epoxídicas, etc. Todas levam o nome da resina básica que as compõe. Em tintas à base de água, as resinas mais utilizadas são os látex vinílicos (também conhecida como acetato de polivinil – PVA) e acrílicos, enquanto nas tintas à base de solvente orgânico são

as resinas alquídicas, também conhecidas no mercado por esmaltes sintéticos. A composição destas resinas, está relacionada com as propriedades das tintas como resistência, aderência, flexibilidade e durabilidade, tornando a resina o principal componente da tinta. A vantagem destes produtos à base de água é que são muito menos nocivos à saúde do que os produtos à base de solventes orgânicos e hoje a tendência mundial é de formulá-los cada vez mais (Uemoto *et al.*, 2006).

2.11.3 Solventes

Utilizados para dissolver a resina e proporcionar viscosidade adequada para a aplicação das tintas e também possuem certas propriedades que permitirão a formação adequada da película de revestimento (Fazenda, 2005). Para ser um solvente adequado, deve apresentar algumas características, como: baixo ponto de ebulição, neutralidade, estabilidade química, alta solubilidade, cheiro ligeiro ou inodoro, baixa toxicidade entre outras. Solventes com essa classificação, podem além de homogeneizar a resina, contribuir para o nivelamento, ajustar as propriedades de cura permitindo a formação adequada do filme, influenciando na aparência final da tinta, como o brilho.

2.11.4 Aditivos

Os aditivos compreendem uma enorme quantidade de componentes, que quando adicionados às tintas em pequenas proporções, (normalmente menores que 5%), conferem-lhe características e propriedades muito importantes. Os principais aditivos encontrados são: secantes, catalisadores, antipeles, antirugantes, espessantes, antiescorrimento, surfactantes, dispersantes, antiespumantes, nivelantes, plastificantes, bactericidas, antibolhas, reológicos, dentre outros.

A transformação da tinta em revestimento é chamada de secagem ou cura, que depende da evaporação do solvente (**Figura 11**). As propriedades físicas da película seca são diretamente afetadas pelos solventes, que vão proporcionar a dispersão da resina por toda a superfície, contribuir para o

nivelamento, controlar a taxa de evaporação e influenciar parâmetros da aparência final (Fazenda, 2005).

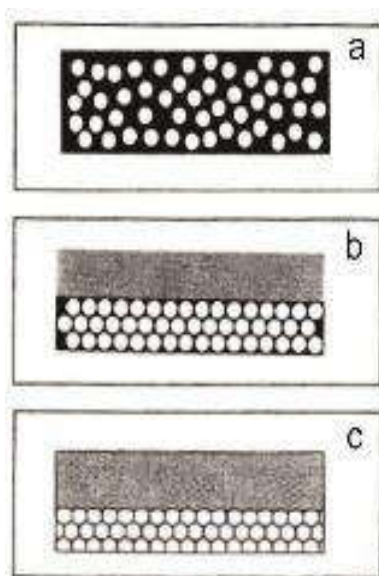


Figura 11 – Processo de formação de filme de tinta por evaporação do solvente. a) Evaporação da água; b) Empacotamento e deformação das partículas de ligante; c) Difusão da água para fora do filme e coalescência das partículas de ligante
Fonte: JESUS, 2000

2.12 Principais tipos de tintas

As tintas látex são as mais consumidas na construção civil. A disseminação de seu uso é atribuída à facilidade de aplicação e de manuseio, bem como à possibilidade de se obter diversos tipos de acabamentos. A denominação tinta látex deriva do aspecto das emulsões utilizadas no processo de fabricação, que se assemelham ao produto da seringueira conhecido como látex (Almeida, 2012).

São encontradas diversas formulações para obtenção de tinta látex, com diferentes acabamentos (fosco, acetinado, semibrilho e brilhante) com indicações de uso para área interna e externa. O aspecto de brilho obtido nas pinturas látex depende, dentre outros fatores, do tipo de resina (vinílica e acrílica) utilizada em sua composição, do peso molecular e da temperatura mínima de formação de filme destas emulsões (Almeida, 2012).

No mercado, as tintas látex são classificadas de acordo com a área de aplicação indicada sendo que, o tipo de tinta destinada à aplicação em superfícies internas possui menor resistência às intempéries que o tipo destinado às superfícies externas. Dessa forma, as tintas látex apresentam propriedades diferentes, conforme cada classe, as tornando mais eficientes quando aplicadas nas superfícies e condições ideais. Na **Tabela 3** estão listadas as principais características dos diferentes tipos de tintas látex.

CARACTERÍSTICA PROPRIEDADE	CLASSES DE TINTA LÁTEX				
	Vinil Acrílica	Látex PVA	Acrílica Fosca	Acrílica Acetinada	Acrílica Semibrilho
Teor de sólidos (%, massa)	37,5 a 50,2	35,6 a 52,0	37,8 a 50,2	33,3 a 48,4	27,4 a 50,1
Teor de Resinas (%, massa)	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
Teor de pigmentos (%, massa)	34,1 a 46,5	30,4 a 45,9	32,1 a 41,1	19,8 a 29,7	16,1 a 28,6
Brilho (Unidades de brilho - UB)	≤ 3,0			6,0 a 17,0	18,0 a 38,0
Resistência à abrasão com pasta abrasiva (ciclos)	2 a 81	15 a 570	19 a 537	148 a 1452	67 a 1365
Resistência à abrasão sem pasta abrasiva (ciclos)	6 a 1000	21 a 1000	> 1000		
Poder de cobertura da tinta seca (m ² /L)	1,0 a 5,8	2,2 a 7,1	4,0 a 7,0	4,2 a 6,3	4,2 a 8,3
Porosidade – Razão de contraste (%)	19,0 a 50,0	35,6 a 77,6	41,5 a 88,8	92,4 a 96,0	93,2 a 96,4
Absorção de água por capilaridade 48h (%)	89,6 a 99,6	76,0 a 96,8	47,5 a 98,8	9,6 a 55,0	9,6 a 86,1

Tabela 3 – Classes de tintas látex e suas propriedades

As designações Látex PVA e Látex Acrílico nem sempre correspondem à composição da tinta. Essa designação é utilizada pelo fato de o consumidor associar estes dois tipos de resinas ao desempenho da tinta, sendo que a tinta de base acrílica é considerada como a de maior durabilidade, menor permeabilidade e maior aderência (Uemoto; Silva, 2005).

As tintas látex PVA apresentam as seguintes características técnicas: são dispersões aquosas isentas de solventes orgânicos, com baixa liberação de voláteis; de fácil aplicação e secagem rápida; permitem a aplicação da segunda demão no mesmo dia com intervalos de 4 horas, aproximadamente; menor aderência, durabilidade, resistência à água e à alcalinidade que o sistema acrílico; as películas são mais porosas (permeáveis) se comparadas às tintas à óleo, acrílicas e esmaltes, oferecendo, portanto, maior velocidade de evaporação da água absorvida pelo substrato; considerando ambientes externos de baixa agressividade, sua vida útil até a primeira repintura é de três anos (Uemoto, 2005; Cunha, 2011).

As tintas com elevado teor em sólidos são uma evolução das formulações tradicionais. As formulações líquidas são muito similares, mas os sistemas de resina são modificados para produzir uma tinta com elevada concentração em sólidos (50 a 70%) e baixo teor em COV. Estas tintas utilizam tecnologias semelhantes às das tintas tradicionais baseadas em solventes, o que pode ser atrativo para os utilizadores, porque podem usar o equipamento convencional.

Apesar destas tintas oferecerem uma real redução nas emissões de COV, as potenciais reduções não são tão grandes como com as tintas em pó ou tintas líquidas 100% reativas.

As tintas de base aquosa usam principalmente água para dispersar as resinas, embora possam também conter algum solvente. Podem ser usadas resinas incompatíveis com a água desde que sofram previamente uma modificação química.

As tintas de base aquosa podem ser classificadas em soluções, emulsões e dispersões, cujas propriedades físicas e desempenho dependem da especificidade das resinas usadas.

As soluções são misturas de materiais completamente dissolvidos um no outro. As resinas podem ser modificadas para dissolver em água, mas para que o revestimento cure, tanto a água como o agente modificador têm de evaporar. Se o agente modificador evaporar prematuramente, o pH da solução vai mudar e a resina pode sair da solução (kickout).

Uma emulsão é uma dispersão de dois líquidos imiscíveis: pequenos glóbulos e um emulsificador, que os mantém em suspensão. O termo latex é usado para qual- quer emulsão de um material orgânico em água. As tintas de latex são tintas de emulsão de base aquosa, que contêm resinas não naturais ou borracha sintética.

Nas tintas de emulsão de base aquosa, a água e o solvente determinam a viscosidade da tinta; a resina existe como pequenos glóbulos. Estas tintas podem conter elevado teor em sólidos sem aumentar a viscosidade. Durante o processo de cura, o primeiro solvente evapora, deixando a resina para coalescer. Se a emulsão aquosa for um esmalte, ocorre reticulação depois das moléculas da resina coalescerem.

As dispersões são pequenos grupos de moléculas de resinas suspensas num líquido. Nas dispersões, os grupos são mais pequenos do que nas emulsões e a agitação mecânica é suficiente para suspender os grupos, que não emulsionam.

As tintas de dispersão de base aquosa podem ser formuladas com solventes orgânicos e água, podendo ter um elevado teor em sólidos para dar viscosidade.

A tecnologia de tintas em pó está disponível desde a década de 1950, tendo sido usadas para pintar canalizações para prevenir a corrosão e para isolamento de partes elétricas de motores.

Os constituintes do pó são muito semelhantes à tinta molhada com resinas, pigmentos e aditivos, mas falta um transportador de solvente. O pó é aplicado por fluidização através de ar comprimido e o revestimento obtido é

espesso, geralmente vinil ou epóxi e mais focado na funcionalidade do que nas qualidades decorativas.

No início da década de 1960, a evolução tecnológica que tornou possível aplicar finas camadas de tinta para maior qualidade dos acabamentos definitivos, impulsionou as tintas em pó na indústria de acabamentos de metais. As formulações foram evoluindo de modo a oferecer uma gama sem limite de cores, brilhos e texturas, proporcionando um acabamento superior, por menos dinheiro e com os benefícios ambientais associados às tintas em pó sem solventes. Deste modo, as tintas em pó tornaram-se uma alternativa viável para pinturas decorativas e funcionais, não deixando de ser predominantemente um processo de acabamento de metal.

As tintas curadas pela luz UV requerem radiação eletromagnética para iniciar a reticulação da resina. Podem ser 100% líquidos reativos, eliminando a utilização de solventes e, ao reduzir o desperdício de tinta, conseguem atingir perto de 100% de eficiência. Podem ser usadas sobre variados materiais, incluindo madeira, plástico, papel e metal e podem ser aplicadas usando os métodos tradicionais de pulverização, embora o rolo de pintura seja usado frequentemente uma vez que são geralmente usadas para pintar chapas planas, que são peças planas.

Se forem pigmentadas, as tintas de cura por UV não podem ter mais de 1 mm de espessura porque as moléculas dos pigmentos bloqueiam a luz. Todas as superfícies pintadas devem ser expostas à luz UV para que a reação possa ocorrer.

2.13 Classificação das tintas

A enorme diversidade de produtos de pintura existentes no mercado, com distintas aplicações e com as mais variadas características, permite ter produtos adaptáveis a cada situação. Quando se pretende especificar um determinado

produto de pintura recorre-se geralmente a um dos tipos de classificação usuais e que têm por base: a natureza do solvente, a natureza do ligante ou o fim a que se destinam.

Quanto à natureza do solvente, as tintas podem dividir-se em dois grupos:

- Tintas em que o solvente é água – neste grupo incluem-se as tintas de emulsão aquosas (também chamadas de “tintas plásticas”) e todas as tintas aquosas que tenham resinas sintéticas (como as tintas de água acrílicas ou vinílicas e os esmaltes aquosos em geral);

- Tintas em que o solvente não é água - neste grupo estão incluídas todas as tintas líquidas não-aquosas, tintas de solvente (tintas acrílicas, vinílicas, epoxídicas e de borracha), as massas, as tintas sem solvente e as tintas em pó.

A classificação de acordo com a natureza do principal ligante é a mais utilizada, podendo as tintas dividir-se em:

- Tintas acrílicas e metacrílicas;
- Tintas alquídicas, oleosas e oloorresinosas de secagem ao ar;
- Tintas betuminosas;
- Tintas de borracha natural, sintética, modificada ou não;
- Tintas epoxídicas;
- Tintas nitrocelulósicas;
- Tintas de poliésteres;
- Tintas de poliuretano;
- Tintas de silicatos;
- Tintas de silicones;
- Tintas vinílicas.

Nos casos em que estas tintas têm base aquosa, são geralmente designadas pelo seu nome seguido do termo “aquoso”.

As tintas são designadas pelo tipo de utilização que têm na construção, sendo as mais frequentes:

- Tintas plásticas para a construção civil;
- Tintas para a marcação de estradas;
- Tintas para proteção do betão;

- Tintas industriais;
- Tintas para estruturas metálicas;
- Tintas decorativas;
- Tintas de acabamento (esmaltes);
- Tintas de elevada resistência química;
- Primários.

Verifica-se que todas estas classificações permitem incluir todas as tintas; no entanto, a classificação quanto à natureza do ligante é a que fornece maior informação sobre o comportamento da tinta na sua utilização.

Na prática da construção civil, as tintas são designadas de forma generalizada, por termos relacionados com o aspecto do acabamento obtido ou com a finalidade com que são utilizadas, como por exemplo:

- Tinta de esmalte – é um tipo de acabamento que proporciona um aspecto mais ou menos brilhante e liso.

- Tinta plástica ou tinta de emulsão – é uma tinta de água com ligantes sintéticos, que dão um acabamento liso e mate.

- Tinta texturada – este tipo de tinta tem cargas de maior granulometria de modo a obter como acabamento uma película com superfície rugosa.

- Tinta em pó – é uma tinta sem solvente, i.e., é um revestimento completo que se apresenta na forma de pó. Podem ser aplicados por dois métodos, leito fluido e eletrostático. Os revestimentos em pó curam por fusão. São indicadas para trabalhos de enterramento e imersão, mas desaparecem por ação da luz solar indireta e são quebradiças.

- Termolacado – é um revestimento obtido a partir da aplicação de determinadas tintas sobre superfícies metálicas previamente tratadas, seguidas de cura em estufa.

- Tintas acrílicas – as tintas acrílicas aquosas são específicas para exposições atmosféricas, como primários ou como acabamento e têm uma excelente retenção de cor e brilho. Os acrílicos curam por coalescência/aglutinação.

- Tintas de óleo – consistem num pigmento, um óleo sicativo e um solvente alifático, sem qualquer modificação com resinas sintéticas. A tinta seca por evaporação do solvente, e cura mediante uma reação de oxidação. As características destas tintas oleorresinosas são determinadas principalmente pelas características do óleo sicativo.

2.14 Tintas naturais na construção civil

A pintura é utilizada na construção civil com o objetivo de proporcionar proteção e acabamento ao substrato. Além disso, oferece melhor higienização dos ambientes, controle de luminosidade e sinalização. Por isso, é considerada uma operação de grande importância, já que as tintas são compostos que, quando aplicados sobre a superfície, criam uma película protetora aderente ao substrato. Assim, torna-se a primeira camada a sofrer com choques, ataques de produtos químicos, umidade do ar, luminosidade e temperatura.

Para garantir que a tinta permaneça aderida e firme ao substrato, com suas propriedades essenciais mantidas, deverá haver uma preocupação com a qualidade dos profissionais. Além de uma preparação da superfície a ser pintada, devendo estar destituído de partículas soltas, mofo, calcinação, trincas, umidade e infiltrações.

Tintas naturais são utilizadas pela humanidade há mais de 40.000 anos, com início na era paleolítica em que, segundo Gombrich (2008, *apud* Cardoso, 2015), pinturas pré-históricas foram feitas em cavernas, protegidas da ação do tempo e conservadas até os dias atuais, relatando parte do cotidiano desta era. Para Proença (2009, *apud* Cardoso, 2015), tais pinturas eram feitas com elementos naturais disponíveis como terra, argila, carvão vegetal, sangue e gordura de animais, ovos, ossos cremados, óxido de ferro (cor avermelhada) e dióxido de manganês (cor preta). Nesta época, o homem utilizava tintas naturais para pintar o corpo, as vestes e as paredes das cavernas com minerais como gipsita ou limonita, facilmente removíveis. Para melhor fixação e durabilidade, descobriu-se que era necessária a utilização de uma “cola” feita com materiais

proteicos com propriedades aglutinantes, como leite e clara de ovos (Uemoto, 1993, *apud* Cardoso, 2015).

Através de tintas feitas com matérias naturais, o homem pré-histórico comunicava-se com o seu povo. Utilizavam também para pintar o corpo e tingir roupas.

Para Machado (2011), as tintas provenientes através do pó de vegetais ou até mesmo do pó da argila quando adicionadas o aglutinante no caso a gordura animal, a banha, possuem características líquidas e transparentes de cor intensa e brilhante. Já as provenientes da mistura de pigmentos minerais, como o pó da argila com aglutinante gema do ovo, seus resultados partem de uma tonalidade de tintas com aspectos mais densas e opacas.

Através de misturas é possível saber o formato da tinta, e seus aspectos. Como por exemplo, a mistura de pigmentos minerais como o pó da argila com aglutinante gema de ovo, sabe-se que o formato será de uma tinta mais densa e opaca.

Segundo Cardoso (2015), as tintas naturais têm sido uma alternativa para as construções civis na tentativa de construir de forma econômica e sem prejudicar o meio ambiente e a saúde humana, e não liberam compostos orgânicos voláteis nas edificações.

Ao se remeter para a história de fabricação das tintas e, principalmente, no que diz respeito ao uso dos pigmentos terra, foi possível perceber como se trata de uma técnica antiga que foi se adaptando às novas necessidades. Diante disso, percebe-se uma estreita relação entre a produção de tintas, principalmente naturais, e o estudo de preservação e restauração do patrimônio histórico nacional, na medida em que se conhecem os diversos acabamentos e materiais aplicados em edificações antigas, que foram sendo substituídos ao longo do tempo.

Segundo o professor (Aguiar, 2003), o próprio método utilizado já pode causar uma diferenciação da forma arquitetônica, e por si só, já representa um “testemunho da história tecnológica e cultural” dos povos, influenciando no processo de conservação de determinadas edificações, que é permeado pelo

comportamento e durabilidade da construção. Ademais: “os materiais de cor, provindos do próprio lugar, das suas terras, pedras e madeiras, diferenciavam com matizes específicos as arquiteturas, resultando num natural sistema de integração cromática na cultura do lugar a que se chamou de “colori loci” (Aguilar, 2003, p.3).

Assim, pode-se confirmar a importância desse estudo e da produção das tintas naturais para a perpetuação dessa prática cultural. Até porque, tal projeto também visou na conscientização das pessoas quanto à realidade surgida a partir da industrialização das tintas e buscou criar a popularização desse método sustentável.

Enfatizando o tema de educação patrimonial e aliado a outro projeto da instituição coordenado também pelo Prof. Mateus Martins – Saberes da Terra – direcionou-se algumas atividades a crianças da cidade de Tiradentes e de São João del-Rei. As oficinas de produção de tintas a base de solo e de tijolos de adobe foram organizadas em parceria com o Museu Casa Padre Toledo, localizado na cidade de Tiradentes/MG e que promove diversas ações educativas na cidade, devido o estilo rústico e característico das construções, pode-se encontrar muitas edificações acabadas com tintas naturais.

2.14.1 Tinta à base de pigmentos do solo

Conhecidas também por tintas ecológicas, tintas de terra e geotintas, são tintas feitas à base de pigmentos do solo, podendo serem aplicadas em áreas internas e externas, sobre substratos de cimento, cal, concreto, em alvenaria, madeira, metal, tecidos, plásticos, gesso, isopor e outros já tratados com base acrílica, látex ou polímeros. Na construção civil vem ganhando destaque por ser inovadora, econômica e viável, possuindo um leque de diversas cores, como ilustra abaixo (**Figura 12**)



Figura 12 – Tintas de terras

Fonte: <https://www.jau.sp.gov.br/uploads/downloads/apostila-tinta-ecologica-2022.pdf>
acessado em novembro de 2024

Elas são à base de água e não impermeabilizam a parede, permitindo que a mesma respire e mantenha um controle de umidade na casa, promovendo um ambiente saudável e livre de eliminação de gases organo-clorados, dos fungos e do mofo. É um material de alta resistência ao tempo que aceita infiltração, lavagem e não desbota, uma vez que seu pigmento é natural. A repintura geralmente se faz a cada 6 ou 10 anos apenas. A espessura da tinta pode variar de acordo com a intenção, com baixa espessura apenas para pintura, ou mais espessa para a obtenção de texturas.

Vantagens:

- Cores intensas e únicas;
- Se bem aplicado, difícil de se desbotar (mesmo sob o sol forte) e se descascar com a umidade;
- Permite a manutenção da umidade relativa do ar e troca de calor, contribuindo para que não sejam gerados fungos e mofos;
- Não agride o meio ambiente (não polui a atmosfera e não destrói a camada de ozônio);
- Não oferece risco à saúde de quem aplica a tinta e de quem habita o ambiente que recebeu a pintura (isento de Compostos Orgânicos

Voláteis, sem biocida, estabilizantes e corantes).

2.14.2 Tinta de solo: inovação e sustentabilidade

A sustentabilidade ambiental diz respeito a maneira em que se aborda o processo produtivo, verificando a disponibilidade dos recursos naturais necessários para produção, a viabilidade de inserção do progresso técnico que conserve os recursos e também se há disponibilidade de capital substituírem tais recursos na produção. Esses princípios devem ser levados em consideração para todos os investimentos em produção, atribuindo a economia a possibilidade de crescimento, desenvolvimento e sustentabilidade, se, descartar a preservação e o cuidado ambiental (Cechin e Veiga, 2010).

No Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais (Silva *et al.*, 2002), consta que “sustentabilidade é a qualidade de um sistema que é sustentável; que tem a capacidade de se manter em seu estado atual durante um tempo indefinido, principalmente devido à baixa variação em seus níveis de matéria e energia; dessa forma, não esgotando os recursos de que necessita”.

Encontrar caminhos, desenvolver novas posturas, estabelecer rotas alternativas que estabeleçam o viver em harmonia é o grande paradigma que se apresenta. Há uma diversidade de terminologias para contextualizar a inovação sustentável entre elas: inovação verde e eco inovação que corresponde a processos equivalentes.

Segundo Charter e Clak (2007) surge um novo espaço no mercado com produtos e serviços dirigidos para temas sociais, ambientais ou sustentáveis integrados ao sistema empresarial, a geração da ideia através do P&D&E e a produção, transformação do produto final. A inovação sustentável também pode ser entendida como processo de desenvolvimento de novos produtos ou processos que forneçam negócios de valor, mas que também diminuem os impactos ambientais (Charter; Clak, 2007).

No processo de construção das edificações humanas, a estética é uma das exigências mais presentes. Além das formas, dos materiais, a pintura é um dos elementos mais presentes, contudo, no preparo da tinta sintética, devem ser

considerados alguns elementos que destoam da proposta da construção sustentável, a exemplo da presença de alguns poluentes e efeitos adversos associados, como os óleos e graxas, os solventes e os pigmentos, que podem causar sérios danos ambientais, como a contaminação do solo e da água. É nessa perspectiva que a tinta de terra (geotinta), surge como inovação tecnológica de elevado valor econômico e social, e reduzido impacto ambiental, podendo ser apresentada em diversos ambientes (Capeche, 2010; Vital, 2011).

A pintura a base de tinta de terra surge como possibilidade inovadora para a promoção de uma nova postura frente aos recursos edáficos. Este processo, de baixo custo e impacto ambiental mínimo (o material é atóxico, apresenta boa qualidade e durabilidade, com custo 30% inferior ao da tinta convencional), compreende produtos, técnicas e metodologias que visam a transformação social, favorecendo a organização das comunidades por meio do exercício da cooperação entre as pessoas, desenvolvendo a criatividade e ocasionando a melhoria da autoestima dos envolvidos.

Assim considerando, e tendo em conta a necessidade de promover a preservação dos recursos naturais, cuja degradação avança, seja no meio rural como no urbano, é necessário que sejam organizadas atividades objetivando conhecer o meio ambiente em sua totalidade para proporcionar uma real mudança de postura e, por conseguinte, a formação de uma sociedade sustentável.

2.15 Propriedades físicas do solo

As propriedades físicas do solo influenciam em como o solo funciona no ecossistema e em como ele pode ser melhor manejado. O sucesso ou fracasso na produção de tintas muitas vezes é dependente das propriedades físicas do solo utilizado. A cor, textura, viscosidade e outras propriedades físicas do solo são extremamente importantes no resultado de uma tinta de qualidade, agregando características específicas, melhorando seu desempenho.

2.15.1 Textura / Granulometria

O conhecimento das proporções dos diferentes tamanhos de partículas em um solo (ou seja, a textura do solo) é um fator principal na seleção do material para produção da tinta. Conhecer a proporção de cada diferente tamanho das partículas do solo é fundamental para definir se aquele material é adequado ou não para produção de determinados tipos de tinta.

O diâmetro das partículas individuais do solo pode variar, em ordem de grandezas, desde matacões (grandes blocos de rocha) medindo 1m de diâmetro às argilas submicroscópicas menores que 0,002mm.

Areias: São partículas com diâmetro entre 0,06 mm e 2 mm, geralmente visíveis a olho nu, podendo ser arredondadas ou angulares dependendo do grau de intemperismo e abrasão que elas tenham sofrido e dão a sensação de aspereza quando friccionada entre os dedos. Partículas de areia grossa podem ser fragmentos de rocha contendo vários minerais, mas a maioria dos grãos de areia é constituída por um só mineral, normalmente quartzo (SiO_2) ou outro silicato primário.

Silte: São partículas menores que 0,06 mm e maiores que 0,002 mm de diâmetro. Embora similares a areia na forma e composição mineral, as partículas individuais de silte são tão pequenas que não são visíveis a olho nu. Ao invés de apresentar sensação de aspereza quando friccionada entre os dedos, o silte se apresenta suave e sedoso ao toque, como a farinha.

Argila: São partículas menores que 0,002 mm e possuem uma enorme capacidade de adsorção de água e outras substâncias. Esta grande superfície de adsorção faz com que partículas de argila se mantenham unidas em uma massa dura e coesa depois de seca, mas pegajosa e pode ser facilmente moldada (exibe alta plasticidade) quando está úmida.

Como já mencionado nessa pesquisa, o solo adequado para a produção de tinta são aqueles compostos, em sua maioria, por silte e argila, em especial o com maior quantidade de silte.

Os tamanhos das partículas também influenciam diretamente em outras propriedades do solo, devido a área de superfície de cada partícula, interferindo diretamente na porosidade do material. Quando mais poroso o solo, menor o poder de retenção de líquido e outras substâncias.

A **Tabela 4** apresenta a classificação granulométrica dos constituintes do solo, conforme a ABNT 6502, de 1995, e suas principais características.

Dimensão dos grãos d (mm)	Classificação das partículas	Características principais
2 $\square$ d $\square$ 20	pedregulho	Elemento inerte e resistente
0,06 $\square$ d $\square$ 2	areia	Elemento inerte, sem coesão
0,002 $\square$ d $\square$ 0,06	silte	Sem coesão, diminui a resistência da areia
d $\square$ 0,002	argila	Possui forte coesão, sem estabilidade volumétrica, expande na presença de água; apresenta propriedades físicas e químicas bastante variadas segundo sua origem

Tabela 4 – Classificação granulométrica dos constituintes do solo
Fonte: ABNT 6502, 1995

As principais classes texturais do solo são definidas pelas percentagens de areia, silte e argila, fornecendo uma ideia mais precisa da distribuição de tamanho de partículas e da natureza geral das propriedades físicas do solo. Nessa pesquisa utilizaremos um dos sistemas de classificação mais usados, o do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), que utiliza 14 classes de textura dos solos, com base na proporção relativa de cada fração do solo. As 14 classes texturais encontradas na **Tabela 5** apresentam uma sequência gradual, desde partículas de areia (que possuem textura grosseira) à partículas de argila (que possuem textura muito fina).

Termos Gerais		Classe textural
Nomes Comuns	Textura	
Solos Arenosos	Grosseira	Arenoso
		Areia franca
	Moderadamente grosseira	Franco arenosa
Solos Franco	Média	Franco
		Franco siltosa
		Siltosa
	Moderadamente fina	Franco argiloarenosa
		Franco argilosiltosa
Solos Argilosos	Fina	Franco argilosa
		Argiloso arenosa
		Argiloso siltosa
		Argilosa

Tabela 5 – Termos gerais utilizados para descrever a textura do solo em relação ao nome das classes texturais

Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/> (Apostila Arquitetura e propriedades físicas dos solos)

A determinação da textura do solo geralmente é auxiliada pelo uso de um diagrama ternário (ou gráfico triangular) em que sobre cada um dos eixos é representada a percentagem de cada fração do solo (areia, silte e argila). Um lado do triângulo representa a percentagem de areia, o segundo lado representa a percentagem de argila e o terceiro lado representa a percentagem de silte. Com a determinação das percentagens de areia, argila e silte na amostra de solo, o triângulo pode ser usado para determinar a classificação da textura do solo.

Franco pode ser definido como uma mistura de areia, silte, e partículas de argila que exhibe as propriedades destas frações em proporções iguais. Esta definição não significa que as três frações estão presentes em quantidades iguais (por isso a classe franco não está exatamente no meio do triângulo na **Figura 13**). Isso acontece porque uma percentagem relativamente pequena de argila é suficiente para atribuir propriedades ao solo. O que não acontece com a areia e o silte, que, em pequenas quantidades, possuem menor influência sobre o comportamento do solo.

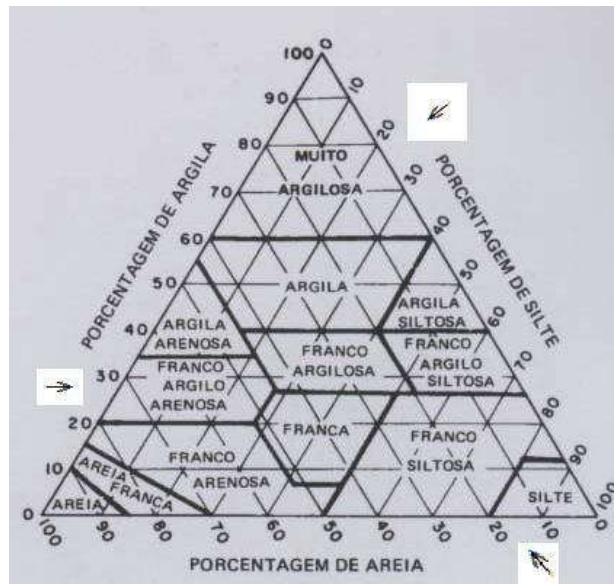


Figura 13 – Triângulo textural

Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/> (Apostila Arquitetura e propriedades físicas dos solos)

Note na **Figura 13** que um solo franco pode ter desde pouca até 26% de argila, mas para ser qualificado como franco arenoso ou franco siltoso, precisa ter no mínimo 45% de areia ou 50% de silte, respectivamente.

2.15.2 Forma das partículas

As areias e os pedregulhos são constituídos de partículas arredondadas ou, mais precisamente, de forma poliédrica. Suas dimensões são aproximadamente iguais nas três dimensões. A forma das partículas individuais dos solos granulares é pelo menos tão importante quanto à sua granulometria, na definição de suas propriedades de engenharia, em especial na sua resistência ao cisalhamento. Dependendo do grau de intemperismo e do processo de transporte que sofreu, podem se apresentar mais ou menos angulares e com superfície rugosa. Para fins da Engenharia geotécnica, as partículas podem ser definidas, qualitativamente, por uma análise visual, de acordo com as formas mostradas na **Figura 14**.



Figura 14 – Formas das partículas granulares

Fonte: <https://www.suportesolos.com.br/blog/a-natureza-dos-solos-textura-granulometria-e-forma-das-particulas/66/> Acesso em dezembro de 2024

As partículas de argila, embora invisíveis a olho nu, apresentam uma forma lamelar, ou seja, semelhante a lamelas ou escamas, onde uma dimensão é muito pequena em relação às outras duas.

A superfície da partícula de argila mineral possui uma carga elétrica negativa, cuja intensidade depende principalmente de suas características mineralógicas; as atividades físicas e químicas decorrentes dessa carga superficial específica a chamada atividade da superfície do mineral. Outra propriedade importante dessas partículas é a superfície elevada específica, isto é, a relação entre a área superficial e a sua massa. Isto significa que, a quase totalidade da massa da partícula se encontra próxima da superfície. Quanto menor o diâmetro do grão maior a superfície específica, atingindo nas montmorilonitas, a mais ativa das argilas minerais, o valor de 800 m²/g.

Essas características são as responsáveis pela interação das partículas com a água e pelos íons existentes na água dos vazios e como consequência, pela estrutura ou arranjo das partículas, pela permeabilidade e pela plasticidade dos solos argilosos.

2.15.3 Consistência

As areias e os pedregulhos são constituídos de partículas arredondadas ou, mais precisamente, de forma poliédrica. Suas dimensões são aproximadamente iguais nas três dimensões. A forma das partículas individuais dos solos granulares é pelo menos tão importante quanto à sua granulometria,

na definição de suas propriedades de engenharia, em especial na sua resistência ao cisalhamento.

Consistência é uma propriedade dos solos que reflete as forças de coesão e de aderência, presentes nos solos sob diferentes graus de umidade. A massa do solo, quando molhada, seca ou úmida, apresenta diferentes resistências quando manuseada, resultantes da atração entre as partículas sólidas revestidas, ou não, por películas líquidas.

A coesão é a força de atração na interface líquido-líquido ocorrendo entre partículas sólidas revestidas de películas líquidas, sendo proporcional à tensão superficial do líquido, e inversamente proporcional ao diâmetro das partículas sólidas (Ranzani, 1969).

A aderência é a força de atração na interface sólido-líquido, ocorrendo entre partículas sólidas, quando algumas estão revestidas por películas líquidas e outras não, ou entre partículas sólidas revestidas por películas líquidas e a superfície seca de objetos estranhos a solo.

A consistência é definida a partir da avaliação de amostras de solo em estado úmido, molhado e seco.

O manuseio das amostras molhadas permite determinar a plasticidade e pegajosidade (ou aderência). O solo com grande plasticidade é aquele que permite o seu modelamento em rolos finos e sua compressão, sem que haja ruptura; enquanto os solos não plásticos serão aqueles que se esfarelam ao serem modelados, ocorrendo os estados intermediários (ligeiramente plástico e plástico). Já a pegajosidade é definida pelo grau de aderência do material ao ser comprimido entre os dedos polegar e indicador. Ao se afastar os dedos percebe-se a maior ou menor resistência do material comprimido, caracterizando amostras não pegajosas, ligeiramente pegajosas, pegajosas ou muito pegajosas.

Para o solo úmido observa-se a friabilidade, que caracteriza a facilidade de ruptura da massa ao ser comprimida, definindo-se consistências soltas, friáveis e firmes.

Finalmente, para o solo seco o parâmetro analisado é a tenacidade, que é a resistência da amostra ao se tentar esfarelá-la com os dedos. Definindo-se consistências entre macia, quando a amostra se desfaz entre os dedos, e muito dura, quando a amostra resiste inteira à pressão.

A consistência do solo tem implicações diretas em seu manejo. Solos muito plásticos e pegajosos só podem ser trabalhados em amplitude estreita de umidade. Já os solos de boa friabilidade apresentam boas condições para aração.

Resende *et al.* (2002) observam que a fração argila exerce um importante controle na consistência, pois quanto mais argiloso o solo, maior a expressão das forças de coesão e adesão. Altos teores de silte e areia muito fina também exercem controles importantes, favorecendo o encrostamento da superfície.

2.15.4 Plasticidade

Conforme o percentual de umidade, o solo pode ser líquido, plástico ou sólido. O aspecto e a consistência dos solos e, em particular das argilas presentes, variam de maneira muito nítida conforme a quantidade de água que contém. Atterberg (*apud* Caputo, 1978) desenvolveu ensaios que consistem em medir o grau de umidade do solo nos diversos estados de consistência (**Figura 15**).

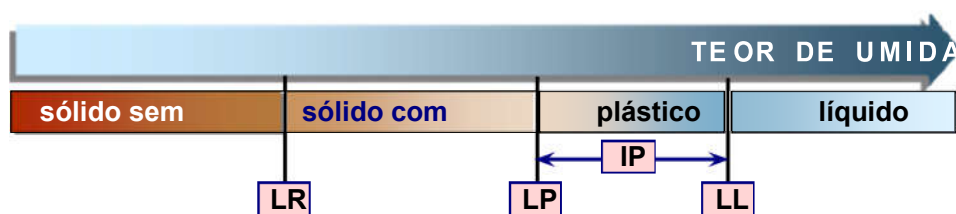


Figura 15 – Estado do solo, em função de seu teor de umidade
Fonte: Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em 06/12/2024.

A plasticidade do solo e os limites de consistência podem ser determinados através de dois ensaios: limite de liquidez e limite de plasticidade, conforme podem ser vistos nas Imagens 16 e 17, descritos abaixo.

Os ensaios de plasticidade são realizados somente com a parte fina do solo, representada pelo material que passa na peneira de abertura 0,42 mm.

O limite de liquidez (LL) é o grau de umidade determinado pelo aparelho de Casagrande, que é constituído por uma concha metálica unida a uma manivela, que a move, fazendo-a cair sobre uma base sólida, um certo número de vezes, até o fechamento de 1cm da ranhura padrão, feita previamente no solo colocado na concha. O limite de liquidez corresponde ao teor de umidade em que a ranhura se fecha com 25 golpes (**Figura 16**).

O limite de plasticidade (LP) é o grau de umidade necessário e suficiente para deslizar uma porção de solo umedecido sobre uma placa de vidro, até formar um pequeno cordão com 3mm de diâmetro e 12 a 15cm de comprimento (**Figura 16**). A diferença entre os limites de liquidez e de plasticidade determina o índice de plasticidade ($IP = LL - LP$).



Figura 16 – Ensaio de determinação do limite de liquidez (LL), observando-se o aparelho de Casagrande, com seus acessórios e Ensaio de determinação do limite de plasticidade.

Fonte: Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra - PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em 06/12/2024.

Os limites de liquidez e de plasticidade dependem, geralmente, da quantidade e do tipo de argila presente no solo. O índice de plasticidade, entretanto, é unicamente dependente da quantidade de argila. Na prática, se pode caracterizar o solo por seu índice de plasticidade e seu limite de liquidez, como mostra a **Tabela 6**.

Tipo de solo	IP (%)	LL (%)
Arenoso	0 a 10	0 a 30
Siltoso	5 a 25	20 a 50
Argiloso	> 20	> 40

Tabela 6 – Classificação dos solos, em função dos índices de plasticidade
Fonte: CRATerre, 1979.

2.16. A influência da granulometria no desempenho de tintas minerais

O desempenho da tinta mineral está intrinsecamente relacionado às características granulométricas de suas matérias-primas. Nesse contexto, o estudo de Lima *et al.* (2021) apresenta contribuições fundamentais ao investigar sistematicamente como a distribuição de partículas influencia propriedades críticas como aderência, resistência à água e durabilidade.

Lima *et al.* (2021) adotaram uma abordagem experimental baseada na caracterização física e química de 20 amostras de solos, classificadas conforme a norma ABNT NBR 7181 (2016). Os parâmetros avaliados incluíram: a distribuição granulométrica (via análise por peneiramento e sedimentação); índice de plasticidade (ABNT NBR 7180); ensaios de estabilidade em tintas aplicadas sobre reboco de cimento, seguindo protocolos da ABNT NBR 15882 (2021); a correlação entre granulometria e desempenho foi quantificada por meio de análise estatística multivariada, utilizando o software R (versão 4.0).

Os autores identificaram que solos com predomínio de partículas siltosas apresentaram viscosidade ideal para aplicação, enquanto frações arenosas levaram a inconsistências na homogeneidade da tinta. Esse fenômeno é atribuído à maior superfície específica das partículas finas, que potencializa a

interação com aglutinantes naturais. Amostras compostas por mais de 40% de argila exibiram aderência superior, devido à formação de uma microestrutura coesa após a secagem. Contudo, teores argilosos acima de 60% resultaram em fissuração, corroborando estudos prévios sobre tensões de retração (Menezes *et al.*, 2020).

A resistência à água mostrou correlação inversa com o teor de areia: amostras de solos compostas por mais de 30% de fração arenosa tiveram perda de massa de até 12% após 24h de imersão, contra menos que 2% das amostras de solos siltosos. Lima *et al.* (2021) atribuem esse comportamento à porosidade aberta gerada por partículas grossas.

A pesquisa de Lima *et al.* (2021) consolida a granulometria como fator determinante na produção de tintas de solo, oferecendo critérios técnicos para seleção de matérias-primas. Seus resultados reforçam a viabilidade de soluções sustentáveis, desde que consideradas as interações entre textura do solo, formulação e desempenho.

2.16.1 Identificação visual e tátil de um solo siltoso

Aparência:

- O silte tem uma aparência semelhante à farinha ou talco quando seco.
- Quando úmido, pode parecer uma massa homogênea e lisa, sem a plasticidade característica da argila.
- Em estado seco, o silte pode ser facilmente pulverizado entre os dedos.

Cor:

- A cor do silte varia dependendo da composição mineralógica, mas geralmente é clara (cinza, bege ou marrom claro).

Estrutura:

- Não apresenta estrutura definida, como grânulos ou blocos, ao contrário da areia ou argila.
- Em estado úmido, pode formar uma pasta sem coesão.

Textura:

- Ao toque, o silte é macio e suave, sem a aspereza da areia.
- Quando úmido, parece sedoso ou aveludado, mas não é plástico como a argila.

Consistência:

- Em estado seco, o silte é facilmente desagregado com os dedos.
- Quando úmido, pode ser moldado, mas não mantém sua forma tão bem quanto a argila.
- Não é pegajoso como a argila, mas pode grudar levemente na pele.

Resposta à água:

- O silte tem baixa plasticidade e coesão quando úmido.
- Em contato com a água, pode se comportar como um líquido (fenômeno conhecido como "liquefação" em condições específicas).

2.16.2 Identificação visual e tátil de um solo argiloso

Cor: Solos argilosos geralmente apresentam cores mais escuras, variando entre tons de vermelho, marrom, amarelo ou cinza, dependendo da composição mineralógica e da presença de matéria orgânica.

Textura: Quando úmido, o solo argiloso tende a formar torrões ou blocos compactos. Quando seco, pode apresentar rachaduras ou fissuras.

Estrutura: Em condições úmidas, o solo argiloso pode parecer brilhante ou lustroso devido à sua capacidade de reter água.

Consistência: Ao manusear o solo argiloso úmido, ele é geralmente pegajoso e plástico, permitindo que seja moldado facilmente em diferentes formas sem se desfazer.

Granulometria: Quando esfregado entre os dedos, o solo argiloso tem uma sensação suave e fina, sem a presença de grãos perceptíveis, ao contrário de solos arenosos.

Resistência: Quando seco, o solo argiloso torna-se duro e compacto, podendo ser difícil de quebrar com as mãos.

2.17 A influência da composição mineralógica dos solos no desempenho das tintas minerais

Santos *et al.* (2023) realizaram uma pesquisa para identificar as relações significativas entre a composição mineralógica de solos e o desempenho de tintas minerais, com destaque para o papel dos óxidos metálicos. Os dados apresentados no estudo demonstram que os óxidos de ferro (Fe_2O_3) atuam como agentes estabilizadores multifuncionais, influenciando simultaneamente propriedades ópticas, mecânicas e de durabilidade.

Os resultados indicam que a faixa ótima de 8-12% óxidos de ferro corresponde ao pico de eficiência para estabilidade cromática, evidenciado pelos valores obtidos nos testes de envelhecimento acelerado. Este comportamento pode ser atribuído à capacidade da hematita em absorver radiação UV, protegendo a matriz da tinta contra degradação fotoquímica (Carvalho; Lima, 2022). Paralelamente, observou-se que este teor de óxido ferroso promove aumento de 40% na resistência à abrasão, provavelmente devido à formação de pontes iônicas entre as partículas minerais e o ligante orgânico.

Óxidos de ferro, na faixa de 8-12%, proporcionam propriedades importantes, agregando desempenho e funcionalidade às tintas minerais, atuando simultaneamente como estabilizadores cromáticos naturais, reforçadores da resistência mecânica e protetores contra degradação UV.

Quanto aos óxidos de alumínio (Al_2O_3), Santos *et al.* (2023) identificaram que concentrações entre 5-8% de melhoram significativamente a resistência mecânica e a impermeabilidade do revestimento, além de desempenharem um papel estrutural crucial, melhorando a coesão da matriz, a resistência à água e a distribuição homogênea de partículas. Este efeito pode ser explicado pela natureza anfotérica do alumínio, que favorece a formação de estruturas tridimensionais estáveis na presença de ligantes polares (Gomes *et al.*, 2021).

A análise estatística revelou ainda que teores elevados, maior que 60%, de sílica (SiO_2) impactam negativamente a trabalhabilidade das tintas. Este resultado reforça estudos anteriores que associam altas concentrações de sílica à formação de estruturas porosas e fragilização mecânica (Mendonça *et al.*, 2022). Portanto, altos teores de sílica devem ser evitados, pois comprometem a trabalhabilidade e durabilidade do revestimento.

A relação ideal $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ entre 1,5-2,0 sugere a existência de sinergia entre estes componentes, onde o ferro atuaria como estabilizador cromático enquanto o alumínio reforçaria a estrutura matricial e aumentaria a resistência mecânica, servindo como parâmetro para seleção de matérias-primas.

Diante dos resultados obtidos, foi possível concluir que a composição mineralógica do solo, particularmente o teor de óxidos metálicos, é fator determinante para o desempenho de tintas minerais, influenciando propriedades físicas, químicas e ópticas do revestimento.

2.18 Principais resinas utilizadas na produção de tintas de solo

A seleção do agente ligante é um fator determinante nas propriedades finais de uma tinta, influenciando características como aderência, durabilidade,

tempo de secagem, brilho e resistência a intempéries. No contexto das tintas de solo, que utilizam pigmentos terrosos, a compatibilidade entre o ligante e o substrato mineral é crucial para o desempenho do revestimento.

A diversidade de resinas e ligantes disponíveis para tintas de solo reflete a busca por equilíbrio entre desempenho técnico, custo, impacto ambiental e finalidade da aplicação. Enquanto resinas sintéticas como o PVA e as acrílicas oferecem desempenho padronizado e praticidade, os ligantes naturais e minerais atendem a demandas por sustentabilidade, características estéticas específicas e compatibilidade histórica. A escolha do ligante deve, portanto, ser fundamentada em uma análise criteriosa dos requisitos do projeto, considerando-se a natureza do substrato, as condições ambientais e os parâmetros estéticos e ecológicos desejados.

A seguir serão listados os principais tipos de resinas, tanto sintéticas quanto naturais, empregadas na formulação dessas tintas, analisando suas características, aplicações e limitações.

2.18.1 Resinas Sintéticas

Resina acrílica: Polímeros à base de acrilatos destacam-se pela versatilidade, secagem rápida e ampla disponibilidade no mercado (MORGAN, 2019). Formulam películas contínuas, resistentes e duráveis, com boa resistência à água e facilidade de limpeza, sendo aplicáveis em superfícies internas e externas. Sua principal limitação reside no custo, que pode se tornar proibitivo em produções de grande escala, impactando o custo final do produto (WICKS JR. et al., 2020).

Resina de vinil (Poliacetato de Vinila - PVA): O PVA é um polímero sintético de baixo custo, alta versatilidade, secagem rápida e fácil aplicação, tornando-se um dos ligantes mais populares na indústria de tintas à base de água (Cardoso *et al.*, 2014). Sua solubilidade em água, transparência e baixa toxicidade o tornam ideal para aplicações artísticas, domésticas e em determinados contextos industriais. Contudo, sua resistência à água e

durabilidade são limitadas, restringindo seu uso em ambientes sujeitos a umidade constante ou abrasão (Lambourne e Strivens, 2020).

2.18.2 Resinas naturais de origem vegetal e animal

Resinas de óleo: Derivadas de fontes vegetais (ex.: óleo de linhaça, girassol, tungue), animais (historicamente óleo de baleia) ou minerais, estas resinas proporcionam acabamentos ricos e profundos (Savelli, 2021). São caracterizadas por secagem lenta, o que permite maior tempo de trabalho, sendo tradicionais em pinturas artísticas e revestimentos decorativos. Oferecem boa aderência em madeira e alvenaria, com acabamento durável. Suas propriedades podem ser moduladas pela combinação com outros materiais ou pelo pré-processamento (Getlein, 2021).

Resina de cera de abelha: Utilizada principalmente na técnica de encáustica, atua como ligante natural que confere acabamento impermeável e protetor. É indicada para revestimentos naturais em madeira e paredes, e para pinturas artísticas. Sua principal vantagem é o caráter ecológico e as propriedades hidrofugantes. As desvantagens incluem alto custo e disponibilidade limitada no mercado (Becker, 2020).

Resina de goma arábica: Exsudato natural de árvores do gênero *Acacia*, é solúvel em água e forma filmes translúcidos. É o ligante clássico para aquarelas e tintas artísticas diluíveis em água, ideal para a produção de tintas de solo com efeito suave e translúcido (Martins, 2019).

Resina de goma látex natural: Derivada da seiva da seringueira (*Hevea brasiliensis*), esta resina elástica e adesiva é utilizada em tintas ecológicas e artesanais. É particularmente adequada para aplicações em superfícies que demandam certa flexibilidade no filme seco (ABNT NBR 16166, 2020).

Ligante à base de gema de ovo (têmpera): Uma das técnicas de ligação mais antigas, a têmpera de ovo utiliza a lecitina e as proteínas da gema como emulsificante e agente filmogênico. Produz películas resistentes, flexíveis e com excelente aderência aos pigmentos, sendo uma opção biodegradável de baixo impacto ambiental (Thompson, 2021). A principal limitação é a perecibilidade,

exigindo preparo imediato para uso, sem armazenamento prolongado (Bomford; Roy, 2019).

Ligante à base de caseína: Proteína derivada do leite, a caseína é um ligante natural biodegradável que proporciona tinta de secagem rápida e boa aderência a superfícies porosas, como reboco e madeira crua. É tradicional em pinturas murais e tintas artesanais, mas seu custo pode ser elevado (Pinheiro, 2022).

Ligante à base de amido (grude): Preparado a partir de amidos (farinha de trigo, mandioca, etc.), o "grude" é um ligante de custo extremamente acessível, não tóxico e biodegradável. É indicado para projetos artísticos temporários, artesanato ou decoração, onde a máxima durabilidade não é um requisito crítico. Sua principal desvantagem é a baixa resistência comparada a outros ligantes (Silva, 2020).

2.18.3 Resinas e ligantes minerais

Resina de silicato (Tintas de silicato): Ligante mineral à base de silicato de potássio que reage quimicamente com o substrato mineral (como rebocos à base de cal), formando uma camada integrada e extremamente durável. Oferece alta resistência a intempéries e raios UV, sendo indicada para fachadas e paredes externas (Knaack *et al.*, 2019).

Cal (Hidróxido de Cálcio): Ligante mineral tradicional usado em tintas de calagem e rebocos. Em tintas de solo, reage com os pigmentos e com o dióxido de carbono do ar (carbonatação), formando uma película respirável, antimofa e de baixo custo, ideal para ambientes úmidos (Fieser; Pagliari, 2020).

2.19 Produção da tinta com cola branca (PVA)

Para produzir as tintas de solos com cola branca (PVA) como aglutinante, utilizadas na maioria dos testes deste trabalho, seguiu-se a proporção sugerida por Carvalho (*et al.*, 2016, p.53) de 100ml de solo já preparado (triturado e peneirado), 100ml de água e 30ml de cola branca (PVA). Essa é uma proporção padrão, que geralmente conseguirá produzir tintas de boa qualidade. Porém,

para produzir maiores quantidades, é interessante ajustar a proporção dos componentes, principalmente do PVA, de acordo com o poder de pigmentação e cobertura mistura (água e pigmento do solo), evitando desperdícios.

2.20 Defloculação

Deflocular a tinta de solo é um processo que envolve a adição de substâncias químicas (defloculantes) ou por meio de agitação (força física) para dispersar as partículas de argila, reduzindo a viscosidade e melhorando a fluidez da mistura, sem a necessidade de adicionar muita água. Esse processo é especialmente útil na cerâmica, para aplicação de engobes ou esmaltes.

A necessidade de deflocular a tinta de solo depende do uso e das características desejadas para a aplicação. Caso a tinta de solo já possua uma consistência adequada para o uso, não há a necessidade de deflocular. Nesses casos, adicionar água pode ser suficiente para ajustar a viscosidade. A defloculação não é sempre obrigatória, mas pode ser muito útil em certos casos, como para aplicações em cerâmica (engobes ou esmaltes). Se a tinta de solo está sendo utilizada como um engobe (uma camada fina de argila colorida aplicada sobre peças de cerâmica), a defloculação é altamente recomendada. Isso porque a defloculação reduz a quantidade de água necessária, o que diminui o risco de rachaduras durante a secagem e melhora a aderência à superfície. Além da tinta se tornar mais fluida e fácil de aplicar, sem perder densidade ou cobertura.

A defloculação também pode ser interessante para aplicações em grandes superfícies, pois ajuda a garantir uma aplicação uniforme e suave, sem deixar marcas ou irregularidades. A defloculação também pode gerar economia, sendo necessário uma quantidade menor de tinta para cobrir a mesma área, já que a mistura fica mais fluida, sem perder sua concentração de partículas sólidas. Outra vantagem é que as misturas defloculadas secam de maneira mais uniforme, reduzindo o risco de rachaduras ou descamação.

Se a aplicação da tinta de solo for para pintura artística (em telas, paredes ou outras superfícies não cerâmicas), a defloculação pode não ser necessária. Nesses casos, a tinta pode ser aplicada diretamente, ajustando a consistência apenas com água. Principalmente quando se busca uma textura mais grossa ou uma aplicação mais densa (como em técnicas de pinceladas marcadas), ou para usos tradicionais ou rústicos, em técnicas artesanais, onde a textura e a irregularidade são parte do efeito desejado, a defloculação pode não ser relevante.

Defloculação química da tinta de solo é um processo que envolve a adição de substâncias químicas (defloculantes), como o silicato de sódio (vidro líquido) ou carbonato de sódio (barrilha) para reduzir a viscosidade e melhorar a fluidez da mistura. Esses produtos químicos alteram as cargas elétricas das partículas de argila, fazendo com que elas se repilam e se dispersem, reduzindo a viscosidade da mistura.

O defloculante deve ser adicionado, gradualmente, em pequenas quantidades, geralmente entre 0,1% a 0,5% do peso total da mistura. Por exemplo, para cada 1000g de mistura (argila + água), adicione 1g a 5g de defloculante. O excesso pode causar o efeito contrário, aumentando a viscosidade e tornando a mistura instável.

A mistura deve ser agitada até que o defloculante seja completamente incorporado. A consistência da mistura deve ser observada, devendo ficar mais fluida, mas sem perder a densidade. Caso ainda esteja espessa, adicione mais defloculante, sempre em pequenas quantidades, evitando exceder 0,5% do peso total. Se a mistura ficar muito líquida, adicione mais argila/silte ou pigmento para equilibrar.

Após a mistura, a tinta deve ficar em repouso por algumas horas, permitindo que o defloculante atue completamente, estabilizando a mistura. Se houver impurezas ou partículas grandes na tinta, passe a mistura por uma peneira fina para obter uma textura mais homogênea.

2.21 Dispersão mecânica

A dispersão mecânica é um processo que utiliza agitação ou força física para dispersar as partículas de argila na tinta de solo, reduzindo a viscosidade e melhorando a fluidez da mistura. Esse método pode ser combinado com o uso de defloculantes químicos (como silicato de sódio ou carbonato de sódio) para obter resultados ainda mais eficientes.

A dispersão mecânica consiste em aplicar energia de agitação (por meio de misturadores, moinhos ou outros equipamentos) para quebrar aglomerados de partículas de argila e dispersá-las uniformemente na água. Isso reduz a atração entre as partículas, tornando a mistura mais fluida sem a necessidade de adicionar muita água. A agitação mecânica garante que as partículas de argila e pigmentos estejam uniformemente dispersas, resultando em uma tinta mais homogênea, diminuindo ou zerando a necessidade de defloculantes químicos. Dessa forma, obtém resultados semelhantes, como maior fluidez sem excesso de água, aplicação uniforme e melhor aderência.

Os equipamentos mais utilizados para dispersão mecânica são:

- **Misturadores de tinta:** Equipamentos elétricos com lâminas rotativas, ideais para pequenas e médias quantidades;
- **Dispensor Cowles:** Projetado para dispersar e triturar pigmentos e cargas em líquidos, promovendo a quebra de aglomerados e melhorando a finura da dispersão, agregando um melhor acabamento e estabilidade às misturas;
- **Moinhos de bolas:** Usados para quantidades maiores, eles moem e dispersam as partículas de argila/silte de maneira eficiente;
- **Batedeiras industriais:** Podem ser adaptadas para misturar tintas de terra em grande escala.

A dispersão mecânica usando agitadores do tipo coqueteleira é o método mais utilizado em rotina da maioria dos laboratórios de física do solo, pela facilidade e rapidez no processo. Os agitadores do tipo coqueteleira possuem alta rotação (10.000 a 12.000 rpm), numa operação com tempo variável entre 5 e 20 minutos (Embrapa, 1997).

Outro método muito utilizado é a dispersão mecânica com a agitação lenta de amostras de solos (26-60 rpm) em garrafas de Stholmann, com adição de abrasivos (Rodrigues, 2008).

Alguns solos, especialmente os mais argilosos e oxídicos, podem apresentar dificuldade na dispersão, sobretudo devido à presença de microagregados de alta estabilidade, formados na presença de agentes cimentantes como matéria orgânica e óxidos de Fe e Al (Ferreira *et al.*, 1999).

Em geral, esses microagregados resistem aos procedimentos realizados durante a fase de dispersão das partículas, podendo, após a dispersão, se constituírem em partículas com diâmetro equivalente ao das frações silte ou areia. A incompleta dispersão das partículas dos solos, associada à ineficiência dos procedimentos utilizados, reduz as estimativas da fração argila e, por consequência, superestima as frações silte e areia (Corá *et al.*, 2009).

Donagemma *et al.* (2003) observaram que mais de 50 % da fração silte dos Latossolos, especialmente os oxídicos, constituíram-se de pseudossilte, ou seja, microagregados que, por resistirem à dispersão, apresentaram tamanho equivalente ao da fração silte. A presença de pseudoareia também foi observada nos Latossolos estudados por esses autores. Esses erros experimentais, dependendo da magnitude, podem trazer sérias consequências em relação à modelagem de processos físicos, químicos e mecânicos do solo.

Ashford *et al.* (1972) observaram que o conteúdo de argila dispersa em água foi fortemente influenciado pela quantidade e pelo tamanho da fração areia dos solos. Areia média (0,5– 0,25 mm) e areia grossa (1,0–0,5 mm) apresentaram maior influência no resultado da argila dispersa em água. Para os solos que apresentaram 50 % de areia e 20 % de argila, a remoção da fração areia, antes do processo de dispersão mecânica, reduziu a argila dispersa em

água de 15 para 9 %. Esses autores relataram que a ação abrasiva da areia durante a agitação em água promoveu a quebra dos agregados.

Grohmann e Rajj (1977) avaliaram dois pré-tratamentos (ácido clorídrico e água oxigenada), dois dispersantes químicos (hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio) e dois processos de dispersão mecânica – agitação com alta rotação (12.000 rpm) por curto período de tempo (15 min) e agitação com baixa rotação (26 rpm) por longo período de tempo (24 h) com adição de

20 g de areia – na determinação dos teores de argila de três Latossolos argilosos.

Esses autores observaram que, independentemente dos pré-tratamentos e dispersantes químicos, os teores de argila foram sempre mais elevados e uniformes quando a dispersão foi realizada pelo método da agitação com baixa rotação e por longo período de tempo com adição de areia. Portanto, os autores concluíram que, no caso dos Latossolos estudados, a dispersão mecânica é a etapa mais importante da análise granulométrica.

Segundo Corá *et al.* (2009), a adição de 25 g de areia com diâmetro entre 1,0 e 0,5 mm, na fase de dispersão da análise granulométrica de solos argilosos, com altos teores de óxidos de Fe e com dificuldade de dispersão, é eficiente para promover uma efetiva dispersão das partículas primárias do solo.

Para misturar os componentes e dispersar as partículas do pigmento do solo, sugere o uso de misturadores de tinta convencionais, como o helicoidal e o dispersor Cowles, adaptados a uma furadeira, conforme os exemplos da **Figura 17**.



Figura 17 – Misturador de tinta helicoidal e dispersor Cowles adaptados à furadeira
Fonte: Cartilha eletrônica “Cores da Terra – produção de tintas com pigmentos de solos” (Carvalho *et al.*, 2021)

O misturador de tinta helicoidal é usado para misturar tintas, vernizes, adesivos, argamassas e outros produtos onde a uniformidade é essencial. Porém, ele não é capaz de dispersar e triturar em partículas menores.

Já o dispersor Cowles é projetado para dispersar e triturar pigmentos e cargas em líquidos, promovendo a quebra de aglomerados e melhorando a finura da dispersão, agregando um melhor acabamento e estabilidade às misturas.

Nas tintas feitas de solo, o dispersor Cowles tem um papel importante, triturando o pigmento em partículas menores, melhorando o seu desempenho, tanto em poder de cobertura, quanto em fixação e resistência.

Cardoso (2015) fez um teste para comparar o comportamento das partículas dos pigmentos de solo submetidas aos processos de mistura e dispersão com haste helicoidal e com o disco Cowles adaptado, conforme pode ser visto na **Figura 18**, onde três amostras de solos (B – branca, A – amarela e V – vermelha) foram dispersas em água, utilizando os métodos mecânicos através da haste helicoidal (método 1) e disco Cowles (método 2) e comparadas, lado a lado, imediatamente após a dispersão (imagem A) e 30 dias após a dispersão (imagem B).

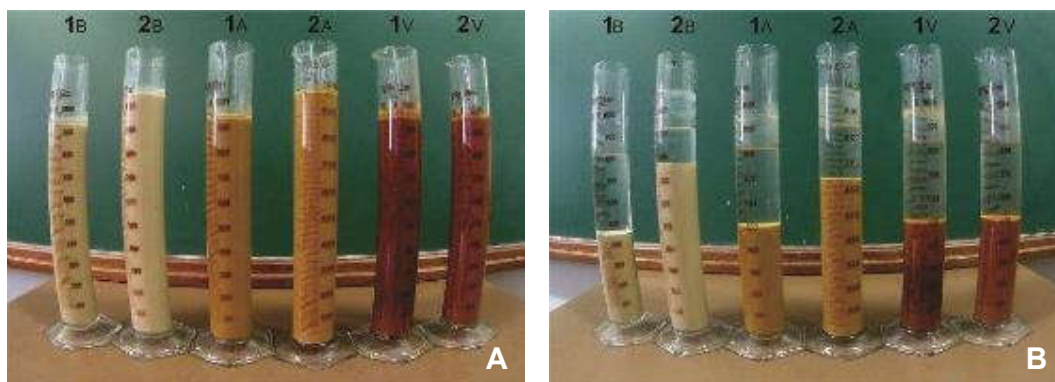


Figura 18 – Comparativo de dispersão com haste helicoidal e disco Cowles adaptado
Fonte: Cardoso, F. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UFV, 2015.

Como pode ser visto, quando comparadas as alturas das colunas, tanto imediatamente após a dispersão, quanto após 30 dias, as amostras que foram submetidas à dispersão com disco Cowles apresentaram uma maior dispersão

do material, com exceção da amostra V, que não apresentou diferença significativa. Portanto, o disco Cowles teve um melhor desempenho para promover a dispersão do material em comparação à haste helicoidal.

Após discutir os principais referenciais teóricos que sustentam esta pesquisa, no próximo capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do estudo.

3 ETAPAS METODOLÓGICAS DO PROCESSO



O presente estudo adotou uma abordagem metodológica sistemática e sequencial, fundamentada em etapas inter-relacionadas, visando à produção e avaliação de tintas à base de pigmentos do solo, com ênfase na sustentabilidade e aplicabilidade regional. A metodologia foi dividida em fases principais, compreendendo desde o levantamento teórico até a análise dos resultados, conforme detalhado a seguir. A opção por uma estratégia que integra pesquisa bibliográfica, trabalho de campo, experimentação laboratorial e atividades de extensão justifica-se pela natureza interdisciplinar do objeto de estudo, que envolve aspectos geográficos, pedológicos, tecnológicos e socioambientais.

3.1 Etapas Explicadas

1. **Revisão Bibliográfica:** Nesta etapa, realizou-se um levantamento bibliográfico abrangente da literatura nacional e internacional, com enfoque em geografia aplicada, etnopedologia, geodiversidade, sustentabilidade e áreas afins. Paralelamente, foi conduzida uma revisão específica sobre tintas naturais, pigmentos do solo, resinas, técnicas de preparo e aplicação. Essa etapa teve como objetivo

estabelecer os parâmetros técnicos fundamentais para a produção das tintas, identificar lacunas de conhecimento e contextualizar os potenciais benefícios socioambientais da técnica, servindo como base teórica para as demais fases da pesquisa.

2. **Levantamento e Mapeamento das áreas de coleta:** A identificação das áreas de interesse para coleta das amostras de solo foi conduzida mediante a integração de técnicas de Sistema de Informação Geográfica (GIS) e do conhecimento empírico local, incluindo o acervo do Projeto de extensão "Saberes da Terra", de responsabilidade do professora Mateus de Carvalho Martins, da Universidade Federal de São João del-Rei. O mapeamento priorizou solos com características cromáticas e granulométricas variadas no município de São João del-Rei e regiões adjacentes, considerando a geodiversidade local e a relevância cultural dos pigmentos.
3. **Coleta de Amostras:** A coleta das amostras de solo foi realizada de forma estratificada, contemplando diferentes profundidades (horizontes pedológicos) e posições no relevo. Esta etapa consistiu em fazer a coleta de diversos tipos de solos no município de São João del-Rei e entorno (municípios vizinhos), identificando os melhores tipos para produção de tinta e realizando um mapeamento das diversas cores encontradas. A coleta foi realizada em duas etapas, sendo a primeira com caráter exploratório, para obter amostras de diferentes tipos de solos para realização de testes. A segunda etapa destinou-se à coleta de amostras selecionadas para produzir maiores volumes de tinta. O trabalho em etapas evita a coleta de grandes volumes de solo que não são ideais para produzir tintas, economizando tempo e trabalho, além de reduzir impactos no meio ambiente. Para realizar os testes, foram coletadas pequenas amostras de solos, com volumes de aproximadamente 3 litros, em diferentes localidades e posições do relevo. Isso permitiu a obtenção de amostras com diferentes cores e composições granulométricas. Após o

resultado dos testes, foi possível definir as amostras definitivas, consideradas ideais para produção de tinta, que, em seguida, foram coletadas para produção de maior volume.

4. **Processamento e Caracterização Física dos solos:** Posteriormente à coleta, as amostras foram submetidas a um processo de preparação que consistiu em: Secagem - Realizada ao ar livre, em ambiente protegido, para evitar contaminação; Destorroamento e Trituração - Quebra dos torrões secos com auxílio de martelo e Peneiramento - Passagem do material triturado em peneira com malha de 1,4 mm (número 12) para obtenção de um pigmento fino e homogêneo. Para caracterizar fisicamente e obter a granulometria dos solos coletados, foram empregados tanto testes expeditos (rápidos e de baixo custo) quanto análises laboratoriais padrão.
5. **Formulação das Tintas:** Foram testados diferentes ligantes (resinas) e aditivos (dependendo da aplicação) comumente utilizados em tintas de solo, buscando-se formulações acessíveis, de baixo impacto e com bom desempenho. As resinas estudadas incluíram: PVA (Acetato de Polivinila), cola branca comum, grude (amido de milho ou goma de tapioca cozidos em água), cal hidratada (hidróxido de cálcio). Diferentes proporções de solo, resina e água foram testadas e avaliadas empiricamente quanto à facilidade de mistura, viscosidade, homogeneidade e aspecto final.
6. **Testes:** Avaliação de propriedades (cobertura, aderência e durabilidade); Resistência à água; Comparação com tintas comerciais. Esta etapa consistiu em fazer um estudo sobre a aplicação da tinta de solo produzida em função da estética, facilidade de distribuição, higiene, além de avaliar a cor, aderência, capacidade do pigmento de cobrir o substrato e sua resistência à abrasão e intempéries.

7. **Análise e Mapeamento dos Resultados:** Tabelas e quadros comparativos de desempenho (ex.: viscosidade, tonalidade); Mapeamento de correlações (ex.: tipo de solo × qualidade da tinta); Identificação de solos mais viáveis. Também foi realizada a difusão da técnica de produção de tinta à base de solos à comunidade em forma de oficinas gratuitas, com estudos de casos.
8. **Oficinas Teórico-Práticas:** As oficinas, realizadas no âmbito do Programa Saberes da Terra, programa de extensão da Universidade Federal de São João del-Rei, coordenado pelo Prof. Mateus de Carvalho Martins, tiveram como objetivo resgatar e valorizar técnicas tradicionais, promovendo práticas de educação alternativa e sustentabilidade junto à comunidade. Essas atividades buscaram fortalecer saberes locais, estimular a experimentação e reforçar a importância do patrimônio cultural e construtivo regional. Maiores detalhes sobre as oficinas serão apresentados em capítulo específico mais adiante.
9. **Conclusões e Otimização:** Ajuste de fórmulas ou processos; Propostas para aplicações específicas. Discussão sobre as contribuições e relevância do estudo, conclusões finais.

A seguir, serão apresentados, detalhadamente, cada etapa do processo, os materiais e os métodos utilizados neste estudo.

3.2. Seleção e coleta de solo

A fase de seleção e coleta das amostras do solo é de extrema importância, já que influencia na qualidade da tinta e, além disso, representa uma etapa que carece de grande atenção para com o meio-ambiente.

No contexto brasileiro, duas obras de referência se destacam como pilares para a condução de trabalhos de campo: o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo, elaborado pela Embrapa (Santos *et al.*, 2005), e o Manual Técnico de Pedologia (3ª edição), publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia

e Estatística – IBGE (2015). A análise conjunta destes manuais revela complementaridades essenciais para a consolidação de uma prática pedológica robusta no país.

O manual de Santos et al. (2005) configura-se como um guia eminentemente prático e operacional, focado na padronização das atividades diretas de campo. Sua principal contribuição reside na “sistematização minuciosa dos procedimentos de abertura de trincheiras e coletas de amostras” (Santos *et al.*, 2005, p. 15), estabelecendo protocolos claros para a descrição morfológica dos horizontes. O documento detalha critérios para a avaliação de atributos como cor (utilizando a tabela de Munsell), estrutura, consistência, cerosidade, atividade de argila e presença de cerosidade, concedendo especial atenção à descrição de horizontes coesos e plínticos, comuns em solos de regiões tropicais úmidas. Essa padronização é crucial, pois, conforme assinalam os autores, “a descrição morfológica é a base para toda a interpretação subsequente da paisagem e do solo” (Santos *et al.*, 2005, p. 27). A obra serve, portanto, como um protocolo essencial para a geração de dados primários confiáveis.

Em contrapartida, o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2015) assume um escopo mais amplo e integrador, situando a prática de campo dentro do contexto mais abrangente do mapeamento pedológico e da cartografia de solos. Mais do que um guia de procedimentos, o manual “visa à padronização conceitual e à operacionalização das atividades do levantamento pedológico sistemático” (IBGE, 2015, p. 17). Ele avança sobre temas como a relação solo-paisagem, a definição de unidades de mapeamento, a estratégia de amostragem em diferentes escalas e a elaboração de legendas cartográficas. A obra incorpora a evolução do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) e discute a integração de técnicas, como o uso de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (GIS) no apoio ao trabalho de campo. Nesse sentido, o manual do IBGE fornece a estrutura conceitual e metodológica dentro da qual os procedimentos detalhados por Santos *et al.* (2005) são aplicados.

A sinergia entre as duas obras é evidente e desejável. Enquanto Santos *et al.* (2005) respondem ao “como fazer” com precisão técnica, o IBGE (2015) contextualiza o “porquê” e o “para quê” da coleta de dados, orientando sua aplicação na geração de informação geoespacial. Por exemplo, a correta identificação e descrição de um horizonte B latossólico, seguindo os critérios minuciosos do primeiro manual, fornece os atributos necessários para sua classificação no SiBCS, que, por sua vez, subsidia a delimitação de uma unidade de mapeamento conforme as diretrizes do segundo manual. Essa integração é fundamental para a produção de levantamentos pedológicos confiáveis, que são, nas palavras do IBGE (2015, p. 25), “instrumentos basilares para o planejamento territorial e a gestão sustentável dos recursos naturais”.

Diante disso, o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos *et al.*, 2005) e o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015) representam contribuições metodológicas complementares e indispensáveis para a pesquisa pedológica brasileira. A primeira obra consolida a padronização técnica no ponto de observação, garantindo a qualidade do dado primário. A segunda amplia a perspectiva, integrando a observação de campo ao processo cartográfico e ao entendimento da paisagem. A adoção conjunta de seus preceitos, adaptando-os aos objetivos específicos de cada investigação, constitui-se em uma prática recomendada para assegurar o rigor científico, a comparabilidade nacional e a aplicabilidade dos estudos de solos no Brasil, reforçando a importância da pedologia para o enfrentamento de desafios contemporâneos ligados ao uso e conservação da terra.

3.2.1 Metodologia das coletas das amostras

Neste trabalho, para uma análise mais completa, foram selecionadas amostras dos principais tipos de solos encontrados no município de São João del-Rei e entorno (municípios vizinhos), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 2018), considerando a

geodiversidade de solos, tradições culturais e o histórico dos pigmentos coletados nas principais pesquisas e trabalhos realizados com o propósito.

Os solos foram coletados seguindo os devidos cuidado para evitar qualquer tipo de degradação ambiental e também para evitar contaminação das amostras (**Figura 19**).



Figura 19 – Coleta das amostras dos solos
Fonte: autor

A coleta das amostras foi conduzida com base em critérios de acessibilidade e representatividade dos materiais, priorizando afloramentos naturais como taludes, barrancos e cortes rodoviários, tanto no perímetro urbano quanto no meio rural do município. Essa estratégia visa acessar horizontes pedológicos expostos e pouco revolvidos, conforme recomendado para a caracterização de atributos do solo natural (Santos *et al.*, 2015). A operação empregou o conjunto de instrumentos específicos apresentado na **Figura 20**, incluindo pás, enxada e trados, adequados para a coleta de material em diferentes condições.

Cada amostra, com volume aproximado de 3 litros, foi acondicionada em sacos plásticos inertes e identificados de forma individualizada. O sistema de identificação seguiu um protocolo que registrou um código numérico sequencial, a descrição preliminar do tipo de solo, o horizonte de coleta (A, B, C) e a data. O fechamento e a organização dos sacos foram realizados com fita adesiva

Paralelamente à coleta física, procedeu-se ao registro sistemático das coordenadas geográficas de cada ponto amostral, utilizando um aparelho de *Global Positioning System* (GPS) de navegação. Este procedimento geoespacial é fundamental para a construção do banco de dados georreferenciado, permitindo a espacialização das fontes de pigmento, a análise de sua distribuição territorial e a futura replicabilidade das coletas (Fitz, 2008). A integração entre a amostra física e sua localização precisa constitui a base para o mapeamento e a catalogação que fundamentam esta pesquisa.

A collection of line drawings of various tools and materials. The tools include a pair of scissors, a hammer, a saw, a shovel, a pickaxe, and another hammer. The materials include a ball of yarn and a piece of fabric. The drawings are arranged in a circular pattern around the central text.

Na primeira etapa, realizadas nos meses de setembro e outubro de 2024, buscou-se por coletar amostras dos tipos de solos mais comuns encontrados na região, preferencialmente com características bem distintas, para verificar a interferência dessas características no resultado da produção de tinta. Nessa etapa, não foram coletadas apenas amostras do horizonte B, mesmo sabendo que é nesse horizonte que são encontrados os solos mais adequados para

produção de tinta, geralmente compostos, em sua maioria, por argila/silte. Com isso foi possível ter comparativo das características e composição dos diversos tipos de solos, em seus diferentes horizontes.

A primeira coleta foi realizada no município de Lagoa Dourada-MG, em um solo do tipo Argissolo, de cor vermelha escura, onde foram extraídas amostras dos horizontes A, BT1 e BT2. Essas amostras foram catalogadas e numeradas como amostras 1.1, 1.2 e 1.3, respectivamente.

A segunda coleta foi realizada no município de Prados-MG, em um solo do tipo Neossolo regolítico, de cor rosada, onde foi extraída apenas uma amostra do único horizonte identificado, o horizonte C (amostra 2.1).

A terceira coleta também foi realizada no município de Prados-MG. Um solo do tipo Latossolo, de cor vermelha, onde foram extraídas amostras dos horizontes A, AB, BW1 e BW2, catalogadas como amostras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4, respectivamente.

A quarta coleta foi realizada no município de São João del-Rei, na Serra de São José, na divisa com o município de Tiradentes-MG, em um solo do tipo Neossolo quartzarênico, de cor bruna. Nessa coleta foram extraídas duas amostras dos horizontes A e C, catalogadas como amostras 4.1 e 4.2.

A quinta coleta foi realizada próximo a coleta anterior, mas já no município de Tiradentes-MG (Serra de São José), em solo também do tipo Neossolo quartzarênico, porém de cor branca e textura bem diferente. Foi extraída apenas uma amostra do único horizonte identificado, o horizonte C (amostra 5.1).

A sexta coleta também foi realizada no município de Tiradentes-MG (Serra de São José), em um solo do tipo Nitossolo, de cor vermelha, onde foram extraídas amostras dos horizontes A, BTN1 e BTN2, catalogadas como amostras 6.1, 6.2, e 6.3, respectivamente.

A sétima coleta foi realizada no município de São João del-Rei-MG, no bairro Solar da Serra, em um solo do tipo Filito grafitoso, de cor cinza, onde foi extraída apenas uma amostra do único horizonte identificado, o horizonte C (amostra 7.1).

Finalizando essa etapa de coletas, as amostras foram levadas ao Laboratório de Materiais e Técnicas de Construção, do Departamento de Arquitetura e Urbanismos e Artes Aplicadas, da UFSJ, onde foram processadas e preparadas para os primeiros testes. Nessa etapa de preparação foi realizada a secagem ao ar livre, tomando os devidos cuidados para que não haja contaminação do material e qualquer tipo de interferência externa. Em seguida os materiais foram triturados e peneirados em peneira fina, tamanho de malha 12 (1,4mm), obtendo, assim, o pigmento do solo em pó.

Com as amostras devidamente preparadas, foram realizados testes táteis-visuais para identificar suas propriedades físicas e estruturais. Os resultados desses testes serviram de parâmetro para as coletas da segunda etapa.

A segunda etapa da coleta de amostras de solo, executada entre janeiro e fevereiro de 2025, caracterizou-se por um refinamento dos critérios de seleção e coleta, mantendo, contudo, os protocolos básicos de acessibilidade e diversificação espacial estabelecidos na fase exploratória inicial. Prosseguiu-se com a coleta em afloramentos como barrancos e encostas, abrangendo diferentes setores do município de São João del-Rei e de municípios limítrofes na região do Campo das Vertentes. O diferencial metodológico desta fase consistiu na seletividade direcionada ao horizonte B dos perfis de solo. Esta opção fundamenta-se no princípio de que o horizonte B, conforme constatado nos principais estudos, apresenta maior concentração de argila e silte e, dessa forma, possui as características de ser mais adequado para a produção de tinta.

Os procedimentos operacionais de coleta, utilizando o instrumental apresentado na **Figura 20**, e de acondicionamento, sendo armazenados em sacos plásticos identificados com volume de aproximadamente 3 litros, seguiram os mesmos padrões de controle de qualidade descritos anteriormente, assegurando a rastreabilidade e a integridade das amostras

De acordo com Lepsch (2010, p.41), é possível estimar a classe de textura do solo por meio do tato, friccionando-se uma amostra úmida do material entre os dedos: os solos que contêm maior quantidade de areia, consistem em uma

pasta sem consistência que não forma “pequenos rolos” e a sensação é de atrito, áspera e pouco pegajosa; já os solos que apresentam maior quantidade de argila, formam rolos que “podem ser dobrados em argolas”, e a impressão é de suavidade e pegajosidade; quando há predominância de silte, o material “forma rolos com dificuldade que são muito quebradiços”, e a sensação é sedosa, semelhante ao talco em pó.

Dessa forma, para facilitar a identificação dos solos argilosos e siltosos nos trabalhos de coleta, foi utilizado o método para determinação da textura pelo tato em campo, conforme explicado com mais detalhes no subcapítulo seguinte (3.3.2). Assim, foram coletadas apenas amostras de solos compostos, na sua maioria, por argila ou silte, dispensando da coleta os solos que apresentavam uma textura mais arenosa.

Na segunda etapa, a pesquisa adotou uma abordagem etnopedológica como estratégia metodológica. Para tanto, estabeleceu-se um diálogo sistemático com moradores e artesãos da região, visando identificar e mapear pontos de coleta de solos tradicionalmente empregados na confecção de tintas, rebocos e outros acabamentos vernaculares. Este procedimento não apenas otimizou o trabalho de campo, direcionando a coleta para fontes de reconhecida aptidão prática, mas, sobretudo, legitimou e incorporou os saberes tradicionais ao repertório da investigação científica. Tal integração operacionaliza o princípio etnopedológico de que o conhecimento local, gestado pela experiência acumulada e pela interação prática com o ambiente, constitui uma fonte primária e válida de informação sobre os recursos edáficos (Muggler; Pinto Sobrinho; Machado, 2005). Dessa forma, o método empregado transcendeu a mera extração de matéria-prima, configurando-se como um ato de reconhecimento e valorização do patrimônio imaterial associado aos solos da região, reforçando a dimensão sociocultural inerente ao uso sustentável dos recursos do território.

Complementarmente, o mapeamento dos pontos de coleta foi fundamentado e ampliado mediante a consulta sistemática ao acervo documental do projeto de extensão universitária “Saberes da Terra”. Sob a coordenação do Prof. Dr. Mateus de Carvalho Martins (UFSJ), com execução

técnica da bolsista Roberta Andrade, este projeto constitui um repositório georreferenciado de amostras de solos da região, associando a cada material coletado suas respectivas coordenadas geográficas e descrições contextuais. A integração desse banco de dados pré-existente à etapa de coleta de amostras desta pesquisa permitiu uma triangulação de fontes de informação, conferindo maior robustez e abrangência espacial ao levantamento. A síntese dos pontos de coleta, incluindo aqueles herdados do referido projeto, é apresentada no **Quadro 1**.

 01 Prados S 21°01'43.2" WO 44°06'24.3" 1030m	 02 Prados S 21°01'45.7" WO 44°06'10.3" 1018m	 03 Prados S 21°01'45.8" WO 44°06'10.5" 1024m	 04 Prados S 21°01'45.8" WO 44°06'10.5" 1026m	 05 Prados S 21°01'45.8" WO 44°06'10.7" 1024m	 06 Prados S 21°02'40.1" WO 44°04'00.0" 1103m	 07 Prados S 21°02'40.3" WO 44°03'58.6" 1109m	 08 Prados S 21°01'47.6" WO 44°06'38.6" 1044m	 09 Prados S 21°01'48.2" WO 44°06'48.1" 1051m	 10 Vitoriano Veloso S 21°04'47.7" WO 44°07'04.8" 1027m
 11 Vitoriano Veloso S 21°04'48.6" WO 44°07'06.6" 1024m	 12 Vitoriano Veloso S 21°04'48.8" WO 44°07'05.4" 1021m	 13 Vitoriano Veloso S 21°04'49.3" WO 44°07'05.4" 1024m	 14 Vitoriano Veloso S 21°04'51.7" WO 44°07'06.2" 983m	 15 Vitoriano Veloso S 21°04'52.6" WO 44°07'10.1" 980m	 16 Vitoriano Veloso S 21°04'52.5" WO 44°07'10.1" 979m	 17 Vitoriano Veloso S 21°04'58.5" WO 44°07'13.8" 960m	 18 Vitoriano Veloso S 21°05'22.0" WO 44°08'35.7" 1037m	 19 Nazareno S 21°14'03.3" WO 44°33'01.6" 972m	 20 Prados S 21°02'43.6" WO 44°07'58.8" 1062m
 21 Prados S 21°02'43.7" WO 44°07'58.6" 1064m	 22 Prados S 21°02'43.5" WO 44°07'59.3" 1055m	 23 São João del-Rei S 21°08'04.6" WO 44°16'39.3" 946m	 24 São João del-Rei S 21°08'04.6" WO 44°16'39.3" 946m	 25 São João del-Rei S 21°08'00.0" WO 44°16'46.9" 944m	 26 São João del-Rei S 21°08'00.5" WO 44°16'45.6" 956m	 27 São João del-Rei S 21°08'01.2" WO 44°16'47.5" 940m	 28 São João del-Rei S 21°06'07.2" WO 44°15'48.0" 968m	 29 São João del-Rei S 21°06'07.2" WO 44°15'48.0" 968m	 30 São João del-Rei S 21°06'07.2" WO 44°15'48.0" 968m
 31 Prados S 21°01'55.6" WO 44°05'56.5" 1018m	 32 Prados S 21°02'24.9" WO 44°04'49.8" 1102m	 33 Prados S 21°02'26.1" WO 44°04'58.3" 1140m	 34 Prados S 21°02'26.0" WO 44°04'58.3" 1140m	 35 Prados S 21°02'26.5" WO 44°04'58.8" 1140m	 36 Prados S 21°02'26.1" WO 44°04'58.5" 1142m	 37 Prados S 21°02'26.4" WO 44°04'58.9" 1138m	 38 Nazareno S 21°14'04.3" WO 44°33'04.0" 967m	 39 Nazareno S 21°14'04.3" WO 44°33'04.0" 967m	 40 Nazareno S 21°14'04.2" WO 44°33'03.7" 965m
 41 Nazareno S 21°14'03.8" WO 44°33'03.2" 965m	 42 Nazareno S 21°14'03.9" WO 44°33'02.4" 972m	 43 Nazareno S 21°14'03.0" WO 44°33'02.7" 963m	 44 Nazareno S 21°14'02.7" WO 44°33'02.5" 968m	 45 Nazareno S 21°14'02.4" WO 44°33'02.4" 971m	 46 Nazareno S 21°14'02.1" WO 44°33'03.3" 972m	 47 Nazareno S 21°14'02.4" WO 44°33'03.7" 969m	 48 Nazareno S 21°14'03.3" WO 44°33'01.6" 972m	 49 Nazareno S 21°14'03.3" WO 44°33'01.6" 972m	 50 Nazareno S 21°14'03.2" WO 44°33'01.6" 974m

Quadro 1 – amostras coletadas pelo Programa Saberes da Terra
Fonte: Martins; Andrade, 2016 – Projeto de pesquisa: Saberes da Terra - Tons do Solos

Seguindo o objetivo de coletar apenas amostras de solos argilosos e/ou siltosos apenas do horizonte B, foi realizada a oitava coleta no município de São João del-Rei, bairro Solar da Serra, em um solo do tipo Gleissolo melânico, de cor cinza escura, catalogada como amostra 8.1.

A nona coleta (amostra 9.1) foi realizada no município de São João del-Rei, na Serra do Lenheiro, em um solo do Neossolo flúvico, de cor bruna clara.

A décima coleta (amostra 10.1) foi realizada no município de São João del-Rei, no bairro Colônia do Bengo, em um solo do tipo Latossolo, de cor vermelha.

A décima primeira coleta (amostra 11.1) foi realizada no município de São João del-Rei, também na Serra do Lenheiro, em um solo do tipo Argissolo, de cor amarela.

A décima segunda coleta (amostra 12.1) foi realizada no município de São João del-Rei, no bairro Solar da Serra, em um solo do tipo Luvisolo-crômico, de cor amarelada-avermelhada (mostarda).

A décima terceira coleta (amostra 13.1) foi realizada no município de São João del-Rei, na Serra do Lenheiro, em um solo do tipo Latossolo, de cor vermelha-rosada.

A décima quarta coleta (amostra 14.1) foi realizada no município de São João del-Rei, no bairro Solar da Serra, em um solo do tipo Neossolo flúvico, de cor amarela escura.

A décima quinta coleta (amostra 15.1) foi realizada no município de São João del-Rei, no bairro Cidade Verde, em um solo do tipo Nitossolo, de cor vermelha escura.

As amostras da segunda etapa também foram levadas ao Laboratório de Materiais e Técnicas de Construção, do Departamento de Arquitetura e Urbanismos e Artes Aplicadas, da UFSJ, onde também foram realizados os devidos processos de preparação. Novamente foi realizada a secagem ao ar livre, tomando os devidos cuidados para que não haja contaminação do material e qualquer tipo de interferência externa. Em seguida os materiais foram triturados

e peneirados em peneira fina, tamanho de malha 12 (1,4mm), obtendo o pigmento do solo em pó.

Dessa forma, foram finalizadas as etapas de coleta de amostras, totalizando 23 (vinte e três) amostras de 15 (quinze) solos de diversos tipos, consolidando um material importante e suficiente para as análises e testes seguintes. A sistematização dos dados de campo é uma etapa crucial para garantir a rastreabilidade das amostras e fornecer o contexto geográfico e pedogenético necessário à interpretação dos resultados analíticos subsequentes.

A Tabela 7, apresentada a seguir, sintetiza de forma organizada toda a informação pertinente às quinze coletas realizadas. Ela foi estruturada para permitir uma visão integrada dos seguintes atributos-chave: a localização geográfica (município e, quando aplicável, localidade específica); a classificação do solo conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS); a descrição macroscópica da cor, um atributo morfológico fundamental; os horizontes diagnósticos amostrados, que refletem os processos pedogenéticos atuantes; e o código único atribuído a cada amostra, essencial para sua identificação ao longo de todas as etapas laboratoriais e analíticas.

Coleta	Município	Tipo de Solo	Cor	Horizonte(s)	Amostra(s)
1	Lagoa Dourada-MG	Argissolo	Vermelha escura	A, BT1, BT2	1.1, 1.2, 1.3
2	Prados-MG	Neossolo Regolítico	Rosada	C	2.1
3	Prados-MG	Latossolo	Vermelha	A, AB, BW1, BW2	3.1, 3.2, 3.3, 3.4
4	São João del-Rei-MG	Neossolo Quartzarênico	Bruna	A, C	4.1, 4.2
5	Tiradentes-MG	Neossolo Quartzarênico	Branca	C	5.1

Coleta	Município	Tipo de Solo	Cor	Horizonte(s)	Amostra(s)
6	Tiradentes-MG	Nitossolo	Vermelha	A, BTN1, BTN2	6.1, 6.2, 6.3
7	São João del-Rei-MG	Filito Grafitoso	Cinza	C	7.1
8	São João del-Rei-MG	Gleissolo melânico	Cinca escura	B	8.1
9	São João del-Rei-MG	Neossolo Flúvico	Bruna clara	B	9.1
10	São João del-Rei-MG	Latossolo	Vermelha	B	10.1
11	São João del-Rei-MG	Argissolo	Amarela	B	11.1
12	São João del-Rei-MG	Luvissolo Crômico	Amarelada-avermelhada (mostarda)	B	12.1
13	São João del-Rei-MG	Latossolo	Vermelha-rosada	B	13.1
14	São João del-Rei-MG	Neossolo Flúvico	Amarela escura	B	14.1
15	São João del-Rei-MG	Nitossolo	Vermelha escura	B	15.1

Tabela 7 – Síntese da campanha de coleta de amostras de solos
Fonte: Autor

A Figura 21 apresenta as amostras de solos (uma amostra de cada coleta) selecionadas para os principais testes, tanto tácteis-visuais (expeditos) como para a análise de granulometria realizada no Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Através dessas imagens é possível ter uma noção da diversidade de cores e tons dos solos coletados.



Figura 21 – Amostras dos solos selecionadas para o teste de granulometria (uma amostra de cada coleta realizada) - Fonte: autor

3.2.2 Método para determinação da textura pelo tato em campo

Para facilitar a identificação do solo ideal para a produção da tinta, pode ser realizado um método para determinar a textura do solo, fator fundamental para ter uma noção da percentagem de areia, silte e argila. Por ser um método prático, pode ser realizado no campo, no momento da coleta do material, evitando a coleta de um solo não ideal, conforme apresentado na **Figura 22**.

A primeira e mais crítica etapa no método da textura pelo tato é amassar uma amostra de solo úmido do tamanho de uma noz, até formar uma massa com consistência uniforme, adicionando água lentamente se necessário. O solo deve estar úmido, mas não muito brilhante. Enquanto comprime e amassa a amostra, é importante observar sua maleabilidade, pegajosidade e resistência, propriedades associadas com o conteúdo de argila. Um alto conteúdo de silte se traduz numa sensação de maciez e sedosidade, com pouca pegajosidade ou resistência à deformação. Um solo com um conteúdo significativo de areia apresenta sensação de aspereza e faz um rangido quando próximo ao ouvido.

Sinta a quantidade de argila através da compressão de uma massa de solo devidamente úmida entre o polegar e o indicador, fazendo um “fio” de solo.

Faça um “fio” tão longo quanto possível, até que este se quebre com o próprio peso.

Interprete suas observações com os seguintes itens:

1. O solo não adere como uma esfera, desfazendo-se: areia.
2. O solo forma uma esfera, mas não formará um fio: franco-arenosa
3. Fio do solo é friável, quebra-se quando está com menos de 2,5cm de extensão, e:
 - Rangido é audível; sensação de aspereza: franco-arenosa.
 - Maciez, sensação de sedosidade; não consegue ouvir o rangido: franco-siltosa.
 - Ligeiramente ásperos e sedosos, rangido não claramente audível: franco.
4. Solo exibe moderada pegajosidade e firmeza, formando fios alongados de 2,5 a 5 cm, e:
 - Rangido audível; sensação de aspereza: franco-argilo-arenosa.
 - Maciez, sensação de sedosidade; rangido não audível: franco- argilo-siltosa.
 - Ligeiramente ásperos e sedosos, rangido não claramente audível: franco-argilosa.
5. Solo exibe pegajosidade e firmeza dominante, forma fios maiores que 5 cm, e:
 - Rangido é audível; sensação de aspereza: argilo-arenosa.
 - Maciez, sensação de sedosidade; rangido não audível: argilo-siltosa.
 - Ligeiramente ásperos e sedosos, rangido não claramente audível: argila.

Uma melhor estimativa do conteúdo de areia (e, por isso, disposição mais precisa na dimensão horizontal do triângulo de classes texturais) pode ser obtida através do umedecimento, na palma da mão, de um agregado de solo do tamanho de uma ervilha, trabalhando ele entre os dedos até que a palma da sua mão fique coberta com um caldo de materiais provenientes do solo. Os grãos de

areia permanecerão completamente visíveis e seu volume comparado à ervilha original poderá ser estimado, assim como o tamanho relativo de suas partículas.



Figura 22 – Método para determinação da textura do solo
Foto: Sheila R. Weil – Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/> (Apostila Arquitetura e propriedades físicas dos solos)

3.3 Processamento e caracterização física dos solos

Primeiramente, antes da realização dos testes e análises, as amostras de solo passaram por um processo de preparação, que consistia em destorroar solo seco com martelos, pilão ou outros equipamentos e, em seguida, fazer o peneiramento com uma peneira, a fim de separar o material desejado, obtendo um solo bastante fino, homogêneo e uniforme, que são os pigmentos do solo.

Essa preparação é essencial e muito importante para os resultados. Preparado o solo, resultando em um pó fino e uniforme. De acordo com Anôr de Carvalho (2009, p.5): “quanto mais finas as partículas, maior o poder de pigmentação, ou seja, maior a capacidade de dar cor e aderir às superfícies”.

Nesse caso, pode-se concluir que as melhores tintas serão produzidas com solo siltoso ou argiloso. Os solos mais arenosos não são adequados para tintas, mas podem ser utilizados para aplicação de texturas.

Através desta etapa pretende-se fazer os testes das amostras coletadas e o preparo do solo para a produção de tintas. O solo é constituído principalmente por matéria orgânica, areia, silte, argila, entre outros, que variam em forma e tamanho. A argila é a porção que apresenta a menor granulometria, o silte intermediário e areia a maior. Solos com maior proporção de silte, em

pesquisas recentes, tem se mostrado uma melhor propriedade e característica para a produção de tintas de boa qualidade.

3.3.1 Testes e análises das amostras

Para realizar os testes é importante que as amostras estejam secas, destorroadas, livres de contaminações e devidamente identificadas. Para a produção de boas tintas, o ideal é utilizar partículas mais finas, que possuem maior poder de pigmentação.

Segundo análise de um grupo de pesquisa do Departamento de Solos da UFV (Universidade Federal de Viçosa), é provável que a parte siltosa seja a principal controladora da viscosidade das suspensões do solo. Eles observaram que os solos argilosos geram problemas de espalhamento da tinta. Já com solos siltsos, não foram encontrados problemas em nenhuma das etapas de preparação, aplicação e durabilidade das tintas produzidas (Campos, 2012 *apud* Fontes, *et al.*, 2013).

Para, então, identificar a variação da quantidade desses elementos em cada tipo de solo, foi necessário realizar alguns testes tácteis-visuais ou testes expeditos, conforme descritos a seguir.

3.3.2 Testes expeditos

Com base nas pesquisas e estudos, sabe-se que o solo para ser considerado adequado para produção de tinta é necessário ser composto, na sua maioria, por argila e principalmente silte, que tem se mostrado possuir as melhores características e propriedades para a produção de tintas de boa qualidade. Existem vários métodos para se descobrir a granulometria e proporção dos componentes dos solos, desde os mais complexos, feitos em laboratórios, que chegam a resultados mais precisos, a testes simples, que podem ser feitos com poucos recursos, mas que chegam a resultados bem próximos. Estes últimos costumam serem chamados de métodos expeditos. A palavra “expedito”, originada do latim *expeditus*, significa: que tem facilidade

para desenvolver tarefa(s) e/ou para solucionar problemas com rapidez; diligente.

Portanto, os métodos expeditos podem ser considerados como experimentos para solucionar uma questão de forma ágil e simples, com baixo custo, ou sem custo algum, mas que chega a um resultado aceitável. Como a intenção dessa pesquisa é proporcionar métodos acessíveis a todos, pretende-se abordar alguns testes feitos em laboratórios e, como alternativas, alguns testes expeditos. Assim, os resultados podem ser comparados, avaliando o quão próximo dos testes laboratoriais, os testes expeditos podem chegar e se interferem de forma significativa na produção de tintas de qualidade.

Todos os testes expeditos deste trabalho foram realizados no Laboratório de Materiais e Técnicas de Construção, do Departamento de Arquitetura e Urbanismos e Artes Aplicadas, da UFSJ, que possui equipamentos que facilitam os processos e garantem controle e qualidade, evitando interferências indesejadas, como estufa de secagem, balanças de precisão e agitador de peneiras.

Nesses testes expeditos são utilizadas análises táteis-visuais para identificar as principais características, identificando, assim, os tipos de solos predominantes.

Como pretende-se identificar os solos que possuem maior quantidade de argila e silte em sua composição, é necessário, primeiramente, identificar as características desses solos através das análises táteis-visuais.

A identificação tátil-visual de um solo ideal envolve a observação de características específicas que diferenciam esse tipo de solo de outros, como solos arenosos.

3.3.2.1 Ensaio de Impacto da Bola

Constituiu-se na liberação controlada de uma esfera com diâmetro aproximado de 3cm, confeccionada com a própria amostra, soltando-a de uma altura de 1 metro. A observação das deformações resultantes permite inferir detalhes sobre a densidade e resistência do solo, observando aspectos de espalhamento em função do tipo de solo analisado. Dessa forma, pode-se identificar o tipo de solo avaliando a forma de seu espalhamento:

- Terras arenosas se espalham desagregando-se;
- Terras argilosas se espalham menos e com maior coesão.

A **Figura 23** apresenta um exemplo de teste de bola realizado com dois solos diferentes, argiloso e arenoso.



Figura 23 – Teste da queda da bola: aspectos do espalhamento, em função do tipo de solo (argilosa, à esquerda e arenosa à direita)

Fonte: Carlos Alberto Mosquini – Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA.

Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em 06/12/2024

3.3.3.2 Teste do vidro (sedimentação)

Este teste é fundamentado na sedimentação diferenciada de acordo com a constituição do solo (**Figura 24**) e consiste em colocar uma porção da amostra do solo, já preparado (seco, destorroado e peneirado), em um vidro cilíndrico, liso e transparente, até cerca de 1/3 de sua altura. O próximo passo é adicionar água até 2/3 da altura do vidro, acrescentando uma quantidade de sal de cozinha

(cloreto de sódio). O sal ajuda a separar as partículas de argila. Em seguida, deve-se tapar bem o vidro e agitar vigorosamente a mistura, por cerca de um minuto, para a dispersão do solo na água. A mistura deve ficar em repouso por 1 hora e, em seguida, realizar uma nova agitação. O vidro com a amostra deve ficar em repouso, sobre uma superfície plana e horizontal, por algumas horas. Cada um dos componentes do solo irá decantar em tempos diferentes, formando distintas camadas, que podem ser visualizadas. A areia decanta primeiro, por ser as partículas mais pesadas, seguida pelo silte e, por último, pela argila. Quando a água estiver limpa, pode realizar a medição da altura das distintas camadas, calculando assim a proporção de cada componente.



Figura 24 – Teste do vidro de sedimentação
Foto: autor

3.3.3.3 Experimento do Cordão

O solo deve ser manuseado de forma a criar um cordão com diâmetro aproximadamente de 3 mm. Posteriormente, uma bola deve ser moldada e submetida à aplicação de pressão, permitindo avaliar a coesão e plasticidade do solo. O primeiro passo é pegar uma porção da amostra de solo seca e adicionar água até que, rolando sobre uma superfície lisa e plana, seja possível formar um cordão que se rompa com 3 mm de diâmetro. O segundo passo é formar uma bola nessa mesma umidade e verificar a força necessária para esmagá-la entre

o polegar e o indicador (**Figura 25**). Com este experimento, pode-se chegar as seguintes conclusões apresentadas na **Tabela 8**:

Tipo de cordão	Ruptura da bola	Classificação e interpretação
Duro	Só se pode quebrar a bola com muito esforço ou não se quebra	Grande quantidade de argila; Alta plasticidade
Suave	Pouco resistente. Fissura e esmigalha facilmente	Solo argilo-siltoso, arenoso ou areno-argiloso; plasticidade mediana
Frágil	Frágil. Não se pode remodelar a bola, devido à sua fragilidade	Bastante silte ou areia e pouca argila; baixa plasticidade
Suave e esponjoso	Esponjosa e suave. Se é comprimida, volta a esponjar-se	Solo orgânico. Não é adequado para produção de tintas

Tabela 8 – Avaliação dos resultados do experimento do cordão
Fonte: Neves *et al.*, 2009



Figura 25 – Experimento do cordão
Foto: autor

3.3.3.4 Ensaio da Fita

Com este teste pode-se relacionar a plasticidade com a classe de solo. O intuito é criar uma fita curta a partir das amostras de solo, visando analisar sua plasticidade e coesão. Pega-se uma porção da amostra, na mesma umidade do teste do cordão e moldar um cilindro de aproximadamente 10 cm. Com o polegar e o indicador, amassar o cilindro de modo a formar uma fita de 3 a 6 mm de espessura, com o maior comprimento possível (**Figura 26**). Diante dos resultados, pode-se chegar as seguintes conclusões apresentadas na **Tabela 9**:

Tipo de fita	Comprimento da fita	Classificação e interpretação
Longa	É possível formar uma fita de 25 a 30 cm, sem dificuldade	Muita argila. Solo de alta plasticidade
Curta	É possível formar uma fita de 5 a 10 cm, com dificuldade	Solo argilo-siltoso, arenoso ou areno- argiloso; plasticidade mediana
Não se faz a fita		Solo com bastante silte ou areia e pouca argila; sem plasticidade

Tabela 9 – Avaliação dos resultados do ensaio da fita

Fonte: Neves *et al.*, 2009



Figura 26 – Ensaio da fita

Foto: autor

3.3.3.5 Teste de Exsudação

Consiste em realizar a compactação manual das amostras úmidas, permitindo a observação da segregação de água e partículas finas, evidenciando a interação entre os componentes do solo. Com este teste, pode-se avaliar a plasticidade do solo, em função de sua capacidade de reter água. O primeiro passo é pegar uma porção da amostra do solo bastante úmida e colocar na palma de uma das mãos. Em seguida, golpear esta mão com a outra, de modo que a água saia para a superfície da amostra, dando-lhe um aspecto liso e brilhante (**Figura 27**). A avaliação é feita com base nos seguintes resultados da **Tabela 10**:

Tipo de reação	Número de golpes	Efeitos na amostra	Classificação e interpretação
Rápida	5 a 10	A água aflora à superfície da amostra; a pressão dos dedos faz a água desaparecer imediatamente e uma pressão mais forte esmigalha o bolo.	Pouca plasticidade. Areia fina inorgânica ou silte grosso inorgânico, solo arenoso ou siltoso.
Lenta	10 a 30	A água aparece e desaparece lentamente; a pressão dos dedos faz com que o bolo se deforme como uma bola de borracha.	Solo com grande quantidade de silte ou silte-argiloso; ligeiramente plástico.
Muito lenta	Mais de 30	Não há mudança notável.	Solo argiloso; Alta plasticidade.

Tabela 10 – Avaliação dos resultados do teste de Exsudação
Fonte: Neves *et al.*, 2009



Figura 27 – Teste de Exsudação
Foto: autor

3.3.3.6 Teste da Resistência Seca

Este teste pode auxiliar a identificar a classe de solos, em função de sua resistência quando seco. Para realizar o teste, primeiro deve-se moldar duas ou três pastilhas, com cerca de 0,5 a 1 cm de espessura e 2 a 3 cm de diâmetro, com amostra do solo bem úmida. Em seguida, deixar as pastilhas secarem ao sol por dois ou mais dias. Com as pastilhas secas, deve tentar esmagar ou rompê-las, pressionando entre o indicador e o polegar (**Figura 28**). Considerando o resultado, pode-se classificar os solos conforme a **Tabela 11**:

Resistência	Esforço de ruptura	Comportamento	Classificação e interpretação
Grande	Resistente	Não se pulveriza	Solo inorgânico de alta plasticidade; argila.
Média	Pouco resistente	É possível reduzir os pedaços a pó	Solo argilo-siltoso, solo argilo-arenoso ou areia argilosa.
Pequena	Sem resistência	Fácil desagregação	Solo arenoso, siltoso ou com pouca argila; Falta coesão.

Tabela 11 – Avaliação dos resultados do teste de resistência seca
Fonte: Neves *et al.*, 2009



Figura 28 – Teste da Resistência Seca
Foto: autor

3.4 Teste laboratorial – Determinação granulométrica por peneiramento e sedimentação

Para garantir um bom desempenho e produzir tintas de solo de qualidade, é indispensável verificar sua composição em percentual de argila, silte e areia. Para chegar a resultados mais precisos e confiáveis, o ideal é que as amostras de solo sejam analisadas em laboratórios, com ambientes controlados. Porém, essas análises tem um custo, que adicionado aos demais, pode fazer com que a tinta de solo não seja tão viável. Como esse trabalho tem por objetivo resgatar a cultura da produção de tintas de solo de qualidade através de métodos tradicionais, de forma que seja acessível e de baixo custo, foi necessário verificar a eficácia desses métodos tradicionais, principalmente os testes expeditos, que serão os testes que realmente serão utilizados. Para verificar a eficácia dos testes expeditos foi necessário fazer um comparativo dos seus resultados com

resultados mais precisos, através de análises laboratoriais. Dessa forma, foram selecionadas 15 amostras dos 15 diferentes tipos de solo coletados para serem analisadas pelo Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), já que a Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) não tem um laboratório para esse tipo de análise. O tipo de análise realizada foi Análise Granulométrica Simples, por meio das quais pode-se verificar a percentual de argila, silte e areia.

Este método segue algumas normas da ABNT, como NBR 5734, NBR 6457 e NBR 7181, e tem como objetivo determinar as dimensões das partículas e suas proporções relativas, obtendo o traçado da curva granulométrica de uma determinada amostra de solo. A curva granulométrica apresenta intervalos de variação do tamanho das partículas de cada um dos solos, sendo utilizada na classificação textural dos solos. Geralmente utilizasse dois ensaios para a determinação da granulometria dos solos: peneiramento grosso e fino; e sedimentação em água destilada.

a) Método do Peneiramento: Separa as partículas até a dimensão de 0,074 mm.

b) Método da Sedimentação em água destilada: para as partículas menores que 0,074. O ensaio pode ser realizado de até três maneiras diferentes: apenas o peneiramento para o material granular; Sedimentação para solos finos; Análise granulométrica conjunta, que compreende tanto o peneiramento quanto a sedimentação (solos com partículas grossas e finas).

Este método consegue chegar a valores bem precisos das proporções dos materiais do solo e suas granulometrias, identificando assim a proporção correta de cada um (argila, silte e areia).

3.5 Testes das resinas

Na produção de tinta de solo, as resinas (aglutinantes ou ligantes) mais utilizadas são aquelas que combinam bem com os pigmentos naturais extraídos do solo (argilas, óxidos e minerais) e que oferecem propriedades adequadas para a aplicação desejada, seja em arte, construção ou decoração.

Há cerca de 5.000 anos, os egípcios já utilizavam resinas para adicionar resistência e propriedades às tintas naturais, como a goma arábica (resina natural extraída de duas espécies de acácias), ovos (albumina), gelatina e cera de abelha (Uemoto, 1993). Segundo Camões *et al.* (2012), desde o surgimento das construções à base de terra, com pinturas naturais, eram adicionadas algumas resinas nas tintas, como a cal, óleos, gorduras ou caseína (aglutinante extraído do leite de vaca) para garantir maior resistência. Os chineses utilizavam para pintura o carvão, a cola e água ou óleo de linhaça. Outra resina natural que era bastante utilizada é a seiva do caule da bananeira ou baba de cacto (Alvarenga, 2006). No México e Colômbia utilizava-se o Nopal, um cactus conhecido como *Nopalea coccinellifera*, *Cactus cochenilliferus* ou *figueira-da-Índia cactus*, como resinas adicionadas as tintas à base de cal, pois o cacto era usado como material impermeabilizante. Na América do Sul e África era usado o látex, resina natural de *Hevea euphorbiaceae*, que também garantia a impermeabilização. Em Gana eram usados esterco de animais e vagens para tintura, com efeito impermeável e endurecedor de paredes, garantindo maior resistência e durabilidade (Camões *et al.*, 2012).

A escolha da resina depende do tipo de projeto, da superfície a ser pintada e das propriedades desejadas (secagem, durabilidade, brilho, etc.). Para tintas de solo, é comum priorizar resinas naturais e ecológicas, mas resinas sintéticas também podem ser usadas para maior resistência e praticidade.

Portanto, a escolha da resina é crucial para a qualidade, durabilidade e aplicação da tinta. Como o propósito deste trabalho é desenvolver tintas de baixo custo e acessível a população, já que a resina pode ser considerada o componente mais caro, optou-se, principalmente, pela utilização do PVA (cola branca) por não ser tóxico, ser solúvel em água, preço acessível e facilmente encontrado no mercado.

Neste estudo, além do PVA, uma das resinas mais utilizadas na produção de tinta de solo, foram testadas algumas alternativas, como o grude caseiro, feito com farinha de trigo, e a mistura de PVA mais cal, por serem práticas, de baixo custo e acessíveis. Segundo Carvalho (2009, p.8), as tintas feitas com grude

possuem uma resistência menor em comparação às tintas de PVA, principalmente em contato com água. Portanto, sua aplicação não é ideal para ambientes externos ou úmidos.

Para os testes de resina, as tintas foram produzidas com a mesma amostra de solo siltoso de cor amarela-vermelhada, composto por 86% de silte, 10% de argila e apenas 4% de areia (amostra 12.1, **Figura 29**), considerada ideal para uma tinta de boa qualidade.



Figura 29 – Amostra selecionada para o teste de resina
Foto: autor

Na tinta feita com cola branca, foi utilizada a proporção de 100ml de solo, já preparado (triturado e peneirado), 100ml de água e 30ml de cola branca (PVA), seguindo a proporção sugerida por Carvalho (*et al.*, 2016, p.53).

Na tinta feita com grude, foi utilizada a proporção de 100ml de solo, também já preparado, 100ml de água e 50ml de grude de farinha de trigo, previamente preparado. Há várias receitas de grude de farinha de trigo disponíveis na internet, mas as principais diferenças entre essas receitas se tratam da proporção de farinha de trigo e água utilizadas e o aditivo utilizado para a conservação do grude. Para esta pesquisa foi utilizada a proporção de uma medida de farinha de trigo para quatro medidas de água e uma colher de vinagre para ajudar na conservação.

Também foi feito o teste com a mistura de cal na tinta feita com PVA, na proporção de uma parte de pigmento de solo, uma de água, 0,3 de PVA, 0,2 de cal.

As três tintas foram produzidas dentro dos mesmos padrões, com os mesmos equipamentos para mistura, agitação e filtragem; e foram submetidas aos mesmos testes de viscosidade, aplicação, poder de cobertura e resistência à abrasão. As tintas foram aplicadas em diversas superfícies, como madeira, parede de alvenaria lisa e porosa, cimento liso e poroso (**Figura 30**) e papel (cartão de contraste, **Figura 31**).



Figura 30 – Testes de aplicação da tinta
Foto: autor

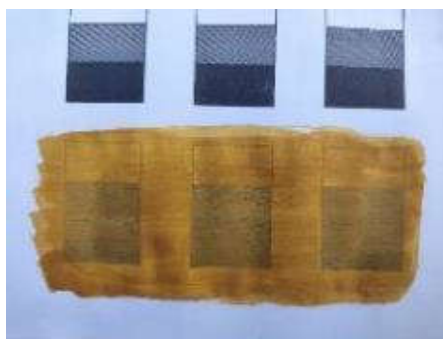


Figura 31 – Cartão de contraste para o teste do poder de cobertura
Foto: autor

3.6 Estudo da aplicação – viscosidade, poder de cobertura e resistência à abrasão

Como o objetivo desse trabalho é desenvolver tintas naturais não tóxicas à base de pigmentos do solo, considerando suas vantagens sustentáveis e ambientais, mas com a qualidade e desempenho semelhante às tintas industriais, é importante seguir os critérios e requisitos de desempenho estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras para tinta, definidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT's).

Dessa forma, neste estudo foram realizados testes para avaliações da viscosidade, do poder de cobertura e resistência à abrasão das amostras de tintas produzidas com os solos dos 15 pontos de coleta, utilizando como resina o PVA (cola branca), grude e PVA com cal. Os testes realizados são adaptações mais práticas e simples das normas técnicas apropriadas, mas sempre seguindo os critérios estabelecidos por cada norma, onde foi possível chegar a resultados satisfatórios e obter o parâmetro necessário para avaliar o desempenho de cada amostra.

Este estudo avaliou o desempenho de tintas de solo não tóxicas, produzidas com diferentes resinas (PVA, grude caseiro e PVA + Cal), comparando-as com critérios normativos da ABNT. O foco foi viscosidade, poder de cobertura e resistência à abrasão, visando equilibrar sustentabilidade, custo e qualidade similar às tintas industriais.

3.6.1 Testes de viscosidade

O teste de viscosidade da tinta de solo é uma etapa importante para garantir que a mistura esteja na consistência ideal para a aplicação desejada, seja em cerâmica, pintura artística ou outras técnicas. A viscosidade afeta diretamente a fluidez, a cobertura e a aderência da tinta. Antes de ajustar a viscosidade de toda a mistura, teste em uma pequena amostra, evitando desperdícios e trabalhos desnecessários. É muito importante anotar as proporções de cada componente usado para replicar a consistência desejada no

futuro, caso precise. Se possível, utilizar um viscosímetro, mesmo que seja caseiro, para medições mais precisas.

O teste de viscosidade da tinta de solo é essencial para garantir que a mistura esteja pronta para a aplicação desejada. Utilizando métodos simples, como o teste do gotejamento ou da peneira, você pode ajustar a consistência da tinta de forma eficiente. É importante atentar que a viscosidade ideal varia conforme o uso, portanto é essencial realizar testes em pequenas amostras antes de aplicar a tinta em grande escala.

3.6.1.1 Principais métodos utilizados para testar a viscosidade da tinta de solo

- **Teste do gotejamento:** Consiste em mergulhar uma colher ou espátula na tinta de terra, levantar a colher e observar como a tinta escorre. Se a tinta escorrer em um fluxo contínuo e suave, a viscosidade está adequada. Se escorrer muito rápido, a tinta está muito líquida; se escorrer lentamente ou em blocos, está muito espessa. A principal vantagem é por ser simples e rápido, não necessitando equipamentos especiais;
- **Teste da peneira:** Consiste em despejar a tinta de solo em uma peneira de malha fina e observar como a tinta passa pela peneira. Se a tinta fluir uniformemente e sem obstruções, a viscosidade está boa. Se não passar ou formar grumos, a tinta está muito espessa. Este teste tem a vantagem de ajudar na identificação de grumos ou partículas grandes na mistura;
- **Teste da Inclinação:** Consiste em colocar uma pequena quantidade de tinta em uma superfície lisa e inclinada (como uma placa de cerâmica ou vidro) e observar como a tinta escorre. Se escorrer lentamente e formar uma camada uniforme, a viscosidade está adequada. Se escorrer muito rápido ou não cobrir a superfície, é necessário ajustar a consistência. A principal vantagem é que este método simula a aplicação real em superfícies;
- **Teste de aplicação com pincel:** Consiste em mergulhar um pincel na tinta de solo e aplicar em uma superfície de teste (como papel, cerâmica ou

madeira). Em seguida observar se a tinta escorre muito, se forma gotas ou se adere uniformemente. Se a tinta estiver muito espessa, o pincel não deslizará suavemente; se estiver muito líquida, escorrerá. Este teste tem a vantagem de simular a aplicação real com pincel;

- Teste do dedo: Consiste em mergulhar o dedo na tinta de solo, levantar e observar como a tinta escorre. Se formar uma camada uniforme e não escorrer rapidamente, a viscosidade está boa. É um teste muito simples e intuitivo, porém não tão preciso;
- Teste do copo de viscosidade (viscosímetro Caseiro): consiste em adaptar um copo com um furo pequeno no fundo (pode ser feito com uma agulha ou prego). Para testar a viscosidade, basta encher o copo com a tinta de solo e cronometrar o tempo que a tinta leva para escoar completamente. O resultado dependerá do padrão desejado (isso pode variar conforme a aplicação). Este teste fornece uma medição mais precisa e quantitativa;

Neste estudo, foi utilizado um viscosímetro caseiro, conforme as instruções da cartilha eletrônica “Cores da Terra – produção de tintas com pigmentos de solos” (Carvalho *et al.*, 2021), a qual disponibiliza um modelo de fácil produção (**Figura 32**), utilizando apenas uma garrafa pet de refrigerante de 600ml, que deve ser cortada na parte superior, em formato de um cone (essa parte será usada como viscosímetro) e fazer um furo de 4mm de diâmetro na tampa, que deverá ser rosqueada novamente na parte da garrafa cortada.

Para medir, basta tapar com o dedo o furo da tampa e encher o recipiente com a tinta até a borda. Em seguida, destapar o furo e cronometrar o tempo que a tinta leva para esgotar todo o recipiente. O tempo deve estar compreendido entre 12 e 14 segundos para que a viscosidade seja considerada ideal. Se o tempo for menor que 12 segundos, quer dizer que a mistura está muito líquida; e se levar mais que 14 segundos, quer dizer que está muito viscosa. Em ambas as situações a viscosidade deverá ser ajustada.



Figura 32 - Modelo de viscosímetro caseiro.

Disponível em:

<https://bibliotecasemiarios.ufv.br/bitstream/123456789/61/1/cartilha%20eitr%C3%B4nica.pdf>

Acesso: março de 2025.

3.6.1.2 Ajustando a viscosidade da tinta de solo

Se a tinta estiver muito espessa: adicionar água aos poucos, misturando bem até atingir a consistência desejada. Se estiver usando defloculantes (como silicato de sódio), adicione pequenas quantidades para reduzir a viscosidade sem diluir demais a tinta.

Se a tinta estiver muito líquida: adicionar mais argila/silte ou pigmento para engrossar a mistura. Deixar a tinta repousar para que a água evapore naturalmente.

3.6.2 Verificação do poder de cobertura e resistência à abrasão

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) desenvolveu alguns ensaios para verificar o desempenho das tintas, estabelecendo requisitos mínimos necessários serem consideradas tintas de boa qualidade. As normas da ABNT estabelecem alguns critérios para realização desses testes, com equipamentos e condições bastante específicos, tais como: espectrofotômetro computadorizado, estufa com circulação de ar e cartão de contraste específico (Leneta 12H, por exemplo).

Porém, como o objetivo desse trabalho é desenvolver tintas com pigmentos de solo acessíveis, com boa durabilidade e resistência, adequadas

as diversas aplicações (tanto em ambientes internos, como externos), semelhantes às tintas industriais, mas considerando suas vantagens sustentáveis, o baixo custo e a não toxicidade, não foram utilizados testes caros, que necessitem de equipamentos e condições específicos, somente encontrados em laboratórios, e sim foram utilizados testes mais práticos e de baixo custo, acessíveis a qualquer pessoa, mas que conseguem se aproximar aos resultados dos testes laboratoriais, servindo de parâmetro e comparação para identificar a qualidade da tinta.

3.6.2.1 Determinação do poder de cobertura de tinta seca

A ABNT NBR 14942:2012 é uma norma técnica que estabelece os procedimentos para a determinação do poder de cobertura de tinta seca em tintas imobiliárias, automotivas e industriais. Essa norma é essencial para avaliar a capacidade de uma tinta cobrir uma superfície, garantindo uniformidade e economia no uso do produto.

A ABNT NBR 14942:2012 define como método de avaliação da “área máxima, em metros quadrados por unidade de volume em litros, para a qual a película de tinta seca apresente razão de contraste de 98,5%”. Sendo assim, o limite mínimo de desempenho para o poder de cobertura de tinta seca estabelecido por essa norma é de $4,0\text{m}^2/\text{l}$ para tinta do tipo látex econômica.

Conforme a NBR 14942:2012, o procedimento consiste em aplicar uma película de tinta sobre um substrato, de forma uniforme. Geralmente é usado um cartão de contraste em preto e branco padronizado, como o Leneta Chart ou similar (**Figura 33**). Em seguida, deve esperar que tinta seque normalmente, em condições controladas de temperatura, umidade e tempo. Após a secagem, mede-se a opacidade (capacidade de cobrir o substrato) utilizando um espectrofotômetro ou comparação visual, como foi feito neste trabalho.

O cartão de contraste (ou painel de opacidade) é um método prático para avaliar o poder de cobertura de tintas, tanto úmidas quanto secas. Embora a ABNT NBR 14942:2012 padronize o teste de cobertura apenas para tinta seca, o cartão de contraste é amplamente utilizado na indústria e em laboratórios para

testes comparativos rápidos. Algumas das vantagens desse teste são a simplicidade, praticidade e rapidez, porém, se não for realizado em laboratório, com condições e equipamentos específicos, o resultado será subjetivo e dependerá da perícia individual. Portanto, se o objetivo for produzir tintas que sigam exatamente as normas da ABNT, como para laudos técnicos, será necessário realizar os ensaios em um laboratório especializado.

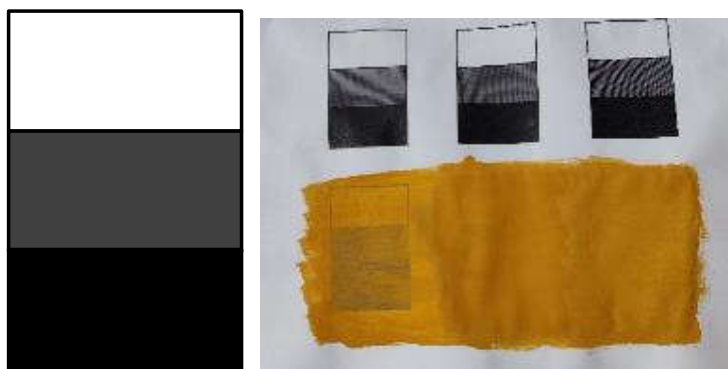


Figura 33 – Cartão de contraste para o teste do poder de cobertura da tinta seca
Foto: autor

Neste trabalho foi utilizado como padrão o cartão de contraste da **Figura 33**, similar ao Leneta Chart, impresso em papel vergê (120g/m^2), e um rolo lã sintética, com largura de 5cm e tamanho de pelos de 5mm, dimensões aproximadas às estabelecidas pela norma da ABNT 14942:2012. O rolo deve ser trabalhado várias vezes para que a tinta fique impregnada de forma homogênea em toda lã, retirando o excesso se necessário. O cartão de contraste deve ser fixado em uma superfície vertical para aplicação da tinta, que deve ser feita de forma suave, sem pressionar o rolo, iniciando com movimentos verticais, seguidos por movimentos horizontais e finalizando novamente com movimentos verticais. A secagem do cartão deve ser feita na horizontal. A verificação do poder de cobertura da tinta deve ser feita após a secagem completa. O procedimento deve ser repetido quantas vezes necessárias, até a obtenção de uma razão de contraste superior a 98,5%, ou seja, que cubra visualmente todas as partes brancas e pretas do cartão. O número de aplicações necessárias para cobertura total do cartão de contraste determinará a qualidade da tinta, sendo

considerada boas as tintas que necessitem apenas de duas a três aplicações, razoáveis de quatro a cinco aplicações e ruins as tintas que necessitem de mais de cinco aplicações.

Na primeira etapa dos testes de poder de cobertura da tinta seca, foram analisadas três misturas de tintas feitas com a mesma amostra de pigmento de solo siltoso de cor amarela-vermelhada (amostra 12.1) utilizada nos testes anteriores, composto por 86% de silte, 10% de argila e apenas 4% de areia, considerado ideal para uma tinta de boa qualidade, porém utilizando três resinas diferentes como aglutinante: Mistura 1 – PVA, Mistura 2 – grude caseiro feito com farinha de trigo e Mistura 3 – PVA mais Cal. As três tintas foram feitas e aplicadas nas mesmas condições.

Na segunda etapa, esses testes de poder de cobertura foram replicados em tintas feitas com amostras de solo dos quinze pontos de coleta, seguindo os mesmos padrões e condições, para avaliar a influência da caracterização física e composição do solo no poder de cobertura, reforçando a importância de selecionar solos de composições ideais para produção de tintas de qualidade.

3.6.2.2 Determinação do poder de cobertura de tinta úmida

Outro método utilizado para determinar o poder de cobertura das tintas, porém sem a necessidade de estarem secas, podendo ser realizado imediatamente após aplicação, com a tinta ainda úmida, é regulamentado pela ABNT NBR 14943:2003. Este método consiste em aplicar uma demão de tinta em um cartão de contraste metade branco e metade preto (Leneta 3B), conforme a **Figura 34** e a **Figura 35**, e posicionar sobre ele uma cartela que contém dois furos, de forma que um furo fique sobre a parte branca e outro sobre a parte preta.

Com a ajuda de um aparelho chamado espectrofotômetro, deve-se iluminar os dois furos e medir a refletância, ou seja, o quanto da luz é refletida nesses pontos. Se a película de tinta cobrir adequadamente o cartão de contraste nas partes preta e branca, a diferença entre elas será pouco percebida e a quantidade de luz refletida será similar. Dividindo o valor da refletância da

parte preta pelo valor da parte branca, obtém-se um resultado denominado: Razão de Contraste. Quanto maior for a Razão de Contraste, melhor é o poder de cobertura e, conseqüentemente, mais econômica e protetora é a tinta. Esse procedimento é realizado três vezes, e o resultado final é a média dos valores obtidos. De acordo com a ABNT NBR 14943:2003, a película de tinta úmida deve apresentar uma Razão de Contraste de no mínimo 55%.



Figura 34 – Cartão de contraste para o teste do poder de cobertura da tinta úmida
Foto: autor



Figura 35 – Processo de aplicação da tinta para o teste do poder de cobertura da tinta úmida
Fonte: Roberta Andrade, 2016 – Projeto de pesquisa: Saberes da Terra - Tons do Solos.

Como os resultados obtidos nos testes de poder de cobertura de tinta seca foram satisfatórios e o objetivo desse trabalho é pesquisar meios acessíveis e de baixo custo, não houve a necessidade de realizar os testes de poder de cobertura na tinta úmida, já que a ABNT NBR 14943:200 estabelece equipamentos específicos para esse tipo de ensaio, como espectrofotômetro computadorizado, aplicador eletromotorizado, extensor de barra de 75µm,

encontrados somente em laboratórios especializados, o que aumentaria bastante os custos de produção, tornando as tintas de solo inviáveis.

3.6.2.3 Determinação da resistência à abrasão

A ABNT determinou algumas normas técnicas para avaliar a resistências à abrasão das tintas, como a ABNT NBR 15078:2004 que regulamenta a forma de realizar ensaios para verificar a resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva e a ABNT NBR 14940:2010, que regulamenta a forma de realizar ensaios para verificar a resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva. Para as tintas de solo, a maioria dos pesquisadores utilizam adaptações mais simples, que simulam esses ensaios de resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva, porém com resultados satisfatórios, sem a necessidade de laboratórios e equipamentos específicos.

Uma forma de adaptação do teste de resistência à abrasão, tanto úmida como seca, consiste em utilizar uma esponja de cozinha comum, verde e amarela, esfregando a parte verde, em ciclos, para verificar o desgaste e perda de massa da película. Para esse teste é necessária aplicar duas camadas da tinta sobre uma superfície plana, placa de madeira ou alvenaria, e esperar sete dias para que seque completamente.

Com a película completamente curada, deverá esfregar a esponja de cozinha com a parte verde, mais áspera, como forma de atrito em linha reta. Para controlar a pressão, utilize um peso de aproximadamente 500 gramas sobre a esponja, de forma que a pressão seja uniforme. Esse teste pode ser realizado com a esponja seca ou úmida, nesse último caso deverá gotejar água ou uma solução de água com detergente durante o processo, para que a esponja esteja sempre úmida.

Os ciclos, que correspondente a uma ida e volta da esponja, deverão ser contados até que o substrato apareça, determinando a resistência da tinta. Para um bom desempenho, a tinta deve resistir a mais de 50 ciclos sem desgaste severo, no caso da esponja seca, e mais de 20 ciclos, utilizando a esponja úmida.

Se o substrato ficar exposto em menos de 30 ciclos utilizando esponja seca e 10 ciclos utilizando a esponja úmida, a tinta não tem uma boa resistência.

Outro método de avaliar a resistência à abrasão de uma tinta segue uma adaptação da ABNT NBR 15078:2004, que consiste na avaliação da capacidade que uma película de tinta possui de resistir ao desgaste mecânico provocado por escovação. Nesse teste, deve-se aplicar duas camadas de tinta sobre uma superfície plana, como madeira ou alvenaria, e aguardar a cura completa, pelo menos 7 dias. Em seguida, deve-se realizar o processo de escovação, utilizando uma escova dura, como as utilizadas para lavar roupas. Esse procedimento deve ser realizado em ciclos, correspondente a uma ida e volta da escova, observando os números necessários para remoção de 80% da extensão da tinta. Durante o processo de escovação, deve-se gotejar uma solução detergente na parte central da placa com velocidade de 30 gotas por minuto (gotejamento foi feito com um conta-gotas comum).

Existem vários outros ensaios alternativos para determinar a resistência das tintas, dependendo do tipo de aplicação e do objetivo do teste. A escolha do ensaio depende da necessidade de avaliar a resistência à abrasão em diferentes condições, como em superfícies lisas, ásperas, com ou sem umidade. Exemplos:

A) Ensaio de desgaste por esfregamento, que também pode avaliar a resistência da tinta ao desgaste causado pelo atrito repetido com um objeto, onde uma amostra de tinta é submetida à fricção com um esfregão, normalmente um tecido ou um disco de borracha, durante um número determinado de ciclos. Para determinar o resultado são medidos a perda de peso da amostra, a profundidade da marca ou a quantidade de tinta removida.

B) Ensaio de resistência ao riscamento, que avalia a capacidade da tinta de resistir a danos causados por riscos. Neste ensaio, uma amostra de tinta é riscada com um objeto metálico ou de diamante, com uma carga e velocidade padronizadas, medindo a profundidade ou a largura da marca causada pelo risco.

C) Ensaio de resistência ao impacto, que avalia a resistência da tinta a impactos. Deve-se submeter uma amostra de tinta a impactos com um objeto

metálico, geralmente com diferentes energias de impacto, onde serão avaliados a resistência da tinta ao impacto e a presença de rachaduras ou fissuras. D) Ensaio de roda de borracha em areia seca, que avalia a durabilidade da tinta em contato com partículas secas e ásperas, mais utilizados na indústria automotiva.

O importante é escolher o ensaio mais adequado para o tipo de tinta e para a aplicação final do produto, levando em consideração as condições de utilização e as expectativas de desempenho.

Para a primeira etapa dos testes de resistência à abrasão deste trabalho, foram utilizadas as mesmas três tintas preparadas para os ensaios de poder de cobertura, feitas com o mesmo pigmento de solo siltoso de cor amarela-vermelhada (amostra 12.1), composto por 86% de silte, 10% de argila e apenas 4% de areia, considerado ideal para uma tinta de boa qualidade e utilizando três resinas diferentes (PVA, grude e PVA + Cal). As três tintas foram aplicadas nas mesmas condições, onde novamente foi utilizado um rolo lã sintética, com largura de 5cm e tamanho de pelos de 5mm, em uma superfície lisa de MDF, deixando secar em condições controladas, sem contato com sol e chuva, até a completa cura, por sete dias.

As três tintas foram submetidas aos mesmos ensaios, com os mesmos materiais (**Figura 36**) e seguindo os mesmos padrões, já explicados nesse capítulo. Foram realizados quatro ensaios para verificar a resistência à abrasão das tintas: o teste da esponja seca, o teste da esponja úmida, o teste do riscamento e o teste da escovação.

Materiais utilizados nos ensaios de resistência à abrasão





Figura 36 – Materiais utilizados nos ensaios de resistência à abrasão
Foto: autor

Na segunda etapa dos testes de resistência à abrasão, os quatro ensaios (teste da esponja seca, o teste da esponja úmida, o teste do riscamento e o teste da escovação) foram replicados em tintas feitas com as amostras de solo dos quinze pontos de coleta, seguindo os mesmos padrões e condições.

Os resultados foram importantes para verificar a influência da caracterização física e composição do solo na resistência da tinta, considerando principalmente a composição granulométrica (percentual de argila, silte e areia), a fim de comprovar os principais estudos que consideram que solos com maiores quantidades de argila e silte são ideais para produção de tintas de qualidade, com maior resistência à abrasão e demais intempéries, além de um maior poder de cobertura.

3.7 Proporção de PVA e rendimento

Conforme a cartilha eletrônica “Cores da Terra – produção de tintas com pigmentos de solos” (Carvalho *et al.*, 2021), para produzir tintas de solo de boa qualidade, é necessário seguir alguns passos importantes. Como já foi visto, antes de produzir grandes quantidades de tinta, é essencial realizar alguns testes com pequenas quantidades, evitando, assim, desperdício de materiais e tempo. Após selecionar o solo ideal, composto em sua maioria por argila ou silte, deve-se separar uma pequena quantidade, cerca de 100ml do pigmento do solo (solo seco destorroado), para realizar os primeiros testes e descobrir o poder de cobertura.

Esse solo deve ser diluído em 200ml de água, para, em seguida, ser peneirado em uma peneira fina para separar a areia e o material orgânico. O próximo passo é verificar a viscosidade da amostra usando o viscosímetro caseiro ou outro método de preferência. A viscosidade deve ser ajustada, se necessário, adicionando água ou pigmento do solo. Em um recipiente com tampa, deve-se adicionar 30ml PVA à amostra, misturando bem, até ficar homogênea. Essa amostra ainda não é a tinta definitiva. Ela serve para avaliar o efeito da cor e o poder de cobertura do pigmento do solo.

Após realizar os testes necessários e determinar o poder de cobertura, já é possível calcular a proporção de PVA que será utilizada para produzir maiores quantidades de tinta. Na cartilha eletrônica “Cores da Terra – produção de tintas com pigmentos de solos” (Carvalho *et al.*, 2021), os autores desenvolveram um cálculo para determinar o teor de pigmento, para assim chegar ao volume de PVA necessário para uma tinta de boa qualidade. Seguindo a cartilha, deve-se usar, inicialmente, a proporção de uma parte de pigmento do solo para duas partes de água. A mistura deve ser batida em um recipiente grande, como um balde, utilizando o disco Cowles, acoplado em um furadeira, por 15 minutos. O disco Cowles, além de misturar e fazer a dispersão, serve para triturar o material em partículas menores, diferentemente dos misturadores de tintas convencionais que apenas misturam o material.

Em seguida, deve-se peneirar o material utilizando uma peneira fina e descartar a parte retida. Testar a viscosidade da mistura, ajustando, se necessário. Se a viscosidade estiver alta, adicionar água e misturar. Se a viscosidade estiver baixa, adicionar pigmento do solo, bater bem, peneirar e medir a viscosidade novamente, até alcançar a consistência adequada.

Em seguida, deve-se subtrair o volume total da mistura, considerando os adicionais para o ajuste de viscosidade, pelo volume total de água utilizada, obtendo o volume de pigmento do solo, sem a parte que ficou retida na peneira (areia, material orgânico, etc.). Feito isso, basta dividir o volume de pigmento de solo pelo volume total da mistura (pigmento do solo mais água), chegando ao Teor de Pigmento. Portanto, o Teor de Pigmento é o percentual de pigmento de

solo utilizado na mistura e será usado para calcular a quantidade de PVA, em relação ao volume de pigmento e ao rendimento da tinta, conforme a **Tabela 12**.

$$\text{Teor de Pigmento (\%)} = \left(\frac{\text{Volume de pigmento}}{\text{Volume total (pigmento + água)}} \right) \times 100$$

TEOR DE PIGMENTO	% de PVA	RENDIMENTO APROXIMADO (m²/L)
Menor que 15%	60	2
Entre 15% e 30%	40	4
Maior que 30%	20	6

Tabela 12 – Proporções de PVA e rendimento em função dos Teores de Pigmento

Fonte: Cartilha eletrônica “Cores da Terra – produção de tintas com pigmentos de solos” (Carvalho *et al.*, 2021)

Se a tinta for usada para pintar paredes externas ou ambientes úmidos, o ideal é, antes de adicionar o PVA, adicionar algum aditivo que ofereça maior resistência, como a Cal ou o óleo de linhaça, em volume correspondente a 5% do volume de pigmento do solo e misturar com disco Cowles, acoplado à furadeira, por 5 minutos.

Em seguida, adicionar PVA, conforme indicações da **Tabela 12** e misturar com misturador helicoidal acoplado em furadeira, ou manualmente, por 5 minutos. Não é recomendado utilizar o disco Cowles nesta etapa.

Para saber o volume total de tinta a ser produzida, basta multiplicar o rendimento aproximado pela área a ser pintada, conforme a **Tabela 12**.

Exemplo: Considerando 1,5 litros de solo (seco e destorroado) misturado a 3 litros de água, utilizando o dispersor de disco Cowles por 15 minutos. Após peneirar em peneira fina e descartar o material retido na peneira, o volume final de pigmento diluído em água seja de 4 litros. Ao medir a viscosidade dessa mistura utilizando o viscosímetro caseiro, percebe-se que seu tempo de passagem pelo orifício foi de 20 segundos.

Portanto, a mistura está muito viscosa e precisa ser diluída para que chegue à consistência ideal para a aplicação. Logo deve-se adicionar mais 0,2 litros (200 ml) de água. Medindo novamente a viscosidade, verifica-se que o

tempo de passagem pelo orifício ficou entre 12 e 14 segundos, alcançando a viscosidade ideal. Dessa forma o volume final da mistura de água com pigmento é de 4,2 l ($4\text{ l} + 0,2\text{ l}$).

Para saber o volume de pigmento que compõe essa mistura, basta subtrair volume total pelo volume de água, que é a soma do volume inicial mais os 0,2 litros adicionados para equilibrar a viscosidade, ou seja, 3,2 litros. Logo, basta subtrair o volume final da mistura, 4,2 litros, pelo volume de água, 3,2 litros, o que resulta em 1 litro de pigmento. A redução do volume de pigmento se deve ao descarte daquela parte que foi retida na peneira (areia, material orgânico etc.).

Feito isso, é possível calcular o Teor de Pigmento, dividindo o volume final de pigmento (1 litro) pelo volume da mistura de água e pigmento (4,2 litros), obtendo aproximadamente 0,25 ou 25%.

Portanto, aproximadamente 25% do volume da mistura é composto por pigmento do solo. Conhecendo o Teor de Pigmento da tinta (25%), verifica-se a **Tabela 12**. Então, será necessário adicionar um volume de PVA igual a 40% do volume de pigmento, ou seja, 40% de 1 litro de pigmento, que é igual a 0,4 litros ou 400 ml de PVA.

3.8 Produção em maiores quantidades

Antes de fazer a coleta do solo selecionado para a produção de tinta, é importante ter uma noção da quantidade necessária que será suficiente para pintar a área desejada, com sobras. Segundo Carvalho (*et al.*, 2021), para saber o volume aproximado de solo a ser coletado, basta medir a área que será pintada em m^2 e multiplicar por 0,2. Por exemplo: para uma superfície com 10m^2 , multiplique 10 por 0,2, obtendo 2 litros de solo. Lembrando de destorroar muito bem o material no momento da coleta para garantir maior precisão do volume calculado.

Esse é um cálculo padrão, que pode atender na maioria dos casos, mas como o poder de pigmentação e cobertura do solo influencia diretamente no rendimento, pode ser necessário ajustar esse cálculo para se obter uma maior

precisão. Quando menor o poder de pigmentação, maior será o número de demãos necessárias para cobrir o substrato, logo, maior consumo de tinta.

Portanto, para descobrir o volume mais próximo do necessário é importante considerar o poder de cobertura da tinta, que determinará o número de demãos necessárias para cobrir o substrato e o rendimento. Em posse dessas informações, é possível calcular o volume de solo necessário, dividindo a área total a ser pintada pelo rendimento e multiplicando pelo número de demãos necessárias para cobrir o substrato.

Exemplo para 500m² de uma superfície, sendo necessárias 3 demãos, considerando que 1l do solo é suficiente para produzir 3l de tinta e que cada litro de tinta consegue para pintar 10m²:

$$(500\text{m}^2 \div 10\text{m}^2/\text{l}) \times 3 = 150 \text{ litros de tinta} \longrightarrow 50 \text{ litros de solo}$$

Também é possível calcular o volume total de solo considerando o Teor do Pigmento, seguindo a fórmula sugerida na cartilha eletrônica “Cores da Terra – produção de tintas com pigmentos de solos” (Carvalho *et al.*, 2021), usando os dados da **Tabela 12**. Porém, nesse cálculo não é necessário multiplicar a área total pelo número de demãos, já que o rendimento da tinta já é calculado considerando esse fator.

$$\text{Volume de solo (L)} = \frac{\text{Área (m}^2\text{)}}{\text{Rendimento (m}^2\text{/L)}}$$

Exemplo: supondo que o Teor de Pigmento de uma tinta esteja compreendido entre 15% e 30%, conforme a **Tabela 12** o rendimento aproximado será de 4m²/l, ou seja, cada litro de tinta é suficiente para pintar aproximadamente 4m² de superfície, considerando três demãos. Supondo que a área a ser pintada é de 60m², basta dividir essa área por 4 para obter o número de litros de tinta necessários, ou seja, 60 ÷ 4 = 15 litros de tinta. Se para cada 1 litro de solo é possível produzir 3 litros de tinta, será necessário coletar 5 litros

de solo para produzir os 15 litros de tinta, suficientes para pintar uma área de 60m², considerando as 3 demãos.

3.9 Adição de cargas minerais

As cargas minerais são amplamente utilizadas para melhorar as propriedades, como resistência mecânica, durabilidade e custo-benefício em formulações de tinta. Nas tintas feitas com pigmentos de solo, as cargas minerais têm um papel importante, agregando propriedades e melhorando o desempenho.

Lopes *et al.* (2019) e Tressmann *et al.* (2020) avaliaram a aplicação de minerais naturais como alternativa sustentável para pigmentação e funcionalização de tintas e revestimentos ecológicos, destacando a importância desses materiais, acrescentando propriedades que melhoram bastante desempenho. Lopes *et al.* (2019) reforçam que as cargas minerais são essenciais na formulação de tintas, combinando desempenho técnico e viabilidade econômica, além de alinhar-se com tendências de química verde.

Cargas minerais como caulim, talco, mica, sílica e bentonita são frequentemente adicionadas às tintas e revestimentos para ajustar e agregar propriedades, tais como: viscosidade, adesão, resistência, durabilidade, textura e cor, além de melhorarem a estabilidade, evitando sedimentação. As principais cargas minerais utilizadas são: Carbonato de Cálcio (CaCO₃), melhora a resistência e a textura; Caulim (argila), aumenta a opacidade e a estabilidade da tinta; Talco (silicato de magnésio), melhora a adesão e a resistência à umidade; Mica, proporciona brilho e resistência a intempéries.

A utilização de cargas minerais também proporciona outras vantagens, como a redução de custos, podendo substituir parcialmente pigmentos mais caros. Também ajuda na dispersão dos pigmentos e na retenção de cor, além de serem mais sustentáveis, reduzindo o uso de componentes sintéticos.

Na produção de tintas de solo, a adição de cargas minerais proporciona algumas melhorias, podendo corrigir problemas de baixo poder de pigmentação e baixa resistência à umidade. As cargas minerais também melhoram a

estabilidade da tinta, evitando sedimentação; aumentam o poder de cobertura, reduzindo a necessidade de pigmentos sintéticos; modificam a tonalidade natural da terra, permitindo variações de cor; auxiliam na resistência à umidade e intempéries. Além de vantagens ambientais e econômicas, já que utilizam matérias-primas naturais e não tóxicas, sendo adequadas para construções sustentáveis e bioarquitetura. Ainda ajuda a reduzir o custo, substituindo parcialmente materiais mais caros.

Segundo Tressmann *et al.* (2020), são enormes os benefícios de adicionar minerais naturais como alternativa sustentável para pigmentação e funcionalização de revestimentos, principalmente os ecológicos. Os óxidos de ferro naturais, como hematita e goethita, ajudam proporcionando uma pigmentação natural, em tons de amarelo, vermelho e ocre, podendo substituir os corantes sintéticos, mantendo a autenticidade da cor da terra. O talco e a mica aumentam a resistência à água e a durabilidade, proporcionando brilho moderado em acabamentos. As cinzas vulcânicas ou zeólitas melhoram a porosidade e a regulação da umidade em paredes.

Portanto, os benefícios das cargas minerais vão muito além dos ambientais e econômicos, são essenciais para otimizar e adicionar propriedades às tintas naturais, oferecendo pigmentação natural e estável, melhor desempenho técnico, aderência e durabilidade.

3.10 Difusão da técnica de tinta de solo à comunidade

Apesar de ser uma técnica ancestral, utilizada em vários países, a tinta feita com pigmentos do solo vem sendo cada vez menos utilizada. Muito se deve a facilidade e praticidade de se obter a tinta industrializada, mas também pelo total desconhecimento da técnica por grande parte da sociedade. Outros fatores que desmotivam o uso da tinta de solo são a insegurança e o receio com relação a sua qualidade de proteger e pigmentar o substrato, em comparação às tintas industrializadas, e principalmente a durabilidade. Ninguém deseja ter que refazer todo o trabalho gerado no processo de pintura devido a ineficiência da tinta.

Percebe-se que o uso das técnicas de produção de tinta naturais ainda permanece e resiste muito mais devido ao fator ambiental e sustentável, em comparado ao fator econômico. Exceto nos casos onde é necessária e obrigatória a utilização de tintas naturais, as pessoas preferem gastar um pouco mais em obter tintas industrializadas, que garantem a proteção adequada, nas mais variadas cores, a arriscar em tintas naturais que possam não proporcionar resultado semelhante.

Dessa forma, difundir a técnica de produção de tinta com pigmentos do solo como uma alternativa viável é um fator importantíssimo, promovendo a integração entre as práticas sustentáveis, socioeconômicas e a valorização cultural e artística. Nesse sentido, as tintas feitas com pigmentos do solo emergem como recurso pedagógico inovador, por sua acessibilidade, conexão com o território e baixo impacto ambiental.

3.10.1 Oficinas e atividades comunitárias

Para divulgar e difundir a técnica de produção de tinta com pigmentos do solo e os estudos deste trabalho foi realizada uma parceria com o Programa de Extensão Saberes da Terra, de responsabilidade do professor Mateus de Carvalho Martins, com envolvimento de alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSJ, por meio do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas (DAUAP) e também da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (PROEX). Através desse programa foi possível realizar oficinas e atividades gratuitas com a comunidade do município de São João del-Rei e região, nos diversos seguimentos da sociedade. Além da extensão, as atividades extensionistas nas comunidades tem apoio de pesquisas e ensinamentos realizados ou em andamento, colaborando com os estudos que buscam o melhor tipo de solo para utilização, assim como outros aspectos para a produção de tintas de qualidades, resistentes e que sejam bem aceitas pela sociedade.

A realização dessas oficinas sobre a técnica da tinta com pigmentos do solo configurou-se como uma estratégia multifacetada, capaz de articular

sustentabilidade, educação ambiental, cultura e desenvolvimento social. Além de funcionarem como laboratórios de experimentação, onde foi possível observar a interação do público com a tinta.

Para analisar a eficiência e os resultados das oficinas, foram realizados estudos de caso etnográficos, conforme defendido por Yin (2015), através de pesquisas qualitativas com a observação participante incorporada. Essa abordagem permite uma investigação aprofundada de um determinado fenômeno, seja ele um indivíduo, uma organização, um grupo, ou um evento, dentro do seu contexto complexo, com o pesquisador inserido no mesmo.

No próximo capítulo serão apresentados, de forma detalhada, os resultados e conclusões obtidos neste estudo.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados dos testes táteis-visuais e expeditos

Como já mencionado, as coletas das amostras de solos foram realizadas em duas etapas. Na primeira etapa, foram coletadas 10 (dez) amostras de 07 (sete) tipos de diferentes solos do município de São João del-Rei e municípios vizinhos. Nessas primeiras coletas não foi levado em consideração o horizonte do solo, para que se tenha um comparativo das características e composição dos solos em seus diferentes horizontes. As amostras foram devidamente armazenadas e etiquetadas.

Em seguida, foram realizados testes táteis-visuais para identificar as propriedades físicas e estruturais dos solos, como podem ser vistos na **Tabela 13**. Com os resultados desses testes foi possível identificar quais solos e horizontes são mais adequados para produção de tintas, por serem compostos, na sua maioria por argila ou silte, indo de acordo com os estudos dos principais autores que recomendam a coleta preferencialmente do horizonte B, por geralmente possuírem essa composição.

Na segunda etapa também foram coletadas mais 08 (oito) amostras de solos de diferentes locais do município de São João del-Rei e municípios vizinhos, porém, diferentemente da etapa anterior, buscou-se por coletar amostras apenas do horizonte B de solos que apresentavam as características de serem mais adequados para a produção de tinta, considerando os resultados dos testes táteis-visuais realizados nas primeiras amostras.

Para facilitar a identificação desses solos mais adequados nos trabalhos de coleta, foi utilizado o método para determinação da textura pelo tato em campo. Dessa forma, foram coletadas amostras de solos compostos, na sua maioria, por argila ou silte (solos argilosos e siltosos), dispensando da coleta os solos que apresentavam uma textura mais arenosa. As 08 (oito) amostras da segunda etapa também foram devidamente armazenadas, etiquetadas e preparadas para os testes seguintes. No total, foram coletadas 23 (vinte e três) amostras de 15 (quinze) solos diferentes, para uma posterior seleção.

Da mesma forma da etapa anteriores, também foram realizados os testes táteis-visuais nas amostras da segunda etapa, identificando suas propriedades físicas e estruturais (**Tabela 13**).

Resultados dos testes táteis-visuais		
Amostra	Estrutura (forma e tamanho)	Consistência (Seco)
Amostra 1.2	Granulados médios a grandes	Dura
Amostra 1.1	Granulados pequenos a médios	Dura
Amostra 1.3	Granulados médios a grandes	Dura
Amostra 2.1	Blocos subangular a angular - tamanho muito pequeno a pequeno	Macia
Amostra 3.3	Blocos subangular a angular - tamanho pequeno a médio	Ligeiramente dura
Amostra 3.1	Blocos subangular a angular - tamanho pequeno a médio	Ligeiramente dura
Amostra 3.4	Blocos subangular a angular - tamanho muito pequeno a pequeno	Dura
Amostra 3.2	Blocos subangular a angular - tamanho pequeno a médio	Ligeiramente dura
Amostra 4.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 4.2	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 5.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 6.3	Blocos angular - tamanho médio a grande	Dura
Amostra 6.1	Blocos subangular a angular - tamanho grande	Extremamente dura
Amostra 6.2	Blocos subangular a angular - tamanho grande	Extremamente dura
Amostra 7.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 8.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 9.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 10.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 11.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 12.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 13.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 14.1	Solta - sem estrutura	Solta
Amostra 15.1	Solta - sem estrutura	Solta

Resultados dos testes táteis-visuais			
Amostra	Consistência (úmido)	Consistência (molhado)	Textura
Amostra 1.2	Muito friável	Não plástica - Não pegajosa	Areno-argilosa
Amostra 1.1	Firme	Não plástica - Não pegajosa	Areno-argilosa
Amostra 1.3	Muito friável	Não plástica - Não pegajosa	Areno-argilosa
Amostra 2.1	Friável	Ligeiramente plástica - Ligeiramente pegajosa	Argilosa
Amostra 3.3	Friável	Ligeiramente plástica - Ligeiramente pegajosa	Argilo-arenosa
Amostra 3.1	Friável	Não plástica - Não pegajosa	Areno-argilosa

Amostra 3.4	Muito friável	Ligeiramente plástica - Ligeiramente pegajosa	Argilo-arenosa
Amostra 3.2	Muito friável	Não plástica - Não pegajosa	Argilo-arenosa
Amostra 4.1	Solta	Não plástica - Não pegajosa	Arenosa
Amostra 4.2	Solta	Ligeiramente plástica - Ligeiramente pegajosa	Areno argilosa
Amostra 5.1	Solta	Não plástica - Não pegajosa	Areno argilosa
Amostra 6.3	Friável	Plástica - pegajosa	Argilo arenosa
Amostra 6.1	Firme	Ligeiramente plástica - Ligeiramente pegajosa	Argilo arenosa
Amostra 6.2	Firme	Ligeiramente plástica - Ligeiramente pegajosa	Argilo arenosa
Amostra 7.1	Solta	Ligeiramente plástica - Ligeiramente pegajosa	Argilosa
Amostra 8.1	Solta	Plástica - pegajosa	Siltosa
Amostra 9.1	Solta	Plástica - pegajosa	Siltosa
Amostra 10.1	Solta	Muito Plástica - muito pegajosa	Siltosa
Amostra 11.1	Solta	Plástica - pegajosa	Siltosa
Amostra 12.1	Solta	Plástica - pegajosa	Siltosa
Amostra 13.1	Solta	Ligeiramente plástica - Ligeiramente pegajosa	Silte argilosa
Amostra 14.1	Solta	Muito Plástica - muito pegajosa	Siltosa
Amostra 15.1	Solta	Plástica - pegajosa	Siltosa

Tabela 13 – resultados dos testes táteis-visuais

Fonte: autor

Com base nos resultados dos testes táteis-visuais já foi possível ter uma noção de quais amostras são mais adequadas para a produção de tinta. Em seguida, 5 (cinco) amostras que possuíam características semelhantes, por terem sido coletadas no mesmo local, porém de horizontes diferentes, foram separadas, não vendo a necessidade de serem incluídas nos testes seguintes. Dessa forma, foram selecionadas 18 (dezoito) amostras para serem submetidas aos testes expeditos.

Realizados os testes expeditos nas 18 (dezoito) amostras selecionadas, os resultados foram avaliados e colocados em uma tabela (**Tabela 14**) para uma melhor visualização e comparação. Dessa forma, foram feitas, segundo os critérios de Neves *et al.* (2009), a classificação e interpretação de suas principais características e composição.

Resultados dos testes expeditos			
Amostra	Horizonte	1 - Ensaio de Impacto da Bola	2 - Teste do vidro (sedimentação)
Amostra 1.2	BT1	Espalha um pouco	Solo arenoso

Amostra 1.3	BT2	Não se espalha	Solo argiloso
Amostra 2.1	C	Não se espalha	Solo siltoso ou argiloso - composto praticamente por silte ou argila
Amostra 3.3	BW1	Espalha um pouco	Solo arenoso - composto na sua maioria por areia
Amostra 3.4	BW2	Espalha um pouco	Solo arenoso - composto na sua maioria por areia
Amostra 4.2	C	Espalha um pouco	Solo arenoso - composto praticamente por areia
Amostra 5.1	C	Espalha um pouco	Solo arenoso - composto praticamente por areia
Amostra 6.3	B2	Não se espalha	Solo siltoso ou argiloso - composto na sua maioria por silte ou argila
Amostra 6.2	B1	Não se espalha	Solo siltoso ou argiloso - composto na sua maioria por silte ou argila
Amostra 7.1	C	Não se espalha	Solo siltoso - composto praticamente por silte
Amostra 8.1	B	Não se espalha	Solo siltoso - composto praticamente por silte
Amostra 9.1	B	Não se espalha	Solo siltoso - composto praticamente por silte
Amostra 10.1	B	Não se espalha	Solo siltoso - composto praticamente por silte
Amostra 11.1	B	Não se espalha	Solo siltoso - composto praticamente por silte
Amostra 12.1	B	Não se espalha	Solo siltoso - composto praticamente por silte
Amostra 13.1	B	Não se espalha	Solo silte argiloso - composto na maioria por silte
Amostra 14.1	B	Não se espalha	Solo siltoso - composto praticamente por silte
Amostra 15.1	B	Não se espalha	Solo siltoso - composto praticamente por silte

Resultados dos testes expeditos					
Amostra	Horizonte	3 - Experimento do Cordão	4 - Ensaio da Fita	5 - Teste de Exsudação	6 - Teste da Resistência Seca
Amostra 1.2	BT1	Frágil	Não se faz fita	Rápida	Grande
Amostra 1.3	BT2	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Grande
Amostra 2.1	C	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Média
Amostra 3.3	BW1	Frágil	Não se faz fita	Rápida	Média
Amostra 3.4	BW2	Frágil	Não se faz fita	Rápida	Média
Amostra 4.2	C	Frágil	Não se faz fita	Rápida	Pequena
Amostra 5.1	C	Frágil	Não se faz fita	Rápida	Pequena
Amostra 6.3	B2	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Grande
Amostra 6.2	B1	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Grande
Amostra 7.1	C	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Pequena
Amostra 8.1	B	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Pequena
Amostra 9.1	B	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Pequena
Amostra 10.1	B	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Pequena
Amostra 11.1	B	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Pequena
Amostra 12.1	B	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Pequena

Amostra 13.1	B	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Média
Amostra 14.1	B	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Pequena
Amostra 15.1	B	Suave - pouco resistente	Curta	Lenta	Pequena

Tabela 14 – resultados dos testes expeditos

Fonte: autor

Os resultados dos testes expeditos foram analisados e interpretados, ajudando a identificar as características físicas desses solos, sendo possível distinguir aqueles que podem ser considerados ideais para produção de tintas de melhor qualidade, ou seja, aqueles que apresentam maior concentração de argila e principalmente silte (solos argilosos, siltosos, argilo-siltosos e silte-argilosos).

4.2. Resultado do teste laboratorial de granulometria (UFLA)

Com o intuito de validar a eficácia dos métodos expeditos de caracterização textural, fundamentais para a proposta de acessibilidade e baixo custo que norteia este estudo, recorreu-se à análise granulométrica de laboratório como parâmetro de precisão. A determinação da composição percentual de argila, silte e areia é crucial para prever o desempenho das tintas de solo, sendo normalmente realizada em ambientes controlados para garantir resultados confiáveis. No entanto, considerando o escopo desta pesquisa, que visa resgatar e valorizar técnicas tradicionais e economicamente viáveis, tornou-se imperativo confrontar os dados obtidos por meio de testes simplificados com aqueles gerados por procedimentos técnicos normalizados.

Para tal, foram selecionadas 15 amostras representativas dos diferentes solos coletados, as quais foram submetidas à análise granulométrica no Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O método empregado, conforme as normas ABNT NBR 5734, NBR 6457 e NBR 7181, consistiu na análise granulométrica conjunta, que integra o peneiramento para a fração de partículas grossas (acima de 0,074 mm) e o método da sedimentação em água destilada para a fração fina (inferior a 0,074 mm). Este procedimento permite a obtenção

da curva granulométrica de cada amostra e a precisa classificação textural do solo, fornecendo assim uma base objetiva para a comparação com os resultados dos testes expeditos previamente realizados.

Na tabela abaixo (**Tabela 15**) estão listados os resultados dos testes de granulometria realizados nas quinze amostras de solos pelo Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Amostra	Horizonte	Argila	Silte	Areia	Classe textural
Amostra 1.3	BT2	67%	17%	16%	Argiloso
Amostra 2.1	C	9%	84%	7%	Siltoso
Amostra 3.4	BW2	52%	10%	38%	Argilo-arenoso
Amostra 4.2	C	9%	5%	86%	Arenoso
Amostra 5.1	C	8%	56%	36%	Silte-arenoso
Amostra 6.2	B1	57%	22%	21%	Argilo-silte arenoso
Amostra 7.1	C	14%	79%	7%	Siltoso
Amostra 8.1	B	3%	85%	12%	Siltoso
Amostra 9.1	B	7%	78%	15%	Siltoso
Amostra 10.1	B	11%	85%	4%	Siltoso
Amostra 11.1	B	9%	73%	18%	Silte-arenoso
Amostra 12.1	B	10%	86%	4%	Siltoso
Amostra 13.1	B	19%	58%	23%	Silte-arenoargiloso
Amostra 14.1	B	13%	72%	15%	Siltoso
Amostra 15.1	B	12%	73%	15%	Siltoso

Tabela 15 – Resultado do teste laboratorial de granulometria

Fonte: UFLA

A apresentação e discussão dos resultados comparativos serão detalhadas na sequência, elucidando a correlação entre os métodos e sua implicação para a produção de tintas.

4.3 Comparativo entre os testes expeditos e os testes laboratoriais

A comparação entre testes expeditos e testes laboratoriais para análise de tinta de solo, principalmente em análise de granulometria, envolve diferenças em precisão, custo, tempo e aplicação. Apesar de não serem tão precisos, os testes expeditos são importantes e podem atingir os resultados esperados, quando se trata de identificar os principais componentes de determinada

amostra para a produção de tintas de solo. Mas dependendo da aplicação da tinta ou da necessidade de obter tintas com certificados das agências reguladoras, o ideal é que sejam realizados testes laboratoriais.

As principais vantagens dos testes expeditos são a rapidez, praticidade e baixo custo, em alguns casos, até sem custo algum. Podem ser utilizados para uma avaliação rápida e preliminar, no próprio local, como em canteiro de obras, no campo e oficina. São ideais quando há a necessidade de obter decisões imediatas.

Já os testes laboratoriais, por serem realizados em ambientes controlados, com equipamentos especializados, atingem resultados precisos, imprescindíveis quando se buscar a certificação de agências reguladoras, controle de qualidade avançado ou investigação de falhas. A escolha do método dependerá do contexto e da aplicação da tinta.

A **Tabela 16** apresenta um comparativo entre as principais vantagens e desvantagens dos testes expeditos e laboratoriais.

Critério de Análise	Testes Expeditos	Testes Laboratoriais
Precisão e Confiabilidade	Menos precisos, sujeitos a variações (ex.: condições climáticas, erro humano). Resultados qualitativos ou semiquantitativos.	Alta precisão e reprodutibilidade. Resultados quantitativos.
Tempo	Rápidos (minutos ou horas).	Demorados (dias ou semanas, dependendo do protocolo).
Custo	Baixo custo (materiais simples e de fácil acesso).	Custo elevado (equipamentos, mão de obra especializada, reagentes).
Aplicabilidade	Ideais para triagem inicial, campo e contextos com recursos limitados.	Essenciais para caracterização precisa, pesquisa científica e controle de qualidade rigoroso.

Tabela 16 – Comparativo entre os testes expeditos e laboratoriais
Fonte: autor

4.4 Resultados dos testes das resinas

4.4.1 Resultados dos testes de aplicação e viscosidade

Inicialmente foram feitos ensaios apenas com as tintas feitas de PVA e grude, para ter uma melhor comparação entre elas. Nesses ensaios realizados, a tinta de solo feita com PVA apresentou uma melhor viscosidade, se assemelhando mais às tintas convencionais industrializadas, proporcionando uma aplicação suave e homogênea, tanto com pincel, quanto com o rolo de pintura. Já a tinta feita com o grude apresentou uma viscosidade mais baixa, dificultando um pouco na aplicação, principalmente com o pincel, não apresentando uma pintura tão homogênea. Nos testes de poder de cobertura, a tinta feita com PVA também se saiu melhor, conseguindo cobrir o cartão de contraste com duas aplicações.

A tinta feita com grude teve um desempenho inferior, conseguindo cobrir o quadro de contraste apenas na terceira aplicação, mesmo assim de uma forma não tão uniforme, deixando marcas, principalmente quando aplicada com pincel. Nos testes de resistência à abrasão, a tinta feita com PVA apresentou maior resistência e durabilidade, já que a cola PVA forma uma película mais flexível e resistente à água após a secagem.

Diante dos resultados dos testes feitos, foi possível chegar as seguintes conclusões: A tinta produzida com cola branca (PVA) possui uma melhor aplicação, adere bem em superfícies porosas e não porosas (como madeira, parede de alvenaria, papel, etc.) fazendo com que seu poder de cobertura seja maior; distribui melhor os pigmentos do solo, proporcionando um acabamento mais uniforme, possui uma secagem mais rápida, além de ser mais resistente e durável. Com relação à tinta feita com grude, percebeu uma melhor aderência em paredes porosas. Outra vantagem é o baixíssimo custo, já que o quilo da farinha de trigo foi comprado por R\$ 4,00 (em abril de 2025), quantidade que pode render até 5 litros de grude. Mas, devido ao fato de não ser tão resistente

quando comparado à tinta feita com PVA, dependendo da aplicação, pode ser um problema. Outra desvantagem percebida na tinta feita com grude é a secagem mais lenta.

Dessa forma, foi possível concluir que a opção pela tinta feita de grude, mesmo considerando o baixo custo de fabricação, acaba não sendo tão interessante, devido às desvantagens oferecidas, mas que pode ser uma alternativa, quando o objetivo for uma pintura temporária ou para projetos sustentáveis, feito com materiais totalmente naturais e também a bioconstrução. Há também a possibilidade de adicionar um pouco de cola branca (PVA) ou outra resina que proporcione maior resistência e durabilidade, como o acrílico ou látex, assim equilibrando o custo com o desempenho. O importante é sempre fazer testes em pequenas áreas, antes de aplicar em grandes superfícies.

É importante destacar que o desempenho das resinas foi bastante influenciado pela porosidade do substrato em que a tinta foi aplicada. As tintas apresentaram melhor adesão em paredes de alvenaria, seguida por madeira. Resultados similares foram observados por Gomes *et al.* (2023), atribuindo a diferença à porosidade dos substratos.

Uma alternativa bastante interessante é a adição da Cal às tintas de solo feitas com PVA, garantindo maior resistência, principalmente para aplicações em locais úmidos. A Cal, que é o produto resultado da decomposição de rochas calcárias e magnesianas, pode ser encontrada em duas formas, virgem e hidratada. A Cal virgem é obtida por meio da decomposição térmica de rochas alcalinas em um processo conhecido como calcinação, ou seja, a matéria-prima é moída e queimada em temperaturas de cerca de 900°C, gerando a cal virgem. A Cal hidratada, mais utilizada na construção civil, é obtida pela mistura da Cal virgem com água, o que gera um pó branco muito leve, já pronto para a preparação da massa para revestimentos, pavimentação, dentre outros e também para produção de tintas diversas, como as tintas de solo.

Uemoto (1993) constatou que a mistura da Cal com o PVA apresenta melhor desempenho em climas úmidos que PVA puro. Outra característica

importante é que quando a Cal é acrescentada na mistura, a camada de tinta torna-se mais porosa, permitindo a transpiração da parede (Carvalho *et al.*, 2007).

Dessa forma, a combinação de resina PVA com Cal em tintas de solo oferece vantagens significativas em durabilidade, desempenho e aplicação. A Cal sela os poros da parede, evitando que a tinta seja absorvida rapidamente e aumentando sua resistência ao desgaste. Como a Cal tem propriedades antifúngicas e antibacterianas naturais, devido ao seu pH alcalino, torna a tinta mais resistente à umidade e ao mofo, ideal para áreas externas ou úmidas, como banheiros e cozinhas. Outra vantagem é que a Cal mantém a microporosidade da tinta, permitindo que a parede libere vapor de água (Carvalho *et al.*, 2007), evitando o surgimento de bolhas, descascamentos e eflorescências (manchas brancas causadas por reações químicas devido ao acúmulo de sais).

Com relação ao custo de produção, como PVA é mais caro que a Cal, ao misturar os dois, permite reduzir a quantidade de PVA sem perder desempenho, reduzindo o custo. E como a Cal pode ajudar na cobertura, talvez sejam necessárias menos aplicações, economizando material.

A desvantagem em adicionar Cal na tinta com PVA é o aumento no tempo de secagem, que ao depender da aplicação, pode ser um problema. Outra desvantagem é, por ser alcalino, pode causar irritações na pele e nos olhos, exigindo muito cuidado no manuseio. E como a Cal torna a tinta menos flexível, mais rígida, pode causar rachaduras em superfícies que movimentam ou tenham grande dilatação, como madeira, por exemplo. A Cal também pode clarear um pouco a cor da tinta, dependendo da tonalidade de pigmentação, como pode ser visto no **Quadro 2**.

Com base nos ensaios de desempenho realizados, foi possível avaliar e comparar as propriedades das tintas de solo formuladas com os diferentes ligantes. O controle da viscosidade, parâmetro fundamental para a aplicabilidade do revestimento, foi mensurado por meio de um viscosímetro caseiro, conforme modelo proposto por Carvalho *et al.* (2021). Os resultados indicaram que a tinta

à base de PVA (Acetato de Polivinila) apresentou viscosidade ideal, situando-se na faixa de 12 a 14 segundos, o que resultou em uma aplicação suave e homogênea, seja com pincel ou rolo. Em contrapartida, a formulação com grude (amido) exibiu viscosidade significativamente mais baixa, acarretando em maior dificuldade de aplicação e acabamento menos uniforme, especialmente quando utilizado o pincel.

Em síntese, os resultados permitem concluir que a tinta de solo com PVA oferece desempenho superior em termos de aplicabilidade, homogeneidade do acabamento, poder de cobertura e durabilidade. A tinta com grude, embora apresente a vantagem do custo reduzido e seja uma alternativa viável para projetos de bioconstrução ou pinturas temporárias que priorizem materiais totalmente naturais, possui limitações significativas, como menor resistência à água, secagem mais lenta e acabamento inferior. Uma solução potencial para equilibrar custo e desempenho seria o desenvolvimento de formulações híbridas, com a adição parcial de PVA ao grude, hipótese que merece investigação em estudos futuros. Independentemente da formulação escolhida, a realização de testes preliminares em pequena escala permanece como uma recomendação essencial antes da aplicação em grande superfície.

4.4.2 Resultados dos testes de poder de cobertura em função do tipo de resina

No **Quadro 2** temos o comparativo do poder de cobertura das três tintas feitas com cola branca (PVA), grude caseiro e cola branca (PVA) com Cal, aplicadas em uma mesma superfície, uma parede de alvenaria, utilizando os mesmos materiais e seguindo o mesmo padrão.

Neste ensaio, foram aplicadas três demãos com cada tinta, com o intervalo de cura de 24 horas entre as demãos, onde na parte superior do quadro estão os resultados das aplicações de apenas uma demão, na parte do meio estão os resultados das aplicações de duas demãos e na parte inferior é possível ver os resultados de cada tinta quando aplicadas as três demãos.

Quadro comparativo do poder de cobertura			
APLICAÇÕES	PVA	GRUDE	PVA + CAL
1ª			
2ª			
3ª			

Quadro 2 – Comparativo do poder de cobertura das tintas feitas diferentes resinas PVA (1), Grude (2) e PVA com cal (3)

Fonte: autor – foto registrada em 07 de abril de 2025

Percebe-se que o poder de cobertura da tinta feita com grude foi inferior, principalmente quando aplicada apenas uma demão. Diferença que diminui nas duas aplicações seguintes, sendo quase imperceptível na terceira aplicação. Já a tinta feita com PVA mais Cal apresentou um poder de cobertura semelhante à tinta feita apenas com PVA, porém percebe-se que a tonalidade ficou um pouco mais clara.

As três tintas tiveram desempenhos semelhantes quando aplicadas no cartão de contraste, usado também para verificar o poder de cobertura, conforme pode ser visto no **Quadro 3**. Nesse ensaio, a tinta feita com grude teve um desempenho um pouco inferior, no entanto conseguiu cobrir o cartão na terceira aplicação. Percebe-se, novamente, que a tinta com Cal adicionada teve uma tonalidade um pouco mais clara, mas não prejudicando seu poder de cobertura.

Quadro comparativo do poder de cobertura em cartão de contraste			
Resina	1ª aplicação	2ª aplicação	3ª aplicação
PVA			
GRUDE			
PVA + CAL			

Quadro 3 – Teste do poder de cobertura aplicado no quadro de contraste PVA (1), Grude (2) e PVA com cal (3) - Fonte: autor

O Quadros 4 e Quadro 5 apresentam os resultados comparativos dos ensaios de poder de cobertura realizados em tintas produzidas com as resinas PVA, grude e PVA + Cal aplicadas no quadro de contraste.

Resina	Vantagens	Desvantagens
PVA	- Melhor viscosidade e homogeneidade. - Secagem rápida. - Alta resistência à água e abrasão.	- Custo mais elevado que grude.

Resina	Vantagens	Desvantagens
Grude	- Custo muito baixo (R\$ 4,00/kg farinha). - Biodegradável e não tóxico.	- Baixa viscosidade e cobertura. - Secagem lenta. - Pouca resistência à umidade.
PVA + Cal	- Maior durabilidade em ambientes úmidos. - Propriedades antifúngicas. - Redução de custos (menos PVA).	- Clareia a cor da tinta. - Secagem mais lenta. - Risco de rachaduras em superfícies flexíveis.

Quadro 4 – Comparativo poder de cobertura das resinas: PVA, Grude e PVA com CAL

Fonte: autor

Resina	Cobertura (cartão de contraste)	Observações
PVA	2 aplicações	Homogênea, alta opacidade.
Grude	3 aplicações	Irregular, menor aderência em superfícies lisas.
PVA + Cal	2 aplicações	Tonalidade mais clara, mas cobertura equivalente ao PVA.

Quadro 5 – Comparativo poder de cobertura das resinas PVA, Grude e PVA com CAL em tintas aplicadas no cartão de contraste

Fonte: autor

4.4.3 Resultados dos testes de resistência à abrasão em função do tipo de resina

Os resultados dos ensaios de resistência à abrasão realizados em tintas de solo produzidas com as resinas PVA, grude e PVA + Cal permitiram uma análise comparativa do desempenho das tintas formuladas com diferentes resinas. De maneira geral, os revestimentos apresentaram um comportamento semelhante nos testes realizados em condições secas, como na abrasão seca, no teste da esponja seca e no riscamento. Contudo, observou-se que a

formulação com PVA adicionado de Cal (PVA + Cal) obteve um desempenho ligeiramente superior nestas condições.

Uma distinção mais significativa foi verificada nos ensaios de resistência à abrasão úmida, que simulou a ação da umidade através do gotejamento de uma solução de água e detergente. Nestas condições, a tinta à base de PVA e Cal demonstrou uma performance superior, apresentando uma maior integridade da película. Em contrapartida, a tinta formulada exclusivamente com grude exibiu uma baixa resistência ao contacto com a umidade, um resultado que corrobora as observações de Carvalho (2009, p.8), o qual afirma que tintas com essa resina possuem menor resistência, especialmente quando em contato com água. Dessa forma, os dados consolidam a formulação PVA + Cal como a mais adequada para aplicações que demandem maior durabilidade, particularmente em ambientes sujeitos à umidade.

O **Quadro 6** e **Quadro 7** apresentam os resultados comparativos dos ensaios de resistência à abrasão seca e úmida realizados em tintas produzidas com as resinas PVA, grude e PVA + Cal aplicadas em um mesmo substrato de madeira lisa.

Quadro comparativo dos ensaios de resistência à abrasão		
Resina	Substrato antes do ensaio	Substrato após o ensaio
PVA		
GRUDE		
PVA + CAL		

Quadro 6 – comparativo dos ensaios de resistência à abrasão

Fonte: autor

Quadro comparativo dos ensaios de resistência à abrasão				
Resina	Teste esponja seca	Teste esponja úmida	Riscamento	Escovação
PVA	Após 100 ciclos 	Após 20 ciclos 	Após três riscos 	Após 80 ciclos 
				
GRUDE	Após 100 ciclos 	Após 10 ciclos 	Após três riscos 	Após 50 ciclos 
				
PVA + CAL	Após 100 ciclos 	Após 30 ciclos 	Após três riscos 	Após 100 ciclos 
				

Quadro 7 – comparativo dos ensaios de resistência à abrasão
Fonte: autor

Diante dos resultados, comprova-se que para aplicações em ambientes externo ou úmidos, as tintas feitas apenas com PVA e principalmente grude não são ideais, sendo necessária a adição de algum produto que aumente a resistência, como a cal ou o óleo de linhaça.

O óleo de linhaça é um dos aglutinantes mais conhecidos, sendo muito utilizado como impermeabilizante para madeira devido à sua capacidade de penetrar nas fibras, protegendo contra umidade, fungos e cupins. Ele polimeriza e endurece ao entrar em contato com o oxigênio, formando uma película protetora e durável, criando uma barreira que impede a penetração da água, prolongando a vida útil da madeira e melhorando seu aspecto.

Segundo Felipe (*et al.*, 2018), a adição de óleo de linhaça à tinta de solo traz diversos benefícios, melhorando suas propriedades físicas, durabilidade,

desempenho e principalmente impermeabilização, ao penetrar nas fibras e nos poros, formando uma barreira protetora contra a umidade, ideal para ser aplicada em superfícies expostas a intempéries. O óleo de linha também adiciona maior aderência e flexibilidade à tinta, ao penetrar profundamente nos poros, garantindo fixação mais duradoura e realça as cores naturais do pigmento do solo, dando um acabamento mais brilhante. A tinta usando o óleo de linhaça como aglutinante, da mesma forma que a Cal, inibe o crescimento de fungos e mofo, tornando ideais para ambientes úmidos. Porém, o óleo de linhaça aumenta o tempo de secagem das tintas, podendo levar dias, conforme o clima.

Segundo Carvalho (*et al.*, 2021, p.34), o óleo de linhaça deve ser adicionado a mistura do pigmento já preparado (água e pigmento do solo) a uma proporção de 5% do volume total. Portanto, coloca-se 50ml de óleo de linhaça para cada litro de pigmento já preparado.

Com relação ao custo de produção, o óleo de linha possui o preço mais elevado em comparação a Cal, em torno de R\$20,00 o litro (em maio de 2025), custando um pouco menos se for comprado em quantidades maiores. Mas, ainda sim, continua sendo uma alternativa interessante e viável, levando em consideração o custo *versus* o benefício.

O **Quadro 8** apresenta os resultados de desempenho nos ensaios de resistência à abrasão seca e úmida realizados em tintas produzidas com as resinas PVA, grude e PVA mais Cal, aplicadas em um mesmo substrato

Resina	Esponja Seca (ciclos)	Esponja Úmida (ciclos)	Escovação (ciclos)	Riscamento
PVA	>100	20	80	Resistente
Grude	>100	10	50	Pouco resistente
PVA + Cal	>100	30	100	Muito resistente

Quadro 8 – comparativo dos resultados dos ensaios de resistência à abrasão
Fonte: autor

4.4.4 Conclusões e recomendações

1. **PVA** é a melhor opção para tintas duráveis, especialmente em ambientes externos ou úmidos.
2. **Grude** pode ser usado em projetos temporários ou sustentáveis, mas exige aditivos (ex.: PVA) para melhorar resistência.
3. **PVA + Cal** combina durabilidade e custo-benefício, ideal para paredes internas úmidas (banheiros, cozinhas), mas requer cuidados com flexibilidade e cor.

Observação: A adição de Cal aumenta a porosidade da tinta, evitando bolhas e eflorescências (Carvalho *et al.*, 2007), mas reduz a flexibilidade.

4.5 Resultados dos testes de poder de cobertura em função do tipo de solo

Como pode ser visto nos resultados apresentados nos testes de poder de cobertura em função do tipo de resina, as três tintas conseguiram cobrir totalmente o cartão de contraste até a terceira aplicação, porém as tintas 1 (produzida com PVA) e 3 (produzida com PVA mais Cal) tiveram um melhor desempenho, praticamente conseguindo cobrir totalmente o cartão de contraste já na segunda aplicação. A tinta 2 (feita apenas com grude) se saiu um pouco pior, principalmente quando aplicada em superfícies mais lisas, sem muito aderência.

Portanto, o que se pode perceber é que o poder de cobertura é influenciado principalmente pelo pigmento do solo, sua característica física e composição. O tipo de resina tem influência maior sobre outras características da tinta, como aplicação (devido sua viscosidade) e resistência. Mas, por outro lado, uma tinta com uma viscosidade e aderência melhor, de fácil aplicação, acaba por apresentar um poder de cobertura maior, já que a película ficará mais uniforme e homogênea, necessitando de menos demãos para cobrir o substrato.

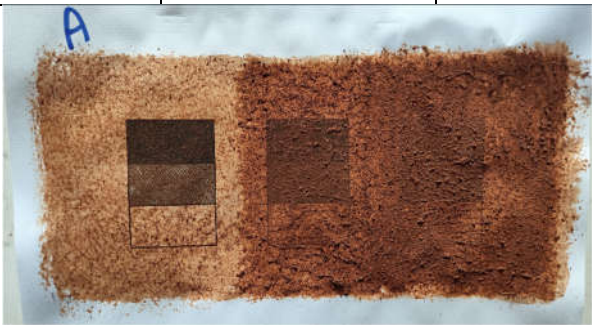
Para reforçar essa constatação, foram selecionadas mais quatro amostras de solos de diferentes composições, considerando o resultado do teste laboratorial de granulometria realizado pela UFLA (**Tabela 15**), para novos ensaios de poder de cobertura, agora com pigmentos diferentes. As quatro tintas (**Figura 37**) foram feitas nas mesmas condições e utilizando PVA como aglutinante, seguindo a proporção sugerida por Carvalho (*et al.*, 2016, p.53) de 100ml de solo já preparado (triturado e peneirado), 100ml de água e 30ml de cola branca (PVA).

A tinta A foi produzida com a amostra de solo 1.3, do tipo argiloso, de cor vermelha escura, composto por 67% de argila, 17% de silte e 16% de areia; A tinta B foi produzida com a amostra de solo 6.2, do tipo argilo-silte-arenoso, de cor vermelha, composto por 57% de argila, 22% de silte e 21% de areia; A tinta C foi produzida com a amostra de solo 8.1, do tipo siltoso, de cor cinza escura, composto por 3% de argila, 85% de silte e 12% de areia; A tinta D foi produzida com a amostra de solo 13.1, do tipo silte-arenoargiloso, de cor vermelha-rosada, composto por 19% de argila, 58% de silte e 23% de areia.



Figura 37 – Amostras de tintas feitas com solos de composições diferentes
Foto: autor

No **Quadro 9** tem-se um comparativo da aplicação das quatro tintas feitas com amostras de solos de composições diferentes.

Quadro comparativo do poder de cobertura em cartão de contraste			
Resina	1ª aplicação	2ª aplicação	3ª aplicação
TINTA A			
TINTA B			
TINTA C			
TINTA D			

Quadro 9 – comparativo do poder de cobertura em cartão de contraste
Fonte: autor

Diante dos resultados desses testes, pode-se observar que a escolha do solo é um dos fatores mais importantes para determinar a qualidade de pigmentação e poder de cobertura da tinta. Os solos que contêm grande quantidade de areia têm um poder de pigmentação menor, além de produzir tintas com o aspecto mais grosseiro, como pode ser visto no teste realizado com a tinta A, não conseguindo cobrir o cartão de contraste mesmo com três aplicações.

Portanto, trata-se de um solo inviável para produção de tinta. Já os solos com maior quantidade de silte têm um poder de pigmentação e cobertura bem maior, conseguindo cobrir o cartão de contraste em até três aplicações e em alguns casos, como na amostra da tinta C, foram necessárias apenas duas aplicações. Além de produzirem tintas com uma textura mais fina. Outro ponto que pode ser observado é que alguns solos, apesar de terem uma quantidade razoável de areia, como os solos utilizados nas tintas B e D (21% e 23% de areia, respectivamente), apresentam o poder de cobertura muito bom, cobrindo o cartão de contraste em até três aplicações, sendo ideais para produção de tintas mais rústicas, muito utilizadas em paredes com texturas.

Considerando os resultados já obtidos, os ensaios de poder de cobertura (teste da esponja seca, o teste da esponja úmida, o teste do riscamento e o teste da escovação) foram replicados em tintas produzidas com o restante das amostras coletadas, seguindo os mesmos padrões e condições, completando a análise de desempenho dos solos para produção de tinta de todos os quinze pontos de coleta.

Os resultados foram importantes para verificar a influência da caracterização física e composição do solo na resistência da tinta, considerando principalmente a composição granulométrica (percentual de argila, silte e areia), a fim de comprovar os principais estudos que consideram que solos com maiores quantidades de argila e silte são ideais para produção de tintas de qualidade, com maior resistência à abrasão e demais intempéries, além de um maior poder de cobertura.

4.6 Resultado do desempenho das amostras

A **Tabela 17** exibe a análise de desempenho das amostras dos solos dos quinze pontos de coletadas utilizadas neste estudo, aqui renomeadas como pontos de coletas P01 a P15, determinada com base em ensaios de capacidade de cobertura e resistência à água e à abrasão.

Ponto	Cor do Solo	Aderência (1-5)	Cobertura (demãos)	Resistência à Água	Resistência à Abrasão
P01	Vermelho escuro	5	2	Média	Média
P02	Rosado	5	2	Alta	Alta
P03	Vermelho	2	3	Baixa	Baixa
P04	Bruno	1	4	Baixa	Baixa
P05	Branco	3	4	Baixa	Baixa
P06	Vermelho	3	2	Baixa	Baixa
P07	Cinza	5	1	Alta	Alta
P08	Cinza escuro	5	1	Alta	Alta
P09	Bruno	5	2	Alta	Alta
P10	Vermelho	5	1	Alta	Alta
P11	Amarelo	4	2	Média	Média
P12	Vermelho-amarelado	5	1	Alta	Alta
P13	Rosado	4	2	Média	Média
P14	Amarelo escuro	5	1	Alta	Alta
P15	Vermelho escuro	5	1	Alta	Alta

Tabela 17 – Análise dos dados de desempenho das amostras

Fonte: Autor

Diante do estudo e considerando os resultados obtidos a partir da análise comparativa das 15 amostras de solos (P01-P15), foi possível perceber correlações significativas entre classe textural, composição mineralógica e desempenho técnico, fortalecendo os principais estudos relacionados com o tema e a preferência em utilizar argilosos e siltosos na produção das tintas de solos.

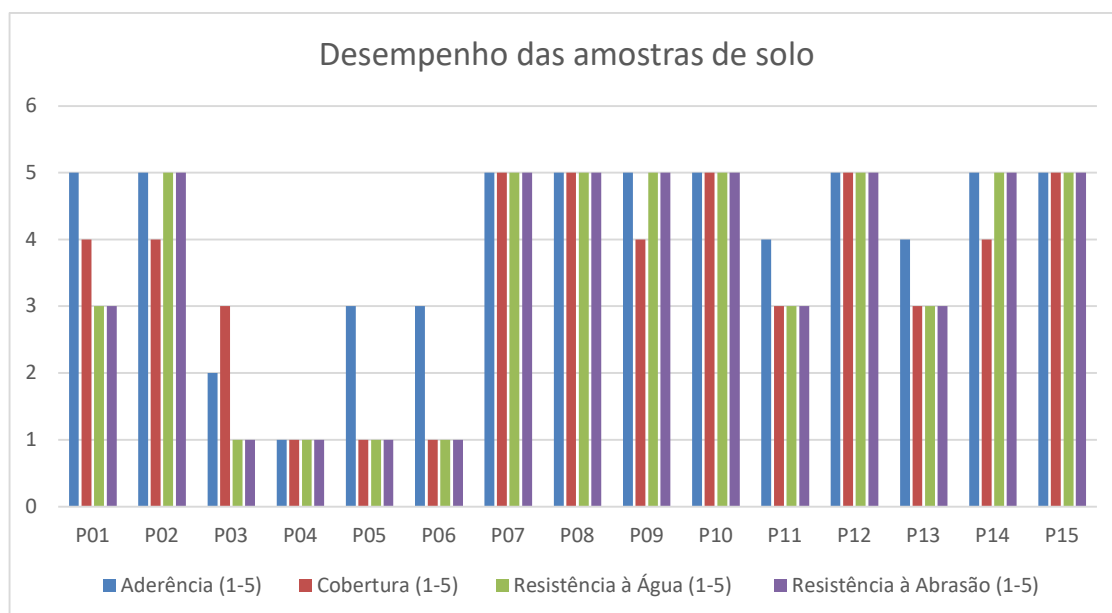


Gráfico 1 – Desempenho das amostras de solo
Fonte: Autor

O gráfico de barras verticais agrupadas (**Gráfico 1**), construído a partir das 15 amostras de solos selecionadas, permite a análise comparativa de quatro parâmetros técnicos essenciais para tintas de solo: aderência, cobertura, resistência à água e resistência à abrasão, conforme a metodologia descrita neste capítulo. A representação visual segue as normas da ABNT NBR 14724:2011 para ilustrações, com escala numérica padronizada (1-5).

Os dados do gráfico evidenciam que amostras siltosas (P02, P07-P15) apresentam desempenho ótimo (média 5,0) em todos os parâmetros, com destaque para:

- **Aderência máxima:** Correlaciona-se com a alta plasticidade do silte.
- **Eficiência de cobertura:** Requerem em média 1,2 demãos contra 3,7 das arenosas (P04), reduzindo consumo de material em 67%.

Os solos arenosos (P04-P05) apresentaram os piores resultados, com aderência baixa (1-3), necessidade de 3-4 demãos e resistência comprometida,

corroborando estudos que associam altos teores de areia à fragilidade estrutural (Lima *et al.*, 2021).

Solos argilosos exibiram variação significativa: enquanto P01 (argiloso homogêneo) obteve desempenho excelente, P03 (argilo-arenoso heterogêneo) registrou queda de 34% na aderência (média 3,3) e resistência hídrica insatisfatória (média 2,0), reforçando a influência da composição granulométrica.

A predominância de tons vermelhos (P01, P10, P12, P15) reflete a hematita do Complexo Metamórfico local, enquanto os amarelos (P11, P14) derivam de goethita, confirmando a relação entre geodiversidade e identidade visual.

Classe Textural vs. Desempenho:

- Solos siltosos (P02, P07-P15) apresentaram desempenho superior (aderência 4-5, cobertura com 1-2 demãos, alta resistência);
- Solos arenosos (P04-P05) mostraram os piores resultados (aderência 1-3, exigindo 3-4 demãos, baixa resistência);
- Solos argilosos variaram conforme composição (P01 excelente, P03 ruim).

Cor vs. Propriedades:

- Tons vermelhos/escuros (P01, P10, P12, P15), associados à hematita, demonstraram melhor aderência e resistência, além de maior estabilidade cromática.
- Cores claras (P05 branco, P11 amarelo), vinculadas a minerais como goethita, demandaram mais demãos e tiveram menor resistência, refletindo a relação entre geodiversidade e propriedades técnicas.

Resistência à Água/Abrasão:

Solos siltosos (P02, P07-P15) apresentaram desempenho superior nos testes de resistência à água e à abrasão. Correlação direta: amostras com alta resistência à água também resistiram melhor à abrasão.

Variabilidade dos Argilo-arenosos

As amostras P03, P06, P11 e P13 exibiram:

- Queda de 34% na aderência (média 3,3) versus siltosos, atribuível à heterogeneidade textural.
- Resistências hídras comprometidas (média 2,0), conforme previsto por Lima *et al.* (2021), para solos compostos com mais de 40% de areia.

Com base nos resultados obtidos nos ensaios de poder de cobertura, resistência à água e à abrasão realizados com as 15 amostras de solo selecionadas (15 pontos de coleta), foi possível estabelecer correlações significativas entre as características pedológicas dos pigmentos e o desempenho das tintas. Conforme os dados apresentados na **Tabela 17**, observa-se uma notável variação no número de demãos necessárias para se obter uma cobertura satisfatória, indo de uma única demão até quatro aplicações.

As amostras que exibiram o melhor desempenho, requerendo apenas uma demão para uma cobertura eficaz (P07, P08, P10, P12, P14 e P15), compartilham características físicas associadas a uma composição granulométrica mais fina, predominantemente composta por frações de silte e argila. Este resultado corrobora a fundamentação teórica que atribui a estes componentes uma maior capacidade de pigmentação e formação de película contínua, devido à sua elevada área superficial específica e propriedades coesivas.

Em contrapartida, as amostras P04 e P05, que demandaram quatro demãos para uma cobertura mínima, são provenientes de solos com textura mais arenosa ou com baixo teor de argila. A presença significativa de areia, com suas partículas de maiores dimensões e baixa capacidade de agregação, resulta em uma película descontínua e com menor poder de ocultação, confirmando a inadequação de solos grossos para a produção de tintas de qualidade.

As demais amostras P01, P02, P09, P11 e P13 que necessitaram de duas demãos, apresentam um desempenho intermediário, sugerindo uma composição mista ou um equilíbrio entre as frações que, embora permita uma boa cobertura, não atinge a eficiência das amostras com predomínio de partículas finas.

Em síntese, os resultados dos testes de poder de cobertura validam empiricamente a premissa central de que solos com maior percentual de argila e silte são os mais indicados para a produção de tintas, conferindo-lhes maior rendimento e eficiência na aplicação. A identificação de solos como os das amostras P07, P08, P10, P12, P14 e P15, todos com cobertura em uma demão e associados a altos índices de aderência e resistência, aponta para materiais ideais que podem ser priorizados em futuras produções e no mapeamento de fontes de pigmentos para a região.

4.7 Resultados da difusão da técnica de tinta de solo à comunidade

A difusão da pesquisa na comunidade foi por meio de Oficinas Teórico-Práticas, desenvolvidas com o apoio e organização do Programa Saberes da Terra, programa de extensão do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas, da Universidade Federal de São João del Rei, por meio e apoio da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura.

Criado em 2010 em São João del-Rei, o Programa Saberes da Terra dedica-se à preservação e difusão dos saberes tradicionais que compõem o patrimônio cultural e a cultura popular da região. Ancorado nos princípios da Permacultura e da Bioconstrução, o programa desenvolve oficinas práticas e teóricas que fortalecem a educação patrimonial, valorizam técnicas construtivas ancestrais e promovem sua atualização diante das necessidades contemporâneas, com ênfase na utilização dos solos. Oferece aos participantes a oportunidade de aprender e aplicar técnicas como a produção de tinta de terra, adobe, taipa de pilão, pau a pique, terra ensacada, cordwood, entre outras, sendo a tinta de terra uma das principais atividades realizadas pelo programa.

Ao atuar em escolas, museus e comunidades locais, o programa não apenas estimula práticas sustentáveis e o cuidado integrado com o ambiente, mas também forma multiplicadores capazes de renovar e proteger esses conhecimentos, ampliando a troca cultural e assegurando a continuidade das tradições construtivas e ambientais regionais. Tendo a terra como foco principal, sendo o processo de análise feito de forma expedita e prática, as oficinas são adaptadas para diferentes faixas etárias, com atividades específicas para adultos e crianças. A metodologia adotada organiza-se em cinco momentos principais:

1. **Observação:** O processo tem início com uma introdução teórica que apresenta o histórico das técnicas construtivas e sua evolução ao longo do tempo, destacando as particularidades presentes em São João del-Rei. Essa etapa enfatiza a relevância da preservação do patrimônio histórico e cultural local, além de Princípios da Permacultura, da Bioconstrução e da Sustentabilidade.
2. **Sensibilização:** Em seguida, promove-se um espaço de diálogo e troca de experiências entre os participantes acerca do uso da terra e das práticas construtivas tradicionais, incentivando a conscientização sobre a preservação e a valorização dos bens culturais.
3. **Memorização:** A etapa prática das oficinas possibilita o contato direto com os materiais e a execução das técnicas estudadas. Esse momento consolida o conhecimento teórico e prático, permitindo que os participantes internalizem os procedimentos.
4. **Apropriação:** Após vivenciarem as fases teórica e prática, espera-se que os participantes desenvolvam uma relação mais profunda e afetiva com a terra e com as técnicas tradicionais, fortalecendo seu entendimento sobre a importância da preservação do patrimônio e da cultura popular local.
5. **Disseminação:** Por fim, os participantes tornam-se agentes multiplicadores, difundindo o conhecimento adquirido e compartilhando as

técnicas com outros membros da comunidade. O programa também amplia o alcance das ações por meio de cartazes, artigos, mídias sociais e outros recursos de comunicação.

As oficinas são pensadas para despertar nos participantes o reconhecimento do coletivo e o vínculo afetivo com as tradições que compõem o patrimônio cultural local, articulando saberes da cultura popular, princípios da Permacultura e práticas da Bioconstrução. Grande parte das atividades é direcionada ao público infantil, favorecendo a incorporação dessas técnicas no cotidiano familiar e comunitário e fortalecendo, desde cedo, a consciência sobre cuidado ambiental e preservação patrimonial. A metodologia adotada valoriza o processo tanto quanto o produto final, promovendo uma experiência formativa em que o aprendizado, a experimentação e o envolvimento com os materiais tornam-se tão significativos quanto o resultado obtido. Além disso, as oficinas dialogam diretamente com pesquisas e reflexões desenvolvidas na graduação e na pós-graduação, ampliando a integração entre extensão, ensino e investigação acadêmica.

4.7.1 Oficina Pintando com Terra – Floresta Nacional de Ritópolis

A primeira oficina foi realizada em parceria com o programa de extensão Fazenda do Pombal: Interpretação, Valorização e Divulgação do Patrimônio, sob responsabilidade da professora Liziane Peres Mangili, do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas (DAUAP), da UFSJ, o qual promoveu um evento na Fazenda do Pombal, Floresta Nacional de Ritópolis/MG (**Figura 38**), no dia 5 de junho de 2025, em comemoração ao Dia Mundial do Meio Ambiente, com a participação de alguns programas de extensão da UFSJ, como o Saberes da Terra, GEAS, Casa Verde e GEAPIS.

No evento foram desenvolvidas diversas atividades, como oficinas e trilhas guiadas, para o público de todas as idades, dentre elas a oficina Pintando com Terra, do Programa de Extensão Saberes da Terra.

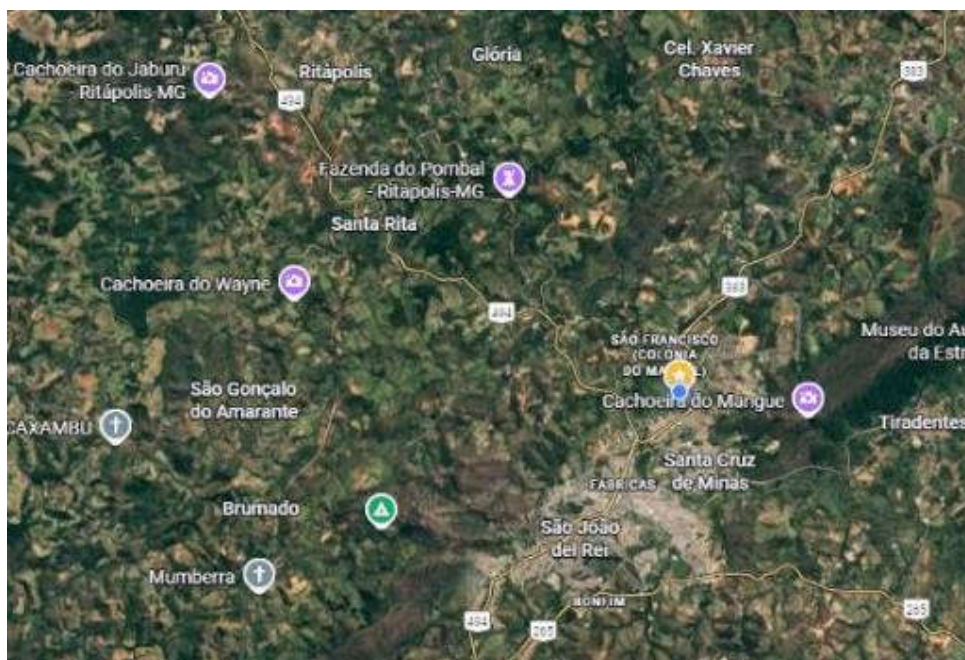


Figura 38 – Localização da Floresta Nacional de Ritópolis.
Fonte: Google Maps.

A oficina Pintando com Terra foi destinada a crianças do ensino fundamental, na faixa etária entre 6 a 9 anos, das Escolas Municipais Pio XII e Parada do Giarola, ambas do município de São João del-Rei/MG. A forma de apresentação e explicação da técnica de produção da tinta feito com pigmento do solo foi adaptada para facilitar o entendimento das crianças, despertando o interesse pelo tema. A produção da tinta foi feita na proporção de uma parte de água, uma parte de pigmento de solo e meia parte de cola a base de PVA (1,1 e $\frac{1}{2}$), mas dando liberdade para as crianças produzirem suas próprias tintas, já que se tratava de uma oficina lúdica (**Figura 39**).

A oficina teve uma boa procura e conseguiu despertar o interesse e a curiosidade das crianças, que participaram de forma ativa, fazendo perguntas, tocando nos solos para sentirem a textura e produzindo suas próprias tintas. Em seguida, as crianças foram instruídas a usarem as próprias tintas produzidas para pintar em folhas de papel branca, tamanho A4, utilizando pinceis de desenho com cerdas de nylon, dando liberdade para desenvolverem seus

desenhos, sem tema específico. Diante dessa liberdade, as crianças puderam expressar suas criatividade e diversidades em belos desenhos (**Figura 39**).

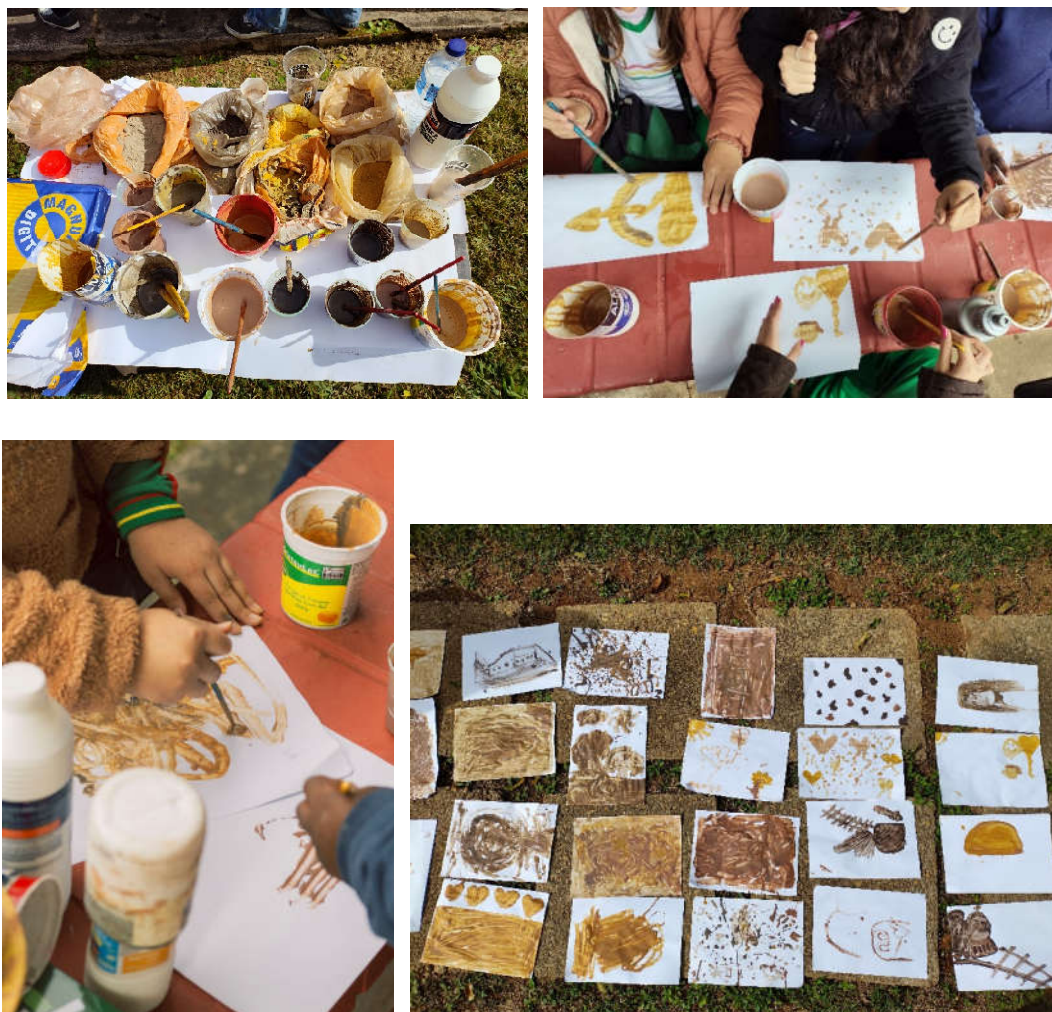


Figura 39 – Fotos da oficina Pintando com Terra.
Fonte: autor

O resultado da oficina foi bastante satisfatório, mostrando que o assunto é de grande interesse e serve para desenvolver a educação ambiental e artística, além de difundir a técnica.

4.7.2 Oficina na Disciplina Biodiversidade e Cultura – DCNAT/UFSJ

A segunda oficina foi realizada no dia 6 de junho de 2025, na disciplina Biodiversidade e Cultura, ofertada a alunos dos cursos de bacharelado em Biologia e Letras, da UFSJ. A ideia de realizar a oficina dentro da disciplina surgiu

através da parceria entre os programas de extensão Saberes da Terra e Casa Verde, sob responsabilidade do professor Ricardo Pereira Sepini, do Departamento de Ciências Naturais (DCNAT), da UFSJ.

A oficina contou com a participação de 18 alunos dos cursos de bacharelado em Biologia e Letras, sendo realizada no LEBIO – Laboratório de Ensino de Biologia. Na primeira etapa da oficina, parte teórica, foi feita uma apresentação explicativa sobre o Programa Saberes da Terra, seus objetivos, metodologia, e atividades, aprofundando um pouco mais sobre a técnica de produção da tinta feita com pigmentos do solo. Em seguida, foi realizada uma atividade dinâmica para medir o conhecimento dos alunos com relação ao tema. Na segunda etapa, parte prática, os alunos foram instruídos a produzir suas próprias tintas, usando a proporção de uma parte de água, uma parte de pigmento de solo e meia parte de cola a base de PVA (1,1 e $\frac{1}{2}$). Durante a atividade, os alunos puderam perceber as diferentes texturas dos solos enquanto preparavam a tinta. Em seguida, os alunos utilizaram as tintas produzidas para pintar desenhos, com temas voltados para a disciplina, utilizando pinceis de desenho com cerdas de nylon e folha de papel branca, tamanho A4.

Novamente o resultado foi bastante satisfatório, notando-se o interesse dos alunos pelo tema e pela técnica de tinta feita com pigmentos do solo, até então, desconhecida para maioria. Fato que reforça a importância dessa difusão.

Outro ponto importante que pode ser constatado foi a fácil adaptação com a tinta, tanto na produção, onde os alunos conseguiram alcançar a viscosidade desejada, quanto na própria pintura, resultando belos desenhos, como podem ser vistos na **Figura 40**.



Figura 40 – Fotos da Oficina na disciplina Biodiversidade e Cultura – DCNAT/UFSJ
Fonte: autor

4.7.3 Oficina na APAE – São João del-Rei-MG

A terceira oficina também aconteceu através de parceria entre programas de extensão, agora entre os Programas Saberes da Terra e o LAPP – Laboratório de Planos e Projetos em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), sob responsabilidade da professora Lívia Ribeiro de Abreu Muchinelli, do Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Artes Aplicadas (DAUAP). Este programa integra ensino, pesquisa e extensão, focado em desenvolver gratuitamente projetos de arquitetura e urbanismo, especialmente aqueles com impacto na comunidade e na própria universidade.

A oficina foi realizada na APAE – Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais, do município de São João Del Rei-MG, e contou com a participação dos alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo envolvidos em ambos os programas de extensão. A APAE é uma organização da sociedade

civil, beneficente e sem fins lucrativos, que atua em prol das pessoas com deficiência intelectual e/ou múltipla. Suas principais áreas de atuação incluem educação, saúde, assistência social, defesa de direitos e inclusão social. Fundada em 1954, no Rio de Janeiro, atualmente possui mais de 2 mil unidades em todo o Brasil.

A oficina foi destinada a crianças com necessidades especiais de três turmas distintas: creche - crianças na faixa etária de 2 a 3 anos, educação infantil - crianças na faixa etária de 3 a 4 anos e fundamental 1 - crianças na faixa etária de 7 a 10 anos. A forma de apresentação e explicação da técnica de produção da tinta feito com pigmento do solo foi superficial, apenas para transmitir que a tinta é realmente feita com solo, com terra, de forma que despertasse o interesse das crianças. A diversidade de cores dos solos chamou muita atenção dos participantes, tanto das crianças, quanto dos professores que também participaram das dinâmicas. A produção da tinta foi feita pelos próprios alunos dos programas de extensão, na proporção de uma parte de água, uma parte de pigmento de solo e meia parte de cola a base de PVA (1,1 e $\frac{1}{2}$), utilizando pigmentos de diversas cores. Para a aplicação da tinta, o APAE destinou uma parte do muro do parquinho, conforme pode ser vista na **Figura 41**. A proposta foi fazer o tracejado dos desenhos do tema, predefinido e aprovado pela direção do APAE, para que os alunos pintassem por cima.



Figura 41 – Fotos da parte do muro reservada para pintura

Fonte: autor

Como se tratavam de crianças de várias idades, com necessidades especiais distintas, a dinâmica foi orientada pelos realizadores, acompanhada pelos professores responsáveis. Os alunos tiveram a liberdade de escolher o que e como pintar. Inicialmente alguns alunos apresentaram um certo receio e

resistência, mas vendo a interação dos amigos, foram se soltando. Também foi feita uma dinâmica onde as crianças foram estimuladas a “carimbar” o muro usando as próprias mãos, despertando o interesse pelo contato com a tinta e aumentando o entusiasmo, principalmente ao verem os desenhos com o formato das próprias mãos.

Após a participação de todas as turmas, os alunos dos programas de extensão finalizaram a pintura do mural, resultando em belos desenhos, atingindo, assim, o objetivo esperado (**Figura 42**).

O resultado da oficina foi bastante positivo, demonstrando novamente que a tinta feita com pigmentos do solo pode ser um instrumento importante de aprendizagem, de formação cultural e artística e, principalmente, de inclusão social, além de fortalecer a mentalidade e o interesse pelo sustentável.





Figura 42 – Fotos da Oficina realizada na APAE – São João del-Rei – MG
Fonte: autor

4.7.4 Considerações sobre a difusão da técnica de tinta de solo

A difusão da técnica de produção de tintas à base de pigmentos do solo, realizada por meio de oficinas comunitárias, demonstrou-se uma estratégia eficaz para articular conhecimentos científicos, saberes tradicionais e práticas sustentáveis. Essas atividades, desenvolvidas em parceria com programas de extensão universitária, possibilitaram não apenas a transmissão de um saber técnico, mas também a valorização da geodiversidade local, a promoção da educação ambiental e o fortalecimento de vínculos afetivos e culturais com o território.

A geodiversidade, entendida como a variedade de elementos abióticos da natureza (solos, rochas, relevos), constitui a base material para a produção das tintas naturais. A seleção de solos com diferentes tonalidades e propriedades granulométricas evidenciou a riqueza pedológica da região de São João del-Rei e entorno, reforçando a importância do mapeamento geográfico como ferramenta para o aproveitamento sustentável de recursos locais (Gray, 2013). A técnica de extração e aplicação de pigmentos naturais alinha-se, assim, aos princípios da sustentabilidade, ao reduzir a dependência de insumos industriais e minimizar impactos ambientais.

As oficinas realizadas transcenderam o caráter puramente técnico de transmissão de uma receita, assumindo a dimensão de uma prática etnopedológica e de (re)conhecimento da paisagem. Ao guiar os participantes no processamento e aplicação do solo, o processo fomentou um diálogo entre o saber científico-acadêmico e os saberes locais. Como observado por Muggler, Pinto Sobrinho e Machado (2005), a etnopedologia estuda justamente a compreensão que as comunidades têm dos recursos do solo, promovendo um sentimento de pertencimento.

Durante as atividades, descrições empíricas como "terra mole", "barro forte" ou "areia fina" emergiram espontaneamente, constituindo um sistema de classificação local que, embora distinto da nomenclatura pedológica técnica (e.g., "argiloso", "siltoso"), demonstrava uma percepção aguçada das propriedades físicas do material. Dessa forma, a técnica da tinta de solo revelou-se um instrumento eficaz de educação geográfica, materializando conceitos abstratos de paisagem, território e recurso natural (Santos, 1996; Claval, 1999).

As oficinas realizadas na Floresta Nacional de Ritápolis, na disciplina de Biodiversidade e Cultura e na APAE demonstraram que o conhecimento técnico-científico pode ser harmonizado com práticas educativas lúdicas e inclusivas. Conforme defendido por Santos (2007), a ecologia de saberes pressupõe o diálogo entre diferentes formas de conhecimento, valorizando tanto o saber acadêmico quanto os saberes populares. A adaptação da linguagem conforme o público, crianças, universitários ou pessoas com necessidades especiais, permitiu que a técnica fosse assimilada de maneira contextualizada, reforçando sua acessibilidade e aplicabilidade social.

A pedagogia da terra, conforme proposta por Freire (2000), foi tangivelmente observada nas oficinas, especialmente no envolvimento das crianças com os solos, demonstrando ser uma prática transdisciplinar, articulando arte, cultura popular, técnicas alternativas, ciências e educação ambiental, fortalecendo vínculos afetivos com o território. Defende que a relação

com a terra vai além do aspecto produtivo ou econômico, envolvendo identidade, cultura, memória e afetividade. Paulo Freire (2000) destaca que "a terra é matriz de cultura e sonho", ou seja, não é apenas um recurso, mas um espaço de construção de afetos e lutas. Fortalecer esse vínculo é essencial para uma educação emancipatória e para a sustentabilidade das comunidades.

Ao manipular a terra, sentir sua textura e transformá-la em tinta, os participantes estabeleceram uma relação afetiva e crítica com o meio ambiente. Essa experiência prática corrobora a ideia de que a educação ambiental deve transcender a transmissão de informações, promovendo vivências que conectem o indivíduo ao seu território (Loureiro, 2004).

A oficina na APAE destacou-se como um caso emblemático de inclusão por meio da arte. A utilização da tinta de solo em um mural coletivo não apenas estimulou a expressão criativa das crianças, mas também reforçou seu senso de pertencimento ao espaço comunitário. Essa prática dialoga com os estudos de Geografia Humanística (Tuan, 1980), que enfatizam a importância dos lugares como constructos simbólicos e afetivos. Além disso, a técnica mostrou-se adaptável a diferentes contextos, reforçando seu potencial como ferramenta de transformação social.

A integração entre educação em solos e ações extensionistas demonstra-se como estratégia potente para operacionalizar os princípios teórico-metodológicos discutidos anteriormente. As experiências desenvolvidas pelo Programa de Extensão Saberes da Terra, em parceria com diversos departamentos da UFSJ, materializam na prática a proposta de Falcão e Sobrinho (2024) de articular conhecimentos científicos com saberes tradicionais através de metodologias ativas e contextualizadas.

As oficinas de produção de tintas com pigmentos naturais do solo, realizadas em diferentes contextos comunitários, representam uma convergência exemplar entre educação ambiental, valorização da geodiversidade e inclusão social. Conforme demonstrado nas experiências na

Floresta Nacional de Ritópolis, na disciplina de Biodiversidade e Cultura e na APAE de São João del-Rei, a técnica transcende sua dimensão instrumental para assumir caráter pedagógico transformador.

Esta abordagem corrobora os pressupostos da etnopedologia discutidos por Falcão e Sobrinho (2024), ao estabelecer diálogo entre o conhecimento acadêmico sobre solos e os saberes locais sobre os recursos naturais. A seleção de solos com diferentes tonalidades e propriedades, adaptada às características geológicas da região, exemplifica concretamente a valorização da geodiversidade como proposta por Gray (2013), transformando-a em recurso educativo e cultural.

A adaptação metodológica conforme os públicos atendidos (crianças, universitários e pessoas com necessidades especiais) demonstra a flexibilidade pedagógica necessária para efetivar os princípios da educação em solos. Particularmente significativa foi a experiência na APAE, onde a técnica mostrou-se eficaz como instrumento de inclusão social e expressão criativa, reforçando o potencial transformador destacado por Freire (2000) na pedagogia da terra.

Os estudos de caso realizados, seguindo a metodologia de Yin (2015), permitiram documentar não apenas os resultados tangíveis das oficinas, mas principalmente os processos de aprendizagem e engajamento comunitário. A observação participante revelou como a manipulação direta dos solos e a transformação em tintas facilitaram a compreensão de conceitos complexos sobre formação e conservação dos solos, validando as propostas de Muggler *et al.* (2006) sobre educação pedológica baseada em experiências concretas.

Esta articulação entre extensão universitária, pesquisa e ensino exemplifica o modelo de "universidade extensionista" defendido por Santos (2007), onde o conhecimento científico dialoga constantemente com as demandas e saberes comunitários. As parcerias estabelecidas com diferentes programas de extensão criaram uma rede colaborativa que amplificou o impacto social das ações, demonstrando a viabilidade de replicação em outros contextos.

Os resultados observados nas oficinas confirmam a eficácia das metodologias ativas para a educação em solos, particularmente no que se refere à formação de vínculos afetivos com o território e à promoção da conscientização ambiental. A técnica de produção de tintas com pigmentos naturais mostrou-se não apenas viável tecnicamente, mas principalmente potente como ferramenta educativa transdisciplinar, capaz de integrar conhecimentos de geografia, biologia, artes e educação ambiental.

Esta experiência concreta fornece subsídios valiosos para a consolidação da educação em solos como campo de conhecimento e prática pedagógica, demonstrando na prática a viabilidade de articular rigor científico, relevância socioambiental e engajamento educacional como proposto no referencial teórico.

As oficinas de difusão da técnica de tintas de solo confirmaram sua eficácia como instrumento de educação, sustentabilidade e valorização da geodiversidade. Ao integrar conhecimentos geográficos, práticas artesanais e abordagens pedagógicas inclusivas, essas atividades contribuíram para a formação de uma consciência crítica sobre o uso sustentável dos recursos naturais. Futuras ações poderão ampliar esse alcance, incorporando novas comunidades e aprofundando estudos sobre a viabilidade econômica e ecológica da técnica, consolidando-a como alternativa viável no campo das tecnologias sociais sustentáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo, fundamentado em uma abordagem metodológica sistemática e interdisciplinar, alcançou seu objetivo central de desenvolver, avaliar e difundir a produção de tintas à base de pigmentos do solo, com ênfase na sustentabilidade, acessibilidade e aplicabilidade regional. A investigação, que integrou de forma sinérgica a pesquisa bibliográfica, o trabalho de campo, a experimentação laboratorial e as atividades de extensão, permitiu consolidar um corpo de conhecimentos que não apenas valida a técnica sob o crivo científico,

mas também a reinsere no contexto comunitário como uma tecnologia social viável e de grande relevância socioambiental.

Esta pesquisa confirmou que a produção de tintas a partir de solos locais é um empreendimento intrinsecamente geográfico. O estudo operacionalizou a Geografia não apenas como pano de fundo teórico, mas como metodologia integradora que articulou escalas e dimensões de análise. Em sua vertente física (pedológica), a ciência do solo forneceu o instrumental para decifrar a gênese das cores e propriedades das matérias-primas, vinculando-as aos fatores de formação (clima, material de origem, relevo, organismos e tempo) atuantes na região de São João del-Rei (Jenny, 1941). Na dimensão da paisagem e do território, o mapeamento georreferenciado dos pontos de coleta transformou-se em um sistema de informação geográfica (GIS) elementar, que documenta a geodiversidade cromática e sugere padrões espaciais relacionados às unidades geomorfológicas e geológicas.

A investigação sobre o potencial dos solos da região de São João del-Rei para a produção de tintas sustentáveis encontra na etnopedologia um eixo teórico-metodológico fundamental. Este campo do saber, ao estudar os sistemas de conhecimento, classificação e manejo do solo elaborados por comunidades locais (Barrera-Bassols; Zinck, 2003), fornece a lente adequada para se compreender a relação profunda e histórica entre sociedade e recurso edáfico, transcendendo uma visão puramente instrumental do solo como insumo. Neste estudo, a perspectiva etnopedológica não se restringe ao referencial teórico; ela materializa-se na própria concepção da pesquisa, orientando desde a coleta das amostras até a difusão dos resultados, configurando um diálogo contínuo entre o saber acadêmico-científico e os saberes tradicionais e locais (Mugger *et al.*, 2005).

A primeira operacionalização deste diálogo ocorreu na etapa de identificação e coleta dos materiais. Ao buscar solos com potencial pigmentante, o método etnopedológico orientou a valorização do conhecimento empírico de moradores, agricultores e artesãos da região. A indicação de locais

tradicionalmente reconhecidos como fontes de "barro forte", "terra corada" ou "tabatinga" não apenas otimizou o trabalho de campo, direcionando-o para materiais de comprovada aptidão prática, mas também revelou um sistema de classificação local cujos critérios – como cor, plasticidade ao tato ("terra gorda") e comportamento em mistura – constituem um saber válido e funcional sobre as propriedades dos solos (Silva; Falcão Sobrinho, 2023). Este procedimento inicial já sinalizava que os solos catalogados não eram meras coordenadas geográficas, mas elementos carregados de história de uso e significação cultural.

Contudo, foi no âmbito das oficinas de difusão da técnica, realizadas na Floresta Nacional de Ritópolis, na APAE e na disciplina universitária, que a abordagem etnopedológica atingiu sua plena expressão metodológica e social. Essas atividades transcenderam a mera demonstração técnica para se tornarem espaços privilegiados de intercâmbio e construção coletiva de conhecimento. Nelas, os participantes foram convidados a experienciar desde a identificação do solo até a transformação em tinta e sua aplicação. Este processo prático e sensorial catalisou uma releitura da paisagem, conforme descrito por Santos (1996), onde elementos como barrancos e voçorocas passaram a ser percebidos também como fontes de identidade cromática e potencial econômico.

Nessas oficinas, observou-se a emergência de um diálogo de saberes concreto. Os conceitos técnicos de granulometria e defloculação eram apresentados e, simultaneamente, reinterpretados e complementados pelas percepções sensoriais dos participantes, que manuseavam os materiais e descreviam suas características em sua própria linguagem. Essa interação operacionaliza o que Toledo e Barrera-Bassols (2009) definem como o encontro entre o "pedon" (o solo como corpo natural) e o "etnon" (o solo como construção cultural). A técnica da tinta de solo, portanto, mostrou-se um vetor eficaz para a "consciência pedológica" almejada por Muggler *et al.* (2005), fomentando não apenas a apropriação de uma técnica sustentável, mas também um sentimento de pertencimento e responsabilidade em relação ao recurso solo.

Dessa forma, a etnopedologia revela-se intrínseca ao conceito de "geotinta" desenvolvido nesta pesquisa. Se a análise geográfica e pedológica explica a gênese e a distribuição das cores na paisagem, a etnopedologia ilumina os significados e os usos que as comunidades atribuem a essas cores. Ao integrar essas dimensões, o estudo demonstra que a inovação sustentável, no contexto dos recursos territoriais, pode e deve ser ancorada no resgate, na validação e no diálogo com os saberes tradicionais. As oficinas não foram apenas atividades de extensão; foram o momento de síntese da pesquisa, onde o conhecimento sistemático produzido retornou à comunidade e foi por ela reelaborado, cumprindo assim um duplo objetivo: o de gerar uma alternativa técnica ecoeficiente e o de fortalecer os vínculos culturais e identitários da população com seu território, a partir da valorização de seu patrimônio edáfico.

Dessa forma, através da etnopedologia e da geografia cultural, a técnica foi reinserida em um contexto social mais amplo. Portanto, a "geotinta" proposta não é um produto finalístico, mas um conceito-ponte: um material que encapsula e expressa as dinâmicas naturais e culturais de um território, oferecendo uma alternativa concreta de sustentabilidade ancorada no aproveitamento consciente e na valorização dos recursos e saberes locais. A metodologia adotada neste trabalho reflete uma abordagem interdisciplinar, alinhando-se ao conceito de "geografia das cores", que estuda a relação entre paisagem, recursos minerais e cultura, à noção dos saberes tradicionais, que valoriza processos empíricos de interação com a natureza.

A pesquisa empregou três eixos metodológicos principais:

1. Análise Geológica e Pedológica: Mapeamento de áreas de extração dos pigmentos de solos, utilizando técnicas de geoprocessamento (QGIS), para identificar variações cromáticas associadas a minerais como hematita (vermelho), goethita (amarelo) e manganês (preto); Ensaios laboratoriais para verificar a estabilidade e resistência dos pigmentos,

conectando-se ao conceito de geodiversidade como "capital natural" (Gray, 2013).

2. Etnografia dos Saberes Tradicionais: Registro etnográfico dos processos de coleta, preparo e aplicação das tintas por artesãos locais, evidenciando como o saber tradicional opera como tecnologia social (Santos, 2007); Oficinas com a comunidade que destacam a percepção local sobre a tinta de solo, alinhando-se à Geografia Humanista (Tuan, 1977).
3. Avaliação de Sustentabilidade: Análise da sustentabilidade provocada pela substituição dos materiais tóxicos e poluentes, dos processos de industrialização das tintas convencionais por materiais e processos sustentáveis e ecologicamente corretos.

Os resultados obtidos demonstram, de forma contundente, a estreita correlação entre as características pedológicas dos solos e o desempenho das tintas, um eixo central da análise geológica e pedológica que norteou a pesquisa. A confirmação de que solos com predomínio de frações siltosas e argilosas, particularmente aqueles coletados no horizonte B, são os mais adequados para a produção de tintas de qualidade, com superior poder de cobertura, aderência e resistência à água e à abrasão, comprova empiricamente as pesquisas de autores como Carvalho *et al.* (2021) e Neves *et al.* (2009).

A análise granulométrica laboratorial, realizada pela UFLA, serviu como parâmetro de precisão para atestar a eficácia dos testes expeditos, reforçando a premissa de que métodos simplificados e de baixo custo podem ser ferramentas confiáveis para a seleção de solos, tornando a técnica acessível.

Este mapeamento e caracterização detalhada dos solos da região de São João del-Rei e entorno constituem uma contribuição pedológica significativa, evidenciando a relação direta entre a geodiversidade geológica da região, com tons avermelhados predominantes devido à presença de óxidos de ferro, corroborando a ideia de geodiversidade como patrimônio cultural (Brilha, 2016),

já que a identidade cromática da arquitetura colonial de São João del-Rei está diretamente ligada aos solos locais.

A diversidade cromática e textural das amostras coletadas não representa uma mera variação aleatória, mas constitui um registro pedogenético e geográfico legível do território de São João del-Rei. A predominância de matrizes com matizes nos segmentos 5YR a 10YR (vermelho-amarelado a amarelo), por exemplo, pode ser interpretada à luz dos processos de intemperismo típicos do domínio morfoclimático do Campo das Vertentes. Como assinalam Resende *et al.* (2014), os tons avermelhados mais estão frequentemente associados à predominância do óxido de ferro hematita (Fe_2O_3), indicativa de solos bem drenados, profundos e com forte atividade oxidativa em condições de bom aporte de oxigênio, característicos de topos de relevo ou materiais de origem ferruginosos. Em contrapartida, os tons amarelo-ocráceos sugerem a presença de goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$), mineral comum em solos com drenagem moderada ou sob influência de oscilações no lençol freático, frequentemente encontrados em vertentes médias ou inferiores (Jenny, 1941). Assim, o banco de pigmentos catalogados neste trabalho transcende sua função utilitária, configurando-se como um arquivo natural das condições ambientais e da evolução da paisagem local.

A paleta de cores obtida, que vai dos ocre aos vermelhos-escuros, não é apenas uma coleção de pigmentos, mas um arquivo cromático da paisagem do Campo das Vertentes. As cores refletem a diversidade geológica (quartzitos, itabiritos) e a história evolutiva dos solos na região. A tinta produzida, portanto, carrega em si a memória geológica e pedológica do lugar, materializando a relação entre sociedade e ambiente proposta por Santos (1996).

Portanto, a pesquisa demonstra que as tintas de solo em São João del-Rei e entorno transcendem sua função estética, encapsulando dinâmicas geográficas, ambientais e culturais. A metodologia empregada permitiu articular

escalas distintas, do mineral ao social, reforçando a importância de abordagens interdisciplinares para temas na interface natureza-cultura.

Considerando a resistência e desempenho das tintas de solo produzidas com PVA como ligante, para fins de reprodutibilidade, os testes demonstraram que os solos compostos na sua maioria por silte tiveram um desempenho superior. O que reforça as pesquisas dos principais autores, principalmente com a adição de algum aditivo, como a Cal ou óleo de linhaça, agregando propriedades interessantes e melhorando a resistência e durabilidade a intempéries.

No âmbito das formulações, a avaliação de sustentabilidade das tintas foi realizada em suas três dimensões: técnica, ambiental e econômica. A avaliação comparativa das resinas (PVA, grude e PVA com cal) permitiu concluir que a tinta à base de PVA oferece o melhor desempenho técnico global, especialmente em termos de viscosidade, homogeneidade do acabamento e durabilidade. A formulação híbrida PVA com cal emergiu como uma alternativa particularmente vantajosa para ambientes sujeitos à umidade, conferindo maior resistência e propriedades antifúngicas. Do ponto de vista ambiental, todas as formulações apresentam baixo impacto, porém a de grude se destaca por ser totalmente natural e biodegradável. Economicamente, as tintas de solo mostraram-se drasticamente mais acessíveis que as tintas industriais, com o grude representando a opção de menor custo, um fator crucial para a sua viabilidade como tecnologia social.

Os resultados reforçam a viabilidade ecológica e econômica das tintas de solo, principalmente por não emitirem compostos orgânicos voláteis (VOCs) e demandarem menos energia na produção. Em comparação às tintas convencionais industriais, possuem um custo, aproximadamente, 70% menor, considerando extração manual e processamento artesanal.

O diálogo entre saberes tradicionais revela um sistema híbrido de conhecimento (Santos, 2007), onde o empirismo local, como nos testes

expeditos, antecipa descobertas científicas. Os métodos tradicionais de extração, como a seleção de solos em barrancos não erodidos, demonstram um conhecimento ecológico implícito, em sintonia com o conceito de sustentabilidade cultural (UNESCO, 2003).

A relevância e a aceitação desta pesquisa transcendem o âmbito técnico-científico, projetando-se fortemente na esfera comunitária, onde se verifica a integração com a Etnografia dos Saberes Tradicionais. A difusão da técnica por meio de oficinas, realizadas na Floresta Nacional de Ritópolis, na disciplina de Biodiversidade e Cultura da UFSJ e na APAE de São João del-Rei, constituiu-se em um rico estudo de caso etnográfico, seguindo a metodologia de Yin (2015). A observação participante revelou não apenas a aceitação, mas o entusiasmo da comunidade pela técnica. O sucesso dessas atividades, com a participação ativa e engajada de públicos diversos, comprova a ressonância positiva do saber técnico-científico quando articulado com os saberes tradicionais e práticas lúdicas, materializando o diálogo de saberes proposto por Santos (2007).

A aceitação das tintas de solo pela comunidade, de modo geral, sugere uma reconexão entre saber local, demandas contemporâneas e valorização cultural, fortalecendo que os conceitos de sustentabilidade e preservação ambiental são valorizados e vistos como essenciais, principalmente nos dias atuais, com o agravante da crise climática.

Essa articulação encontra seu espaço privilegiado no campo da Educação em Solos. As oficinas materializaram na prática a proposta de Falcão e Sobrinho (2024) de articular conhecimentos científicos com saberes tradicionais através de metodologias ativas e contextualizadas. Ao permitir que crianças, universitários e pessoas com necessidades especiais manipulassem a terra, sentissem suas texturas e a transformassem em pigmento e expressão artística, as atividades promoveram uma compreensão vivencial e afetiva sobre a formação, conservação e importância dos solos. Esta abordagem prática e transdisciplinar corrobora os princípios da "pedagogia da terra" de Freire (2000),

fortalecendo vínculos identitários com o território e promovendo uma educação ambiental crítica e emancipatória, conforme defendido por Loureiro (2004). A experiência na APAE, em particular, destacou-se como um caso emblemático de inclusão social e estímulo à expressão criativa por meio desta técnica, demonstrando seu potente caráter pedagógico e transformador.

As contribuições desta dissertação são, portanto, multifacetadas. Do ponto de vista acadêmico, o trabalho oferece uma base sólida e metodologicamente robusta para o estudo de tintas naturais, estabelecendo correlações precisas entre propriedades do solo e desempenho do revestimento, e validando métodos expeditos como ferramentas de análise acessível. Para a comunidade, a pesquisa disponibiliza uma tecnologia social de baixo custo e forte impacto, que alia sustentabilidade, autonomia e valorização cultural, cuja aceitação foi comprovada empiricamente nas oficinas, podendo ser replicada em diferentes contextos. Do ponto de vista ambiental, a técnica se apresenta como uma alternativa concreta aos revestimentos industriais, de baixo impacto ambiental e promovendo o uso consciente de recursos naturais locais e o interesse por métodos mais sustentáveis.

Por fim, este estudo serve como alicerce para pesquisas futuras. Recomenda-se a investigação de: 1) Novas formulações de resinas, incluindo o uso de óleo de linhaça e outras alternativas naturais para melhorar a impermeabilização; 2) A durabilidade de longo prazo das tintas em diferentes condições climáticas e substratos; 3) O mapeamento sistemático de fontes de pigmentos em outras regiões, com criação de um catálogo digital de cores dos solos georreferenciadas, ampliando o banco de dados dos pigmentos dos solos; 4) O desenvolvimento de modelos de negócios baseados na economia solidária para a comercialização de tintas de solo, avaliando sua viabilidade econômica de forma mais aprofundada; 5) A criação de políticas que valorizem e incentivem o uso de tintas naturais, vinculado a políticas de geoconservação, a integração desses saberes em projetos de educação ambiental e geociências; 6) O

oferecimento de oficinas de capacitação técnica para a comunidade, introduzindo controles de qualidade sem descaracterizar práticas tradicionais.

Dessa forma, consolida-se não apenas o legado desta dissertação, mas também se abrem novos horizontes para a contínua integração entre ciência, sustentabilidade, educação em solos e desenvolvimento comunitário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAFATI. **O setor de tintas no Brasil**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://abrafati.com.br/o-setor-de-tintas-no-brasil/>. Acesso em: 1 dez. 2024.

ACHCAR, L. **Tintas feitas com terra crua e água**. 2019. Disponível em: <https://casa.abril.com.br/construcao/tintas-feitas-com-terra-crua-e-agua/>. Acesso em: 14 jun. 2024.

ALVARENGA, D. **Curso de tintas a partir de pigmentos minerais**. Belo Horizonte: Fundação IBI – Tecnologias Alternativas, 2006.

ALVES, T. L.; BRITO, M. A. M. L. de; LAGE, M. C. S. M.; CAVALCANTE, L. C. D.; FABRIS, J. D. Pigmentos de pinturas rupestres pré-históricas do sítio Letreiro do Quinto, Pedro II, Piauí, Brasil. **Química Nova**, v. 34, n. 2, p. 181-185, 2011.

ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14942: Tintas – Determinação do poder de cobertura de tinta seca**. Rio de Janeiro, 2012. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14943: Tintas – Determinação do poder de cobertura de tinta úmida**. Rio de Janeiro, 2003. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15078: Tintas – Determinação de resistência a abrasão úmida sem pasta abrasiva**. Rio de Janeiro, 2004. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16166:2020. Tintas à base de água - Determinação da resistência à abrasão úmida.** Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e solos – Terminologia.** Rio de Janeiro, 1995.

BAENA, A. L. M. **Ensaio corográfico sobre a província do Pará.** Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2004.

BARNETT, J. R.; MILLER, S.; PEARCE, E. Colour and art: A brief history of pigments. **School of Plant Sciences**, The University of Reading, Reading, 2005.

BARRERA-BASSOLS, N.; ZINCK, J. A. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. **Geoderma**, v. 111, n. 3-4, p. 171-195, Feb. 2003.

BARROS, M. de. **Solocores – Tintas de solos.** Ouro Preto: Centro Multiplicador de Tecnologia Gemológica, 2011.

BECKER, H. **Materiais e Técnicas de Pintura.** 5. ed. São Paulo: Edusp, 2020

BESSEN, G. R.; GUNTHER, W. M. R.; RODRIGUES, A. C. *et al.* Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas: a insustentabilidade da geração excessiva de resíduos sólidos. In: **Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles**, 2010.

BESSE, J. M. **Geografia e humanidades.** 2014.

BETTENDORF, J. F. Chronica da missão dos padres da Companhia de Jesus no Estado do Maranhão. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, Rio de Janeiro, v. 72, p. 1-10, 1910.

BOMFORD, D.; ROY, A. **Técnicas de Pintura: artistas modernos e seus materiais.** Londres: National Gallery Company, 2019.

BOFF, L. **Saber cuidar: ética do humano – compaixão pela Terra.** Petrópolis: Vozes, 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo da FLONA de Ritópolis**. Brasília: IBAMA, 2005.

BRILHA, J. **Geodiversidade e conservação**. 2016.

BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Braga: Palimage, 2005.

CAMÕES, A.; EIRES, R.; JALALI, S. Old materials and techniques to improve the durability of earth buildings. In: **Conferência Internacional**. Guimarães: University of Minho, 2012.

CAPECHE, C. L. **Educação ambiental tendo o solo como material didático: pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superfícies**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 60 p.

CARDOSO, F. A. et al. **Caracterização de polímeros sintéticos utilizados em tintas imobiliárias**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 24, n. 3, p. 405-411, 2014.

CARDOSO, F. P. **Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

CARDOSO, F. P. **Os efeitos das características de pigmentos obtidos de solos sobre o desempenho de pinturas para edificações não industriais**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

CARDOSO, F. P.; ALVARENGA, R. C. S. S.; CARVALHO, A. F.; FONTES, M. P. F. Processos de produção e avaliação de requisitos de desempenho de tintas para a construção civil com pigmentos de solos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 167-183, out./dez. 2016.

CARVALHO, A. F. **Cartilha Cores da Terra**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 2009.

CARVALHO, A. F.; CARDOSO, F. P. **Cartilha Cores da Terra – Produção de tintas com pigmentos de solos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 2021. Disponível em: <https://bibliotecasemiarios.ufv.br/bitstream/123456789/61/1/cartilha%20elctr%C3%B4nica.pdf>. Acesso em: mar. 2025.

CARVALHO, J. C. **Curso básico de mecânica dos solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

CARVALHO, M. F.; LIMA, R. S. Mecanismos de proteção UV em pigmentos naturais. **Revista de Química Aplicada**, v. 18, n. 2, p. 45-59, 2022.

CEHIN, A.; VEIGA, J. O fundamento central da economia ecológica. In: MAY, P. H. (org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 33-48.

CHARTER, M.; CLARK, T. **Sustainable innovation: key conclusions from sustainable innovation conferences 2003-2006**. Farnham: The Centre for Sustainable Design, 2007. Disponível em: <https://research.uca.ac.uk/2958/>. Acesso em: 6 mar. 2015.

CLAVAL, P. **Introdução à geografia cultural**. 1999.

CLOTTE, J. **Cave art**. London: Phaidon, 2008.

COLOMBO, C. R.; SATTler, M. A.; ALMEIDA, M. J. **Bioconstrução: construção do passado ou do futuro?** In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 11., 2006, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: ANTAC, 2006. p. 3579-3588.

COOPER, M.; TOMÁSELA, B.; SILVA, L. S. da. **Pedologia: base para a distinção de ambientes**. 7. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2021.

CPRM. **Pigmentos minerais**. 2015. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Pigmentos-Minerais-1263.html>. Acesso em: out. 2024.

CRUZ, A. J. Os pigmentos naturais utilizados em pintura. **Departamento de Arte, Arqueologia e Restauro**, Instituto Politécnico de Tomar, Portugal, 2007.

DANIEL, J. **Tesouro descoberto no máximo rio Amazonas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

DAVIES, M. A. S. The development of an accurate minimum film forming temperature instrument. **Pigment and Resin Technology**, London, v. 13, n. 6, p. 4-8, June 1984.

DOKOUCHEV, V. V. The Russian Steppes: Study of the Soil in Russia, **Its Past and Present**. St. Petersburg: Imperial University of St. Petersburg, 1892

DONADIO, P. A.; ABRAFATI. **Manual básico sobre tintas**. 2011.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

DUNN, M. **Traditional pigments: a cultural history**. London: Routledge, 2014.

EASTAUGH, N. **Pigment compendium: a dictionary of historical pigments**. Amsterdam: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

EASTOUGH, P. **The artist's handbook of materials and techniques**. London: Faber & Faber, 2007.

EMBRAPA. **Educação ambiental tendo o solo como material didático: pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superfícies**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010.

EMBRAPA. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 7. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 100 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 412 p.

FALCÃO, C. L. C.; FALCÃO SOBRINHO, J. **Educação em solos: abordagens teóricas e metodológicas**. Acta Geográfica, v. 18, n. 49, p. 97-116, 2024

FARIA, F. C.; SCHMID, A. L. Avaliação do comportamento de tintas naturais para construção civil frente ao intemperismo através de ensaio de envelhecimento acelerado. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283347199>. Acesso em: out. 2024.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia**. v. 1 e 2. 28. ed. São Paulo: Abrafati, 1995.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas imobiliárias de qualidade: livro de rótulos da Abrafati**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 598 p.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas: ciência e tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 1124 p.

FELIPE, M.; CARVALHO, R. Tintas naturais: tecnologias sustentáveis para construção. **Revista Técnica**, 2018.

FIESER, L. F.; PAGLIARI, A. V. **Revestimentos à Base de Cal: tradição e desempenho**. Revista de Arquitetura e Construção, v. 12, n. 1, p. 45-58, 2020.

FONTES, M. P.; CARVALHO, A. F.; CARDOSO, F. P. **Qualidade de tintas imobiliárias produzidas à base de solos relacionada às propriedades mineralógicas, químicas e físicas**. Viçosa: DPS-UFV, 2013. Relatório de pesquisa.

FREIRE, P. **Pedagogia da terra**. São Paulo: Peirópolis, 2000. Disponível em: <https://acervo.paulofreire.org/handle/7891/3065>. Acesso em: 10 jun. 2025.

FRIEDMAN, N. **Natural colorants for paint and coatings**. Berlin: Springer, 2012.

GADOTTI, M. Pedagogia da terra e cultura da sustentabilidade. **Revista Lusófona de Educação**, n. 6, p. 15-29, 2005.

GAGLIARDI, L. Sustainable pigments in modern art. **Journal of Cultural Heritage**, v. 15, p. 100-105, 2019.

GBC BRASIL. **Guia referencial de sustentabilidade para edifícios**. São Paulo: Green Building Council Brasil, 2021.

GETLEIN, F. **A Pintura a Óleo: materiais e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2021.

GÓIS, L. **Tintas da terra: o uso dos pigmentos naturais para uma pintura sustentável**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2016. Disponível em: https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/artes/IC_TINTAS_DA_TERRA.pdf. Acesso em: 14 dez. 2024.

GOMES, F. da S.; SILVA, M. L. da. Solo como patrimônio biocultural: interfaces entre etnopedologia e conservação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2188-2202, 2021.

GOMES, P. *et al.* Estruturas matriciais em tintas minerais. **Matéria**, v. 26, n. 3, 2021.

GOMES, R. *et al.* Aderência de tintas minerais em substratos porosos. **Revista Materiais Sustentáveis**, v. 12, p. 45-60, 2023.

GONZALEZ, P.; JOSE, A.; GONZALEZ, V.; FRANCISCO, J.; ALMENDROS, G.; KNICKER, H. The effect of fire on soil organic matter. **Environment International**, [s. l.], 2004. Acesso em: set. 2024.

GOTTSEGEN, M. D. **The painter's handbook**. New York: Watson-Guption, 2006.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org.). **Degradação dos solos no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

GÜNTHER, W. M. R. *et al.* Emissões de compostos orgânicos voláteis (COVs) na indústria de tintas: uma revisão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1123-1134, 2017.

GUTIERREZ, F.; PRADO, C. **Ecopedagogia e cidadania planetária**. São Paulo: IPF/Cortez, 1998.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**. v. 47. Lyon: IARC, 1989.

INGOLD, T. **The perception of the environment**. London: Routledge, 2000.

IPEA. **Tecnologias sociais e inovação no Brasil**. Brasília, 2015.

IPHAN. **Portal Iphan**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br>. Acesso em: out. 2024.

JENNY, H. **Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology**. New York: McGraw-Hill, 1941.

KEAREY, S. **Earth architecture: from ancient to modern**. London: Thames & Hudson, 2017.

KER, J. C. **Latossolos do Brasil: uma revisão**. Geonomos, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.

KHAN, S. **Natural earth pigments: a guide to making and using traditional paints**. 2020.

KNAACK, U. *et al.* **Facade Construction Manual**. 2nd ed. Munich: DETAIL Business Information GmbH, 2019.

KRUG, E. C.; HOLLINGER, S. E. **Identification of factors that aid carbon sequestration in Illinois agricultural systems**. Champaign: Illinois State Water Survey, 2003. p. 10. Acesso em: out. 2024.

LAMBOURNE, R.; STRIVENS, T. A. **Paint and Surface Coatings: Theory and Practice**. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2020.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

LIMA, P. V. de; WINKLERPRINS, A. M. G. A. Crítica e renovação na etnopedologia: por uma abordagem decolonial. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 107, p. 45-68, 2022.

LIMA, R. *et al.* Influência da granulometria na estabilidade de tintas minerais. **Química Nova**, v. 44, n. 6, p. 720-728, 2021.

LIMA, R. *et al.* Sandy-clay soils in paint formulations. **Applied Clay Science**, v. 104, p. 102-110, 2021.

LOEB, L. A.; HARRIS, C. C. Advances in chemical carcinogenesis: a historical review and prospective. **Cancer Research**, v. 68, n. 17, p. 6863-6872, 2008.

LOPES, M. M. S.; ALVARENGA, R. C. S. S.; PEDROTI, L. G.; RIBEIRO, J. C. L.; CARVALHO, A. F.; CARDOSO, F. P.; MENDES, B. C. Influence of the incorporation of granite waste on the hiding power and abrasion resistance of soil pigment-based paints. **Construction and Building Materials**, v. 205, p. 463-474, 2019.

LOUREIRO, C. F. B. Educação ambiental transformadora. In: LAYRARGUES, P. P. (org.). **Identidades da educação ambiental brasileira**. Brasília: MMA, 2004.

MARTINS, C. B. **Pigmentos Naturais e Ligantes em Pintura**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2019.

MARTINS, M. de C.; ANDRADE, L. F. de. **Saberes da terra: testes expeditos e cultura popular. A utilização da terra e suas estabilizações na arquitetura, permacultura e bioconstrução.** São João del-Rei: UFSJ, 2020. Projeto de Pesquisa.

MARTINS, M. de C.; ANDRADE, R. A. de. **Saberes da terra – tons dos solos: produção e avaliação de tintas à base de solos.** São João del-Rei: UFSJ, 2015. Projeto de Pesquisa.

MARTINS, M. de C.; ANDRADE, R. A. de. **Saberes da terra – tons dos solos: produção e avaliação de tintas à base de solos.** São João del-Rei: UFSJ, 2015. Relatório Final de Pesquisa.

MARTINS, M. de C.; RESENDE, I. A. P. **Saberes da terra – tons do solo: estudo sobre a produção de tintas à base de solo.** São João del-Rei: UFSJ, 2013. Projeto de Pesquisa.

MARTINS, M. de C.; RESENDE, I. A. P. **Saberes da terra – tons do solo: estudo sobre a produção de tintas à base de solo.** São João del-Rei: UFSJ, 2014. Relatório Final de Pesquisa.

MAYER, R. **Manual do artista de técnicas e materiais.** 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

MAYER, R. **The artist's handbook of materials and techniques.** 5. ed. New York: Viking, 1991.

MELLO, V. M.; SUAREZ, P. A. Z. As formulações de tintas expressivas através da História. [Editorial]. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2012.

MENDONÇA, A. B. *et al.* Efeito da sílica em revestimentos naturais. **Construção Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 22-35, 2022.

MENEZES, R. R.; ALMEIDA, E. P.; SANTOS, J. L. Tensões de retração em tintas minerais argilosas: efeitos da granulometria e umidade de cura. **Matéria**, v. 25, n. 3, p. 1-12, 2020.

MORESI, C. M. D.; SATURNINO, J.; OLIVEIRA, J. A. dos S.; SOUSA, O. M. de. **Arte e ciências: os pigmentos minerais**. Belo Horizonte: Escola de Belas Artes da UFMG, 2009.

MORGAN, P. **Waterborne Acrylics: a guide for artists**. London: Archetype Publications, 2019.

MUGGLER, C. C.; PINTO SOBRINHO, F. de A.; MACHADO, V. A. Educação em solos: princípios, teoria e métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 733-740, 2006.

MUGGLER, C. C.; PINTO SOBRINHO, F. A.; MACHADO, V. A. Etnopedologia: uma disciplina na interface do saber científico e popular. In: VIDAL-TORRADO, P. et al. (Orgs.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2005. v. 4, p. 239-276.

MUGGLER, C. C.; PINTO SOBRINHO, A. A.; MACHADO, V. P. Etnopedologia: um enfoque sobre a relação entre sociedades e solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 731-737, 2005.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts**. Baltimore: Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 1950.

MURRAY, A. *et al.* **The circular economy: a wealth of flows**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2017.

NASCIMENTO, M. A. L.; RUCHKYS, Ú. A.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: três conceitos integrados**. Campinas: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008.

NASCIMENTO, M. A. L.; SANTOS, O. J. **Geodiversidade na arte rupestre no Seridó Potiguar**. Natal: Iphan-RN, 2013.

NAVARRO, E. A. **Método moderno de tupi antigo: a língua do Brasil dos primeiros séculos**. 3. ed. São Paulo: Global, 2005. p. 118.

NETTO, P. A. D. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados nitrados (NHPAs): uma revisão metodológica. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 765-773, 2000.

NEVES, C. M. M.; FARIA, O. B.; ROTONDARO, R.; CEVALLOS, P. S.; HOFFMANN, M. V. **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo**. Rede Ibero-americana PROTERRA, 2009. Disponível em: <http://www.redproterra.org>. Acesso em: 6 dez. 2024.

OLIVEIRA, D. S. C. Vidas por entre pigmentos, madeiras e argilas: conexões da arte na Belém colonial. **Faces da História**, v. 5, n. 2, p. 124-147, 2018.

PAULIV, T. M.; MADI, A. P. L. M. Pigmentação natural de tintas preparadas a partir de solo. **Caderno PAIC**, v. 22, n. 1, p. 787-794, 2021.

PAULIV, T. M.; MADI, A. P. L. M. Uso do solo como alternativa sustentável na fabricação de tintas. **Caderno PAIC**, v. 21, n. 1, p. 89-96, 2020. Disponível em: <https://cadernopaic.fae.edu/cadernopaic/article/view/410>. Acesso em: out. 2024.

PINHEIRO, M. V. R. **Tintas Naturais: uma abordagem técnica e histórica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de São Carlos, 2022.

PINTO, C. de S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

POLITO, G. **Principais sistemas de pinturas e suas patologias**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. Apostila.

RANZANI, G. **Manual de levantamento de solos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher / EDUSP, 1969. 34 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4. ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338 p.

RESENDE, M. *et al.* **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2014.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SACHS, I. **Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento**. São Paulo: Cortez, 2007.

SANTOS, B. de S. **Ecologia dos saberes**. São Paulo: Cortez, 2007.

SANTOS, B. de S. Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 78, p. 3-46, 2007.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, R. D. dos et al. **Correlação entre classificações etnopedológicas e atributos físico-químicos de solos em comunidade quilombola na Amazônia**. Acta Amazônica, v. 50, n. 2, p. 128-138, 2020.

SANTOS, R. D. dos et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100 p.

SANTOS, R. M. et al. Óxidos naturais em revestimentos sustentáveis. **Química Nova**, v. 46, n. 3, p. 245-258, 2023.

SANTOS, T.; OLIVEIRA, R. R. Química verde e o desenvolvimento de materiais: tintas com matérias-primas de origem natural. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 5, p. 1215-1232, 2018.

SARON, C.; FELISBERTI, M. I. Ação de colorantes na degradação e estabilidade de polímeros. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 124-126, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/9f5PvxkJ6cbvKYkWvTHyLkm/?lang=pt>. Acesso em: out. 2024.

SAVELLI, L. C. **Óleos Secativos na Pintura Artística: propriedades e aplicações**. São Paulo: Editora Senac, 2021.

SCHAEFER, C. E. R. **Solos: aspectos pedogenéticos, morfológicos e de classificação**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. **Soils: Genesis and Geomorphology**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

SILVA, A. C.; VITAL, A. R. T. **Atributos diagnósticos e de classificação do solo**. In: SANTOS, H. G. dos et al. (Ed.). **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2020. p. 189-228.

SILVA, A. L. da; LEITE, P. K. S.; SOUSA, M. M. S. P. de; SOUSA, J. B. de; RAMOS, D. de A.; VITAL, A. de F. M. **Ensinando e pintando: a tinta de terra como ferramenta para valorização do solo**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM SOLOS, 7., 2014, Recife. Anais [...]. Recife, 2014.

SILVA, A. P. da. **Aprendendo, fazendo e colorindo a cidadania: uma nova perspectiva da economia solidária na EJA**. 2013. Monografia (Especialização em Educação de Jovens e Adultos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

SILVA, R. J. **Tintas de Terra: técnicas artesanais e aplicações contemporâneas**. Goiânia: Editora da UFG, 2020.

SILVA, J. F.; FALCÃO SOBRINHO, J. **Saberes tradicionais sobre solos e cores: um estudo etnopedológico no cerrado piauiense**. Revista de Geografia (Recife), v. 40, n. 2, p. 156-172, 2023.

SMCOP. **Inventário de proteção ao acervo cultural de Ouro Preto**. Ref.: 10.4.1, 2007.

SMITH, H. **Eco-friendly paints and coatings**. Hoboken: Wiley, 2010.

THOMPSON, D. V. **The materials and techniques of medieval painting**. New York: Dover Publications, 1956.

THOMPSON, D. V. **The Materials and Techniques of Medieval Painting**. New York: Dover Publications, 2021. (Republicação da obra original de 1936).

TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. **A etnopedologia: uma ciência pós-normal que estuda o solo numa perspectiva biocultural**. São Paulo: Expressão Popular, 2009.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. Tradução de J. R. Peixoto et al. São Paulo: Editora RIMA, 2005.

TUAN, Y. **Space and place**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1977.

TUAN, Y. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. São Paulo: Difel, 1980.

UEMOTO, K. L. **Pintura a base de cal**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: Associação dos Produtores de Cal, 1993.

UEMOTO, K. L.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. Impacto ambiental das tintas imobiliárias. In: _____. **Coletânea Habitare: construção e meio ambiente**. v. 7. Porto Alegre: Habitare, 2006.

VALLADAS, H. Direct radiocarbon dating of prehistoric cave paintings by accelerator mass spectrometry. **Measurement Science and Technology**, v. 14, n. 9, p. 1487-1492, 2003.

VASCONCELOS, B. N.; GOMES, F. H. **Catenas de solos e sua relação com a geomorfologia na bacia do rio Xingu**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 3, p. 985-1000, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/239895>. Acesso em: 08 dezembro de 2025.

VITAL, A. de F. M.; FURTADO, A. H. da S. e; SILVA, T. Q. da; FREITAS, V. F.; COSTA, T. C. dos S.; FARIAS, E. S. B. Educação em solos na Escola Agrotécnica de Sumé: pintura com terra. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011.

WICKS JR., Z. W. *et al.* **Organic Coatings: Science and Technology**. 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2020.

WINKLERPRINS, A. M. G. A. **Sweep and char and the creation of Amazonian Dark Earths in homegardens.** In: **WOODS, W. I. et al.** (Eds.). *Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision*. Dordrecht: Springer, 2009. p. 205-211.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V. Sustentabilidade na construção civil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 3., 2011, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, 2011. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6B/8/Yemal_JA%20-%20Paper%20-%206B8.pdf. Acesso em: 30 ago. 2024.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa: do início ao fim.** Porto Alegre: Penso, 2016.

GLOSSÁRIO

ADITIVOS – Substâncias incorporadas à formulação das tintas com a finalidade de modificar ou melhorar propriedades específicas, como secagem, resistência ou brilho.

ARGILA – Fração mineral do solo com partículas de diâmetro inferior a 0,002 mm, caracterizada por alta plasticidade, coesão e capacidade de adsorção de água

ARGISSOLO – Classe de solo caracterizada pela presença de horizonte B textural com acúmulo de argila, baixa atividade e saturação por bases variável.

CAMBISSOLO – Solo de desenvolvimento incipiente, com horizonte B pouco diferenciado, originado a partir de diversos materiais de origem.

CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA (CTC) – Propriedade química do solo que indica a capacidade de reter e trocar cátions essenciais às plantas.

CARGA MINERAL – Material particulado inerte adicionado às tintas para melhorar propriedades físicas (ex.: dureza, lixabilidade), sem contribuir significativamente para a cor.

CONSISTÊNCIA DO SOLO – Grau de coesão e adesão entre as partículas do solo, variando conforme o teor de umidade.

COR DO SOLO – Característica visual associada à composição mineral e ao teor de matéria orgânica, utilizada como indicador de processos pedogenéticos.

CROMATISMO – Intensidade ou pureza de uma cor no sistema de Munsell, indicando o grau de saturação em relação ao cinza

DEFLOCULAÇÃO – Processo físico-químico utilizado para dispersar partículas finas, aumentando a homogeneidade e fluidez da mistura.

DISPERSÃO MECÂNICA – Método físico de separação e homogeneização de partículas de solo em meio líquido por meio de agitação com equipamentos específicos.

ECOEFIÊNCIA – Relação entre valor econômico de um produto/serviço e seu impacto ambiental, visando reduzir consumo de recursos e poluição.

ECONOMIA CIRCULAR – Modelo de produção e consumo baseado na reutilização, reciclagem e regeneração de recursos, visando à redução de resíduos.

ETNOPEDOLOGIA – Campo de estudo que investiga o conhecimento tradicional de comunidades sobre os solos, sua classificação e uso.

GEOCONSERVAÇÃO – Conjunto de ações destinadas à preservação e gestão sustentável do patrimônio geológico, incluindo solos e minerais.

GEODIVERSIDADE – Variedade de elementos abióticos da Terra, como rochas, minerais, formas de relevo e solos, que compõem o patrimônio geológico.

GEOLOGIA – Ciência que estuda a composição, estrutura, processos e evolução da Terra, incluindo a formação dos solos.

GEOTINTA – Tinta ecológica produzida a partir de pigmentos naturais extraídos do solo, com baixo impacto ambiental.

GLEISSOLO – Classe de solo hidromórfico, caracterizado por coloração acinzentada e saturação hídrica prolongada.

HORIZONTE DO SOLO – Camada diferenciada dentro do perfil do solo, com características físicas, químicas e biológicas próprias.

INTERPERISMO – Conjunto de processos físicos, químicos e biológicos responsáveis pela decomposição e alteração das rochas.

LÁTEX – Emulsão aquosa de partículas poliméricas (ex.: PVA, acrílicos) usada como resina em tintas à base de água.

LATOSSOLO – Classe de solo profundamente intemperizado, com alta estabilidade estrutural e baixa fertilidade natural.

MATIZ – Cor fundamental no sistema de Munsell, definida pelo comprimento de onda dominante (ex.: 5YR = vermelho-amarelado).

NEOSSOLO – Solo pouco desenvolvido, com ausência de horizontes diagnósticos, geralmente originado de depósitos recentes.

PEDOGÊNESE – Conjunto de processos responsáveis pela formação e evolução do solo a partir de material de origem.

PIGMENTO – Substância colorante insolúvel utilizada para conferir cor, opacidade e cobertura às tintas (mineral, orgânico ou sintético).

PIGMENTO MINERAL – Pigmento de origem inorgânica, extraído de minerais ou solos, utilizado para produção de tintas.

PIGMENTO NATURAL – Substância colorante obtida diretamente de fontes naturais, como solos, minerais ou vegetais, sem síntese química industrial.

PLINTOSSOLO – Classe de solo que apresenta acúmulo de plintita (material rico em ferro) em seu horizonte diagnóstico.

POROSIDADE DO SOLO – Proporção de espaços vazios no solo, influenciando a infiltração de água e aeração.

RESINA – Componente das tintas responsável por unir as partículas de pigmento e promover adesão ao substrato.

SILTE – Fração granulométrica do solo com partículas entre 0,002 mm e 0,06 mm, de comportamento intermediário entre areia e argila.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SiBCS) – Sistema oficial utilizado no Brasil para classificação dos solos, com base em características morfológicas, físicas e químicas.

SOLVENTE – Substância líquida utilizada para dissolver o ligante e ajustar a viscosidade das tintas.

SUSTENTABILIDADE – Princípio que orienta o uso equilibrado dos recursos naturais, considerando aspectos ambientais, sociais, culturais e econômicos.

TECNOLOGIA SOCIAL – Soluções técnicas e organizacionais desenvolvidas com/para comunidades, visando inclusão e autonomia territorial.

TEXTURA DO SOLO – Proporção relativa de areia, silte e argila no solo, determinante para suas propriedades físicas.

TINTA ECOLÓGICA – Tinta produzida com matérias-primas naturais, de baixo impacto ambiental e reduzida toxicidade.

ANEXOS

ANEXO A- Catálogo de amostras de solos e suas características

Amostras		Classe textural	Cor Carta de Munsell	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Cidade	Coordenadas Latitude(S) e Longitude (W)
01		Siltoso	10YR 7/8	7%	91%	2%	Prados	21°01'43.2"S 44°06'14.3"W
02		Siltoso	2,5YR 5/8	10%	86%	4%	Prados	21°01'45.7"S 44°06'10.3"W
03		Siltoso	5YR 5/8	7%	86%	7%	Prados	21°01'45.8"S 44°06'10.5"W
04		Siltoso	5YR 5/8	7%	85%	8%	Prados	21°01'45.8"S 44°06'10.5"W
05		Siltoso	7,5YR 6/6	9%	88%	3%	Prados	21°01'45.8"S 44°06'10.7"W
06		Siltoso	5Y 4/1	5%	91%	4%	Prados	21°01'40.1"S 44°04'00.0"W
07		Siltoso	2,5Y 7/1	7%	90%	3%	Prados	21°01'40.3"S 44°03'59.6"W
08		Siltoso	2,5Y 6/4	1%	91%	8%	Prados	21°01'47.6"S 44°06'48.6"W
09		Siltoso	2,5Y 7/8	9%	88%	3%	Prados	21°01'48.2"S 44°06'48.1"W
10		Siltoso	5YR 5/6	9%	74%	17%	Prados	21°04'47.7"S 44°07'04.8"W

								
11		Silte-arenoso	5Y 8/4	5%	54%	41%	Prados	21°04'48.6"S 44°07'05.6"W
12		Silte-arenoso	10YR 8/4	2%	65%	33%	Prados	21°04'48.8"S 44°07'05.4"W
13		Silte-arenoso	2,5YR 5/6	9%	53%	38%	Prados	21°04'49.3"S 44°07'05.4"W
14		Silte-arenoso	2,5YR 5/8	9%	54%	37%	Prados	21°04'51.7"S 44°07'06.2"W
15		Areno-siltoso	7,5YR 8/6	9%	38%	53%	Prados	21°04'52.6"S 44°07'10.1"W
16		Areno-siltoso	7,5YR 5/6	12%	38%	50%	Prados	21°04'52.5"S 44°07'10.1"W
17		Areno-siltoso	10YR 5/8	3%	33%	64%	Prados	21°04'58.5"S 44°07'13.8"W
18		Silte-arenoso	5Y 7/4	7%	72%	21%	Prados	21°05'22.0"S 44°08'35.7"W
19		Silte-arenoso	7,5YR 5/4	11%	51%	38%	Prados	21°14'03.3"S 44°33'01.6"W
20		Silte-argiloso	2,5Y 7/1	45%	52%	3%	Prados	21°02'43.6"S 44°07'58.8"W
21		Siltoso	5Y 8/3	9%	87%	4%	Prados	21°02'43.7"S 44°07'58.6"W
22		Siltoso	7,5YR 6/8	12%	85%	3%	Prados	21°02'43.5"S 44°07'59.3"W
23		Arenoso	5Y 8/1	1%	17%	82%	São João del-Rei	21°08'04.6"S 44°16'39.3"W

								
24		Arenoso	10YR 8/4	2%	13%	85%	São João del-Rei	21°08'04.6"S 44°16'39.3"W
25		Silte-arenoso	5YR 6/6	2%	49%	49%	São João del-Rei	21°08'00.0"S 44°16'46.9"W
26		Silte-arenoso	10YR 7/4	3%	51%	46%	São João del-Rei	21°08'00.5"S 44°16'45.6"W
27		Silte-arenoso	2,5Y 7/6	5%	61%	34%	São João del-Rei	21°08'01.2"S 44°16'47.5"W
28		Silte-arenoso	10YR 8/4	4%	61%	35%	São João del-Rei	21°06'07.2"S 44°15'48.0"W
29		Silte-arenoso	5YR 6/4	11%	56%	33%	São João del-Rei	21°06'07.2"S 44°15'48.0"W
30		Silte-arenoso	5YR 5/4	5%	67%	28%	São João del-Rei	21°06'07.2"S 44°15'48.0"W
31		Siltoso	10YR 7/6	10%	84%	6%	Prados	21°01'55.6"S 44°05'56.5"W
32		Siltoso	2,5Y 7/4	11%	87%	2%	Prados	21°02'24.9"S 44°04'49.8"W
33		Siltoso	10YR 7/6	17%	72%	11%	Prados	21°02'26.1"S 44°04'58.3"W
34		Siltoso	10YR 7/4	7%	78%	15%	Prados	21°02'26.0"S 44°04'58.3"W
35		Silte-arenoso	2,5YR 5/6	5%	51%	44%	Prados	21°02'26.5"S 44°04'58.8"W
36		Siltoso	5YR 8/4	3%	84%	13%	Prados	21°02'26.1"S 44°04'58.5"W

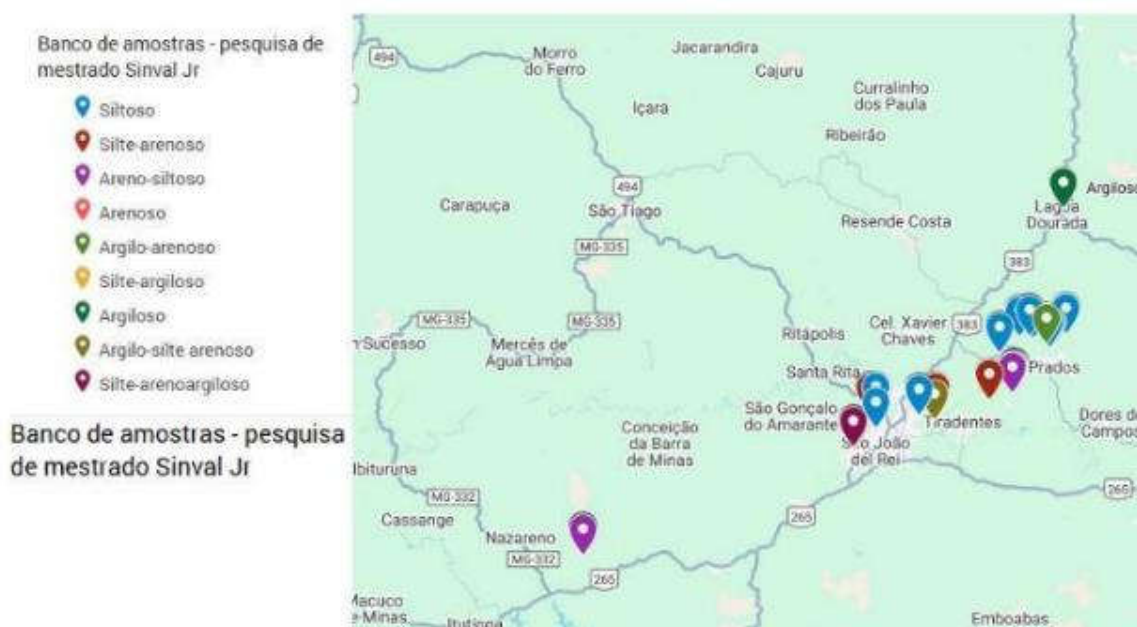
								
37		Siltoso	7,5YR 6/8	6%	79%	15%	Prados	21°02'26.4"S 44°04'58.9"W
38		Silte-arenoso	10YR 8/3	2%	49%	49%	Nazareno	21°14'04.3"S 44°33'04.0"W
39		Silte-arenoso	5YR 4/4	7%	56%	37%	Nazareno	21°14'04.3"S 44°33'04.0"W
40		Silte-arenoso	7,5YR 7/6	2%	56%	42%	Nazareno	21°14'04.2"S 44°33'03.7"W
41		Silte-arenoso	7,5YR 8/6	2%	58%	40%	Nazareno	21°14'03.8"S 44°33'03.2"W
42		Silte-arenoso	2,5YR 6/6	1%	56%	43%	Nazareno	21°14'03.9"S 44°33'02.4"W
43		Areno-siltoso	2,5YR 5/6	1%	46%	53%	Nazareno	21°14'03.0"S 44°33'02.7"W
44		Silte-arenoso	7,5YR 8/6	2%	48%	50%	Nazareno	21°14'02.7"S 44°33'02.5"W
45		Silte-arenoso	10YR 8/4	1%	54%	45%	Nazareno	21°14'02.4"S 44°33'02.4"W
46		Silte-arenoso	5YR 7/8	14%	48%	38%	Nazareno	21°14'02.1"S 44°33'03.3"W
47		Silte-arenoso	2,5YR 5/8	12%	51%	37%	Nazareno	21°14'02.4"S 44°33'03.7"W
48		Areno-siltoso	2,5YR 5/6	7%	46%	47%	Nazareno	21°14'03.3"S 44°33'01.6"W
49		Argilo-arenoso	5YR 4/4	41%	19%	40%	Nazareno	21°14'03.3"S 44°33'01.6"W

50		Areno-siltoso	7,5YR 8/6	6%	38%	56%	Nazareno	21°14'03.2"S 44°33'01.6"W
51		Argiloso	5YR 7/8	67%	17%	16%	Lagoa Dourada	20°54'36.1"S 44°04'09.5"W
52		Siltoso	10YR 7/4	9%	84%	7%	Prados	21°01'45.8"S 44°06'10.6"W
53		Argilo-arenoso	2,5YR 5/8	52%	10%	38%	Prados	21°02'13.6"S 44°05'10.0"W
54		Arenoso	5YR 4/4	9%	5%	86%	São João del-Rei	21°06'07.3"S 44°12'03.4"W
55		Silte-arenoso	5Y 8/1	8%	56%	36%	Tiradentes	21°06'06.8"S 44°11'48.5"W
56		Argilo-silte arenoso	5YR 4/4	57%	22%	21%	Tiradentes	21°06'29.8"S 44°11'53.6"W
57		Siltoso	N 4/	14%	79%	7%	São João del-Rei	21°06'12.5"S 44°12'49.9"W
58		Siltoso	N 3/	3%	85%	12%	São João del-Rei	21°06'13.3"S 44°12'50.2"W
59		Siltoso	5Y 7/4	7%	78%	15%	São João del-Rei	21°08'01.1"S 44°16'47.3"W
60		Siltoso	2,5Y 7/4	11%	85%	4%	São João del-Rei	21°06'05.8"S 44°15'25.6"W
61		Silte-arenoso	2,5Y 6/4	9%	73%	18%	São João del-Rei	21°08'01.3"S 44°16'47.0"W
62		Siltoso	10YR 7/6	10%	86%	4%	São João del-Rei	21°06'12.5"S 44°12'50.6"W
63		Silte-arenoargiloso	5YR 6/4	19%	58%	23%	São João del-Rei	21°08'00.8"S 44°16'47.0"W
64		Siltoso	2,5Y 7/6	13%	72%	15%	São João del-Rei	21°06'13.2"S 44°12'49.7"W
65		Siltoso	5YR 5/5	12%	73%	15%	São João del-Rei	21°06'55.8"S 44°15'24.8"W

ANEXO B – Mapeamento do banco de amostras de solos para tintas

Com as coordenadas geográficas registradas no momento das coletas, foi possível criar um mapeamento (Mapa 1) no aplicativo Google My Maps, com a localização de cada amostra, onde é possível classificar de acordo com os dados disponíveis na planilha, como tipo de solo, textura, etc., além de criar rotas, facilitando o acesso ao solo desejado. Qualquer pessoal com acesso ao [link](#) pode visualizar este mapa.

Banco de amostras de solos para tintas



Mapa 1 – Mapeamento das amostras dos solos - Fonte: autor

Acesso disponível no link:

https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1yrquyRvwH8PrPqg1P_C5K5cqW3Fs9f8&usp=sharing

