

ANÔR F. CARVALHO

FERNANDO P. CARDOSO

manual cores da terra

produção de tintas
com pigmentos de solos







ANÔR F. CARVALHO

FERNANDO P. CARDOSO

manual cores da terra

produção de tintas
com pigmentos de solos

São Paulo

2023

Institucional

O BNDES, ao longo de sua história, se consolidou como um dos principais agentes transformadores do desenvolvimento nacional, sendo essencial para o avanço dos mais variados setores da economia brasileira, abarcando, inclusive, a infraestrutura social e cultural.

Como parte de sua missão de promoção do desenvolvimento sustentável e competitivo, fomenta e apoia diferentes ações de preservação do patrimônio cultural brasileiro, garantindo o acesso das gerações futuras à memória, de maneira a criar legados e contribuir com a geração de empregos e renda, estimulando o desenvolvimento local por meio do turismo e da economia da cultura.

A Escola de Ofícios Tradicionais de Mariana, primeiro projeto apoiado diretamente pelo BNDES através de seu Fundo de Cultura, é uma ação inovadora na garantia da preservação do patrimônio imaterial e material e na oferta de qualificação profissional em Minas Gerais e no Brasil. Nesse contexto, o lançamento do Manual Cores da Terra possibilitará o acesso e difusão de saberes tradicionais para diferentes públicos, podendo servir como inspiração para outras iniciativas pelo país.

Criado em setembro de 2020, o Instituto Cultural Vale tem o propósito de valorização dos patrimônios material e imaterial através do fomento a diferentes expressões artísticas e culturais brasileiras, tomando a cultura como instrumento de transformação social que contribui na promoção de impactos e legados positivos na vida das pessoas e no território.

Diversos são os projetos patrocinados, apoiados e criados pelo Instituto em nosso país nos segmentos do patrimônio material e imaterial, da música e dança, assim como as festividades e a circulação das manifestações culturais, além de museus e espaços culturais. Com o intuito de colaborar na formação de artistas e produtores culturais, programas formativos são desenvolvidos para difundir e compartilhar conhecimentos, gerando mais oportunidades nos campos da cultura e da gestão cultural.

A Escola de Ofícios Tradicionais de Mariana representa um importante marco na valorização dos saberes de Minas Gerais através da oferta de cursos relacionados aos ofícios tradicionais. A edição da presente publicação simboliza um importante marco na expansão de suas ações, proporcionando a reverberação e difusão do conhecimento para todo território nacional.

A publicação do Manual Cores da Terra, dos pesquisadores Anôr F. Carvalho e Fernando P. Cardoso, amplifica o papel formador da Escola de Ofícios Tradicionais de Mariana.

A preservação dos ofícios tradicionais são a base de uma política de salvaguarda integral, onde as dimensões material e imaterial dos bens culturais se encontram.

Os riscos que se colocam para a preservação do patrimônio cultural são ampliados pela quase ausência de ações focadas na transmissão do seu conhecimento.

Restringir o domínio das técnicas aos processos oficiais de preservação reforça a ideia de excepcionalidade do patrimônio.

Para além de se ocupar da formação dos seus alunos a escola aglutina e divulga o conhecimento dos ofícios, tratando-os sempre, não somente como uma atividade isolada, mas parte da construção de um Sistema de valores sobre o mundo.

Nesse Sistema de valores, as técnicas retrospectivas também são uma referência ética, na medida em que recolocam uma possibilidade de domínio dos modos de produção a partir de uma nova relação com os materiais locais; estabelecem a dimensão do trabalho coletivo como condição essencial dos processos e inserem a técnica em uma compreensão mais ampla de construção e interpretação da nossa realidade.

Apresentação

Este manual tem a missão de divulgar os conhecimentos acumulados pelo projeto de pesquisa e extensão universitária Cores da Terra.

Ao longo dos anos, foram produzidos alguns materiais impressos de divulgação e capacitação reunindo conhecimentos empíricos. Depois de contribuir com pesquisas acadêmicas e sistematizar lições acumuladas por meio da interação com inúmeros atores, surgiu a necessidade de reunir os conhecimentos em uma publicação que abordasse tanto informações básicas sobre solos, quanto a descrição detalhada da técnica de produção de tintas para divulgação e capacitação profissional.

Considerando a importância de comunicar conceitos e procedimentos de forma clara, optamos por incluir ilustrações em sintonia com o texto. Incluímos também alguns exemplos práticos, para auxiliar a compreensão dos cálculos e recomendações para a produção das tintas de acordo com as características de diferentes tipos de solos.

Esperamos contribuir com a sociedade não apenas com uma técnica de produção de tintas, um material básico para a construção civil, mas também com uma ferramenta de interação comunitária que dá um novo sentido ao uso dos recursos naturais, nesse caso, os solos.

Agradecimentos

A publicação deste manual só foi possível devido aos apoios institucionais e ao empenho de inúmeras pessoas que executaram o projeto de pesquisa e extensão universitária Cores da Terra.

Agradecemos primeiramente ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde o projeto nasceu, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) que, por meio da disponibilização de bolsas, possibilitaram o envolvimento dos estudantes que realizaram ao longo dos anos inúmeras atividades de pesquisa e extensão.

Entre as pessoas que nos inspiraram, agradecemos especialmente ao pintor viçosense Pedro Eugênio Quirino. Sem ele, o projeto Cores da Terra não existiria.

A realização das atividades de extensão universitária, das quais absorvemos continuamente os conhecimentos que foram incorporados nesse manual, foi potencializada por muitas instituições, entre elas: o Museu de Ciências da Terra Alexis Dorofeef, importante ponto de referência para divulgação científica dentro e fora da UFV; o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), que apoiou a realização de oficinas em diversos assentamentos de reforma agrária de Minas Gerais; o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da

Mata (CTA), que difundiu a técnica em toda a região da zona da mata mineira; as redes TerraBrasil e PROTERRA, dedicadas ao tema da arquitetura e construção com terra em âmbitos brasileiro e ibero-americano, que por meio de seus eventos favoreceram a difusão da técnica por toda a América Latina; e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), que difundiu a técnica de forma exemplar por todo o estado do Espírito Santo.

Devido ao êxito das ações realizadas pelo INCAPER em torno da difusão da técnica de produção de tintas com pigmentos de solos, a instituição recebeu em 2009 o Prêmio FINEP de Inovação na categoria Tecnologia Social e assim foi estabelecida uma importante parceria com o projeto Cores da Terra para a realização de pesquisas. Esta parceria representou uma nova fase da história do projeto. Naquele momento, foram estabelecidas novas parcerias, em especial com o Laboratório de Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Civil da UFV e, com isso, a possibilidade de realizar pesquisas no laboratório Hercules, da Universidade de Évora – Portugal, que possibilitaram avanços importantes quanto a compreensão do desempenho das pinturas. Agradecemos, portanto, a estas instituições, sem as quais não alcançaríamos o conhecimento que hoje está disponível neste manual.

Por fim, agradecemos ao Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA) via Programa AKSSAM, à Universidade Federal de Viçosa, à Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE) e ao Instituto de Políticas públicas e Desenvolvimento Sustentável – IPPDS/UFV.

Sumário

14 Cores da Terra

18 Os pigmentos de solos no Brasil

28 Os solos

44 Tintas: produzir e pintar

46 Coleta do solo

54 Testes

66 Produção

78 Preparação de substratos

84 Pintura

90 Referências

92 Apêndices

100 Os autores

102 Versión en Español

148 English version

Cores da Terra

A criação do Projeto Cores da Terra se inspirou na técnica tradicional conhecida como barreado, que consistia em pintar paredes com a tabatinga (do tupi, “terra branca”). O desuso desta técnica foi motivado por sua baixa durabilidade e o advento da indústria de tintas, que passou a disponibilizar produtos com melhor desempenho e maior variedade de cores.

Diferente das tintas convencionais, a aderência desta “tinta” se dá apenas pelas características superficiais das partículas das argilas e pela porosidade e rugosidade do substrato, insuficientes para garantir sua resistência ao intemperismo e outros agentes, demandando, portanto, manutenções frequentes.

Uma das possíveis soluções para este problema seria transformar o barreado em uma tinta propriamente dita, por meio da adição de materiais ligantes, como a cola de amido, popularmente conhecida como “grude”, ou o poliacetato de vinila (PVAc), a cola branca.

Desenvolvido o primeiro método de produção, passamos a difundir a técnica aperfeiçoada por meio da distribuição de cartilhas e realização de cursos, cumprindo assim as funções de apresentar a ideia e mobilizar comunidades, membros de instituições religiosas, de assistência social e organizações governamentais e não governamentais em torno da possibilidade delas mesmas pintarem com suas próprias tintas.

A intensa difusão favoreceu o diálogo com os usuários, que passaram a contribuir com o desenvolvimento da técnica por

meio de relatos de suas experiências. Muitos afirmavam que ao usar o “grude” como ligante eram observados os mesmos problemas apresentados pelo barreado. Muitos preferiam o PVAc, que garantia maior aderência mas que, por outro lado, era inacessível a uma parte da população. Outros referiam-se à rápida decantação dos pigmentos, que prejudicava a homogeneidade da tinta e, logo, a qualidade da pintura.

Tais situações motivaram nossa busca pelo conhecimento dos diferentes processos de produção de tintas por meio do estudo da literatura especializada, do contato com pesquisadores e fabricantes e do acesso aos métodos de avaliação do desempenho recomendados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pela American Society for Testing and Materials (ASTM).

A experiência acumulada entre 2005 e 2010 foi decisiva para abandonarmos o “grude” e desenvolvermos tintas de baixo custo com pigmentos de solos, água e PVAc. Para tanto, foram realizados estudos sistemáticos que acumularam conhecimentos para aperfeiçoar o processo de produção e compreender os efeitos das características de diferentes pigmentos sobre o desempenho das pinturas (CARDOSO, 2015; CARDOSO, 2020).

Com isso, foi possível desenvolver um processo de produção de tintas eficiente, de baixo custo, que atende as normas de desempenho para tintas não industriais e que pode ser reproduzido por qualquer pessoa por meio deste manual.



Prática do barreado em comunidade rural
de São Joaquim – Araponga – MG.

Os pigmentos de solo no Brasil

Os primeiros registros do uso de tintas e pigmentos remetem à arte rupestre, que está presente em todo o território brasileiro, sendo os registros mais conhecidos aqueles encontrados no Parque Nacional da Serra da Capivara, no estado do Piauí, que se destacam pela riqueza estilística, pelas técnicas de execução dos grafismos e também pela diversidade de cores (vermelho, amarelo, cinza, branco e preto), provenientes de óxidos de ferro, argilominerais e carvão. Casos similares também foram descritos em sítios arqueológicos dos estados de Minas Gerais, Bahia e Mato Grosso.

Com a invasão portuguesa e de outras nações europeias, outros materiais e técnicas foram introduzidos e reproduzidos no contexto da dominação do território. No entanto, mesmo trazendo conhecimento de técnicas difundidas historicamente em outras partes do mundo, os europeus enfrentaram dificuldades relativas à disponibilidade ou ao conhecimento das fontes naturais de materiais para uso como pigmentos e ligantes. Dificuldades provavelmente superadas por adaptações em função dos materiais disponíveis.

A pintura a cal, de tradição portuguesa, parece ter sido a mais relevante. No Brasil, a cal foi obtida, inicialmente, dos sambaquis, fonte de calcário de origem biológica comum em regiões litorâneas, de extração mais fácil se comparada à ex-

ploração de jazidas de calcário. Portanto, nas cidades litorâneas ou próximas ao litoral, a arquitetura era caracterizada pela cor branca das alvenarias de pedra argamassadas e pintadas à cal, enquanto nas cidades interioranas aparecia apenas nas edificações consideradas importantes, misturadas com as tonalidades ocres das edificações populares revestidas apenas com argamassas de terra (RIBEIRO, 2004).

Na ausência da cal, a cor branca podia ser obtida da tabatinga. Sylvio de Vasconcellos, em seu estudo sobre a formação e o desenvolvimento de Vila Rica, atual Ouro Preto, cita um documento oficial de 1728 que afirma que, na falta da cal branca, as paredes deveriam ser “caídas de tabatinga” (VASCONCELLOS, 1956, p.174). O mesmo autor, em outra obra, refere-se à cidade de Mariana, “onde se vê excelente oca (sic) amarela, e branca, e a esta dão o nome de tabatinga, que depois de preparada e limpa, supre as faltas do alvaiade, e dele se usa em várias pinturas” (VASCONCELLOS, 1979, p.177). Outros registros de fins do século XVIII referem-se ao uso da tabatinga como substituta da cal na cidade de São Paulo, extraída “num local próximo ao centro, conhecido como Tabatinguera” (TELLES, 1989, p.21) onde ainda hoje existe uma rua com o mesmo nome.

O jesuíta João Felipe Bettendorf fez referência aos barros com cores diversas que existiam em abundância nas ribanceiras, mas que apenas o branco era utilizado com frequência, que “posto de molho e passado por um panno, e depois bem cozido serve de tinta primeira” aos demais pigmentos, substituindo o “gesso do Reino” (BETTENDORF, 1910, p. 28, apud OLIVEIRA, 2018); o padre João Daniel comenta que o barro era “tão fino, alvo, e precioso como o branco alvaiade” (DANIEL, 2004, v.1, p.



Acima, sítio arqueológico da pedra pintada, em Barão de Cocais – MG.

591, apud OLIVEIRA, 2018) e que assemelhava-se à cal e, como tal, era usado para a pintura de paredes e tetos, sendo comumente misturado com o sumo da mutamba (*Guazuma ulmifolia*), a fim de torná-lo mais resistente (DANIEL, 2004, v.1, p. 538, apud OLIVEIRA, 2018); no Solimões era usado para caiar as edificações, juntado à goma líquida extraída do tronco da sorveira (*Couma macrocarga* ou *Couma utilis*), a fim de lhe dar mais firmeza (BAENA, 2004, p. 37, apud OLIVEIRA, 2018); Francisco Xavier Ribeiro de Sampaio comenta que “Habitam neste lugar moradores brancos. As casas destes, e igualmente as dos índios são caiadas com tabatinga, espécie de greda alvíssima, a que juntam a goma líquida da sorveira, para lhe darem maior tenacidade, e coesão” (SAMPAIO, 1825 apud GUERRA, 2001), ao fazer referência ao município de Nogueira –

AM; Spix e Martius, nos arredores de Ouro Preto, afirmam que a “cal aparece muito raramente, ao que se diz, razão porque o povo da província do Paraná emprega na construção de paredes uma tabatinga, que, aqui e acolá, forma depósito à margem dos rios e é queimada ao fogo, tornando-se branca” (SPIX e MARTIUS, 1938 apud GUERRA, 2001); Spix e Martius também comentam que na Ilha de Tupinambarana – AM, “Nas margens desbarrancadas do rio (...) encontra-se fina tabatinga de listas avermelhadas, esbranquiçadas ou violáceas, muito empregada no emboço das casas” (GUERRA, 2001 apud SPIX e MARTIUS, 1938); Auguste de Saint-Hilaire comenta que na maioria dos arraiais de Minas e Goiás, todas as casas “(...) são cobertas de telhas e rebocadas com um barro branco que no interior do Brasil é chamado de tabatinga” (SAINT-HILAIRE, 1975 apud GUERRA, 2001); e Hercules Florence, referindo-se às casas da cidade de Cuiabá – MT, comenta que “Rebocam-se por fora as habitações com tabatinga, que lhes dá extrema alvura” (GUERRA, 2001 apud FLORENCE, 1977).

O conhecimento da técnica de pintura à tabatinga, o barreado, faz parte do ideário popular, ainda sendo possível encontrar casas e fornos “barreados” em algumas regiões, principalmente no interior de Minas Gerais.

Apesar da cal e da tabatinga conferirem cor e também atuarem como elemento de proteção das superfícies sobre as quais são aplicadas, estas não constituem tintas propriamente ditas, pela ausência de materiais ligantes em suas composições.

No caso da cal, a formação da camada de revestimento se dá pela carbonatação do Ca(OH)_2 , sem a necessidade de um material ligante para aderir as partículas entre si e com as super-

fícies; e, no caso da tabatinga, a aderência é promovida apenas por interações físicas entre as partículas que a compõem e o substrato. Em ambos os casos, mas principalmente no último, as pinturas apresentam limitada resistência ao intemperismo.

O uso de materiais ligantes, como o óleo de linhaça e as têmperas, parece ter se limitado, no período colonial, às tintas destinadas à pintura de madeiras e metais. Sendo importados e caros, tais materiais eram aplicados apenas quando indispensáveis à proteção das superfícies contra o intemperismo (RIBEIRO, 2004).

Conforme Ribeiro (2004), até o final do século XIX, as cores das cidades mantiveram-se as mesmas, mesmo com o processo de modernização das edificações coloniais, que resultou apenas na adoção mais intensa dos ocres amarelados e roxos, limitando o espectro de cores aos dos solos.

Portanto, mesmo coincidindo com um período marcado pelo desenvolvimento da indústria química na Europa e EUA e, logo, com o surgimento de diversos tipos de pigmentos, ligantes e tintas, o custo de tais produtos ainda era, provavelmente, dispendioso, sendo acessível apenas a uma pequena parcela da população brasileira.

Este cenário se modifica a partir do início do século XX, superando o branco colonial e o amarelo ocre neoclássico, provavelmente devido à importação de materiais, como o óleo de linhaça e pigmentos de outras cores, mais resistentes aos efeitos da alcalinidade da cal (RIBEIRO, 2004). Tais produtos eram comprados pelos pintores que preparavam as suas próprias fórmulas e misturas (TELLES, 1989).

Foi também no contexto da transição do século XIX para o XX que se instalaram no Brasil as primeiras fábricas de tintas,

sendo a primeira em 1886, na cidade de Blumenau, Santa Catarina, e a segunda em 1904, na cidade do Rio de Janeiro, ambas fundadas, respectivamente, pelos imigrantes alemães Paulo Hering e Carlos Kuenerz. A primeira (Tintas Hering S.A.) dedicou-se exclusivamente à produção de materiais e artigos para artistas. Já a segunda (Usina São Cristóvão), fundada por Carlos Kuenerz, dedicou-se, inicialmente, à produção de tintas em pó extraídas de minerais (TELLES, 1989).

Os raros registros da manufatura de pigmentos no contexto brasileiro situam em Ouro Preto, Minas Gerais, os primeiros empreendimentos dedicados à exploração de ocres naturais, talvez motivada pela exploração do ouro e outros minerais naquele território.

A serra de Antônio Pereira parece ter sido um importante local de exploração de pigmentos, onde o industrial Carlos Kuenerz possuía permissão para explorar “tintas”, conforme documento datado de 1921, constante do Livro nº4 de Registros e Contratos da Câmara Municipal de Ouro Preto.

Os registros da exploração aparecem em solicitações e contratos lavrados pela Câmara Municipal de Ouro Preto entre o final do século XIX e início do XX e referem-se sempre aos termos “terras coloridas”, “ocres”, “ocras” e “tintas”, que seriam exploradas no “Morro do Taquaral”, na região da “Pedra de Amolar”, no “Morro de São Sebastião”, na “Serra da Brígida” e na “Serra de Antônio Pereira”, entre os anos de 1897 e 1928 (APMOP, 1896-1917; APMOP, 1917-1927; APMOP, 1927-1959).

À direita, contrato de exploração de terras coloridas no território de Ouro Preto - MG.

se pagar a taxa corrente e imposta de tres mil
reis (3000) de cada anno em abatida, ficando
isento de imposto de averiguos.

Em testemunha do qual se lavou o presente
o. do anno de 1897

Randolph José Pereira

Procurador, Neto e Filho

O Provedor José Custodio Mattos

Cartão

Contracto celebrado
entre a Agencia execu-
tiva Municipal e o Ge-
neral Joaquim da Cos-
ta Mattos, para a ex-
ploração de terras color-
das.

Aos vinte e sete dias do mez de Janeiro
de 1897, na secretaria da Camara Municipal
de Curio Preto, perante o Sr. Randolph José Pe-
reira Brito, agente executivo Municipal, com-
pareceu o Sr. General Joaquim da Costa Mattos
para celebrar contracto, de accordo com a
resolução da Camara de 25 do corrente mez,
depois de mutuo accordo, ficaram ajustadas
as seguintes clausulas:

- Primeira -

A Camara Municipal de Curio Preto obriga-se
a) - A conceder ao General Joaquim da Costa
Mattos por si ou pela empresa que organizar

Em artigo publicado em 1945, confirma-se que “As ocras (sic), com largo emprego na fabricação de tintas, há mais de vinte anos que tem os seus depósitos conhecidos e explorados nas redondezas de Ouro Preto, donde se faz exportação do produto para o Rio de Janeiro, São Paulo e Argentina” (MORAES, 1945, p.54).

Um dos locais de exploração de pigmentos citado nos referidos documentos é o distrito de Antônio Pereira, onde ainda se encontram as ruínas do “Antigo barracão das tintas”, conforme o registro de bens inventariados pela prefeitura de Ouro Preto. O inventário das ruínas (SMCOP, 2007), faz referência ao que seriam os “tanques usados na fabricação de tintas” sem, no entanto, apresentar descrições mais detalhadas, dado o avançado estado de degradação das estruturas. Também apresenta a informação, baseada em relatos de moradores, de que a fábrica beneficiava sulfato de bário (baritina), tendo encerrado suas atividades na década de 1930.

Lamentavelmente, as ruínas registradas em tal inventário no ano de 2007 já não existiam na ocasião de uma pesquisa de campo realizada ao início do ano de 2019, perdendo-se, portanto, um importante resquício de uma atividade pouco conhecida no território brasileiro.

Outro local de exploração foi o distrito de Rodrigo Silva, onde ainda se encontram as ruínas de uma antiga estrutura usada, provavelmente, como depósito de pigmentos em estado bruto, pois, a partir de uma análise geral não foram encontradas evidências de estruturas de beneficiamento de pigmentos.

O número 346 da Revista de Química Industrial faz referência à exploração da baritina, barita ou sulfato de bário,

outro tipo de pigmento, de cor branca, empregado na formulação de tintas como carga inerte. Este era encontrado em faixas no calcário dolomítico, encaixado entre os quartzitos e filitos, ocorrendo nas localidades de “Igreja Velha”, a 1 km a sudeste do distrito de Antônio Pereira, Timbopeba, Chacrinha, Cintra e Bom Jesus, nos arredores da cidade de Ouro Preto (ABREU, 1961).

“Segundo o Eng. Lacourt, as faixas mineralizadas com baritina variam de alguns centímetros até 1,8m; o mineral é quase sempre muito puro, de cor branca e aspecto sacaróide e tem sido usado pelas fábricas de tintas de São Paulo e Rio de Janeiro. As ocorrências conhecidas, entretanto, formam jazidas de potencial limitado a algumas milhares de toneladas. Em vista da grande pureza da baritina de Ouro Preto, tem sido possível a sua exploração por seleção manual” (ABREU, 1961, p.13).

Ainda na região de Ouro Preto, Jean-Marie Triat menciona em “Les ocres”, que o ocre amarelo, de origem laterítica, era explorado no estado de Minas Gerais, próximo a Ouro Preto e que o material era também usado como matéria-prima para obter o ocre vermelho por calcinação em fornos à lenha (TRIAM, 2010). O autor parece se referir à empresa Morgan Mineração Indústria e Comércio Ltda, fundada em 1947 no município de Rio Acima – MG por João Morgan da Costa, ora sucedida pela empresa Óxido de Ferro Rio Acima, que ainda beneficia e comercializa ocres.

Com o desenvolvimento da indústria química, muitos pigmentos de origem mineral, obtidos de rochas e solos, foram substituídos e, atualmente, seu uso industrial restringe-se às cargas minerais, pigmentos que não tem função de dar cor e sim de melhorar as propriedades e o desempenho das tintas.

Os solos

Duas palavras que parecem representar a mesma coisa ornamentam este manual: terra e solo. Entretanto, elas têm significados diferentes: quando falamos terra, tratamos da origem e do destino da humanidade, do nosso sustento, do planeta em que viajamos, ou seja, da mãe terra; quando falamos solo nos referimos ao material que cavamos, onde plantamos, que usamos para construir e tem características físicas próprias, ou seja, um objeto. Vamos então abordar um pouco do conhecimento sobre esse objeto, o solo.

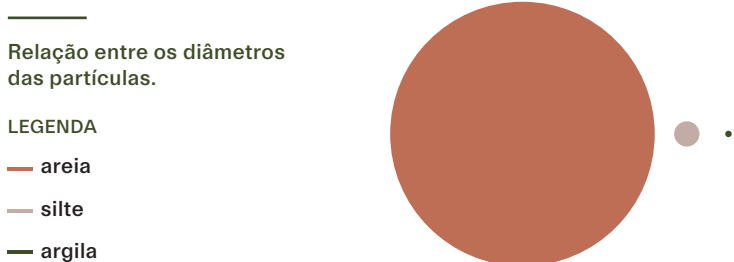
A origem dos solos começa com a formação das primeiras rochas. Tudo indica que o planeta terra já foi uma bola de massa fundida que foi esfriando aos poucos e solidificando em uma camada mais externa. Daí surgem as rochas que conhecemos. A parte mais interna do planeta continua quente e fundida. De vez em quando essa massa extravasa nas rachaduras da camada externa do planeta, expelida pelos vulcões, e resfria formando rochas. As rochas sólidas expostas são decompostas pela ação do tempo. Os blocos rochosos expandem e contraem com a variação de temperatura e trincam. Daí as chuvas, o vento, as plantas e os animais vão penetrando nas trincas e produzindo materiais cada vez mais pulverizados. Os blocos maiores se partem gerando progressivamente cascalhos e depois areias.

Algumas areias resistem até mesmo com os fortes impactos das ondas nas praias. Outras areias continuam a decomposição e geram partículas um pouco menores chamadas de silte. Solos com muito silte têm textura sedosa. O destino final da decomposição faz as partículas de silte se transformarem em argila.

As argilas são as menores partículas sólidas formadas na superfície terrestre e se dividem em dois grupos: os óxidos, que têm formato equidimensional, e as argilas silicatadas, que possuem formato laminar. As argilas oxídicas e as partículas de silte são as grandes responsáveis por conferir cor aos solos. As argilas laminares contribuem para o comportamento físico dos solos e, quando ocorrem puras, comumente conferem a cor branca aos solos. A forma das argilas laminares e alguns tipos de silte pode ser comparada com “cartas de baralho”.

Na Figura 1 as partículas de argila laminares foram aumentadas milhares de vezes em um microscópio eletrônico de varredura. Ou seja, em uma ponta de agulha cabem milhares de partículas de argila. Observem o formato laminar das partículas individuais.

Resumindo, as partículas minerais estáveis dos solos podem ter tamanho de areia, com diâmetro maior que 0,2 mm,



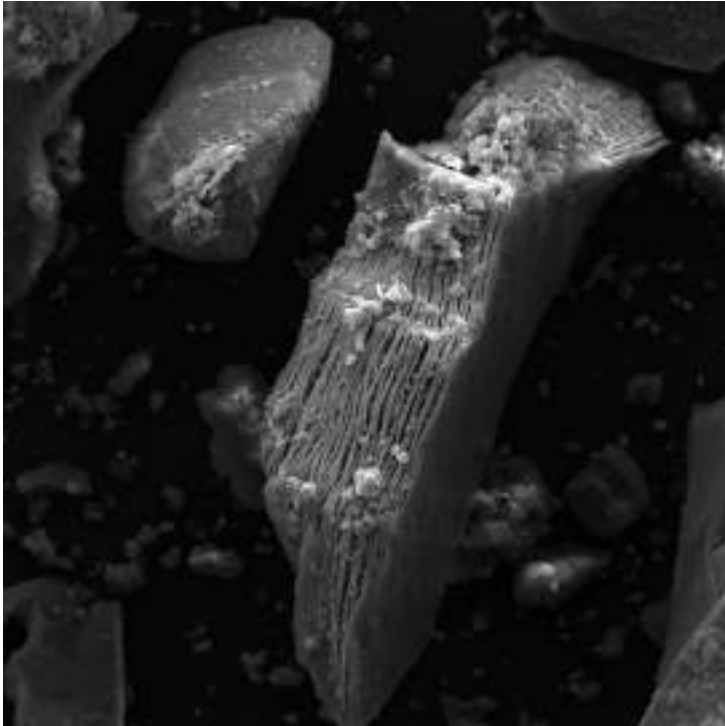


FIGURA 1 Partículas de argila via
microscopia eletrônica de varredura.

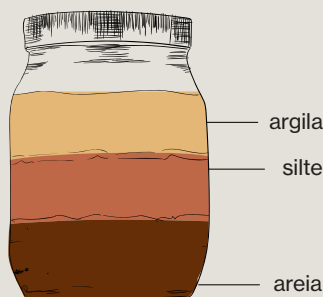


FIGURA 2 Vidro contendo solo que foi agitado fortemente para desagregação dos torrões de solo e deixado em repouso para decantar. As partículas de areia mais pesadas caem mais depressa e sedimentam no fundo. As partículas de silte se acumulam logo acima. As partículas de argila, que são menores e mais leves, se depositam lentamente em cima. Dependendo do solo, a água acima das partículas pode ficar limpa ou um pouco turva com argila muito fina suspensa.

de silte, com diâmetro entre 0,002 e 0,02 mm, e de argila com diâmetro menor que 0,002 mm.

A Figura 2 mostra um solo que foi agitado intensamente em um vidro, separando os três tamanhos de partículas. As partículas de areia são mais pesadas, por isso decantam mais depressa e se depositam no fundo. As partículas de silte se depositam na camada intermediária e as partículas de argila, mais leves, demoram mais a decantar e se acumulam na camada superficial.

Na história da formação dos solos existe um personagem muito importante. Imaginem que uma partícula de areia role sobre uma superfície. À medida que vai rolando, a partícula de areia vai atraindo partículas um pouco menores em torno dela, chamadas de partículas de silte. Daí que, nos espaços entre a areia e o silte cabem milhares de partículas de argila que funcionam como uma cola.

Além das argilas, os solos contêm substâncias orgânicas com tamanho parecido ao das argilas, conhecidas como matéria orgânica. A matéria orgânica surge da decomposição das folhas, raízes, insetos e milhares de seres vivos que habitam os solos. Essas substâncias têm cores escuras e se aderem às partículas de areia, de silte e de argila. As substâncias orgânicas também funcionam como uma cola. Ou seja, as argilas e a matéria orgânica agregam as partículas dos solos. Assim nasce o personagem principal dos solos, que chamamos de agregado. A Figura 3 mostra agregados que são torrões que reúnem

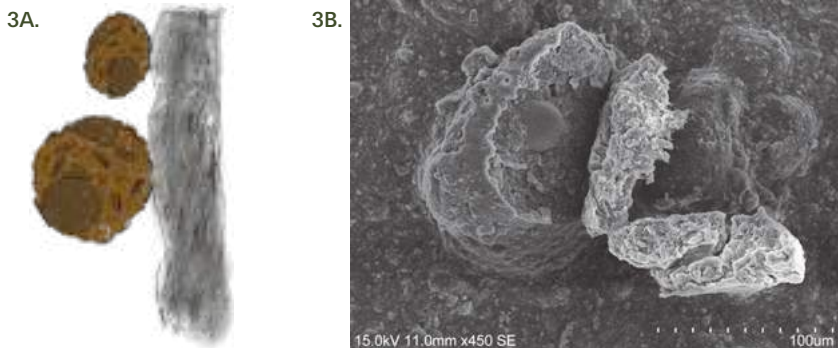


FIGURA 3A Corte aumentado de uma parede mostrando rugosidade e um torrão de solo aderido. O torrão é um agregado composto de partículas grandes de areia, partículas médias de silte e partículas pequenas e muito pequenas de argila, representadas por pequenos tracinhos e matéria orgânica de cor marrom. As argilas e a matéria orgânica funcionam como adesivo que reúnem todas as partículas de um torrão. A área do torrão que fica aderida à parede é pequena em relação ao restante da área do torrão. | FIGURA 3B Imagem microscópica de agregado de partículas presente em amostra de tinta aderida em substrato de argamassa.

partículas maiores de areia e silte aderidas umas às outras pelas argilas e matéria orgânica.

É importante notar que dentro dos agregados existem poros pequenos, chamados de microporos e, entre os agregados temos poros maiores, chamados de macroporos. Para observarmos os agregados tomamos uma porção de terra nas mãos e desfazemos com os dedos sem amassar. Os agregados são aqueles torrões que se apresentam com formato regular. A forma mais comum dos agregados é a esférica, entretanto, existem solos com agregados cúbicos ou colunares.

O grande mérito das argilas laminares e da matéria orgânica é formar torrões porosos. É como se construíssem um “castelo de cartas” em que as bordas das cartas se ligam na face das outras cartas. Na Figura 4 vemos um detalhe de um agregado onde as argilas laminares estão organizadas dessa forma.

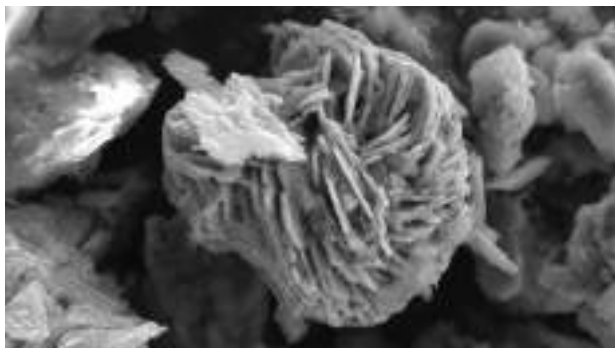


FIGURA 4 Lâminas de argila organizadas na forma de um “castelo de cartas”. A borda de uma lâmina é atraída pela face de outra lâmina. Assim, as argilas formam um esqueleto que contém poros pequenos dentro do castelo de cartas e envolvem as partículas de silte e areia.

Entre as cartas existe um espaço livre por onde a água e o ar podem passar, que são os microporos.

Os agregados possuem duas características muito importantes para os agricultores: são torrões resistentes e porosos. Um bom agricultor é um produtor desses agregados. No entanto, se para os agricultores a agregação é benéfica, para produzir tintas a agregação é um problema. Para pintarmos uma parede não é possível usar os agregados como estão nos solos. Se usarmos os agregados para pintar colocaremos pequenos torrões arredondados e porosos na superfície das paredes.

A Figura 3a apresenta essa situação indicada nos pontos de contato entre os agregados e uma parede. Cada torrão isolado encosta nos outros e nas paredes com uma pequena superfície de contato, reduzindo a sua aderência. O mesmo ocorre com as partículas de areia. Quando colocamos apenas areia nas paredes sem um cimento ou uma cola ela se desgarra e cai.

Outro problema apresentado pelo uso dos solos com agregados no estado natural é a absorção de água. A porosidade elevada dos agregados favorece a absorção de água que promove a sua expansão. Essa água pode ser absorvida tanto pelo contato com as chuvas quanto da umidade do ar. As variações de umidade do ar acontecem tanto entre estações chuvosas e secas quanto diariamente entre o dia e a noite. O umedecimento e secagem dos agregados faz com que a expansão e contração, repetidas muitas vezes, promovam o trincamento da pintura.

Por isso, para preparar tintas, é importante desmontar o “castelo de cartas” dos agregados e montar com outra organização para reduzir a porosidade.

O processo de desmonte do “castelo de cartas” ocorre na natureza. A força do impacto de gotas de chuva que caem diretamente sobre os agregados de um solo sem cobertura vegetal desmonta os agregados. Observe que a água das goteiras dos telhados bate no solo e respinga nas paredes das casas colorindo com a cor da terra. É como se “pintassem” as paredes com as partículas finas desagregadas. Outro processo natural que promove esse desmonte são as enxurradas que transportam os solos e atritam os agregados uns contra os outros, ou com os obstáculos nas correntezas. Quando, por fim, os sedimentos depositam, os agregados estão desmontados e formam uma estrutura compacta.

Esse acúmulo organizado acontece tanto em uma enxurrada que se acumula em uma poça de água e decanta quanto em uma camada de solo desagregado aplicada sobre uma parede. Eles formam uma camada compacta com baixa porosidade. As partículas organizadas dessa forma têm uma elevada área de contato entre si e com uma parede, no caso de uma pintura.

As partículas de argila e de silte com formato laminar se ajustam perfeitamente face a face reduzindo a porosidade total (RESENDE et al., 2014). Esse processo também acontece quando produzimos tijolos e amassamos o barro. Os tijolos têm uma alta densidade e são muito mais compactos do que os solos de onde foi retirado o barro. A superfície de contato entre as partículas é máxima. É como se colocássemos duas placas de vidro uma contra a outra e uma fina camada de água entre elas. As duas placas se juntam com forças muito grandes. Por isso, quando trabalhamos com solos argilosos, as partículas entram debaixo das unhas ou nas ferramentas e custam a sair. Com argilas é

possível moldar figuras, vasos e outros objetos. Já as areias e os siltes não se agarram como as argilas. Com as areias e siltes não conseguimos produzir uma massa moldável ou plástica.

Em outras palavras, um agricultor cultiva a estrutura dos solos em agregados para garantir a vida, enquanto quem produz tintas desmonta a estrutura dos agregados para organizá-los na forma de uma película que chamamos de pintura. O desmonte dos agregados pode ser feito com dois tipos de força: as químicas e as físicas. As forças químicas envolvem a mudança da acidez e exigem um controle laboratorial do processo em um nível industrial, que não é o objetivo desse manual. As forças físicas imitam as forças naturais como a do impacto das chuvas ou das enxurradas, ou até mesmo da compactação pela passagem contínua de animais ou provocada pelas rodas dos veículos. A experiência acumulada no projeto Cores da Terra e aperfeiçoada em pesquisas (CARDOSO, 2015; CARDOSO, 2020), demonstrou que o uso de um disco cowles (Ver Apêndice 1) é eficiente para desmontar os agregados e reorganizar as partículas laminares para preparar as tintas. As tintas de boa qualidade possuem as partículas de silte e de argila bem distribuídas na água, formando uma consistência cremosa que facilita a aplicação. Depois da aplicação a água evapora e as partículas se aproximam de forma organizada, formando um filme. Por isso, o desmonte dos agregados é essencial para suspender as partículas de silte e de argila na tinta.

À medida que as rochas vão decompondo são formadas camadas geralmente paralelas. A Figura 5 apresenta as camadas de um solo completo, incluindo a rocha mãe.





FIGURA 5 Fotografia (esq.) e esquema (acima) de um perfil de solo completo, mostrando o Horizonte A, camada superficial com cores escurecidas pela adição de matéria orgânica; Horizonte B, camada logo abaixo com baixo teor de matéria orgânica e partículas bem agregadas em torrões porosos; Horizonte C, camada mais abaixo sem matéria orgânica e partículas soltas resultantes da decomposição da rocha mãe; e a última camada, Horizonte R, constituída pela rocha mãe.

A camada superficial do solo possui os maiores teores de matéria orgânica adicionada pelas plantas e outros seres vivos. Por isso, ela tem coloração mais escura e os agregados têm formato arredondado. A matéria orgânica é o agente agregador mais importante nesta camada. Chamamos essa camada superficial de Horizonte A. Em uma camada logo abaixo crescem raízes mais profundas e os seres vivos tais como formigas, cupins, minhocas e outros constroem seus ninhos e movimentam as partículas. O teor de matéria orgânica é muito menor nessa camada do que na camada superficial. Por isso, essa camada não tem cores tão escuras ou acinzentadas como o Horizonte A. As argilas são os elementos agregadores mais importantes para formar os agregados nessa camada. Chamamos essa camada de Horizonte B.

Por fim, em camadas mais profundas a influência da matéria orgânica é mínima e a quantidade de argilas diminui bastante. A maior quantidade de areia e silte nas camadas mais profundas dificulta a formação de agregados. As partículas dessas camadas permanecem isoladas e são facilmente retiradas pela ação das chuvas quando expostas. Ou seja, a agregação é pouco observada nas camadas mais profundas. Chamamos essa camada de Horizonte C.

Abaixo de todas as camadas vem o Horizonte R, ou seja, a própria rocha. Um solo maduro e desenvolvido possui todos esses horizontes, A, B, C e R. Solos muito jovens possuem apenas o Horizonte A repousando sobre a rocha. Existem solos jovens pouco profundos que possuem o Horizonte A, o Horizonte C e o Horizonte R, faltando neles o Horizonte B.

A identificação dos horizontes do solo é muito importante para escolher os materiais adequados à produção das tintas.

A camada superficial, que é o Horizonte A, possui teores de matéria orgânica que favorecem o desenvolvimento de microrganismos, principalmente os fungos que degradam as tintas e, portanto, não deve ser usada como fonte de pigmentos. As camadas subsuperficiais, que são o Horizonte B e o Horizonte C, podem ser usadas. A baixa agregação das partículas no Horizonte C favorece a produção de tintas com boa qualidade.

A outra propriedade das partículas finas dos solos importante para a produção das tintas é a cor, ou melhor, as cores da terra. A origem das cores depende dos elementos químicos que constituíam as rochas e do processo de decomposição que as atacou. Uma rocha ou uma camada de rocha que não possua ferro dá origem a partículas de cores claras, muito frequentemente de cor branca. Em rochas ou em camadas de rochas que possuem ferro e tenham porosidade para a penetração do oxigênio, ocorre a oxidação que dá origem a partículas que possuem cor vermelha em ambientes com pouca umidade e amarela em ambientes mais úmidos. Em locais onde os solos permanecem completamente encharcados durante todo o ano o oxigênio fica totalmente ausente. Nesses casos o ferro sofre a reação contrária da oxidação e se dissolve totalmente sem proporcionar nenhuma cor ao solo. Nesses ambientes, as partículas finas, principalmente as argilas, conferem as cores claras aos solos. Esses solos são a fonte dos barros brancos (tabatinga).

As partículas finas dos solos, sejam elas argila ou silte, ocorrem principalmente nos Horizontes B e C, de onde,

portanto, deverão ser extraídos os pigmentos com os quais produziremos as tintas. A enorme diversidade de cores encontradas nos solos se deve à sua natureza heterogênea, ou seja, os solos são compostos por diferentes materiais com diferentes características e em diferentes proporções.

Portanto, as tintas e pinturas produzidas com os pigmentos obtidos dos solos refletem a beleza e a complexidade da natureza, não sendo possível manter-se um padrão de cores como o que existe nas tintas industrializadas. Do ponto de vista estético, cada pintura com pigmentos de solos constitui uma obra única.

Ao lado, pintura mural realizada com pigmentos de solos em San Pedro de Atacama – Chile.



Tintas

produzir e pintar

As tintas são usadas para embelezar e proteger os substratos. Assim como nossa pele, a pintura protege as partes internas das paredes dos edifícios e estará em contato permanente com o meio ambiente. Este meio pode promover uma série de danos às pinturas. A resistência a estes danos dependerá da qualidade da tinta e, principalmente, das condições do substrato. Sem isso, a dimensão estética da pintura será comprometida por meio da manifestação de patologias.

A qualidade da tinta dependerá da reprodução rigorosa do processo apresentado nas próximas páginas e também da qualidade do PVAc, que deverá ser o mesmo empregado para colagem de madeira (vendido em lojas de materiais de construção) e não aquele para uso escolar (vendido em papelarias).

Quanto ao substrato, nenhuma tinta funcionará bem se ele não apresentar boas condições para isso. Portanto, sua preparação é fundamental. Além disso, enfatizamos que as tintas produzidas conforme as instruções a seguir são recomendadas para pintar substratos minerais porosos, ou seja, paredes, e não outros materiais.

A tinta é, portanto, apenas uma das partes de um sistema. Logo, entre a produção da tinta e a pintura, muitas etapas devem ser superadas para alcançar resultados satisfatórios.

1. Coleta do solo

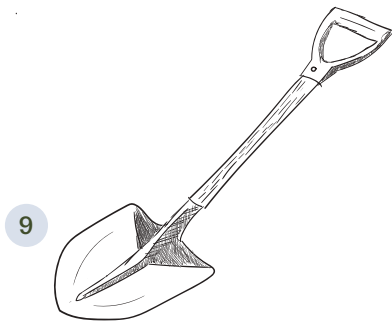
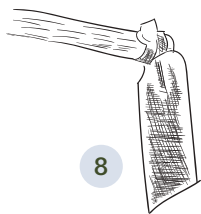
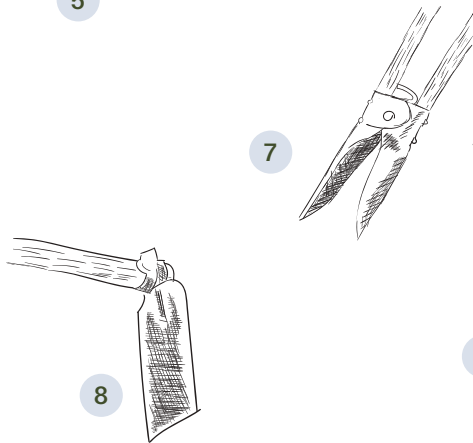
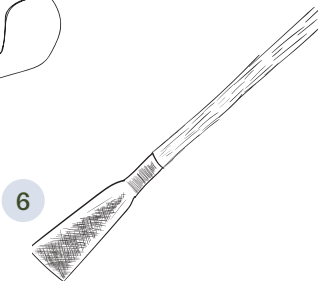
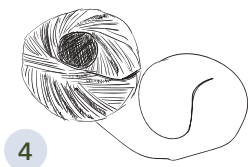
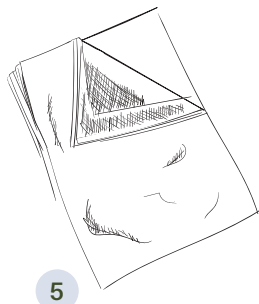
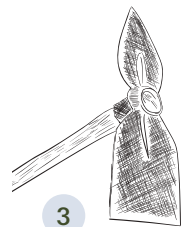
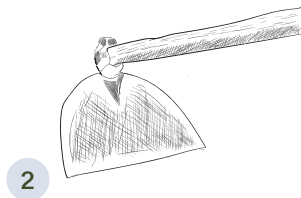
O solo é o material em estado natural que será coletado para obtenção dos pigmentos. **Sua coleta será realizada em duas etapas**, sendo a primeira com caráter exploratório, para obter amostras de diferentes tipos de solos para realização de testes. A segunda etapa destina-se à coleta de amostras selecionadas para produzir maiores volumes de tinta. **O trabalho em etapas evita a coleta de grandes volumes de solo que porventura não sirvam para produzir tintas**, economizando tempo e trabalho, além de reduzir impactos no meio ambiente.

Para realizar os testes devem ser coletadas pequenas amostras de solos, com volumes de aproximadamente 2 litros, em diferentes localidades e posições do relevo, lembrando que os solos presentes nos horizontes B e C são os adequados. Isso permitirá a obtenção de amostras com diferentes cores e composições granulométricas. Após a realização dos testes serão definidas as amostras definitivas que, em seguida, serão coletadas para produzir maiores volumes de tinta.

1.1. Materiais e ferramentas



- | | | | |
|---|-------------------|---|----------------------|
| 1 | Caneta / marcador | 6 | Cavadeira reta |
| 2 | Enxada | 7 | Cavadeira articulada |
| 3 | Sacho | 8 | Enxadão |
| 4 | Barbante | 9 | Pá |
| 5 | Sacos plásticos | | |



1.2. Como coletar | Situação A



1

Fazer limpeza superficial do barranco.



2

Remover a camada superficial de aproximadamente 5 cm de espessura e descartar.

NOTAS



3

Forrar a base do barranco com saco plástico, cavar com enxada ou sacho e retirar amostras uniformemente em diferentes posições sem abrir buracos para assim evitar danos à estrutura do barranco e, logo, desmoronamentos e erosão. Retirar amostras com cuidado para evitar contaminações com materiais de origem orgânica ou outros tipos de solos. Sempre limpar bem as ferramentas a cada coleta.



4

Armazenar em sacos plásticos, amarrar com barbante e identificar a amostra.

1.3. Como coletar | Situação B



1

Remover com enxadão a camada superficial (horizonte A) e reservar.



2

Cavar com enxadão ou cavadeira para retirar amostras com cuidado para evitar contaminações com materiais de origem orgânica ou outros tipos de solos. Sempre forrar com saco plástico e limpar bem as ferramentas a cada coleta.

NOTAS



3

Armazenar em sacos plásticos, amarrar com barbante e identificar a amostra.



4

Ao finalizar a coleta, tapar o buraco aberto com a camada superficial (horizonte A) que foi removida na etapa 1 e compactar para assim evitar acidentes e erosão.





2. Testes

Nesta etapa será realizado o primeiro exercício de preparação de amostras de algo que ainda não chamaremos de tinta. **O objetivo desta etapa é compreender como cada pigmento se comporta** para que assim tenhamos informações para decidir sobre quais usar em função da cor e do poder de cobertura. É nessa etapa que vamos extrair do solo, material em estado natural, os pigmentos que serão usados para produzir tintas. Para realizar os testes é importante que as amostras estejam secas, destorroadas, livres de contaminações e devidamente identificadas.

2.1. Materiais e ferramentas



- | | | | |
|---|-----------------------|---|------------------------------|
| 1 | Almofariz | 6 | Pincéis |
| 2 | Fita adesiva crepe | 7 | Seringa graduada grande |
| 3 | Peneira fina de metal | 8 | Copos plásticos descartáveis |
| 4 | Liquidificador | 9 | Palitos de madeira |
| 5 | Cola branca | | |



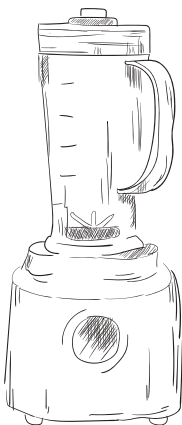
1



2



3



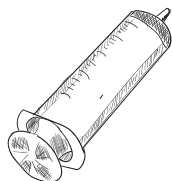
4



5



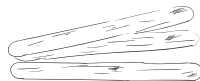
6



7



8



9

2.2. Preparação de amostras



1

Destorroar um volume de 100 ml de solo seco. Quanto mais destorroar, maior a precisão das medidas de volume e maior a homogeneidade.



2

Diluir o volume de solo destorroado em 200 ml de água manualmente ou por meio de liquidificador.

NOTAS



3

Em seguida, peneirar o material diluído em peneira fina para separar areia e material orgânico. A viscosidade deve ser similar à de uma tinta convencional e deve ser ajustada caso necessário. Se estiver muito consistente, adicione mais água e se estiver muito líquida, adicione solo, misture bem e peneire.



4

Verter o material em um recipiente, adicionar 30 ml de PVAc e misturar bem com um palito ou colher.



5

Tampar o recipiente e identificar a amostra preparada.



6

Repetir as operações anteriores com todas as amostras coletadas e reservar, evitando deixar as amostras expostas ao sol. Estas amostras não são tintas propriamente ditas. Elas servem apenas para avaliar o efeito da cor e do poder de cobertura dos pigmentos obtidos dos solos coletados.

NOTAS

2.3. Paleta de cores



1

Limpar o substrato (parede).



2

Delimitar com fita adesiva os espaços para a aplicação de cada amostra. Sugestão: marcar espaços retangulares de 10 por 15 cm para cada amostra/cor.

A paleta de cores serve para avaliar a cor e a capacidade do pigmento de cobrir o substrato. Portanto, é importante produzir a paleta de cores sobre a parede que será pintada e não outros substratos.



3

Misturar bem cada amostra e aplicar com pincel a primeira demão nos espaços delimitados, lembrando de identificar cada amostra aplicada na parede. Esperar secar (o tempo de secagem depende de vários aspectos como temperatura, umidade, ventilação, incidência solar e porosidade do substrato). Aplicar a segunda demão, esperar secar e por fim aplicar a terceira demão. Lembre-se de sempre misturar bem antes de pintar.



4

Repetir as operações anteriores com todas as amostras, esperar secar e remover com cuidado a fita adesiva.

2.4. Misturas de cores



1

Para misturar cores é importante medir precisamente a proporção de cada amostra que será misturada e sempre lembrar de homogeneizar bem. Para retirar aliquotas com volumes precisos, recomenda-se usar seringas graduadas ou recipientes graduados.



2

Misturar bem e lembrar sempre de registrar as proporções de cada amostra que compõe a mistura. Exemplo: 10 ml da cor amarela para 20 ml da cor vermelha. Depois, aplicar na paleta de cores conforme procedimentos indicados no item anterior.

NOTAS

2.5. Avaliação da cor e do poder de cobertura

A cor e o poder de cobertura servem para orientar a seleção dos pigmentos que serão usados para a produção de tintas para pintar grandes superfícies. **A cor depende das preferências do usuário, podendo ser alterada por meio de misturas. E o poder de cobertura é a capacidade que determinado pigmento tem de cobrir o substrato.** Idealmente, o pigmento deverá cobrir o substrato com no máximo 3 demãos. Caso isso não ocorra, o consumo de tinta será muito alto, o que torna antieconômica a tinta produzida com determinado pigmento.

Definidas as cores que serão usadas para produzir maiores volumes de tinta, medir a área das paredes que serão pintadas com cada cor, para estimar o volume de solo que deverá ser coletado.

2.6. Volume de solo a coletar para produzir maiores quantidades de tinta

Para saber o volume aproximado a ser coletado, medir a área em m^2 que será pintada com cada cor e multiplicar por 0,2. **Exemplo:** para uma parede com $10 m^2$ teremos: $10 \times 0,2 = 2$ litros de solo. Calculado o volume, retornar aos locais de coleta e coletar amostras maiores, lembrando de destorroar o máximo possível para garantir maior precisão do volume calculado.





3. Produção

Uma tinta é uma mistura de pigmento, ligante e solvente, sendo o primeiro responsável por colorir e ocultar o substrato; o segundo, por recobrir e aderir os pigmentos entre si e às superfícies; e o terceiro, a parte volátil das tintas, por diluir os pigmentos e ligantes.

De acordo com o tipo de ligante usado, as tintas recebem distintos nomes técnicos. As tintas produzidas com a cola branca ou PVAc (Poliacetato de Vinila) são denominadas tintas látex.

A produção da tinta será feita em **duas etapas**. Como cada pigmento de solo tem características próprias, não é possível definir a priori uma única fórmula que sirva para produzir tintas com qualquer tipo de pigmento. Portanto, na primeira etapa vamos produzir um pequeno volume para conhecer as características do pigmento de determinado solo e na segunda etapa, já conhecida a fórmula adequada para o pigmento em questão, produzir volume suficiente para pintar uma parede ou uma edificação inteira. **A produção em duas etapas também é importante para evitar desperdícios.**

As tintas látex apresentam melhor desempenho quando aplicadas em ambientes internos protegidos do intemperismo. No entanto, os estudos realizados (CARDOSO, 2020) permitiram concluir que também é possível aplicar as tintas látex produzidas com pigmentos de solos em superfícies externas, alcançando boa resistência ao intemperismo.

3.1. Materiais e ferramentas

- | | | | |
|---|-----------------------|----|-------------------------------|
| 1 | Solo/Terra | 6 | Balde |
| 2 | Água | 7 | Disco cowles (ver apêndice 1) |
| 3 | Cola branca | 8 | Viscosímetro (ver apêndice 2) |
| 4 | Misturador helicoidal | 9 | Béquer ou copo de medidas |
| 5 | Furadeira | 10 | Peneira fina de metal |



3.2. Como produzir | aproximadamente 4 litros de tinta



1

Verter 1,5 litro de solo seco e destorroado em 3 litros de água.



2

Bater com disco cowles acoplado em furadeira por 15 minutos. Ver informações sobre o disco cowles no **Apêndice 1**.

NOTAS



3

Peneirar em peneira fina e descartar material retido (pedras, areia e matéria orgânica).



4

Medir viscosidade. Ver informações sobre o viscosímetro e a medição da viscosidade no **Apêndice 2**. Se a viscosidade estiver alta, adicionar volume conhecido de água e misturar; se a viscosidade estiver baixa, adicionar solo, bater novamente, peneirar e medir a viscosidade novamente até alcançar a consistência adequada.

5

Calcular o volume final de pigmento: medir volume final de pigmento + água e subtrair o volume de água para conhecer o volume de pigmento. Em seguida, dividir o volume de pigmento pelo volume total (água + pigmento) para calcular o TEOR DE PIGMENTO. Este teor será usado para calcular o consumo de PVAc e o rendimento da tinta conforme **TABELAS 1 e 2** (p. 72).



6

Se a tinta for usada para pintar paredes externas, adicionar óleo de linhaça em volume correspondente a 5% do volume de pigmento e agitar com disco cowles por 5 minutos.



7

Em seguida, adicionar PVAc conforme indicações da **TABELA 1** (p. 72).

- 10 Repetir os procedimentos anteriores para produzir o volume total de tinta necessário para pintar uma parede ou uma edificação inteira.

Para saber o volume total de tinta a ser produzida para pintar uma parede ou uma edificação inteira, basta multiplicar o rendimento aproximado pela área a ser pintada conforme a **TABELA 2** (p. 72).



8

Misturar com misturador helicoidal acoplado em furadeira, ou manualmente, por 5 minutos (não usar disco cowles nesta etapa).



9

Finalizada a preparação da amostra, tampar o recipiente e identificar.

NOTAS

**Tabela 1**

Teor de pigmento	Pintura interna	Pintura Externa		
	% de PVAc*	% de Óleo de linhaça**		% de PVAc
Menor que 15%	60	5	+	60
Entre 15% e 30%	40	5	+	40
Maior que 30%	20	5	+	20

→ Proporções de PVAc e Óleo de Linhaça em função dos TEORES DE PIGMENTO de acordo com a finalidade da tinta: pinturas internas ou externas. *Calculada em função do volume de pigmento; **Calculadas em função do volume de pigmento.

Tabela 2

Teor de pigmento	Rendimento aproximado (m²/L)
Menor que 15%	2
Entre 15% e 30%	4
Maior que 30%	6

→ Rendimento aproximado da tinta em função do TEOR DE PIGMENTO.

* Considerando uma demão de selador e até três demãos de pintura.

3.3. Armazenamento

Recomendamos que seja produzida apenas a quantidade de tinta necessária para pintar determinada área, e que seja coletado e guardado um volume extra do mesmo solo para produzir tinta para reparos ou futuras repinturas. **Não recomendamos produzir tinta e armazenar por tempo superior àquele necessário para realização do serviço de pintura.** A razão de se armazenar uma amostra extra do mesmo solo, e não da tinta, se deve à possibilidade de degradação da tinta caso ela não seja bem armazenada, evitando assim desperdícios.

Nesse caso, é importante que o volume extra de solo seja coletado no mesmo local, pois devido à heterogeneidade natural dos solos, podem ocorrer alterações de cor se uma coleta futura for realizada noutro local, mesmo que nas proximidades.

Mas, caso seja necessário armazenar tinta, é importante ressaltar que o solo usado deve estar isento de materiais de origem orgânica, que podem apodrecer, e que o recipiente a ser usado esteja limpo e possa ser bem tampado.

Para usar tintas que foram armazenadas é importante homogeneizá-las muito bem, pois os pigmentos decantarão naturalmente e formarão uma crosta no fundo do recipiente.

NOTAS

3.4. Exemplo de cálculo

→ Teor de pigmento, volume de PVAc e rendimento da tinta

- 1 Suponhamos que, após misturar 1,5 L de solo seco e destorroado com 3 L de água, bater com o disco cowles por 15 minutos, peneirar em peneira fina e descartar o material retido na peneira, o volume final de pigmento diluído em água seja de 4 L.
- 2 E que, ao medir a viscosidade dessa mistura, percebeu-se que seu tempo de passagem pelo orifício foi de 20 segundos. Isso quer dizer que a mistura está muito viscosa e precisa ser diluída para que a tinta tenha a consistência ideal para a aplicação (Ver Apêndice 2).
- 3 Ao adicionar mais 0,2 L (200 ml) de água, misturar bem e medir novamente a viscosidade, percebeu-se que o tempo de passagem pelo orifício ficou entre 12 e 14 segundos, o que significa que foi alcançada a viscosidade ideal.
- 4 Agora sabemos que o volume final da mistura de água + pigmento é de 4 L + 0,2 L, ou seja, 4,2 L.
- 5 Para saber qual o volume de pigmento que compõe essa mistura, basta subtrair o volume de água do volume total. Sabemos que o volume de água é a soma do volume inicial mais os 0,2 L adicionados para equilibrar a viscosidade, ou seja, $3\text{ L} + 0,2\text{ L} = 3,2\text{ L}$. Sabendo que o volume final da mistura foi de 4,2 L, basta subtrair deste volume os 3,2 L de água, o que resulta em 1 L de pigmento. A redução do volume de pigmento se deve ao descarte daquela parte que foi retida na peneira (areia, material orgânico etc.).
- 6 Feito isso, agora é possível calcular o **TEOR DE PIGMENTO**. Para calcular, basta dividir o volume final de pigmento (1 L) pelo volume da mistura de água e pigmento (4,2 L), o que resulta em

aproximadamente 0,25 ou 25%. Isso quer dizer que aproximadamente 25% do volume da mistura é composto por pigmento.

- 7 Conhecido o **TEOR DE PIGMENTO**, verificar a **TABELA 1** para saber que quantidade de PVAc adicionar à mistura para finalizar a produção da tinta. Como o **TEOR DE PIGMENTO** é de 25%, sabemos agora que é preciso adicionar um volume de PVAc igual à 40% do volume de pigmento, ou seja, 40% de 1 L de pigmento, o que é igual a 0,4 L ou 400 ml de PVAc.
- 8 Se a tinta for usada em pintura externa, lembrar de adicionar antes do PVAc um volume de óleo de linhaça igual à 5% do volume de pigmento, ou seja, 0,05 L ou 50 ml.
- 9 E, por fim, qual seria o rendimento aproximado dessa amostra de tinta? Basta conferir a **TABELA 2**. Como o **TEOR DE PIGMENTO** está compreendido entre 15% e 30%, o rendimento aproximado será de 4 m²/L, ou seja, cada litro de tinta é suficiente para pintar aproximadamente 4 m² de superfície considerando três demãos.
- 10 Supondo que a área que será pintada é de 60 m², basta dividir essa área por 4 para saber quantos litros de tinta produzir, ou seja, $60 \div 4 = 15$ litros de tinta.

OBSERVAÇÃO Quando o **TEOR DE PIGMENTO** é muito baixo, o poder de cobertura é prejudicado, exigindo várias demãos para cobrir o substrato e, logo, maior consumo de tinta. Isso se deve às características específicas de cada pigmento, que afetam o comportamento reológico da tinta. Uma forma de resolver essa situação é misturar **CARGAS MINERAIS** aos pigmentos. Elas atuam como “enchimento”, aumentando o **TEOR DE PIGMENTOS** e, logo, o rendimento da tinta. Resíduos de corte de mármore e granito, por exemplo, são boas opções de **CARGAS MINERAIS** que podem ser adicionadas. Para tanto, é importante realizar todos os procedimentos indicados na etapa de **TESTES** deste manual, com atenção especial para o item **MISTURAS DE CORES**. Para saber mais sobre o assunto, consultar os trabalhos de Lopes et al. (2019) e Tressmann et al. (2020).





4. Preparação de substratos

Esta etapa do trabalho é de fundamental importância. Sem uma boa preparação do substrato o rendimento da tinta e a qualidade da pintura serão prejudicados. Antes de iniciar a preparação dos substratos é importante entender que a tinta é apenas uma das partes do sistema de pintura, ou seja, antes de pintar, uma série de procedimentos deverá ser realizada para se obter bons resultados. É importante enfatizar que este tipo de tinta se destina à pintura de substratos minerais porosos como as paredes das edificações, e não outros materiais, como madeiras, metais ou plásticos.

O sistema de pintura é composto por:

- **Fundo ou selador:** é um produto destinado à primeira demão sobre a superfície e funciona como uma ponte entre o substrato e a tinta. O fundo é chamado de selador quando aplicado sobre superfícies de argamassa e é indicado para reduzir e/ou uniformizar a absorção de substratos. Assim, a tinta será absorvida de forma homogênea pelo substrato em toda a sua extensão, evitando as manchas e o consumo excessivo.
- **Fundo preparador de paredes:** serve para promover a coesão de partículas soltas do substrato e por isso sua aplicação é recomendada sobre superfícies sem firmeza ou coesão, ou seja, que tendem a se desfazer, como argamassas fracas, caiação, repinturas ou superfícies constituídas por gesso.
- **Massa:** é uma pasta que serve para a correção de irregularidades, como as trincas, da superfície que já recebeu selador.
- **Tinta:** é a última camada do sistema de pintura, que cumprirá a função estética pois poderá ter diferentes cores, e também de proteção do substrato.

A aplicação do fundo ou selador, do fundo preparador de paredes ou da massa dependerá das condições do substrato. Portanto, antes de iniciar a preparação do substrato é importante fazer um diagnóstico para definir que estratégia deverá ser adotada. Os procedimentos apresentados a seguir foram extraídos da publicação “Projeto, execução e inspeção de pinturas”, de autoria de Kai Loh Uemoto.

4.1. Materiais e ferramentas

- | | | | |
|---|----------------------------|----|-------------------|
| 1 | Óculos de proteção | 7 | Água sanitária |
| 2 | Máscara de proteção | 8 | Espátula metálica |
| 3 | Escova de cerdas plásticas | 9 | Pulverizador |
| 4 | Escova de cerdas de aço | 10 | Lixa |
| 5 | Vassoura piaçava | 11 | Escada |
| 6 | Espanja | | |



4.2. Procedimentos

Para a pintura, o substrato deve estar firme e coeso, uniforme e desempenado, sem sinais de umidade, sujeira, poeira, eflorescências ou partículas soltas, isento de óleo, gorduras ou graxas e microrganismos como mofo, fungos, algas, líquens etc. As superfícies à base de cimento e/ou cal devem estar curadas por pelo menos 30 dias.

1 LIMPEZA DA SUPERFÍCIE

- Remover as sujeiras, poeiras, materiais soltos de modo geral, por escovação e eventualmente com auxílio de jatos de água. Em caso de superfícies de ambientes externos de limpeza difícil, usar espátula ou escova de aço.
- Remover graxa, óleo e outros contaminantes gordurosos com sabão e detergente, seguido de lavagem com água e deixando-se secar a superfície.
- Remover eflorescências (manchas brancas que podem surgir no revestimento das paredes) por meio de escovação da superfície seca, empregando-se escova de cerdas macias.
- Remover microrganismos (mofo, fungos, algas, líquens etc.) esfregando a superfície com escova de cerdas duras e solução de água sanitária diluída com água na proporção 1:1. Se necessário, deixar a solução agir durante certo período, aproximadamente 1 hora, e enxaguar em seguida com água em abundância.

2 CORREÇÃO DE FALHAS DO SUBSTRATO

- Eliminar as manchas de umidade causadas pela infiltração de água de canos furados, telhas quebradas, calhas entupidas etc. Após a correção dos problemas, deixar a superfície secar.

-
- Reparar imperfeições como trincas, fissuras, saliências e reentrâncias antes da aplicação da pintura. As imperfeições de grandes dimensões e profundidade devem ser reparadas com argamassa de revestimento na textura semelhante à superfície a ser pintada 30 dias antes da pintura. As imperfeições de dimensões pequenas devem ser reparadas com massa, que deve ser aplicada com desempenadeira de aço ou espátula até obter o nivelamento desejado, não aplicando demãos com espessura excessiva. Deixar secar e depois lixar.

3 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

- Em substratos muito porosos é recomendada a aplicação prévia de fundo ou selador industrializado (acrílico/vinílico), ou a própria tinta de acabamento diluída em água na proporção 1:1.
- Em substratos de baixa resistência, aplicar fundo preparador de superfícies com rolo ou pincel na diluição indicada na embalagem do produto ou no catálogo do fabricante. A resistência do substrato pode ser verificada esfregando-o com os dedos exercendo pressão, sendo considerada baixa quando não há coesão entre os grãos de areia. A verificação também pode ser realizada com o auxílio de fita adesiva (crepe): aplica-se fita com pressão sobre a superfície, removendo-a de uma só vez com um forte puxão, observando-se a seguir a quantidade de material aderido à fita. Se muito material ficar aderido, quer dizer que a resistência do substrato é baixa. E, na pior das condições, se a argamassa simplesmente desmanchar sob pressão dos dedos ela deverá ser refeita antes de se aplicar a pintura.

4 COMO OBTER UMA SUPERFÍCIE LISA?

- Sobre a superfície já preparada, aplicar sucessivas demãos de massa, em camadas finas, com desempenadeira de aço ou espátula. A massa deve ser compatível com a tinta de acabamento e o tipo de ambiente. Dependendo do nivelamento, aplicar de uma a três demãos de massa, aguardando um intervalo entre demãos de aproximadamente 1 hora.
- Após 2 a 3 horas de secagem, lixar a superfície, limpar e pintar.

Para saber que procedimento adotar a depender do tipo de tratamento superficial consulte a **TABELA 3**.

Tabela 3		
Tratamentos superficiais	Interior	Exterior
Correção de imperfeições superficiais	Massa acrílica/vinílica	Massa acrílica
Regularização da absorção da superfície	Selador acrílico/vinílico	Selador acrílico
Correção da resistência mecânica	Fundo preparador de superfícies	
Acabamento liso	Massa acrílica/vinílica	Massa acrílica

- Procedimentos adequados para cada tipo de tratamento superficial do substrato.



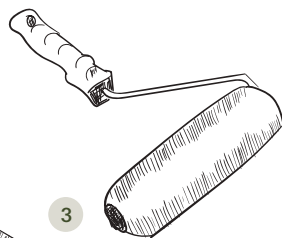
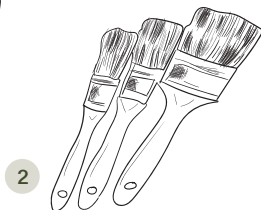
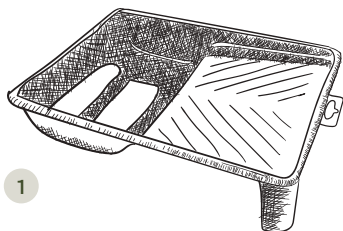
NOTAS

5. Pintura

A pintura é o trabalho de aplicar a tinta sobre um substrato previamente preparado e também é a camada de revestimento produzida pela tinta após a evaporação da parte volátil, ou seja, a água. Os procedimentos apresentados a seguir foram extraídos da publicação “Projeto, execução e inspeção de pinturas”, de autoria de Kai Loh Uemoto.

5.1. Materiais e ferramentas

- 1 Bandeja para pintura
- 2 Pincéis
- 3 Rolo de lã para pintura



5.2. Condições ambientais para a execução da pintura

- **Condições de temperatura e umidade ideais:** pintar à temperatura ambiente entre 10°C a 40°C e com umidade relativa do ar inferior a 80%.
- **Movimento do ar e vento:** as superfícies externas devem ser pintadas na ausência de ventos fortes, de partículas em suspensão na atmosfera, de chuvas, de umidade superficial ou excessiva do ar, como a condensação de vapor ou neblina. O mesmo cuidado deve ser mantido em todas as demãos. As superfícies internas devem ser pintadas quando não há condensação de vapor na superfície a ser pintada e em condições climáticas que permitam que portas e janelas fiquem abertas.
- **Fatores sazonais:** recomenda-se programar a pintura nas estações do ano menos chuvosas, em paredes sem incidência direta do sol e sem condensação de umidade.
- **Poluição atmosférica:** as superfícies expostas em ambientes com elevada poluição atmosférica devem ser muito bem limpas antes da pintura, e o intervalo de aplicação entre demãos deve ser o menor possível.
- **Iluminação e ventilação:** a pintura deve ser realizada em ambiente com boa iluminação e ventilação. Em caso de pintura de cores escuras ou ausência de contraste de cores entre demãos, o nível de iluminação deve ser aumentado.

5.3. Procedimentos

1 APLICAÇÃO DA TINTA

- Homogeneização da tinta: a tinta deve ser adequadamente homogeneizada antes da aplicação.
- Aplicação com pincel, trincha ou brocha: devem ser mergulhadas nas tintas somente até a metade das cerdas. O excesso deve ser retirado. As pinceladas devem ser curtas para aplicar quantidades uniformes de material formando uma camada lisa e de espessura uniforme. O nivelamento e o alisamento da pintura devem ser feitos por meio de pinceladas transversais longas em relação às primeiras, com cuidado de passar suavemente o pincel para não deixar marcas novas.
- Aplicação com rolo: o rolo deve ser colocado na parte rasa da bandeja e rolado até a parte mais funda contendo tinta. Repetir o procedimento várias vezes para que o rolo fique uniformemente impregnado. O excesso deve ser removido pressionando e rolando o rolo pelo fundo da bandeja, na parte rasa. A pintura deve ser iniciada de baixo para cima, procurando cobrir o maior comprimento possível.

NOTAS

2 TÉCNICA GERAL DE APLICAÇÃO

- A quantidade de tinta aplicada em cada demão deve ser a mínima possível e espalhada ao máximo, de maneira que a cobertura da superfície seja obtida através da aplicação de várias demãos.
 - Cada demão deve ser aplicada com espessura uniforme e livre de poros, escorrimentos etc. Cada demão deve ser aplicada quando a anterior estiver suficientemente seca. A última demão deve proporcionar à superfície uma película uniforme, sem escorrimentos, sem falhas ou imperfeições.
 - Quaisquer falhas de pintura devem ser corrigidas, respeitando-se o tempo de secagem previsto antes da aplicação da demão seguinte.
 - A pintura recém aplicada deve ser protegida contra incidência de poeira e água, ou mesmo contra contatos acidentais, durante a secagem.
 - De modo geral, cada demão deve estar seca antes da aplicação da demão seguinte. Tintas à base de água não exigem longos períodos de secagem, podendo a demão seguinte ser aplicada algumas horas após a primeira.
-
-
-
-





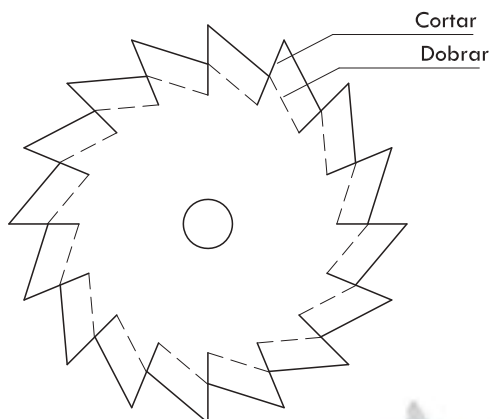
Referências

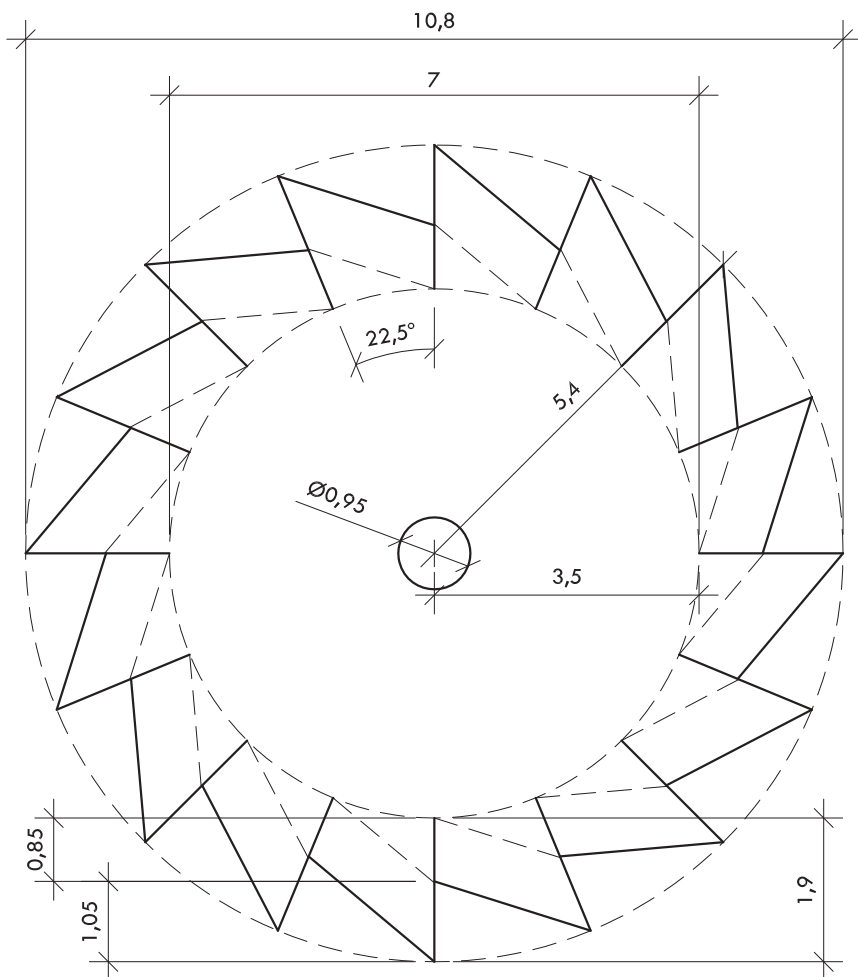
- ABREU, S.F. **Pigmentos de bário**. Revista de química industrial, n.346, p.13-14, 1961.
- APMOP. **Livro 2 de contratos e arrendamentos**. Ouro Preto, Arquivo Público Municipal, 1896 a 1917, 100 p. Caixa 26 L 4.
- APMOP. **Livro 3 de registros e contratos**. Ouro Preto, Arquivo Público Municipal, 1917 a 1927, 100 p. Caixa 33 L 4.
- APMOP. **Livro 4 de registros e contratos**. Ouro Preto, Arquivo Público Municipal, 1927 a 1959, 101 p. Caixa 26 L 5.
- BAENA, A.L.M. **Ensaio corográfico sobre a província do Pará**. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2004.
- 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.1, t. LXXII, 1910.
- CARDOSO, F.P. **Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos**. 2015. 154 p. 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. 217 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.
- DANIEL, J. **Tesouro descoberto no máximo rio Amazonas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.
- FLEURY, P. **Novo tratado usual da pintura de edifícios e decoração**. Rio de Janeiro; Paris: Garnier, 1903.
- FLORENCE, H. **Viagem fluvial do Tietê ao Amazonas (1825-1829)**. São Paulo: Edusp/Cultrix, 1977.
- GUERRA, J.W. **Equipamentos, usos e costumes da casa brasileira: construções**. São Paulo: Museu da casa brasileira, 2001.
- 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.
- MORAES, L.J. **O passado e o futuro da mineração em Ouro Preto.**
In *Geologia e Metalurgia*, Boletim n.1, São Paulo: Centro Moraes Rego, 1945.
- 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.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; KER, J.C.; **Pedologia: base para distinção de ambientes.** Lavras: UFLA, 2014, 378 p.
- RIBEIRO, N.P. **As cores da cidade na América portuguesa: um estudo iconográfico.**
In: *Colóquio do Comitê Brasileiro de História da Arte - CBHA, XXIV, 2004*, Belo Horizonte, MG. Anais (on-line). Belo Horizonte: CBHA, 2004. Disponível: <http://www.cbha.art.br/coloquios/2004/anais/anais2004.html>. Acesso em 19/07/2018.
- SAINT-HILAIRE, A. **Viagem à Província de Goiás (1819).** São Paulo: Edusp/Itatiaia Editora Ltda., 1975.
- SAMPAIO, F.X.R. **Diário de viagem da Capitania do Rio Negro (1774-1775).** Lisboa: Tipografia da Academia de Lisboa, 1825.
- SMCOP. **Inventário de proteção ao acervo cultural de Ouro Preto.** Ref: 10.4.1, 2007.
- SPIX, F. B.; MARTIUS, C.F.P. **Viagem pelo Brasil (1817-1820).** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1938.
- TELLES, C. **A indústria de tintas no Brasil: 100 anos de cor e história.** São Paulo: CL-A Comunicações S/C Ltda, 1989.
- TRESSMANN, D.M.G.A; PEDROTI, L.G; CARVALHO, A.F; RIBEIRO, J.C.L; CARDOSO, F.P; LOPES, M.M.S; OLIVEIRA, A.F; FERREIRA, S.O. **Research into the use of marble waste as mineral filler in soil pigment-based paints and as an active pigment in waterborne paints.** *Construction and building materials*, v.241, p.1-16, 2020.
- TRIAT, J.M. **Les ocres.** Paris: CNRS, 2010.
- UEMOTO, K.L. **Projeto, execução e inspeção de pinturas.** São Paulo: O nome da rosa, 2002. 101 p.
- VASCONCELLOS, S. **Arquiteturas no Brasil: Sistemas construtivos.** Belo Horizonte: UFMG, 1979.
- VASCONCELLOS, S. **Vila Rica: Formação e desenvolvimento – Residências.** Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, 1956.

Apêndices

O disco cowles é uma ferramenta fundamental para garantir a produção de tintas de qualidade e pode ser fabricado por qualquer serralheiro experiente. Recomendamos que ele seja fabricado com chapa de aço inoxidável com 2 mm de espessura, observando rigorosamente as dimensões indicadas nos desenhos das páginas a seguir.





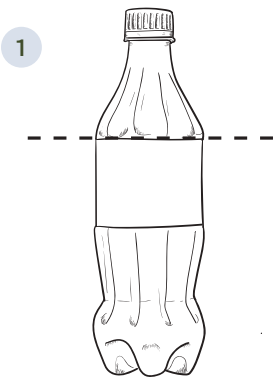
DISCO 2

Para recipientes com
volume entre 10 e 20 litros



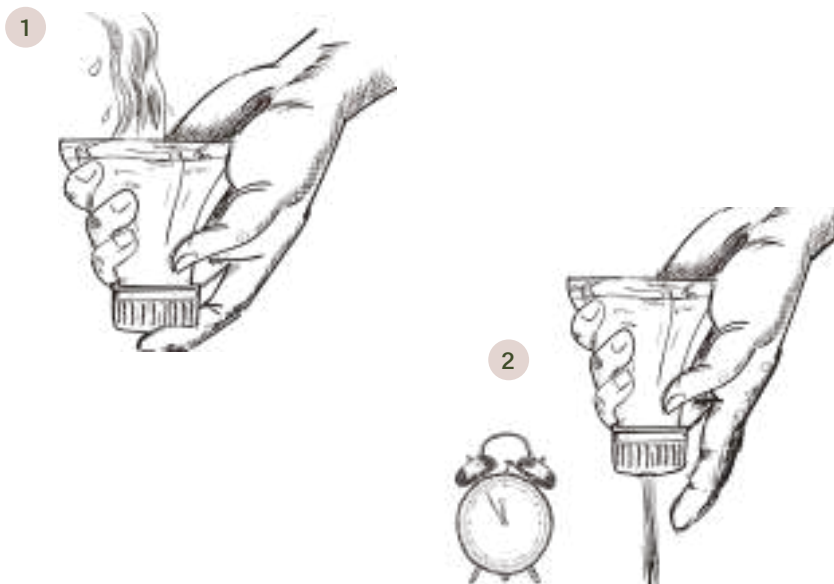
O viscosímetro, assim como o disco cowles, é fundamental para garantir a produção de tintas de qualidade. Este viscosímetro é uma adaptação do copo Ford e pode ser produzido com uma garrafa pet de 600 ml conforme instruções a seguir.





COMO CONSTRUIR O VISCOSÍMETRO

- 1 Providenciar garrafa de refrigerante com 600 ml de volume. É importante que seja exatamente o tipo de garrafa mostrado na ilustração.
- 2 Cortar com tesoura ou estilete na linha que limita a parte superior do rótulo. O viscosímetro será feito com a parte superior da garrafa, ou seja, aquela que contém a tampa e forma um cone.
- 3 Fazer um furo com furadeira bem no centro da tampa da garrafa. Este furo precisa ter exatamente 4 mm de diâmetro.
- 4 Rosquear a tampa.



COMO MEDIR A VISCOSIDADE

- 1 Tapar com o dedo o furo da tampa e encher o recipiente com a tinta até a borda.
- 2 Destapar o furo e cronometrar o tempo que a tinta leva para passar. 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.

Os autores



ANÔR FIORINI DE CARVALHO é graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela mesma instituição. É professor do Departamento de Solos da UFV e coordenador do projeto Cores da Terra.

afiorini@ufv.br

FERNANDO DE PAULA CARDOSO é graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e doutorado em Engenharia Civil pela mesma instituição, tendo como objeto de suas pesquisas as tintas com pigmentos de solos.

fernandodepaulacardoso@gmail.com

Español

producción de pinturas
con pigmentos de suelos

105 **Presentación**

106 **Agradecimientos**

108 **Cores da Terra**

110 **Los pigmentos de suelos en Brasil**

117 **Los suelos**

126 **Pinturas: producir y pintar**

127 Colecta de suelos

129 Pruebas

132 Producción

137 Preparación de sustratos

141 Pintura

144 **Referencias**

146 **Apéndices**

147 **Los autores**

Presentación

Este manual tiene la misión de difundir los conocimientos acumulados por el proyecto de investigación y extensión universitaria Cores da Terra.

A lo largo de los años, se han elaborado algunos materiales impresos de difusión y formación que reúnen los conocimientos empíricos. Tras contribuir a la investigación académica y sistematizar las lecciones acumuladas a través de la interacción con numerosos actores, surgió la necesidad de reunir los conocimientos en una publicación que abordara tanto la información básica sobre los suelos como la descripción detallada de la técnica de producción de pintura para su difusión y formación profesional.

Teniendo en cuenta la importancia de comunicar los conceptos y procedimientos con claridad, hemos optado por incluir ilustraciones en consonancia con el texto. También hemos incluido algunos ejemplos prácticos para ayudar a la comprensión de los cálculos y recomendaciones para la producción de las pinturas según las características de los diferentes tipos de suelos.

Esperamos contribuir a la sociedad no sólo con una técnica de producción de pintura o un material básico para la construcción civil, sino también con una herramienta de interacción comunitaria que da un nuevo significado al uso de los recursos naturales, en este caso, los suelos.

Agradecimientos

La publicación de este manual sólo fue posible gracias al apoyo institucional y al compromiso de numerosas personas que ejecutaron el proyecto de investigación y extensión universitaria Cores da Terra.

En primer lugar, queremos agradecer al Departamento de Suelos de la Universidade Federal de Viçosa (UFV), donde nació el proyecto, al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) y a la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), que, mediante la concesión de becas, posibilitó la participación de los estudiantes que realizaron a lo largo de los años numerosas actividades de investigación y extensión.

Entre las personas que nos inspiraron, agradecemos especialmente al pintor Pedro Eugênio Quirino. Sin él, el proyecto Cores da Terra no existiría.

La realización de las actividades de extensión universitaria, de las que absorbimos continuamente los conocimientos que se incorporan a este manual, fue fomentada por muchas instituciones, entre ellas: el Museu de Ciências da Terra Alexis Dorofeef, un importante punto de referencia para la divulgación científica dentro y fuera de la UFV; el Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), que apoyó la realización de talleres en varios asentamientos de la reforma agraria en Minas Gerais; el Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA), que difundió la técnica en toda la región de la Zona da Mata de Minas Gerais - Brasil; las redes TerraBrasil y PROTERRA, dedicadas al tema de la arquitectura y construcción en tierra a nivel brasileño e iberoamericano, que a través de sus eventos favorecieron la difusión de la técnica

en toda latinoamérica; y el Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), que difundió la técnica de forma ejemplar en todo el estado de Espírito Santo - Brasil.

Debido al éxito de las acciones llevadas a cabo por el INCAPER, la institución recibió en 2009 el Premio FINEP de Innovación en la categoría Tecnología Social y así se estableció una importante asociación con el proyecto Cores da Terra para la realización de investigaciones. Esta asociación representó una nueva fase en la historia del proyecto. En ese momento, se establecieron nuevas colaboraciones, especialmente con el Laboratorio de Materiales de Construcción del Departamento de Ingeniería Civil de la UFV y con ello, la posibilidad de realizar investigaciones en el laboratorio Hércules, de la Universidade de Évora - Portugal, que permitieron importantes avances en cuanto a la comprensión del desempeño de las pinturas. Por lo tanto, agradecemos a estas instituciones, sin las cuales no alcanzaríamos los conocimientos que ahora están disponibles en este manual.

Asimismo, agradecemos al Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA) a través del Programa AKSSAM, a la UFV, a la Fundación Arthur Bernardes (FUNARBE) y al Instituto de Políticas públicas e Desenvolvimento Sustentável (IPPDS) por hacer posible la producción y difusión de este manual.

Cores da Terra

La creación del proyecto Cores da Terra se inspiró en la técnica tradicional conocida como “barreado”, que consistía en pintar las paredes con tabatinga (del dialecto tupí, “tierra blanca”). El desuso de esta técnica estuvo motivado por su escasa durabilidad y por la llegada de la industria de la pintura, que empezó a poner a disposición productos con mejores prestaciones y mayor variedad de colores.

A diferencia de las pinturas convencionales, la adherencia de esta “pintura” se produce únicamente por las características superficiales de las partículas de arcilla y la porosidad y rugosidad del sustrato, insuficientes para garantizar su resistencia a la intemperie y otros agentes, requiriendo, por tanto, un mantenimiento frecuente.

Una de las posibles soluciones a este problema sería transformar el barreado en una pintura propiamente dicha, mediante la adición de materiales aglutinantes, como la cola de almidón, conocida popularmente como “engrudo”, o el acetato de polivinilo (PVAc), la cola blanca o adhesivo vinílico.

Una vez desarrollado el primer método de producción, comenzamos a difundir la técnica mejorada mediante la distribución de cartillas y cursos, cumpliendo así las funciones de presentar la idea y movilizar a las comunidades, a los miembros de instituciones religiosas, de asistencia social y a las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales en torno a la posibilidad de que pinten con sus propias pinturas.

La intensa difusión favoreció el diálogo con los usuarios, que empezaron a contribuir al desarrollo de la técnica mediante informes de sus experiencias. Muchos afirmaron que al utilizar “engrudo” como aglutinante, se observaron los mismos problemas que con el barreado. Muchos

preferían el PVAc, que garantizaba una mayor adherencia, pero que, por otro lado, era inaccesible para una parte de la población. Otros se referían a la rápida decantación de los pigmentos, que perjudicaba la homogeneidad de la pintura y, por tanto, la calidad de la pintura.

Estas situaciones motivaron la búsqueda del conocimiento de los diferentes procesos de producción de pinturas a través del estudio de la literatura especializada, el contacto con investigadores y fabricantes y el acceso a los métodos de evaluación de desempeño recomendados por la Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) y la American Society for Testing and Materials (ASTM).

La experiencia acumulada entre 2005 y 2010 fue decisiva para abandonar el “engrudo” y desarrollar pinturas de bajo costo con pigmentos del suelo, agua y PVAc, para lo cual se realizaron estudios sistemáticos que acumularon conocimientos para mejorar el proceso de producción y entender los efectos de las características de los diferentes pigmentos en el desempeño de las pinturas (CARDOSO, 2015; CARDOSO, 2020).

Con ello, se ha podido desarrollar un proceso de producción de pintura eficiente y de bajo costo que cumple las normas de rendimiento de las pinturas no industriales y que puede ser reproducido por cualquier persona a través de este manual.

Los pigmentos de suelos en Brasil

Los primeros registros del uso de pinturas y pigmentos se refieren al arte rupestre, presente en todo el territorio brasileño. Los registros más conocidos son los encontrados en el Parque Nacional da Serra da Capivara, en el estado de Piauí, que se destacan por su riqueza estilística, por las técnicas utilizadas para la ejecución de los dibujos y también por la diversidad de colores (rojo, amarillo, gris, blanco y negro), provenientes de óxidos de hierro, argilominerales y carbón. También se han descrito casos similares en yacimientos arqueológicos de los estados de Minas Gerais, Bahía y Mato Grosso.

Con la invasión de Portugal y otras naciones europeas, se introdujeron y reprodujeron otros materiales y técnicas en el contexto de la dominación territorial. Sin embargo, incluso aportando el conocimiento de técnicas históricamente extendidas en otras partes del mundo, los europeos se enfrentaron a dificultades relacionadas con la disponibilidad o el conocimiento de fuentes naturales de materiales para su uso como pigmentos y aglutinantes. Dificultades que probablemente se superaron con adaptaciones según los materiales disponibles.

La pintura a cal, de tradición portuguesa, parece haber sido la más relevante. En Brasil, la cal se obtenía inicialmente de los concheros o sambaquis en portugués, una fuente de piedra caliza de origen biológico común en las regiones costeras, y más fácil de extraer si se compara con la explotación de canteras de piedra caliza. Así, en las ciudades costeras o cercanas al litoral, la arquitectura se caracterizaba por el color blanco de la albañilería de piedra morterada y pintada con cal, mientras que en las ciudades del interior sólo aparecía en los edificios considerados importantes, mezclado con los tonos

ocres de los edificios populares revestidos sólo con mortero de tierra (RIBEIRO, 2004).

En ausencia de cal, el color blanco podría obtenerse de la tabatinga. Sylvio de Vasconcellos, en su estudio sobre la formación y el desarrollo de Vila Rica, hoy Ouro Preto, cita un documento oficial de 1728, en el que se indica que, a falta de cal, las paredes deben ser “encaladas con tabatinga” (VASCONCELLOS, 1956, p.174). El mismo autor, en otra obra, se refiere a la ciudad de Mariana, “donde se ve un excelente ocre, amarillo, y blanco, y a este le dan el nombre de tabatinga, que después de preparada y limpiada, suministra las carencias de albayalde, y se usa en varias pinturas” (VASCONCELLOS, 1979, p.177; traducción nuestra). Otros registros de finales del siglo XVIII se refieren al uso de la tabatinga como sustituto de la cal en la ciudad de Sao Paulo, extraída “en un lugar cercano al centro, conocido como Tabatinguera” (TELLES, 1989, p.21) donde aún hoy existe una calle con el mismo nombre.

El jesuita Joao Felipe Bettendorf se refirió a las arcillas de varios colores que existían en abundancia en los arroyos, pero que sólo se utilizaba a menudo el blanco, que “colocado en remojo y pasado por un paño, y luego bien cocido sirve de primera pintura” a los demás pigmentos, sustituyendo al “yeso del Reino” (BETTENDORF, 1910, p. 28, apud OLIVEIRA, 2018); el cura Joao Daniel comenta que el barro era “tan fino, blanco y precioso como el albayalde” (DANIEL, 2004, v.1, p. 591, apud OLIVEIRA, 2018) y que se asemejaba a la cal y, como tal, se utilizaba para pintar paredes y techos, siendo comúnmente mezclada con el zumo de la mutamba (*Guazuma ulmifolia*), para hacerla más resistente (DANIEL, 2004, v.1, p. 538, apud OLIVEIRA, 2018); en el Solimões se utilizaba para encalar los edificios, añadida a la goma líquida extraída del tronco del Huansoco o Leche Caspi (*Couma macrocarga* o *Couma utilis*), con el fin de hacerla más firme (BAENA, 2004, p. 37, apud

OLIVEIRA, 2018); Francisco Xavier Ribeiro de Sampaio comenta que “En este lugar vive gente blanca. Sus casas, así como las de los indios, están encaladas con tabatinga, una especie de greda muy blanca, a la que añaden la goma líquida del Huansoco (también conocido como Leche Caspi), para darle mayor tenacidad, y cohesión” (SAMPAIO, 1825 apud GUERRA, 2001), al referirse al municipio de Nogueira - AM; Spix y Martius, en los alrededores de Ouro Preto, afirman que la “cal aparece muy raramente, por lo que se dice, razón por la cual la gente de la provincia de Paraná utiliza en la construcción de muros una tabatinga, que, aquí y acullá, forma un depósito en la orilla de los ríos y se quema en el fuego, volviéndose blanca” (SPIX y MARTIUS, 1938 apud GUERRA, 2001); Spix y Martius también comentan que en la Isla de Tupinambarana - AM, “En las márgenes desbarrancadas del río (...) hay una tabatinga fina de rayas rojizas, blanquecinas o avioletadas, muy utilizada para revocar las casas” (GUERRA, 2001 apud SPIX y MARTIUS, 1938); Auguste de Saint-Hilaire comenta que en la mayoría de los pueblos de Minas y Goiás, todas las casas “(...) están cubiertas de tejas y revocadas con una arcilla blanca que en el interior de Brasil se llama tabatinga” (SAINT-HILAIRE, 1975 apud GUERRA, 2001); y Hercules Florence, refiriéndose a las casas de la ciudad de Cuiabá - MT, comenta que “las casas están revocadas por fuera con tabatinga, lo que les da una blancura extrema” (GUERRA, 2001 apud FLORENCE, 1977).

El conocimiento de la técnica de pintura con “tabatinga”, el “barreado”, forma parte de la cultura popular, y es todavía posible encontrar casas y hornos de “barreado” en algunas regiones, especialmente en el interior de Minas Gerais.

Aunque la cal y la tabatinga confieren color y también actúan como elemento de protección de las superficies sobre las que se aplican, no constituyen pinturas en sí mismas, debido a la ausencia de materiales aglutinantes en sus composiciones.

En el caso de la cal, la formación de la capa de recubrimiento se produce por la carbonatación del Ca(OH)_2 , sin necesidad de un material aglutinante que adhiera las partículas entre sí y a las superficies; y en el caso de la tabatinga, la adherencia se promueve únicamente por las interacciones físicas entre las partículas que la componen y el sustrato. En ambos casos, pero sobre todo en el último, las pinturas muestran una resistencia limitada a la intemperie.

El uso de materiales aglutinantes, como el aceite de linaza y la ténpera, parece haberse limitado, en el periodo colonial, a las pinturas destinadas a pintar madera y metales.

Al ser importados y caros, estos materiales sólo se aplicaban cuando eran indispensables para la protección de las superficies contra la intemperie (RIBEIRO, 2004).

Según Ribeiro (2004), hasta finales del siglo XIX, los colores de las ciudades se mantuvieron iguales, incluso con el proceso de modernización de las construcciones coloniales, que sólo dio lugar a la adopción de ocres amarillentos y púrpuras más intensos, limitando el espectro cromático al de los suelos.

Por lo tanto, incluso coincidiendo con un período marcado por el desarrollo de la industria química en Europa y EE.UU. y, por lo tanto, con la aparición de varios tipos de pigmentos, aglutinantes y pinturas, el costo de tales productos era probablemente todavía caro, siendo accesible sólo a una pequeña parte de la población brasileña.

Este escenario cambia a partir del inicio del siglo XX, superando el blanco colonial y el amarillo ocre neoclásico, probablemente debido a la importación de materiales, como el aceite de linaza y pigmentos de otros colores, más resistentes a los efectos de la alcalinidad de la cal (RIBEIRO, 2004). Estos productos eran comprados por los pintores que preparaban sus propias fórmulas y mezclas (TELLES, 1989).

Fue también en el contexto de la transición del siglo XIX al XX que se establecieron las primeras fábricas de pintura en Brasil, la primera en 1886, en la ciudad de Blumenau, Santa Catarina, y la segunda en 1904, en la ciudad de Río de Janeiro, ambas fundadas, respectivamente, por los inmigrantes alemanes Paulo Hering y Carlos Kuenerz. La primera (Tintas Hering S.A.) se dedicó exclusivamente a la producción de materiales y artículos para artistas. La segunda (Usina São Cristóvão), fundada por Carlos Kuenerz, se dedicó inicialmente a la producción de pinturas en polvo extraídas de minerales (TELLES, 1989).

Los escasos registros de la fabricación de pigmentos en el contexto brasileño sitúan en Ouro Preto, Minas Gerais, los primeros emprendimientos dedicados a la explotación de ocre naturales, quizás motivados por la explotación de oro y otros minerales en dicho territorio.

La Sierra de Antônio Pereira parece haber sido un importante lugar de explotación de pigmentos, donde el industrial Carlos Kuenerz tenía permiso para explorar “tintes”, según un documento fechado en 1921, contenido en el Libro nº 4 de Registros y Contratos del Ayuntamiento de Ouro Preto.

Los registros de explotación aparecen en solicitudes y contratos redactados por el Consejo Municipal de Ouro Preto entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX y se refieren siempre a los términos “tierras de color”, “ocres” y “pinturas”, que se explotarían en el Morro do Taquaral, en la región de Pedra de Amolar, en el Morro de São Sebastião, en la Serra da Brígida y en la Serra de Antônio Pereira, entre los años 1897 y 1928 (APMOP, 1896-1917; APMOP, 1917-1927; APMOP, 1927-1959).

En un artículo publicado en 1945, se confirma que “el ocre, ampliamente utilizado en la fabricación de pinturas, desde hace más de veinte años tiene sus yacimientos conocidos y explotados en los alrededores de Ouro Preto, de donde se exporta el producto a Río de Janeiro, São Paulo y Argentina” (MORAES, 1945, p.54; traducción nuestra).

Uno de los lugares de explotación de pigmentos mencionados en los documentos citados es el distrito de Antônio Pereira, donde aún se encuentran las ruinas del “antiguo galpón de pintura”, según el registro de bienes inventariados por el ayuntamiento de Ouro Preto. El inventario de las ruinas (SMCOP, 2007), hace referencia a lo que serían los “depósitos utilizados en la fabricación de pinturas”, sin presentar, sin embargo, descripciones más detalladas, dado el avanzado estado de degradación de las estructuras. También presenta información, basada en informes de los residentes, de que la fábrica procesaba sulfato de bario (baritina), habiendo cerrado sus actividades en la década de 1930.

Lamentablemente, las ruinas registradas en dicho inventario en el año 2007 ya no existían en el momento de una investigación de campo realizada a principios del año 2019, perdiéndose, por tanto, un importante vestigio de una actividad poco conocida en el territorio brasileño.

Otro sitio de exploración fue el distrito de Rodrigo Silva, donde aún se encuentran las ruinas de una antigua estructura utilizada, probablemente, como depósito de pigmentos crudos, ya que, a partir de un análisis general, no se encontraron evidencias de estructuras de procesamiento de pigmentos.

El número 346 de la Revista de Química Industrial se refiere a la explotación de la baritina, barita o sulfato de bario, otro tipo de pigmento, de color blanco, utilizado en la formulación de pinturas como carga inerte. Fue encontrada en bandas en la caliza dolomítica, incrustada entre cuarcita y filita, presentes en las localidades de “Igreja Velha”, 1 km al sureste del distrito de Antonio Pereira, Timbopeba, Chacrinha, Cintra y Bom Jesus, en los alrededores de la ciudad de Ouro Preto (ABREU, 1961).

“Según el Ing. Lacourt, las franjas mineralizadas con barita varían de algunos centímetros a 1,8m; el mineral es casi siempre muy puro, de color blanco y de aspecto sacaroide, y ha sido utilizado por las fábricas

de pintura de São Paulo y Río de Janeiro. Sin embargo, los yacimientos conocidos forman depósitos con un potencial limitado a unos pocos miles de toneladas. Dada la gran pureza de la barita de Ouro Preto, su explotación ha sido posible mediante la selección manual” (ABREU, 1961, p.13).

Todavía en la región de Ouro Preto, Jean-Marie Triat menciona en “Les ocres”, que el ocre amarillo, de origen laterítico, fue explorado en el estado de Minas Gerais, cerca de Ouro Preto y que el material también fue utilizado como materia prima para obtener ocre rojo por calcinación en hornos de leña (TRIAT, 2010). El autor parece referirse a la empresa Morgan Mineração Indústria e Comércio Ltda., fundada en 1947 en Rio Acima - MG por João Morgan da Costa, ahora sucedida por la empresa Rio Acima Iron Oxide, que aún beneficia y comercializa el ocre.

Con el desarrollo de la industria química, muchos pigmentos de origen mineral, obtenidos de rocas y suelos, fueron sustituidos y, actualmente, su uso industrial se limita a las cargas minerales, pigmentos que no tienen la función de dar color sino de mejorar las propiedades y el rendimiento de las pinturas.

Los suelos

Dos palabras que parecen representar lo mismo adornan este manual: tierra y suelo. Sin embargo, tienen significados diferentes: cuando decimos tierra, hablamos del origen y el destino de la humanidad, nuestro sustento, el planeta en el que viajamos, es decir, la madre tierra; cuando decimos suelo, nos referimos al material que cavamos, donde plantamos, que utilizamos para construir y que tiene sus propias características físicas, es decir, un objeto. Acerquémonos entonces a un poco de conocimiento sobre este objeto, el suelo.

El origen del suelo comienza con la formación de las primeras rocas. Todo indica que el planeta Tierra fue una vez una bola de masa fundida que se fue enfriando y solidificando en una capa exterior. Así es como se crean las rocas que conocemos. La parte más interna del planeta aún está caliente y fundida. De vez en cuando, esta masa se desborda en las grietas de la capa exterior del planeta, expulsada por los volcanes, y se enfría para formar rocas. Las rocas sólidas expuestas se descomponen por la acción del tiempo. Los bloques rocosos se expanden y contraen con la variación de la temperatura y se agrietan. Luego, la lluvia, el viento, las plantas y los animales penetran en las grietas y producen más y más materiales pulverizados. Los bloques más grandes se rompen, generando progresivamente grava y luego arena. Algunas arenas resisten incluso los fuertes impactos de las olas en las playas. Otras arenas continúan la descomposición y generan partículas algo más pequeñas llamadas limo. Los suelos con mucho limo tienen una textura sedosa. El destino final de la descomposición hace que las partículas de limo se conviertan en arcilla.

Las arcillas son las partículas sólidas más pequeñas que se forman en la superficie terrestre y se dividen en dos grupos: las oxídicas, que tienen un formato equidimensional, y las silicatadas, que tienen un formato laminar. Las arcillas oxidadas y las partículas de limo son las principales responsables de dar color a los suelos. Las arcillas laminares contribuyen al comportamiento físico de los suelos y, cuando se presentan puras, suelen dar el color blanco a los suelos. La forma de las arcillas laminares y de algunos tipos de limo puede compararse con “naipes”.

En la Figura 1, las partículas de arcilla laminar se ampliaron miles de veces en un microscopio electrónico de barrido. Es decir, en una punta de aguja pueden caber miles de partículas de arcilla. Obsérvese la forma laminar de las partículas individuales.

En resumen, las partículas minerales estables de los suelos pueden tener tamaño de arena, con diámetro superior a 0,2 mm, de limo, con diámetro entre 0,002 y 0,02 mm, y de arcilla con diámetro inferior a 0,002 mm.

La Figura 2 muestra un suelo que ha sido agitado intensamente en un vaso, separando los tres tamaños de partículas. Las partículas de

FIGURA 1 – P. 31

Partículas de arcilla por microscopía electrónica de barrido.

FIGURA 2 – P. 32

Vaso con tierra que se agitó fuertemente para desintegrar los terrones y se dejó decantar. Las partículas de arena más pesadas caen más rápido y se depositan en el fondo. Las partículas de limo se acumulan justo encima. Las partículas de arcilla, que son más pequeñas y ligeras, se depositan lentamente en la parte superior. Dependiendo del suelo, el agua por encima de las partículas puede ser clara o algo turbia con arcilla muy fina en suspensión.

arena son más pesadas, por lo que se decantan más rápido y se depositan en el fondo. Las partículas de limo se depositan en la capa intermedia y las de arcilla, más ligeras, tardan más en decantar y se acumulan en la capa superficial.

La historia de la formación del suelo tiene un carácter muy importante. Imagina que una partícula de arena rueda sobre una superficie. Al rodar, la partícula de arena atraerá a su alrededor partículas ligeramente más pequeñas, llamadas partículas de limo. Así, en los espacios entre la arena y el limo caben miles de partículas de arcilla que actúan como pegamento.

Además de las arcillas, los suelos contienen sustancias orgánicas de tamaño similar a las arcillas, conocidas como materia orgánica. La materia orgánica procede de la descomposición de hojas, raíces, insectos y miles de seres vivos que habitan los suelos. Estas sustancias tienen colores oscuros y se adhieren a las partículas de arena, limo y arcilla. Las sustancias orgánicas también funcionan como pegamento. Es decir, las arcillas y la materia orgánica agregan las partículas del suelo. Así nace el carácter principal de los suelos, que llamamos agregado. La Figura 3 muestra los agregados que son aglomeraciones que reúnen

FIGURA 3 – P. 33

FIGURA 3a. Sección ampliada de un muro que muestra la rugosidad y un terrón de tierra adherido. El terrón es un agregado compuesto por partículas grandes de arena, partículas medianas de limo y partículas pequeñas y muy pequeñas de arcilla representadas por pequeños guiones y materia orgánica de color marrón. Las arcillas y la materia orgánica actúan como un adhesivo que une todas las partículas de un terrón. La zona del macizo que se pega a la pared es pequeña en relación con el resto de la zona del macizo. FIGURA 3b. Imagen microscópica del agregado de partículas presente en la muestra de pintura adherida al sustrato de mortero.

partículas más grandes de arena y limo adheridas entre sí por arcillas y materia orgánica. Es importante tener en cuenta que dentro de los agregados hay pequeños poros, llamados microporos y, entre los agregados tenemos poros más grandes, llamados macroporos.

Para observar los agregados tomamos una porción de tierra en las manos y la desmenuzamos con los dedos sin amasarla. Los agregados son aquellas aglomeraciones que se presentan con una forma regular. La forma más común de los agregados es la esférica, sin embargo, hay suelos con agregados cúbicos o columnares.

El gran mérito de las arcillas laminares y de la materia orgánica es formar terrones porosos. Es como si construyeran un “castillo de naipes” en el que los bordes de los naipes se conectan en la cara de los otros naipes. En la Figura 4 vemos un detalle de un agregado donde las arcillas laminares se organizan de esta manera. Entre las letras hay un espacio libre por el que pueden pasar el agua y el aire, que son los microporos.

FIGURE 4 – P. 34

Láminas de arcilla dispuestas en forma de castillo de naipes. El borde de una hoja es atraído por la cara de otra hoja. Así, las arcillas forman un esqueleto que contiene pequeños poros dentro del castillo de naipes y encierra las partículas de limo y arena.

Los agregados tienen dos características muy importantes para los agricultores: son terrones resistentes y porosos. Un buen agricultor es un productor de estos agregados. Sin embargo, si para los agricultores la agregación es beneficiosa, para producir pintura la agregación es un problema. Para pintar una pared no podemos utilizar los áridos tal y como están en los suelos. Si utilizamos los áridos para pintar, pondremos pequeños grumos redondos y porosos en la superficie de las paredes.

La Figura 3a muestra esta situación indicada en los puntos de contacto entre los agregados y una pared. Cada terrón aislado se apoya en los demás y en las paredes con una pequeña superficie de contacto, lo que reduce su adherencia. Lo mismo ocurre con las partículas de arena. Cuando ponemos sólo arena en las paredes sin un cemento o un pegamento se deshace y se cae.

Otro problema que presenta el uso de suelos con agregados en su estado natural es la absorción de agua. La elevada porosidad de los áridos favorece la absorción de agua que promueve su expansión. Esta agua puede ser absorbida tanto por el contacto con la lluvia como por la humedad del aire. Las variaciones de la humedad del aire se producen tanto entre las estaciones lluviosas y secas como diariamente entre el día y la noche. La humidificación y el secado de los agregados provocan la expansión y la contracción, repetidas muchas veces, promueven el agrietamiento de la pintura. Por lo tanto, para preparar las pinturas, es importante desmontar el “castillo de naipes” de los agregados y montarlo con otra organización para reducir la porosidad.

El proceso de desmantelamiento del “castillo de naipes” se produce en la naturaleza. La fuerza del impacto de las gotas de lluvia que caen directamente sobre los agregados de un suelo sin cobertura vegetal desarticula los agregados.

Obsérvese que el agua de los tejados que gotea golpea el suelo y salpica las paredes de las casas coloreándolas con el color de la tierra. Es como si se “pintaran” las paredes con las finas partículas desintegradas. Otro proceso natural que favorece este desprendimiento son los torrentes que arrastran el suelo y rozan los agregados entre sí, o con los obstáculos de los arroyos. Cuando los sedimentos finalmente se asientan, los agregados se desmontan y forman una estructura compacta.

Esta acumulación organizada se produce bien en una precipitación que se acumula en un charco de agua y se asienta o en una capa de suelo disgregado aplicada a un muro. Forman una capa compacta con baja porosidad. Las partículas así organizadas tienen una gran superficie de contacto entre sí y con una pared en el caso de un trabajo de pintura.

Las partículas de arcilla y limo con formato laminar se ajustan perfectamente cara a cara reduciendo la porosidad total (RESENDE et al., 2014). Este proceso también se produce cuando fabricamos ladrillos y amasamos la arcilla. Los ladrillos tienen una alta densidad y son mucho más compactos que los suelos de los que se extrajo la arcilla. La superficie de contacto entre las partículas es máxima. Es como si pusiéramos dos placas de vidrio una contra otra y una fina capa de agua entre ellas. Las dos placas se unen con fuerzas muy grandes. Por eso, cuando trabajamos con tierra arcillosa, las partículas se meten bajo las uñas o en las herramientas y les cuesta salir. Con la arcilla es posible moldear figuras, jarrones y otros objetos. En cambio, las arenas y los limos no se pegan como las arcillas. Con las arenas y los limos no podemos producir una masa moldeable o plástica.

En otras palabras, un agricultor cultiva la estructura de los suelos en agregados para asegurar la vida, mientras que un productor de pinturas desmonta la estructura de los agregados para organizarlos en forma de una película que llamamos pintura. El desmantelamiento de los agregados puede realizarse con dos tipos de fuerzas: químicas y físicas. Las fuerzas químicas implican un cambio de acidez y requieren un control de laboratorio del proceso a nivel industrial, lo que no es el objetivo de este manual. Las fuerzas físicas imitan a las naturales, como el impacto de la lluvia o los torrentes, o incluso la compactación por el paso continuo de animales o causada por las ruedas de los vehículos. La experiencia acumulada en el proyecto Colores de la Tierra y perfeccio-

nada en la investigación (CARDOSO, 2015; CARDOSO, 2020), demostró que el uso de un disco de cowles (Ver Apéndice 1) es eficiente para desmontar los agregados y reordenar las partículas laminares para preparar las pinturas. Las pinturas de buena calidad tienen las partículas de limo y arcilla bien distribuidas en el agua, formando una consistencia cremosa que facilita la aplicación. Tras la aplicación, el agua se evapora y las partículas se unen de forma organizada, formando una película. Por lo tanto, el desprendimiento de los agregados es esencial para suspender las partículas de limo y arcilla en la pintura.

FIGURA 5 – P. 38

Fotografía y esquema de un perfil de suelo completo, mostrando el Horizonte A, capa superficial con colores oscurecidos por la adición de materia orgánica; el Horizonte B, capa justo debajo con bajo contenido de materia orgánica y partículas bien agregadas en grupos porosos; el Horizonte C, capa inferior sin materia orgánica y partículas sueltas resultantes de la descomposición de la roca madre; y la última capa, el Horizonte R, consistente en la roca madre.

A medida que las rocas se descomponen, se forman capas generalmente paralelas. La figura 5 muestra las capas de un suelo completo, incluida la roca madre. La capa superior del suelo tiene los niveles más altos de materia orgánica añadida por las plantas y otros seres vivos. Por lo tanto, tiene una coloración más oscura y los agregados tienen una forma redondeada. La materia orgánica es el agente agregador más importante en esta capa. Llamamos a esta capa superficial Horizonte A. En una capa justo debajo, crecen raíces más profundas y seres vivos como hormigas, termitas, lombrices de tierra y otros construyen sus nidos y mueven las partículas. El contenido de materia orgánica es mucho menor en esta capa que en la capa superficial. Por esta razón, esta capa no tiene colores tan oscuros o grisáceos como el Horizonte A. Las

arcillas son los elementos más importantes para formar los agregados en esta capa. A esta capa la llamamos Horizonte B.

Finalmente, en las capas más profundas la influencia de la materia orgánica es mínima y la cantidad de arcillas disminuye mucho. La mayor cantidad de arena y limo en las capas más profundas dificulta la formación de agregados. Las partículas de estas capas permanecen aisladas y se desprenden fácilmente por la acción de la lluvia cuando están expuestas. Es decir, la agregación se observa poco en las capas más profundas. Llamamos a esta capa Horizonte C.

Por debajo de todas las capas está el Horizonte R, que es la roca propiamente dicha. Un suelo maduro y desarrollado tiene todos estos horizontes, A, B, C y R. Los suelos muy jóvenes sólo tienen el horizonte A apoyado en la roca. Hay suelos jóvenes poco profundos que tienen el Horizonte A, el Horizonte C y el Horizonte R, faltando en ellos el Horizonte B.

La identificación de los horizontes del suelo es muy importante para elegir los materiales adecuados para la producción de pinturas.

La capa superficial, que es el Horizonte A, tiene contenidos de materia orgánica que favorecen el desarrollo de microorganismos, especialmente hongos que degradan las pinturas y, por tanto, no debe utilizarse como fuente de pigmentos. Las capas del subsuelo, que son el Horizonte B y el Horizonte C, pueden utilizarse. La baja agregación de partículas en Horizonte C favorece la producción de pinturas de buena calidad.

La otra propiedad de las partículas finas del suelo importante para la producción de pinturas es el color, o mejor dicho, los colores de la tierra. El origen de los colores depende de los elementos químicos que componían las rocas y del proceso de descomposición que las atacaba. Una roca o una capa de roca que no tiene hierro da lugar a partículas de

color claro, muy a menudo de color blanco. En las rocas o capas rocosas que contienen hierro y tienen porosidad para la penetración del oxígeno, se produce una oxidación que da lugar a partículas que son rojas en ambientes de baja humedad y amarillas en ambientes más húmedos. En los lugares donde los suelos permanecen completamente encharcados durante todo el año, el oxígeno está totalmente ausente. En estos casos el hierro sufre la reacción contraria de oxidación y se disuelve por completo sin aportar ningún color al suelo. En estos ambientes, las partículas finas, principalmente arcillas, dan a los suelos colores claros. Estos suelos son la fuente de las arcillas blancas (tabatinga).

Las partículas finas del suelo, ya sean arcillas o limos, se dan principalmente en los horizontes B y C, de los que, por tanto, se extraerán los pigmentos con los que producimos las pinturas. La enorme diversidad de colores que se encuentra en los suelos se debe a su naturaleza heterogénea, es decir, los suelos están compuestos por diferentes materiales con distintas características y en diferentes proporciones.

Por lo tanto, las pinturas y los cuadros producidos con pigmentos del suelo reflejan la belleza y la complejidad de la naturaleza, y no es posible mantener un estándar de color como el que existe en las pinturas industrializadas. Desde el punto de vista estético, cada pintura con pigmentos de tierra constituye una obra única.

Pinturas: producir y pintar

Las pinturas se utilizan para embellecer y proteger los sustratos. Al igual que nuestra piel, la pintura protege las partes internas de las paredes del edificio y estará en contacto permanente con el medio ambiente. Este entorno puede promover una serie de daños en las pinturas. La resistencia a este daño dependerá de la calidad de la pintura y, sobre todo, de las condiciones del sustrato. Sin esto, la dimensión estética del cuadro se verá comprometida por la manifestación de patologías.

La calidad de la pintura dependerá de la reproducción rigurosa del proceso que se presenta en las páginas siguientes y también de la calidad del PVAc, que debe ser el mismo que se utiliza para pegar madera (que se vende en las tiendas de materiales de construcción) y no el de uso escolar (que se vende en las papelerías).

En cuanto al soporte, ninguna tinta funcionará bien si no presenta buenas condiciones para ello. Por lo tanto, su preparación es fundamental. Además, hacemos hincapié en que las pinturas elaboradas según las siguientes instrucciones se recomiendan para pintar sustratos minerales porosos, es decir, paredes, y no otros materiales.

Por tanto, la pintura es sólo una parte del conjunto. Por lo tanto, entre la producción de la pintura y el pintado, hay que superar muchos pasos para lograr resultados satisfactorios.

1. Colecta de suelos

El suelo es el material en estado natural que se recogerá para obtener los pigmentos. Su recolección se realizará en dos etapas, la primera de ellas exploratoria, para obtener muestras de diferentes tipos de suelo para su análisis. La segunda etapa está destinada a la colecta de muestras seleccionadas para producir mayores volúmenes de pintura. El trabajo por etapas evita la recolección de grandes volúmenes de tierra que no pueden utilizarse para producir pintura, lo que ahorra tiempo y mano de obra y reduce el impacto en el medio ambiente.

Para realizar las pruebas, se deben tomar pequeñas muestras de suelo, con volúmenes de aproximadamente 2 litros, en diferentes lugares y posiciones del relieve, recordando que los suelos presentes en los horizontes B y C son los adecuados. Esto permitirá obtener muestras con diferentes colores y composición granulométrica. Después de realizar las pruebas, se definirán las muestras definitivas, que se recogerán para producir volúmenes más grandes de pintura.

1.1. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

VER PÁGINA 47

1 Pluma / Marcador

2 Azada

3 Azada

4 Hilo

5 Bolsas de plástico

6 Excavadora recta

7 Excavadora articulada

8 Azadón

9 Pala

1.2. CÓMO COLECTAR

SITUACIÓN A | Colecta en barranco

VER PÁGINAS 48 – 49

- 1 Realizar una limpieza superficial del barranco.
 - 2 Retirar la capa superficial de aproximadamente 5 cm de espesor y desecharla.
 - 3 Cubrir la base del barranco con una bolsa de plástico, cavar con una azada o azadón y extraer las muestras de manera uniforme en diferentes posiciones sin cavar agujeros para evitar dañar la estructura del barranco y provocar así desprendimientos y erosión. Tomar las muestras con cuidado para evitar la contaminación con materiales orgánicos u otros tipos de suelos. Limpie siempre a fondo las herramientas después de cada recogida.
 - 4 Almacenar en bolsas de plástico, atar con cuerda e identificar la muestra.
-

SITUACIÓN B | Colecta en superficie plana

VER PÁGINAS 50 – 51

- 1 Retirar la capa superficial (horizonte A) con una azada y reservar.
 - 2 Excave con una azada o cavador manual para extraer las muestras, teniendo cuidado de evitar la contaminación con materiales orgánicos u otros tipos de suelos. Forrar siempre con bolsas de plástico y limpiar bien las herramientas después de cada recogida.
 - 3 Almacenar en bolsas de plástico, atar con cuerda e identificar la muestra.
 - 4 Al final de la recolección, cubra el hoyo con la capa superficial (horizonte A) que se retiró en el paso 1 y compáctela para evitar accidentes y erosión.
-

2. Pruebas

En esta fase realizaremos el primer ejercicio de preparación de muestras de algo que todavía no llamaremos pintura. El objetivo de este paso es entender cómo se comporta cada pigmento, de modo que tengamos información para decidir cuál utilizar en función del color y el poder de cobertura. Es en esta fase cuando se extraen del suelo, material en estado natural, los pigmentos que se utilizarán para producir las pinturas. Para realizar las pruebas es importante que las muestras estén secas, trituradas, libres de contaminación y debidamente identificadas.

2.1. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

VER PÁGINA 55

- | | | | |
|---|----------------|---|-------------------------------|
| 1 | Mortero | 6 | Pinceles y brochas |
| 2 | Cinta adhesiva | 7 | Jeringa graduada grande |
| 3 | Tamiz de metal | 8 | Vasos de plástico desechables |
| 4 | Licuadaora | 9 | Palillos de madera |
| 5 | Cola blanca | | |

2.2. PREPARACIÓN DE MUESTRAS

VER PÁGINAS 56 – 59

- 1 Desmenuzar un volumen de 100 ml de tierra seca. Cuanto más se desmenuce, más precisas serán las medidas de volumen y mayor será la homogeneidad.
 - 2 Diluir el volumen de tierra triturada en 200 ml de agua a mano, con una licuadora o batidora.
 - 3 A continuación, tamizar el material diluido a través de un tamiz fino para separar la arena y la materia orgánica. La viscosidad debe ser
-



similar a la de la pintura convencional y debe ajustarse si es necesario. Si es demasiado consistente sólo hay que añadir más agua y si es demasiado líquida sólo hay que añadir tierra, mezclar bien y colar.

4 Verter el material en un recipiente, añadir 30 ml de PVAc y mezclar bien con un palillo o una cuchara.

5 Tapar el recipiente e identificar la muestra preparada.

6 Repetir las operaciones anteriores con todas las muestras recogidas y apartarlas, evitando dejar las muestras expuestas al sol. Estas muestras no son pinturas en sí mismas. Sólo se utilizan para evaluar el efecto de color y el poder de cobertura de los pigmentos obtenidos de las tierras recogidas.

2.3. PALETA DE COLORES

VER PÁGINAS 60 – 61

La paleta de colores sirve para evaluar el color y la capacidad del pigmento para cubrir el sustrato. Por lo tanto, es importante producir la paleta de colores en la pared que se va a pintar y no en otros sustratos.

1 Limpiar el sustrato (pared).

2 Delimitar con cinta adhesiva los espacios para la aplicación de cada muestra. Sugerencia: marcar espacios rectangulares de 10 por 15 cm para cada muestra/color.

3 Mezclar bien cada muestra y aplicar la primera capa con una brocha en los espacios definidos, recordando identificar cada muestra aplicada en la pared. Esperar a que se seque (el tiempo de secado depende de varios aspectos como la temperatura, la humedad, la ventilación, la exposición al sol y la porosidad del sustrato). Aplicar la segunda capa, esperar a que se seque y finalmente aplicar la tercera. Recuerde siempre mezclar bien antes de pintar.

4 Repetir las operaciones anteriores con todas las muestras, esperar a que se sequen y retirar con cuidado la cinta adhesiva.

- 1 Para mezclar los colores es importante medir con precisión la proporción de cada muestra que se va a mezclar y recordar siempre que hay que homogeneizar bien. Para extraer alícuotas con volúmenes precisos, se recomienda utilizar jeringas graduadas o recipientes graduados.
- 2 Mezcla bien y recuerda siempre anotar las proporciones de cada muestra que compone la mezcla. Ejemplo: 10 ml de color amarillo a 20 ml de color rojo. A continuación, aplique a la paleta de colores según los procedimientos indicados en el punto anterior.

2.5. AVALIACIÓN DEL COLOR Y DEL PODER DE COBERTURA

El color y el poder cubriente se utilizan para orientar la selección de los pigmentos que se utilizan en la producción de pinturas para pintar grandes superficies.

El color depende de las preferencias del usuario, y puede alterarse mediante mezclas. Y el poder de cobertura es la capacidad que tiene un pigmento para cubrir el sustrato. Lo ideal es que el pigmento cubra el sustrato con un máximo de 3 capas. Si esto no ocurre, el consumo de pintura será muy elevado, lo que hace que la pintura producida con un determinado pigmento no sea rentable.

Una vez definidos los colores que se utilizarán para producir mayores volúmenes de pintura, mida la superficie de las paredes que se pintarán con cada color para estimar el volumen de tierra que debe recogerse.

2.6. VOLUMEN DE SUELO A COLECTAR PARA PRODUCIR MAYORES CANTIDADES DE PINTURA

Para saber el volumen aproximado a coleccionar, mida la superficie en m² que se pintará con cada color y multiplíquela por 0,2. Ejemplo: para un muro de 10 m² tendremos: 10 x 0,2 = 2 litros de tierra. Una vez calculado el volumen, vuelva a los lugares de colecta y recolecte muestras más grandes, recordando desmenuzar todo lo posible para garantizar una mayor precisión del volumen calculado.

3. Producción

Una pintura es una mezcla de pigmento, aglutinante y disolvente; el primero se encarga de colorear y ocultar el sustrato; el segundo, de recubrir y adherir los pigmentos entre sí y a las superficies; y el tercero, la parte volátil de las pinturas, de diluir los pigmentos y los aglutinantes.

Según el tipo de aglutinante utilizado, las pinturas reciben diferentes nombres técnicos. Las pinturas producidas con cola blanca o PVAc (acetato de polivinilo) se denominan pinturas de látex.

La producción de la pintura se hará en dos etapas. Como cada pigmento del suelo tiene sus propias características, no es posible definir a priori una fórmula única que sirva para producir pinturas con cualquier tipo de pigmento. Por lo tanto, en la primera etapa produciremos un pequeño volumen para conocer las características del pigmento de un determinado suelo y en la segunda etapa, una vez que conozcamos la fórmula adecuada para el pigmento en cuestión, produciremos un volumen suficiente para pintar una pared o un edificio entero. La producción en dos etapas también es importante para evitar el desperdicio.

Las pinturas de látex rinden más cuando se aplican en interiores y se protegen de la intemperie. Sin embargo, los estudios (CARDOSO, 2020) concluyeron que también es posible aplicar pinturas de látex producidas con pigmentos de suelo en superficies externas, logrando una buena resistencia a la intemperie.

3.1. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

VER PÁGINA 67

- | | | | |
|---|----------------------|----|-------------------------------|
| 1 | Suelo / Tierra | 6 | Balde |
| 2 | Agua | 7 | Disco cowles – Ver apéndice 1 |
| 3 | Cola blanca | 8 | Viscosímetro – Ver apéndice 2 |
| 4 | Mezclador helicoidal | 9 | Taza medidora |
| 5 | Taladro | 10 | Tamiz de metal |

- 1 Vierta 1,5 litros de tierra seca y desmenuzada en 3 litros de agua y bata con un disco cowles acoplado al taladro durante 15 minutos. Véase la información sobre el disco cowles en el Apéndice 1.
- 2 Vierta 1,5 litros de tierra seca y desmenuzada en 3 litros de agua y bata con un disco cowles acoplado al taladro durante 15 minutos. Véase la información sobre el disco cowles en el Apéndice 1.
- 3 Medir la viscosidad. Véase la información sobre el viscosímetro y la medición de la viscosidad en el Apéndice 2. Si la viscosidad es alta, añada un volumen conocido de agua y mezcle; si la viscosidad es baja, añada tierra, bata nuevamente, tamice y vuelva a medir la viscosidad hasta alcanzar la consistencia adecuada.
- 4 Calcular el volumen final del pigmento: Medir el volumen final del pigmento + el agua y restar el volumen del agua para encontrar el volumen del pigmento.
- 5 A continuación, divida el volumen de pigmento por el volumen total (agua + pigmento) para calcular el CONTENIDO DE PIGMENTO. Este contenido se utilizará para calcular el consumo de PVAc y el rendimiento de la pintura según las Tablas 1 y 2.
- 6 Si la pintura se va a utilizar para pintar paredes exteriores, añada aceite de linaza en un volumen correspondiente al 5% del volumen del pigmento y agite con un disco cowles durante 5 minutos.
- 7 A continuación, añada PVAc según las indicaciones de la Tabla 1 y mezcle con un mezclador helicoidal acoplado a un taladro, o manualmente, durante 5 minutos (no utilice un disco cowles en esta fase).
- 8 Una vez terminada la preparación de la muestra, tape el recipiente e identifíquelo.
- 9 Para saber el volumen total de pintura que hay que producir para pintar una pared o un edificio entero, basta con multiplicar el rendimiento aproximado por la superficie a pintar según la Tabla 2.
- 10 Repita los procedimientos anteriores para obtener el volumen total de pintura necesario para pintar una pared o un edificio entero.

Tabla 1			
Contenido de pigmento	Pintura interna	Pintura Externa	
	% de PVAc*	% de Aceite de linaza**	% de PVAc
Menor que 15%	60	5	+ 60
Entre 15% y 30%	40	5	+ 40
Mayor que 30%	20	5	+ 20

→ Proporciones de PVAc y aceite de linaza en función del contenido de pigmentos según la finalidad de la pintura: pinturas interiores o exteriores. *Calculado según el volumen del pigmento; **Calculado según el volumen del pigmento.

Tabla 2	
Contenido de pigmento	Rendimiento aproximado (m ² /L)
Menor que 15%	2
Entre 15% e 30%	4
Mayor que 30%	6

→ Rendimiento aproximado de la pintura en función del CONTENIDO DE PIGMENTO. *Considerar una capa de sellador y hasta tres capas de pintura.

3.3. ALMACENAMIENTO

Recomendamos que sólo se produzca la cantidad de pintura necesaria para pintar una zona determinada y que se recoja y almacene un volumen extra del mismo suelo para producir pintura para reparaciones o futuros repintados. No recomendamos producir pintura y almacenarla durante más tiempo que el necesario para realizar el servicio de pintura. La razón de almacenar una muestra extra del mismo suelo, y no la pintura, se debe a la posibilidad de degradación de la pintura si no se almacena bien, evitando así el desperdicio.

En este caso, es importante que el volumen extra de suelo se recoja en el mismo lugar, porque debido a la heterogeneidad natural de los suelos, pueden producirse cambios de color si se realiza una futura colecta en otro lugar, aunque sea cercano.

Ahora bien, si es necesario almacenar pintura, es importante tener en cuenta que el suelo utilizado debe estar libre de materiales de origen orgánico, que pueden pudrirse, y que el recipiente que se utilice esté limpio y pueda taparse herméticamente.

Para utilizar pinturas que han sido almacenadas es importante homogeneizarlas muy bien, porque los pigmentos decantan de forma natural y forman una costra en el fondo del recipiente.

3.4. EJEMPLO DE CÁLCULO DEL CONTENIDO DE PIGMENTO, VOLUMEN DE PVAC Y RENDIMIENTO DE LA PINTURA

1. Supongamos que, tras mezclar 1,5 L de tierra seca y triturada con 3 L de agua, batir con un disco de cowles durante 15 minutos, tamizar en un tamiz fino y descartar el material retenido en el tamiz, el volumen final de pigmento diluido en agua es de 4 L.
2. Y que, al medir la viscosidad de esta mezcla, se observó que su tiempo de paso por el orificio era de 20 segundos. Esto significa que la mezcla es muy viscosa y debe diluirse para que la pintura tenga la consistencia ideal para su aplicación (véase el Apéndice 2).

3. Añadiendo otros 0,2 L (200 ml) de agua, mezclando bien y midiendo de nuevo la viscosidad, se observó que el tiempo de paso por el orificio estaba entre 12 y 14 segundos, lo que significa que se había alcanzado la viscosidad ideal.
4. Ahora sabemos que el volumen final de la mezcla de agua + pigmento es de 4 L + 0,2 L, es decir, 4,2 L.
5. Para saber el volumen de pigmento que compone esta mezcla, basta con restar el volumen de agua del volumen total. Sabemos que el volumen de agua es la suma del volumen inicial más los 0,2 L añadidos para equilibrar la viscosidad, es decir, 3 L + 0,2 L = 3,2 L. Sabiendo que el volumen final de la mezcla era de 4,2 L, basta con restar de este volumen los 3,2 L de agua, lo que da como resultado 1 L de pigmento. La reducción del volumen del pigmento se debe a la eliminación de la parte que quedó retenida en el tamiz (arena, materia orgánica, etc.).
6. Una vez hecho esto, es posible calcular el CONTENIDO DE PIGMENTO. Para calcularlo, basta con dividir el volumen final del pigmento (1 L) por el volumen de la mezcla agua-pigmento (4,2 L), lo que da como resultado aproximadamente el 0,25 o el 25%. Esto significa que aproximadamente el 25% del volumen de la mezcla está formado por pigmento.
7. Una vez conocido el CONTENIDO DE PIGMENTO, compruebe la Tabla 1 para saber qué cantidad de PVAc debe añadirse a la mezcla para terminar la producción de pintura. Como el CONTENIDO DE PIGMENTO es del 25%, ahora sabemos que debemos añadir un volumen de PVAc igual al 40% del volumen de pigmento, es decir, el 40% de 1 L de pigmento, que equivale a 0,4 L o 400 ml de PVAc.
8. Si la pintura se utiliza para pintar en exteriores, recuerde añadir antes del PVAc un volumen de aceite de linaza igual al 5% del volumen del pigmento, es decir, 0,05 L o 50 ml.
9. Y por último, ¿cuál sería el rendimiento aproximado de esta muestra de pintura? Basta con comprobar la Tabla 2. Dado que el CONTENIDO DE PIGMENTO está entre el 15% y el 30%, el rendimiento aproximado

será de 4 m²/L, es decir, cada litro de pintura es suficiente para pintar aproximadamente 4 m² de superficie, considerando tres capas.

10. Suponiendo que la superficie que se va a pintar es de 60 m², basta con dividir esta superficie por 4 para saber cuántos litros de pintura hay que producir, es decir, $60 \div 4 = 15$ litros de pintura.

NOTA | Cuando el CONTENIDO DE PIGMENTO es demasiado bajo, el poder de recubrimiento se ve perjudicado, necesitando varias capas para cubrir el sustrato y, por tanto, un mayor consumo de pintura. Esto se debe a las características específicas de cada pigmento, que afectan al comportamiento reológico de la pintura. Una forma de resolver esta situación es mezclar CARGAS MINERALES a los pigmentos. Actúan como “rellenos”, aumentando el CONTENIDO DE PIGMENTOS y, por tanto, el rendimiento de la pintura. Los residuos de corte de mármol y granito, por ejemplo, son buenas opciones de RELLENOS MINERALES que se pueden añadir. Para ello, es importante realizar todos los procedimientos indicados en la etapa de PRUEBAS de este manual, con especial atención al ítem MEZCLAS DE COLOR. Para saber más sobre el tema, ver los trabajos de Lopes et al. (2019) y Tressmann et al. (2020).

4. Preparación de sustratos

Esta etapa del trabajo tiene una importancia fundamental. Sin una buena preparación del sustrato, el rendimiento y la calidad de la pintura se verán afectados. Antes de empezar a preparar los soportes, es importante entender que la pintura es sólo una parte del sistema de pintado, es decir, que antes de pintar hay que realizar una serie de procedimientos para obtener buenos resultados. Es importante destacar que este tipo de pintura está destinada a pintar sustratos minerales porosos, como las paredes de los edificios, y no otros materiales como la madera, los metales o los plásticos.

El sistema de pintura se compone de:

- Fondo o sellador: es un producto destinado a la primera capa de la superficie y actúa como puente entre el sustrato y la pintura. La imprimación se denomina sellador cuando se aplica sobre superficies de mortero y está

indicada para reducir y/o uniformar la absorción de los sustratos. De este modo, la pintura será absorbida uniformemente por el sustrato en toda su extensión, evitando las manchas y el consumo excesivo.

- Imprimación para paredes: sirve para promover la cohesión de las partículas sueltas del sustrato, por lo que se recomienda su aplicación en superficies sin firmeza o cohesión, es decir, que tienden a deshacerse, como morteros débiles, encalados, repintados o superficies de yeso.
- Masilla: es una pasta que sirve para corregir irregularidades, como grietas, de la superficie que ya ha recibido sellador.
- Pintura: es la última capa del sistema de aplicación de pintura, que cumplirá la función estética, ya que puede tener diferentes colores, y también de protección del sustrato.

La aplicación de la imprimación o sellador, la imprimación de la pared o el relleno dependerá de las condiciones del sustrato. Por lo tanto, antes de iniciar la preparación del sustrato, es importante hacer un diagnóstico para definir qué estrategia debe adoptarse. Los procedimientos que se presentan a continuación se han extraído de la publicación *Projeto, execução e inspeção de pinturas*, cuya autora es Kai Loh Uemoto.

4.1. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

VER PÁGINA 79

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| 1 Anteosojos de protección | 7 Hipoclorito de sodio |
| 2 Máscara de protección | 8 Espátula metálica |
| 3 Cepillo de cerdas de plástico | 9 Atomizador/Rociador |
| 4 Cepillo de cerdas de acero | 10 Papel de lija |
| 5 Escoba | 11 Escalera |
| 6 Esponja | |

4.2. PROCEDIMIENTOS

Para pintar, el soporte debe ser firme y cohesivo, uniforme y liso, sin signos de humedad, suciedad, polvo, eflorescencias o partículas sueltas, libre de aceites, grasas y microorganismos como moho, hongos, algas, líquenes, etc. Las superficies a base de cemento y/o cal deben estar curadas durante al menos 30 días.

PASO 1. LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE

- Eliminar la suciedad, el polvo, los materiales sueltos en general, mediante el cepillado y eventualmente con la ayuda de chorros de agua. En caso de superficies exteriores difíciles de limpiar, utilice una espátula o un cepillo de acero.
- Elimine la grasa, el aceite y otros contaminantes aceitosos con jabón y detergente, seguido de un lavado con agua y dejando secar la superficie.
- Elimine las eflorescencias (manchas blancas que pueden aparecer en el revestimiento de la pared) cepillando la superficie seca con un cepillo de cerdas suaves.
- Elimine los microorganismos (moho, hongos, algas, líquenes, etc.) frotando la superficie con un cepillo de cerdas duras y una solución de lejía diluida en agua en proporción 1:1. Si es necesario, deje que la solución actúe durante cierto tiempo, aproximadamente 1 hora, y luego aclare con abundante agua.

PASO 2. CORRECCIÓN DE FALLAS DEL SUSTRATO

- Elimine las manchas de humedad causadas por la infiltración de agua procedente de tuberías perforadas, tejas rotas, canalones obstruidos, etc. Después de corregir los problemas, deje que la superficie se seque.
- Repare las imperfecciones como grietas, fisuras, salientes y hendiduras antes de aplicar la pintura. Las imperfecciones de grandes dimensiones y profundidad deben ser reparadas con mortero de revestimiento en la textura similar a la superficie a pintar 30 días antes de pintar. Las pequeñas

imperfecciones deben repararse con masilla, que debe aplicarse con una llana o espátula de acero hasta conseguir la nivelación deseada, no aplicando capas con excesivo espesor. Dejar secar y luego lijar.

PASO 3. TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE

- En soportes muy porosos se recomienda aplicar previamente una imprimación o sellador industrializado (acrílico/vinílico), o la propia pintura de acabado diluida en agua en proporción 1:1.
- En soportes de baja resistencia, aplicar el preparador de superficies con rodillo o brocha a la dilución indicada en el envase del producto o en el catálogo del fabricante. La resistencia del sustrato puede comprobarse frotándose con los dedos ejerciendo presión, considerándose baja cuando no hay cohesión entre los granos de arena. La verificación también puede realizarse con la ayuda de cinta adhesiva (crepé): aplicar la cinta con presión sobre la superficie, retirándose enseguida con un fuerte tirón, observando entonces la cantidad de material adherido a la cinta. Si se pega mucho material, significa que la resistencia del sustrato es baja. Y en el peor de los casos, si el mortero se deshace por la presión de los dedos, hay que rehacerlo antes de aplicar la pintura.

¿CÓMO OBTENER UNA SUPERFICIE LISA?

- Sobre la superficie preparada, aplique capas sucesivas de masilla, en capas finas, con una llana o espátula de acero. La masilla debe ser compatible con la pintura de acabado y el tipo de habitación. Dependiendo de la nivelación, aplique de una a tres capas de masilla, esperando un intervalo entre capas de aproximadamente 1 hora.
- Después de secar durante 2 o 3 horas, lijar la superficie, limpiar y pintar.

Para saber qué procedimiento adoptar en función del tipo de tratamiento de la superficie, véase la Tabla 3.

Tabla 3

Tratamientos superficiales	Interior	Exterior
Corrección de las imperfecciones de la superficie	Masilla acrílica/vinílica	Masilla acrílica
Regularización de la absorción de la superficie	Sellador acrílico/vinílico	Sellador acrílico
Corrección de la resistencia mecánica	Imprimación/Adecuación de superficie	
Acabado liso	Masilla acrílica/vinílica	Masilla acrílica

→ Procedimientos adecuados para cada tipo de tratamiento superficial del sustrato.

5. Pintura

La pintura es el trabajo de aplicar la pintura sobre un sustrato previamente preparado y es también la capa de recubrimiento que produce la pintura tras la evaporación de la parte volátil, es decir, el agua. Los procedimientos que se presentan a continuación se han extraído de la publicación *Projeto, execução e inspeção de pinturas*, cuya autora es Kai Loh Uemoto.

5.1. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

VER PÁGINA 84

- 1 Bandeja de pintura
- 2 Pinceles y brochas
- 3 Rodillo de lana

5.2. CONDICIONES AMBIENTALES PARA APLICACIÓN DE LA PINTURA

- Condiciones ideales de temperatura y humedad: pintar a temperatura ambiente entre 10°C y 40°C y con una humedad relativa inferior al 80%.
- Movimiento del aire y viento: las superficies exteriores deben pintarse en ausencia de vientos fuertes, partículas en suspensión en la atmósfera, lluvia, humedad superficial o excesiva en el aire, como condensación de vapor o niebla. Se debe mantener el mismo cuidado en todos los abrigos. Las superficies interiores deben pintarse cuando no haya condensación de vapor en la superficie a pintar y en condiciones meteorológicas que permitan que las puertas y ventanas permanezcan abiertas.
- Factores estacionales: se recomienda programar la pintura en las estaciones menos lluviosas del año, en paredes sin luz solar directa y sin condensación de humedad.
- Contaminación atmosférica: las superficies expuestas en entornos con alta contaminación atmosférica deben limpiarse a fondo antes de pintar, y el intervalo de aplicación entre capas debe ser lo más corto posible.
- Iluminación y ventilación: la pintura debe realizarse en un entorno con buena iluminación y ventilación. En caso de que se pinten colores oscuros o de falta de contraste de color entre las capas, se debe aumentar el nivel de iluminación.

5.3. PROCEDIMIENTOS

APLICACIÓN DE LA PINTURA

- Homogeneización de la pintura: la pintura debe estar bien homogeneizada antes de su aplicación.
- Aplicación con brocha o pincel: la pintura debe sumergirse sólo hasta la mitad de las cerdas. El exceso debe ser eliminado. Las pinceladas deben ser cortas para aplicar cantidades uniformes de material formando una

capa lisa de espesor uniforme. La nivelación y el alisado de la pintura deben realizarse mediante largas pasadas transversales en relación con las primeras, teniendo cuidado de pasar el pincel suavemente para no dejar nuevas marcas.

- Aplicación con rodillo: el rodillo debe colocarse en la parte poco profunda de la bandeja y rodar hasta la parte más profunda que contiene la pintura. Repita el procedimiento varias veces para que el rodillo se impregne uniformemente. El exceso debe eliminarse presionando y haciendo rodar el rodillo por el fondo de la bandeja en la parte poco profunda. La pintura debe iniciarse de abajo a arriba, procurando abarcar la mayor longitud posible.

TÉCNICA GENERAL DE APLICACIÓN

- La cantidad de pintura aplicada en cada mano debe ser la menor posible y repartirse lo más finamente posible, de modo que se consiga cubrir la superficie aplicando varias capas.
- Cada mano debe aplicarse con un espesor uniforme y sin poros, goteos, etc. Cada capa debe aplicarse cuando la anterior esté suficientemente seca. La última capa debe dar a la superficie una película uniforme, sin goteos, defectos o imperfecciones.
- Cualquier defecto de pintura debe corregirse, respetando el tiempo de secado previsto antes de aplicar la siguiente mano.
- La pintura recién aplicada debe protegerse contra el polvo y la incidencia del agua, o incluso contra contactos accidentales, durante el secado.
- En general, cada mano debe estar seca antes de aplicar la siguiente. Las pinturas al agua no requieren largos periodos de secado y la siguiente capa puede aplicarse unas horas después de la primera.

Referencias

- ABREU, S.F. **Pigmentos de bário**. Revista de química industrial, n.346, p.13-14, 1961.
- APMOP. **Livro 2 de contratos e arrendamentos**. Ouro Preto, Arquivo Público Municipal, 1896 a 1917, 100 p. Caixa 26 L 4.
- APMOP. **Livro 3 de registros e contratos**. Ouro Preto, Arquivo Público Municipal, 1917 a 1927, 100 p. Caixa 33 L 4.
- APMOP. **Livro 4 de registros e contratos**. Ouro Preto, Arquivo Público Municipal, 1927 a 1959, 101 p. Caixa 26 L 5.
- BAENA, A.L.M. **Ensaio corográfico sobre a província do Pará**. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2004.
- 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.1, t. LXXII, 1910.
- CARDOSO, F.P. **Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos**. 2015. 154 p. 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. 217 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.
- DANIEL, J. **Tesouro descoberto no máximo rio Amazonas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.
- FLEURY, P. **Novo tratado usual da pintura de edifícios e decoração**. Rio de Janeiro; Paris: Garnier, 1903.
- FLORENCE, H. **Viagem fluvial do Tietê ao Amazonas (1825-1829)**. São Paulo: Edusp/Cultrix, 1977.
- GUERRA, J.W. **Equipamentos, usos e costumes da casa brasileira: construções**. São Paulo: Museu da casa brasileira, 2001.
- 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.
- MORAES, L.J. **O passado e o futuro da mineração em Ouro Preto**.
In *Geologia e Metalurgia*, Boletim n.1, São Paulo: Centro Moraes Rego, 1945.
- 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.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; KER, J.C.; **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Lavras: UFLA, 2014, 378 p.
- RIBEIRO, N.P. **As cores da cidade na América portuguesa: um estudo iconográfico**. In: *Colóquio do Comitê Brasileiro de História da Arte - CBHA, XXIV, 2004*, Belo Horizonte, MG. Anais (on-line). Belo Horizonte: CBHA, 2004. Disponível: <http://www.cbha.art.br/coloquios/2004/anais/anais2004.html>. Acesso em 19/07/2018.
- SAINT-HILAIRE, A. **Viagem à Província de Goiás (1819)**. São Paulo: Edusp/Itatiaia Editora Ltda., 1975.
- SAMPAIO, F.X.R. **Diário de viagem da Capitania do Rio Negro (1774-1775)**. Lisboa: Tipografia da Academia de Lisboa, 1825.
- SMCOP. **Inventário de proteção ao acervo cultural de Ouro Preto**. Ref.: 10.4.1, 2007.
- SPIX, F. B.; MARTIUS, C.F.P. **Viagem pelo Brasil (1817-1820)**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1938.
- TELLES, C. **A indústria de tintas no Brasil: 100 anos de cor e história**. São Paulo: CL-A Comunicações S/C Ltda, 1989.
- TRESSMANN, D.M.G.A; PEDROTI, L.G; CARVALHO, A.F; RIBEIRO, J.C.L; CARDOSO, F.P; LOPES, M.M.S; OLIVEIRA, A.F; FERREIRA, S.O. **Research into the use of marble waste as mineral filler in soil pigment-based paints and as an active pigment in waterborne paints**. *Construction and building materials*, v.241, p.1-16, 2020.
- TRIAT, J.M. **Les ocres**. Paris: CNRS, 2010.
- UEMOTO, K.L. **Projeto, execução e inspeção de pinturas**. São Paulo: O nome da rosa, 2002. 101 p.
- VASCONCELLOS, S. **Arquiteturas no Brasil: Sistemas construtivos**. Belo Horizonte: UFMG, 1979.
- VASCONCELLOS, S. **Vila Rica: Formação e desenvolvimento – Residências**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, 1956.

Apéndices

APÉNDICE 1 | Disco cowles

VER PÁGINAS 93 – 96

El disco cowles es una herramienta fundamental para asegurar la producción de pinturas de calidad y puede ser fabricado por cualquier cerrajero experimentado. Recomendamos que se fabrique con chapa de acero inoxidable de 2 mm de espesor, respetando estrictamente las dimensiones indicadas en los planos.

NOTA | Los dibujos de los discos tipo 1 y 2 están en la escala 1:1 y, por lo tanto, pueden ser copiados y utilizados como molde para la fabricación. Medidas en centímetros.

APÉNDICE 2 | Viscosímetro

VER PÁGINAS 97 – 99

El viscosímetro, al igual que el disco de cowles, es fundamental para garantizar la producción de tintas de calidad. Este viscosímetro es una adaptación de la copa Ford y puede fabricarse con una botella de pet de 600 ml según las siguientes instrucciones.

CÓMO CONSTRUIR EL VISCOSÍMETRO

PASO 1. Proporcionar una botella de refresco con un volumen de 600 ml.

Es importante que sea exactamente el tipo de botella que aparece en la ilustración.

PASO 2. Corte con unas tijeras o un estilete en la línea que limita la parte superior de la etiqueta. El viscosímetro se hará con la parte superior de la botella, es decir, la que contiene la tapa y forma un cono.

PASO 3. Haga un agujero justo en el centro de la tapa de la botella.

Este agujero debe tener exactamente 4 mm de diámetro.

PASO 4. Atornille la tapa.

CÓMO MEDIR LA VISCOSIDAD

PASO 1. Tapa el agujero de la tapa con el dedo y llena el recipiente con la pintura hasta el borde.

PASO 2. Destapa el agujero y cronometra el tiempo que tarda en pasar la pintura. El tiempo debe estar entre 12 y 14 segundos para que la viscosidad se considere ideal. Si el tiempo es inferior a 12 segundos, significa que la mezcla es muy líquida; y si tarda más de 14 segundos, significa que es muy viscosa. En ambas situaciones hay que ajustar la viscosidad.

Los autores

ANÔR FIORINI DE CARVALHO es licenciado en Agronomía por la Universidad Federal de Viçosa (UFV) y doctor en Suelos y Nutrición de Plantas por la misma institución. Es profesor del Departamento de Suelos de la UFV y coordinador del proyecto Colores de la Tierra.

afiorini@ufv.br

FERNANDO DE PAULA CARDOSO es licenciado en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Federal de Viçosa (UFV) y doctor en Ingeniería Civil por la misma institución, teniendo como objeto de su investigación las pinturas con pigmentos del suelo.

fernandodepaulacardoso@gmail.com

English

paint production
with soil pigments

151 **Presentation**

152 **Acknowledgments**

154 **Cores da Terra**

156 **The soil pigments in Brazil**

163 **The soils**

171 **Paints: produce an paint**

172 Soil collection

174 Tests

177 Production

182 Preparation of substrats

186 Painting

189 **References**

191 **Appendices**

193 **The authors**

Presentation

This manual has the mission of disseminating the knowledge accumulated by the research and university extension project Cores da Terra.

Over the years, the project produced some printed materials for dissemination and training, assembling empirical knowledge. After contributing with academic research and systematizing the lessons accumulated from interactions with countless actors, we noticed the need to gather this knowledge in a publication. Such publication would approach basic information on soils and a detailed description of the paint production technique for dissemination and professional training.

Considering the relevance of communicating concepts and procedures clearly, we chose to include illustrations along with the text. We also added some practical examples to help with the understanding of the calculations and recommendations to produce paints according to the characteristics of different types of soils.

We hope to contribute to society not only with a technique for paint production, a basic material for civil construction, but also with a community interaction tool that gives a new meaning to the use of natural resources, in this case, soils.

Acknowledgments

This manual's publication was only possible due to institutional support and the efforts of countless people who conducted the research and university extension project Cores da Terra.

We would first like to thank the Soils Department of the Federal University of Viçosa (UFV), where the project was born, the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), and the Minas Gerais Research Foundation (FAPEMIG), which granted scholarships that enabled the involvement of students who conducted numerous research and university extension activities over the years.

Among the people who inspired us, we are particularly grateful to the painter Pedro Eugênio Quirino. Without him, the Cores da Terra project would not exist.

The performance of university extension activities, from which we continuously absorbed the knowledge incorporated in this manual, has been enhanced by many institutions, among them: the Alexis Dorofeef Earth Sciences Museum, an important reference point for scientific outreach inside and outside UFV; the National Institute for Colonization and Agrarian Reform (INCRA), which supported workshops in several agrarian reform settlements in Minas Gerais; the Center for Alternative Technologies of Zona da Mata (CTA), which disseminated the technique throughout the Zona da Mata region of Minas Gerais; the TerraBrasil and PROTERRA networks, dedicated to the theme of architecture and construction with earth in Brazilian and Ibero-American spheres, which favored the technique diffusion throughout Latin America through their events; and the Capixaba Research Institute of

Technical Assistance and Rural Extension (INCAPER), which disseminated the technique in an exemplary manner throughout the state of Espírito Santo.

Due to the success of INCAPER to disseminate the technique of paint production with soil pigments, in 2009 the institution received the FINEP Innovation Award in the Social Technology category, thus establishing a relevant research partnership with the Cores da Terra project. This partnership represented a new phase in the history of the project. At that time, new partnerships were established, like with the Construction Materials Laboratory of the Civil Engineering Department of UFV that enabled the conduction of research in the Hercules laboratory at the University of Évora – Portugal, promoting relevant advances in understanding the performance of the paintings. Therefore, we are grateful to these institutions, without whom we would not have attained the knowledge available in this manual.

Finally, we would like to thank the International Fund for Agricultural Development (FIDA) through the AKSSAM Program, the Federal University of Viçosa, the Arthur Bernardes Foundation (FUNARBE), and the Institute of Public Policies and Sustainable Development - IPPDS/UFV for enabling the production and dissemination of this manual.

Cores da Terra

The inspiration of the Cores da Terra Project was the traditional technique known as *barreado*, which consisted of painting walls with *tabatinga* (from Tupi language, “white earth”). The disuse of this technique was motivated by its low durability and the arrival of the paint industry, which began to offer products with better performance and a greater variety of colors.

Unlike conventional paints, the adhesion of this “paint” only occurs through the surface characteristics of the clay particles and the porosity and roughness of the substrate. Those are insufficient to guarantee its resistance to weathering and other agents, thus requiring frequent maintenance.

One possible solution to this problem would be to transform the *barreado* into a proper paint by adding binding materials, such as starch glue, popularly known as *grude*, or polyvinyl acetate (PVAc), white glue.

Once we developed the first production method, we began to disseminate the improved technique by the distribution of booklets and conduction of courses, thus fulfilling the functions of presenting the idea and mobilizing communities, members of religious institutions, social assistance, and governmental and non-governmental organizations around the possibility of themselves painting with their own paints.

The intense diffusion favored the conversation with the users, who then contributed to the development of the technique by reporting their experiences. Many claimed that when using *grude* as a binder, they observed the same problems presented by *barreado*. Many preferred PVAc, which guaranteed greater adherence but, on the other hand, was inaccessible to part of the population. Others reported the rapid decanting of

pigments, which impaired the homogeneity of the paint and the quality of the painting.

Such situations motivated our research about the different paint production processes through the study of technical literature, contact with researchers and manufacturers, and access to performance evaluation methods recommended by the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) and the American Society for Testing and Materials (ASTM).

The experience accumulated between 2005 and 2010 was decisive for us to abandon grude and develop low-cost paints with soil pigments, water, and PVAc. To do so, we conducted systematic studies, accumulating knowledge to improve the production process and understand the effects of the characteristics of different pigments on the paintings' performance (CARDOSO, 2015; CARDOSO, 2020).

As a result, we were able to develop an efficient, low-cost paint production process that meets the performance standards for non-industrial paints and can be reproduced by anyone using this manual.

The soil pigments in Brazil

The first records of the use of paints and pigments refer to rock art, which is present throughout the Brazilian territory. The best-known records are those found in the Serra da Capivara National Park, in the state of Piauí, which stand out for their stylistic richness, for the techniques of execution of the graphics, and also for the diversity of colors (red, yellow, gray, white, and black), coming from iron oxides, clay minerals, and coal. Similar cases have also been described in archaeological sites in the states of Minas Gerais, Bahia, and Mato Grosso.

With the invasion of the Portuguese and other European nations, other materials and techniques were introduced and reproduced in the context of the domination of the territory. However, even bringing knowledge of techniques historically disseminated in other parts of the world, Europeans faced difficulties regarding the availability of knowledge of the natural sources of materials to use as pigments and binders. These difficulties were probably overcome by adaptations according to the available materials.

Lime painting, of Portuguese tradition, seems to have been the most relevant. In Brazil, lime was initially obtained from sambaquis, a source of limestone of biological origin common in coastal regions, which is easier to extract compared to the exploration of limestone deposits. Therefore, in coastal or close to the coast cities, the architecture was characterized by the white color of the mortar-stone masonry and painted with lime, while in the inland towns it appeared only in the buildings considered important, mixed with the other tones of the popular buildings coated only with earth mortars (RIBEIRO, 2004).

In the absence of lime, the white color could be obtained from tabatinga. Sylvio de Vasconcellos, in his study on the formation and development of Vila Rica, now Ouro Preto, cites an official document from 1728 that states that, in the absence of white lime, the walls should be “whitewashed with tabatinga” (VASCONCELLOS, 1956, p.174, our translation). The same author, in another work, refers to the city of Mariana, “where you can see an excellent yellow and white hut (sic), and this one is called tabatinga, which, after being prepared and cleaned, supplies the faults of white lead, and it is used in various paintings” (VASCONCELLOS, 1979, p.177, our translation). Other records from the end of the 18th century refer to the use of tabatinga as a substitute for lime in the city of São Paulo, extracted “in a place close to the center, known as Tabatinguera” (TELLES, 1989, p.21, our translation) where there is still a street with the same name.

Jesuit João Felipe Bettendorf made reference to the clay with different colors that existed in abundance on the gorges, but that only white was used frequently, that “letting it soak and passed through a cloth, and then well-cooked serves as first paint” to other pigments, replacing the “plaster of the Kingdom” (BETTENDORF, 1910, p. 28, apud OLIVEIRA, 2018, our translation); father João Daniel comments that the clay was “as fine, niveous, and precious as white lead” (DANIEL, 2004, v.1, p. 591, apud OLIVEIRA, 2018, our translation) and that it resembled lime, thus used for painting walls and ceilings, being commonly mixed with the juice of the mutamba (*Guazuma ulmifolia*), to make it more resistant (DANIEL, 2004, v.1, p. 538, apud OLIVEIRA, 2018, our translation); in Solimões it was used for whitewashing buildings, added to the liquid gum extracted from the trunk of the rowan tree (*Couma macrocarga* or *Couma utilis*), to give it more firmness (BAENA, 2004, p. 37, apud OLIVEIRA, 2018); Francisco Xavier Ribeiro de Sampaio comments that “White

inhabitants live in this place. Their houses, as well as those of the Indians are whitewashed with tabatinga, a type of white chalk, to which they add the liquid gum from the rowan tree, to give it greater tenacity, and cohesion” (SAMPAIO, 1825 apud GUERRA, 2001, our translation), when referring to the municipality of Nogueira - AM; Spix and Martius, on the surroundings of Ouro Preto, affirm that “lime appears very rarely, it is said, reason why the people of the province of Paraná use tabatinga in the construction of walls, which, here and there, forms a deposit on the margin from rivers and is burned with fire, becoming white” (SPIX and MARTIUS, 1938 apud GUERRA, 2001, our translation); Spix and Martius also comment that in the Tupinambarana Island - AM, “On the open banks of the river (...) there is thin tabatinga with reddish, whitish, or violet stripes, very used in the plastering of houses” (GUERRA, 2001 apud SPIX and MARTIUS, 1938, our translation); Auguste de Saint-Hilaire comments that in most camps in Minas and Goiás, all houses “(...) are covered with tiles and plastered with a white clay that in the inland of Brazil is called tabatinga” (SAINT-HILAIRE, 1975 apud GUERRA, 2001, our translation); and Hercules Florence, referring to the houses in the city of Cuiabá - MT, comments that “Houses are plastered on the outside with tabatinga, which gives them extreme whiteness” (GUERRA, 2001 apud FLORENCE, 1977, our translation).

The knowledge of the panting technique with tabatinga, the *barreado*, is part of the popular ideal, still being possible to find houses and ovens *barreados* in some regions, mainly in the inland of Minas Gerais.

Although lime and tabatinga give color and also act as a protective element for the surfaces on which they are applied, they do not constitute paints themselves, due to the absence of binding materials in their compositions.

In the case of lime, the coating layer formation occurs through the carbonation of $\text{Ca}(\text{OH})_2$, without the need for a bonding material to adhere the particles to each other and the surfaces; and, in the case of tabatinga, adhesion is promoted only by physical interactions between the particles that compose it and the substrate. In both cases, but mainly in the latter, the paintings have limited resistance to weathering.

The use of binding materials, such as linseed oil and tempers, seems to have been limited, in colonial times, to paints intended for painting wood and metals. Being imported and expensive, such materials were applied only when indispensable for the protection of surfaces against weathering (RIBEIRO, 2004).

According to Ribeiro (2004), until the end of the 19th century, the colors of the cities remained the same, even with the modernization process of colonial buildings, which resulted only in a more intense adoption of yellowish and purple ocher, limiting the spectrum of colors to those of the soils.

Therefore, even coinciding with a period marked by the development of the chemical industry in Europe and the US and, therefore, with the appearance of several types of pigments, binders, and paints, the cost of such products was probably still expensive, being accessible only to a small portion of the Brazilian population.

This scenario changed since the beginning of the 20th century, overcoming colonial white and neoclassical ocher yellow, probably due to the import of materials, such as linseed oil and pigments of other colors, which are more resistant to the effects of lime alkalinity (RIBEIRO, 2004). Such products were purchased by painters who prepared their own formulas and mixtures (TELLES, 1989).

It was also in the context of the transition from the 19th to the 20th century that the first paint factories were installed in Brazil, the first

in 1886, in the city of Blumenau, Santa Catarina, and the second in 1904, in the city of Rio de Janeiro, both founded, respectively, by the German immigrants Paulo Hering and Carlos Kuenerz. The first (Tintas Hering S.A.) was dedicated exclusively to the production of materials and articles for artists. The second (Usina São Cristóvão), founded by Carlos Kuenerz, was initially dedicated to the production of powder paints extracted from minerals (TELLES, 1989).

The rare records of the manufacture of pigments in the Brazilian context place in Ouro Preto, Minas Gerais, the first ventures dedicated to the exploration of natural ocher, perhaps motivated by the exploration of gold and other minerals in that territory.

The Antônio Pereira mountain appears to have been an important location for the exploitation of pigments, where the industrialist Carlos Kuenerz had the permission to explore “paints”, according to a document dated 1921, contained in Book No. 4 of Registries and Contracts of the Municipality of Ouro Preto.

The exploration records appear in requests and contracts drawn up by the Ouro Preto City Council between the end of the 19th century and the beginning of the 20th and always refer to the terms “colored earth”, “ochers”, “ocras” and “paints”, that would be explored in “Morro do Taquaral”, in the “Pedra de Amolar” region, in “Morro de São Sebastião”, in “Serra da Brígida” and in “Serra de Antônio Pereira”, between the years 1897 and 1928 (APMOP, 1896-1917; APMOP, 1917-1927; APMOP, 1927-1959).

In an article published in 1945, it is confirmed that “The ocras (sic), with a wide use in the manufacture of paints, has had its deposits known and exploited in the surroundings of Ouro Preto for more than twenty years, from where the product is exported to Rio de Janeiro, São Paulo, and Argentina” (MORAES, 1945, p.54, our translation).

The ruins inventory (SMCOP, 2007) refers to what would be “tanks used in the manufacture of paints” without, however, presenting more detailed descriptions, given the advanced state of degradation of the structures. It also presents information, based on reports from residents, that the factory was benefiting from barium sulfate (baryte), having ended its activities in the 1930s.

Unfortunately, the ruins recorded in such inventory in 2007 no longer existed at the time of a field survey conducted at the beginning of 2019, thus losing an important remnant of a little-known activity in Brazilian territory.

Another site of exploration was the district Rodrigo Silva, where the ruins of an old structure are still found, probably used as a deposit of pigments in raw state, since, from a general analysis, no evidence of pigment processing structures was found.

Issue 346 of *Revista de Química Industrial* refers to the exploitation of baryte, barite, or barium sulfate, another type of pigment, white in color, used in the formulation of paints as an inert filler. It was found in stripes in the dolomitic limestone, embedded between the quartzites and phyllites, occurring in the localities of “Igreja Velha”, one kilometer southeast of the district Antônio Pereira, Timbopeba, Chacrinha, Cintra, and Bom Jesus, on the surroundings of the city of Ouro Preto (ABREU, 1961).

“According to Eng. Lacourt, the mineralized stripes with baryte vary from a few centimeters to 1.8 meters; the mineral is almost always very pure, white in color, and saccharide in aspect, and has been used by the paint factories in São Paulo and Rio de Janeiro. The known occurrences, however, form deposits of potential limited to a few thousand tons. Given the great purity of Ouro Preto’s baryte, it has been possible to exploit it by manual selection” (ABREU, 1961, p.13, our translation).

Still in the Ouro Preto region, Jean-Marie Triat mentions in “Les ocres” that yellow ocher, of lateritic origin, was explored in the state of Minas Gerais, close to Ouro Preto and that it was also used as raw material to obtain red ocher by calcination in wood-fired ovens (TRIA, 2010). The author seems to refer to the company Morgan Mineração Indústria e Comércio Ltda, founded in 1947 in the city of Rio Acima - MG by João Morgan da Costa, now succeeded by the company Óxido de Ferro Rio Acima, which still benefits and markets ocher.

With the development of the chemical industry, many pigments of mineral origin, obtained from rocks and soils, have been replaced and, currently, their industrial use is restricted to mineral fillers, pigments that do not have the function to give color but to improve the properties and the performance of the paints.

The soils

Two words that seem to represent the same thing adorn this manual: earth and soil. However, they have different meanings: when we talk about earth, we deal with the origin and destiny of humanity, our livelihood, the planet we journey on, that is, mother earth; when we say soil, we refer to the material we dig, where we plant, which we use to build, and that has its own physical characteristics, that is, an object. So, we will address a bit of the knowledge on this object, the soil.

The origin of soils begins with the formation of the first rocks. Presumably, planet earth was once a ball of molten mass that gradually cooled and solidified in an outer layer. Hence, emerge the rocks that we know. The innermost part of the planet remains hot and molten. From time to time, this mass overflows into the cracks of the outer layer of the planet expelled by volcanoes and cools down into rocks. The exposed solid rocks decompose by the action of time. The fault blocks expand and contract with temperature variation and crack. Hence, rain, wind, plants, and animals penetrate the cracks and produce materials increasingly pulverized. The larger blocks break, gradually generating gravel and then sand. Some sands resist even with the significant impacts of the beach waves. Other sands continue to decompose and generate slightly smaller particles called silt. Soil with a lot of silt has a silky texture. The destination of the decomposition causes the silt particles to turn into clay.

Clays are the smallest solid particles formed on the Earth's surface, dividing into two groups: oxides, which have an equidimensional shape, and silicate clays, which have a laminar shape. Oxidic clays and silt particles are largely responsible for giving color to soils. Laminar

clays contribute to the physical behavior of soils and, when they occur pure, commonly confer the soil the white color. The shape of laminar clays and some types of silt can be compared with “playing cards”.

In Figure 1, the laminar clay particles were magnified thousands of times in a scanning electron microscope. That is, thousands of clay particles can fit on a needle tip. Observe the laminar shape of the individual particles.

In summary, the stable mineral particles of the soils can have the size of sand, with a diameter greater than 0.2 mm, of silt, with a diameter between 0.002 and 0.02 mm, and of clay with a diameter less than 0.002 mm.

FIGURE 1 – P. 31

Clay particles via scanning electron microscopy

FIGURE 2 – P. 32

Glass containing soil that was heavily agitated to break up clumps of soil and left to rest for decanting. The heavier sand particles fall faster and settle on the bottom. The silt particles accumulate just above. The clay particles, which are smaller and lighter, slowly settle on top. Depending on the soil, the water above the particles may be clean or slightly cloudy with fine clay suspended.

Figure 2 shows soil that was agitated intensely in a glass, separating the three particle sizes. The sand particles are heavier, so they decant faster and settle to the bottom. The silt particles are deposited in the intermediate layer and the lighter clay particles take longer to decant and accumulate in the surface layer.

In the history of soil formation, there is an especially important character. Imagine that a particle of sand rolls over a surface. As it moves, the sand particle attracts slightly smaller particles around it, called silt particles. Hence, in the spaces between the sand and the silt, fit thousands of clay particles that work as a glue.

In addition to clays, soils contain organic substances similar in size to clays, known as organic matter. Organic matter arises from the decomposition of leaves, roots, insects, and thousands of living things that inhabit soils. These substances have dark colors and adhere to sand, silt, and clay particles. Organic substances also act as a glue, that is, clays and organic matter aggregate soil particles. Thus is born the main character of the soils, which we call aggregate. Figure 3 shows aggregates that are clumps that gather larger particles of sand and silt adhered to each other by clays and organic matter.

FIGURE 3 – P. 33

FIGURE 3a. Enlarged section of a wall showing roughness and a clump of adhered soil. The clump is an aggregate composed of large particles of sand, medium particles of silt and small, and very small particles of clay, represented by small dashes and brown organic matter. Clays and organic matter act as adhesives that bring together all the particles in a clump. The area of the clump that is adhered to the wall is small in relation to the rest of the clump area. FIGURE 3b. Microscopic image of particle aggregate present in paint sample adhered to mortar substrate.

It is noteworthy that within the aggregates there are small pores, called micropores, and between the aggregates, we have larger pores, called macropores. To observe the aggregates, we take a piece of soil in our hands and undo it with our fingers without kneading it. Aggregates are the clumps that appear in a regular format. However, although the most common form of aggregates is spherical, there are soils with cubic or columnar aggregates.

The great merit of laminar clays and organic matter is to form porous clumps. It compares to building a “card castle” in which the edges

of the cards connect to the face of the other cards. In Figure 4, we see a detail of an aggregate where the laminar clays are organized in this way. Between the cards, there is a free space where water and air can pass, the micropores.

FIGURE 4 – P. 34

Clay particles are arranged in the shape of a “card castle”. The edge of one lamina is attracted to the face of another. Thus, the clays form a skeleton that contains small pores within the card castle and surround the particles of silt and sand.

Aggregates have two particularly important characteristics for farmers: they are resistant and porous clumps. A good farmer is a producer of these aggregates. However, if aggregation is beneficial for farmers, it is a problem for producing paints. To paint a wall, it is not possible to use aggregates as they are in the soil. If we use the aggregates to paint, we will put small rounded and porous clumps on the surface of the walls.

Figure 3a shows this situation indicated in the points of contact between the aggregates and a wall. Each isolated clump touches the others and the walls with a small contact surface, reducing their adhesion. The same is true of sand particles. When we put only sand on the walls without cement or glue, it will come off and fall off. Another problem of using soils with aggregates in their natural state is the absorption of water.

The high porosity of the aggregates favors water absorption that promotes its expansion. This absorption of water occurs both by contact with rain and by the humidity of the air. Variations in air humidity occur both between rainy and dry seasons and daily between day and night. The wetting and drying of the aggregates cause expansion and contraction that, repeated many times, promote the cracking of the paint.

Therefore, to prepare paints, it is important to dismantle the “card castle” of the aggregates and assemble them with another organization, to reduce porosity.

The process of dismantling the “card castle” occurs in nature. The force of the impact of raindrops that fall directly on the aggregates of soil without a vegetation cover dismantles the aggregates.

Notice that the water from roof leaks hits the ground and splashes on the walls of the houses, coloring them with the color of the earth. It is as if they “painted” the walls with the fine particles disaggregated. Another natural process that promotes this dismantling is the torrents that transport the soil and rub the aggregates against each other or obstacles in the currents. Finally, when the sediments deposit, the aggregates are disassembled and form a compact structure.

This organized accumulation occurs in a torrent that accumulates in a puddle of water and decants as well as in a layer of disintegrated soil applied on a wall. They form a compact layer with low porosity. The particles organized in this way have a high contact area with each other and with a wall, in the painting case.

Laminar-shaped clay and silt particles perfectly fit face to face, reducing total porosity (RESENDE et al., 2014). This process also happens when we produce bricks and knead the clay. The bricks have a high density and are much more compact than the soil from which the clay was removed.

The contact surface between the particles is maximum. It is as if we put two glass plates against each other and a thin layer of water between them. The two plates come together with large forces. For this reason, when we work with clay soils, the particles get under the nails or in the tools and are hard to get out. With clays, it is possible to mold figures, vases, and other objects. Sands and silts, on the other hand, do

not hold like clays. With sands and silts, we are unable to produce a moldable or plastic mass.

Therefore, a farmer cultivates the structure of soils in aggregates to guarantee life, while those who produce paints dismantle the structure of aggregates to organize them in the form of a film that we call painting. The dismantling of aggregates can be done with two types of force: chemical and physical. Chemical forces involve a change in the acidity and require laboratory control of the process at an industrial level, which is not the purpose of this manual. Physical forces imitate natural forces such as the impact of raindrops or torrents, or even compaction by the continuous passage of animals or caused by the wheels of vehicles. The experience accumulated in the Cores da Terra project and perfected in research (CARDOSO, 2015; CARDOSO, 2020) demonstrated that the use of a Cowles disc (See Appendix 1) is efficient to disassemble the aggregates and reorganize the laminar particles to prepare the paints. Good quality paints have silt and clay particles well distributed in the water, forming a creamy consistency that facilitates application. After application, the water evaporates, and the particles come closer in an organized way, forming a film. Therefore, the dismantling of the aggregates is essential to suspend the silt and clay particles in the paint. As the rocks decompose, in general, parallel layers are formed.

Figure 5 shows the layers of a complete soil, including the bedrock. The topsoil has the highest levels of organic matter added by plants and other living beings. For this reason, it has a darker color, and the aggregates have a rounded shape. Organic matter is the most important aggregating agent in this layer. We call this superficial layer A Horizon. In a layer below, deeper roots grow, and living beings such as ants, termites, worms, and others build their nests and move the particles. The organic matter content is much lower in this layer than in the superficial one.

Photograph and scheme of a complete soil profile, showing A Horizon, superficial layer with colors darkened by the addition of organic matter; B Horizon, a layer below with low content of organic matter and particles well aggregated in porous clumps; C Horizon, lower layer without organic matter and loose particles resulting from the decomposition of the bedrock; and the last layer, R Horizon, constituted by the bedrock.

Therefore, this layer does not have colors as dark or grayish as A Horizon. Clays are the most important aggregating elements to form aggregates in this layer. We call this layer B Horizon.

Finally, in deeper layers, the influence of organic matter is minimal, and the number of clays decreases considerably. The higher amount of sand and silt in the deeper layers makes it difficult to form aggregates. The particles in these layers remain isolated and are easily removed by rain when exposed. That is, the aggregation is little observed in the deeper layers. We call this layer C Horizon.

Below all the layers comes the R Horizon, that is, the rock itself. A mature and developed soil has all these horizons, A, B, C, and R. Young soils have only the A Horizon resting on the rock. There are not very deep young soils that have A Horizon, C Horizon, and R Horizon, lacking the B Horizon.

The identification of soil horizons is particularly important to choose the appropriate materials to produce the paints.

The surface layer is the A Horizon, with levels of organic matter that favor the development of microorganisms, especially fungi that degrade paints and, thus, should not be a source of pigments. Subsurface layers, which are B Horizon and C Horizon, can be used. The low aggregation of particles in the C Horizon favors the production of paints with good quality.

The other important property of fine soil particles to produce paints is the color, or rather, the colors of the earth. The origin of the colors depends on the chemical elements that made up the rocks and the decomposition process that attacked them. A rock or a layer of rock that does not have iron result in light-colored particles, very often white. Oxidation occurs in rocks or layers of rock that have iron and porosity for the penetration of oxygen, which results in particles that have red color in low humidity environments and yellow in more humid ones. In places where the soil remains completely soaked throughout the year, oxygen is absent. In these cases, the iron undergoes the opposite reaction of oxidation and completely dissolves without providing the soil any color. In these environments, fine particles, especially clays, give the soil light colors. These soils are the source of white clay (tabatinga).

The fine particles of the soils, be they clay or silt, occur mainly in B and C Horizons, from where, thus, we must extract the pigments with which we will produce the paints. The enormous diversity of colors found in soils is due to their heterogeneous nature. That is, soils are composed of different materials with different characteristics and in different proportions. Therefore, the paints and paintings produced with the pigments obtained from the soils reflect the beauty and complexity of nature, not being possible to maintain a color pattern such as in industrialized paints. From an aesthetic point of view, each painting with soil pigments constitutes a unique work.

Paints: produce and paint

Paints are used to beautify and protect substrates. Like our skin, the paint protects the internal parts of the walls of the buildings and will be in permanent contact with the environment. This contact can promote a series of damages to the paintings. The resistance to these damages will depend on the quality of the paint and, mainly, on the conditions of the substrate. Without this, the paintings' aesthetic dimension will be compromised through the manifestation of pathologies.

The quality of the paint will depend on the rigorous reproduction of the process presented in the following pages and also on the quality of the PVAc, which should be the same used for wood bonding (sold in construction material stores) and not that for school use (sold in stationery stores).

As for the substrate, no paint will work well if it is not in good condition. Therefore, its preparation is essential. In addition, we emphasize that paints produced according to the following instructions are recommended for painting porous mineral substrates, that is, walls and no other materials.

The paint is, therefore, only one part of a system. Thus, between the production of the paint and the painting, we must overcome many stages to achieve satisfactory results.

1. Soil collection

Soil is the material in its natural state that will be collected to obtain the pigments. Its collection will be performed in two stages, the first being exploratory, to obtain samples of different types of soils for testing. The second stage is to collect selected samples to produce larger volumes of paint. Working in stages avoids the collection of large volumes of soil that may not be used to produce paints, saving time and labor, in addition to reducing impacts on the environment.

To perform the tests, small soil samples should be collected, with volumes of approximately 2 liters, in different locations and positions of the terrain, remembering that the soils present in B and C Horizons are the adequate ones. This will allow obtaining samples with different colors and granulometric compositions. After carrying out the tests, the definitive samples will be defined, which will then be collected to produce greater volumes of paint.

1.1. MATERIALS AND TOOLS

CHECK PAGE 47

- | | | | |
|---|--------------|---|--------------------|
| 1 | Pen/Marker | 6 | Straight digger |
| 2 | Hoe | 7 | Articulated digger |
| 3 | Hoe | 8 | Mattock |
| 4 | String | 9 | Shovel |
| 5 | Plastic bags | | |

1.2. HOW TO COLLECT

SITUATION A | Collection on an ravine

CHECK PAGES 48 – 49

- 1 Superficially clean the ravine.
 - 2 Remove the surface layer approximately 5 cm thick and discard.
 - 3 Underlay the base of the ravine with a plastic bag, dig with a hoe or rake and take samples evenly in different positions without opening holes to avoid damage to the ravine's structure and, thus, landslides and erosion. Take samples carefully to prevent contamination with materials of organic origin or other types of soil. Always clean the tools thoroughly with each collection.
 - 4 Store in plastic bags, tie with string, and identify the sample.
-

SITUATION B | Collection on a flat surface

CHECK PAGES 50 – 51

- 1 Remove the surface layer (A Horizon) with a hoe and reserve.
 - 2 Dig with a hoe or digger to take samples carefully to avoid contamination with materials of organic origin or other types of soil. Always cover with a plastic bag and clean the tools thoroughly with each collection.
 - 3 Store in plastic bags, tie with string, and identify the sample.
 - 4 At the end of the collection, cover the open hole with the surface layer (A Horizon) that was removed in stage 1 and compact to avoid accidents and erosion.
-

2. Tests

At this stage, we do not consider the first sample preparation as a truly paint. This stage aims to understand how each pigment behaves so that we have information to decide which ones to use depending on the color and the hiding power. It is at this stage that we will extract the pigments that will be used to produce paints from the soil material in its natural state. To perform the tests, the samples must be dry, without clumps, free from contamination, and properly identified.

2.1. MATERIALS AND TOOLS

CHECK PAGE 55

- | | | | |
|---|---------------------|---|-------------------------|
| 1 | Mortar | 6 | Brushes |
| 2 | Paper adhesive tape | 7 | Large graduated syringe |
| 3 | Fine metal sieve | 8 | Disposable plastic cups |
| 4 | Blender | 9 | Popsicle stick |
| 5 | White glue | | |

2.2. SAMPLE PREPARATION

CHECK PAGES 56 – 59

- 1 Remove a volume of 100mL of dry soil. The more it is removed, the greater the precision of the volume measurements and the greater the homogeneity.
 - 2 Dilute the volume of soil without clumps in 200mL of water manually or using a blender.
-



-
- 3 Then, sift the diluted material using a fine sieve to separate sand and organic material. The viscosity should be like that of conventional paint and should be adjusted if necessary. If it is very consistent, just add more water and if it is very liquid, just add soil, mix well, and sift.

 - 4 Pour the material into a container, add 30mL of PVAc and mix well with a toothpick or spoon.

 - 5 Cover the container and identify the prepared sample.

 - 6 Repeat the previous operations with all collected samples and reserve, avoiding leaving the samples exposed to the sun. These samples are not themselves paints. They only serve to assess the effect of color and the hiding power of the pigments obtained from the collected soils.
-

2.3. COLOR PALETTE

CHECK PAGES 60 – 61

The color palette is used to evaluate the color and the pigment's ability to cover the substrate. Therefore, it is important to produce the color palette on the wall to be painted and not on other substrates.

-
- 1 Clean the substrate (wall).

 - 2 Use adhesive tape to define the spaces for the application of each sample. Suggestion: mark 10 by 15cm rectangular spaces for each sample/color.

 - 3 Mix each sample well and apply the first coat with a brush in the enclosed spaces, remembering to identify each sample applied on the wall. Wait to dry (the drying time depends on several aspects such as temperature, humidity, ventilation, sunlight, and porosity of the substrate). Apply the second coat, wait for it to dry, and finally apply the third coat. Remember to always mix well before painting.

 - 4 Repeat the previous operations with all samples, wait to dry, and carefully remove the adhesive tape.
-

- 1 To mix colors it is important to precisely measure the proportion of each sample that will be mixed and always remember to mix thoroughly. To remove parts with precise volumes, we recommend the use of graduated syringes or graduated containers.
- 2 Mix well and always remember to register the proportions of each sample that compose the mixture. Example: 10mL of yellow color to 20mL of red color. Then, apply to the color palette according to the procedures indicated in the previous item.

2.5. COLOR AND HIDING POWER ASSESSMENT

Color and hiding power serve to guide the selection of pigments that will be used in the production of paints to paint large surfaces. The color depends on the user's preferences, possibly being changed by mixing. And the hiding power is the ability of a pigment to cover the substrate. Ideally, the pigment should cover the substrate with a maximum of 3 coats. If this does not happen, the paint consumption will be very high, which makes the paint produced with this pigment uneconomical.

With the defined colors that will be used to produce larger volumes of paint, measure the area of the walls that will be painted with each color to estimate the volume of soil that should be collected.

2.6. THE VOLUME OF SOIL TO COLLECT TO PRODUCE LARGER AMOUNTS OF PAINT

To find out the approximate volume to be collected, measure the area in m² that will be painted with each color and multiply by 0.2. For example: for a 10 m² wall we have: $10 \times 0.2 = 2$ liters of soil. Calculated the volume, return to the collection sites, and collect larger samples, remembering to remove clumps as much as possible to ensure greater accuracy of the calculated volume.

3. Production

Paint is a mixture of pigment, binder, and solvent, being the first responsible for coloring and covering the substrate; the second, for recovering and adhering the pigments to each other and the surfaces; and the third, the volatile part of the paints, for diluting the pigments and binders.

Depending on the type of binder used, the paints are given different technical names. Paints produced with white glue or PVAc (Polyvinyl Acetate) are called latex paints.

The production of the paint will be done in two steps. As each soil pigment has its own characteristics, it is not possible to define a priori a single formula that can be used to produce paints with any type of pigment. Therefore, in the first stage we will produce a small volume to get to know the characteristics of the pigment of a given soil and in the second stage, already knowing the appropriate formula for the pigment in question, produce enough volume to paint a wall or an entire building. Two-step production is also important to avoid waste.

Latex paints perform better when applied indoors protected from weathering. However, the studies performed (CARDOSO, 2020) allowed us to conclude that it is also possible to apply latex paints produced with soil pigments on external surfaces, achieving good resistance to weathering.

3.1. MATERIALS AND TOOLS

CHECK PAGE 67

- | | | | |
|---|---------------|----|-----------------------------------|
| 1 | Soil | 6 | Bucket |
| 2 | Water | 7 | Cowles dispersor – See Appendix 1 |
| 3 | White glue | 8 | Viscosimeter – See Appendix 2 |
| 4 | Helical mixer | 9 | Beaker or measuring cup |
| 5 | Drill | 10 | Fine metal sieve |

3.2. HOW TO PRODUCE APPROXIMATELY 4 LITERS OF PAINT

CHECK PAGES 68 – 71

- 1 Pour 1,5 liters of dry, without clumps soil into 3 liters of water and mix with a cowles disc attached to a drill for 15 minutes. See information about the cowles disc in Appendix 1.
- 2 Sift using a fine sieve and discard retained material (stones, sand, and organic matter).
- 3 Measure viscosity. See Appendix 2 for information on the viscometer and viscosity measurement. If the viscosity is high, add a known volume of water and mix; if the viscosity is low, add soil, mix again, sift, and measure the viscosity again until it reaches the proper consistency.
- 4 Calculate the final volume of pigment: measure the final volume of pigment + water and subtract the volume of water to get the volume of pigment.
- 5 Then, divide the pigment volume by the total volume (water + pigment) to calculate the PIGMENT CONTENT. This content will be used to calculate PVAc consumption and the yield of the paint according to Tables 1 and 2.
- 6 If the paint is used to paint external walls, add linseed oil in a volume corresponding to 5% of the pigment volume and stir with Cowles disc for 5 minutes.
- 7 Then, add PVAc as indicated in Table 1 and mix with a helical mixer attached to a drill, or manually, for 5 minutes (do not use Cowles disc in this step).
- 8 After the sample preparation is complete, cover the container and identify it.
- 9 To know the total volume of paint to be produced to paint a wall or an entire building, simply multiply the approximate yield by the area to be painted according to Table 2.



- 10 Repeat the previous procedures to produce the total volume of paint needed to paint a wall or an entire building.

Table 1

Pigment content	Internal painting	External painting	
	% Of pvac	% of linseed oil**	% Of pvac
Less than 15%	60	5 +	60
Between 15% and 30%	40	5 +	40
Greater than 30%	20	5 +	20

→ Proportions of PVAc and Linseed Oil as a function of PIGMENT CONTENT according to the purpose of the paint: internal or external paints. *Calculated as a function of the volume of pigment; ** Calculated as a function of the volume of pigment.

Table 2

Pigment content	Aproximate yield (m ² /L)
Less than 15%	2
Between 15% and 30%	4
Greater than 30%	6

→ Approximate paint yield as a function of PIGMENT CONTENT. * Considering one coat of sealer and up to three coats of

3.3. STORAGE

We recommend that only the amount of paint needed to paint a certain area be produced and that an extra volume of the same soil is collected and saved to produce paint for repairs or future repainting. We do not recommend producing paint and storing it for longer than necessary to perform the painting service. The reason for storing an extra sample of the same soil, and not of the paint, is due to the possibility of degradation of the paint if it is not well stored, thus avoiding waste.

In this case, the extra volume of soil must be collected in the same location, since the natural heterogeneity of the soils may lead to color changes if a future collection is conducted in another location, even in the vicinity.

However, if there is the need to store the paint, it is important to emphasize that the soil used must be free of materials of organic origin, which can rot, and that the container to be used must be clean and could be well covered.

To use paints that have been stored, it is important to homogenize them very well, as the pigments will decant naturally and form a crust on the bottom of the container.

3.4. EXAMPLE OF CALCULATING THE PIGMENT CONTENT, PVAC VOLUME AND PAINT YIELD

1. Supongamos¹. Suppose that, after mixing 1,5L of dry soil without clumps with 3L of water, mixing with the Cowles disc for 15 minutes, sifting using a fine sieve, and discarding the material retained in the sieve, the final volume of pigment diluted in water is 4l.
2. And that, when measuring the viscosity of this mixture, its passage time through the orifice was 20 seconds. This means that the mixture is very viscous and needs to be diluted so that the paint reaches the ideal consistency (see Appendix 2).

3. When adding another 0,2L (200 mL) of water, mixing well, and measuring the viscosity again, the passage time through the orifice was between 12 and 14 seconds, which means that the mixture reached the ideal viscosity.
4. Now we know that the final volume of the water + pigment mixture is 4L + 0,2L, that is, 4,2L.
5. To know the volume of pigment of this mixture, just subtract the volume of water from the total volume. We know that the volume of water is the sum of the initial volume plus the 0,2L added to balance the viscosity, that is, 3L + 0,2L = 3,2L. Knowing that the final volume of the mixture was 4,2L, just subtract from this volume the 3,2 L of water, which results in 1L of pigment. The reduction in the volume of pigment is due to the disposal of that part that was retained in the sieve (sand, organic material, etc.).
6. Once this is done, it is now possible to calculate the PIGMENT CONTENT. To calculate it, just divide the final volume of pigment (1L) by the volume of the mixture of water and pigment (4,2L), which results in approximately 0,25 or 25%. This means that approximately 25% of the volume of the mixture is composed of pigment.
7. Knowing the PIGMENT CONTENT, check Table 1 to find out how much PVAc to add to the mixture to finish the paint production. As the PIGMENT CONTENT is 25%, we now know that we need to add a volume of PVAc equal to 40% of the volume of pigment, that is, 40% of 1L of pigment, which is equal to 0,4L or 400mL of PVAc.
8. If the paint is used for external painting, remember to add before the PVAc a volume of linseed oil equal to 5% of the volume of pigment, that is, 0,05L or 50mL.
9. Finally, what would be the approximate yield of this paint sample? Just check out Table 2. As the PIGMENT CONTENT is between 15% and 30%, the approximate yield will be 4m²/L, that is, each liter of paint is sufficient to paint approximately 4m² of surface considering three coats.
10. Assuming that the area to be painted is 60m², just divide that area by 4 to know how many liters of paint to produce, that is, $60 \div 4 = 15$ liters of paint.

NOTE | When the PIGMENT CONTENT is extremely low, the hiding power is impaired, requiring several coats to cover the substrate and, therefore, greater consumption of paint. This is due to the specific characteristics of each pigment, which affect the rheological behavior of the paint. One way to solve this situation is to mix MINERAL FILLERS with pigments. They act as a filler, increasing the PIGMENT CONTENT and, therefore, the paint yield. Marble and granite cutting waste, for instance, are good options for MINERAL FILLERS that can be added. To do so, all the procedures indicated in the TESTING stage of this manual must be performed, with special attention to the item COLOR MIXTURES. To learn more about the subject, consult the works of Lopes et al. (2019) and Tressmann et al. (2020).

4. Preparation of substrats

This stage of the work is of fundamental importance. Without a good preparation of the substrate, the performance of the paint and the quality of the painting will be impaired. Before starting the preparation of the substrates, it is important to understand that the paint is only one part of the painting system, that is, before painting, a series of procedures must be performed to obtain good results. It is important to emphasize that this type of paint is intended for painting porous mineral substrates such as the walls of buildings, not other materials, such as wood, metals, or plastics.

The painting system consists of:

- Primer or sealer: it is a product intended for the first coat on the surface and acts as a bridge between the substrate and the paint. The primer is called a sealer when applied over mortar surfaces and is indicated to reduce and/or uniform the absorption of substrates. Thus, the paint will be absorbed homogeneously by the substrate in its entire length, avoiding stains and excessive consumption.
- Wall primer: it serves to promote the cohesion of loose particles of the substrate and, therefore, its application is recommended on surfaces without firmness or cohesion, that is, those that tend to come apart, such as weak mortars, whitewash, repainting, or plaster surfaces.

→ Spackling: it is a paste used to correct irregularities, such as cracks, on the surface that has already received a sealer.

→ Paint: it is the last layer of the painting system, which will fulfill the aesthetic function, as it can have different colors, and will also protect the substrate.

The application of the primer or sealer, the wall primer, or the spackling will depend on the conditions of the substrate. Therefore, before starting the substrate preparation, it is important to make a diagnosis to define which strategy should be adopted. The procedures presented below were extracted from the publication “Projeto, execução e inspeção de pinturas” [Design, execution, and inspection of paintings], by Kai Loh Uemoto.

4.1. MATERIALS AND TOOLS

CHECK PAGE 79

- | | | | |
|---|-----------------------|----|---------------------|
| 1 | Protective goggles | 7 | Sodium hypochlorite |
| 2 | Protection mask | 8 | Metallic spatula |
| 3 | Plastic bristle brush | 9 | Water sprayer |
| 4 | Steel bristle brush | 10 | Sandpaper |
| 5 | Broom | 11 | Ladder |
| 6 | Sponge | | |

4.2. PROCEDURES

For the painting, the substrate must be firm and cohesive, uniform and straight, with no signs of moisture, dirt, dust, efflorescence, or loose particles, free of oil, fat, or grease, and microorganisms such as mold, fungi, algae, lichens, etc. Cement and/or lime-based surfaces must be cured for at least 30 days.

STEP 1. CLEANING THE SURFACE

- Remove dirt, dust, and loose materials in general, by brushing and eventually with the help of water jets. In the case of outdoor surfaces that are difficult to clean, use a spatula or steel brush.
- Remove grease, oil, and other fatty contaminants with soap and detergent, followed by washing with water and leaving the surface to dry.
- Remove efflorescences (white stains that may appear on the lining of the walls) by brushing the dry surface, using a soft bristle brush.
- Remove microorganisms (mold, fungi, algae, lichens, etc.) by rubbing the surface with a hard bristle brush and a bleach solution diluted with water in a 1:1 ratio. If necessary, leave the solution to act for a certain period, approximately 1 hour, and then rinse with plenty of water.

STEP 2. CORRECTION OF SUBSTRATE FAULTS

- Eliminate moisture stains caused by the infiltration of water from pierced pipes, broken tiles, clogged gutters, etc. After correcting the problems, let the surface dry.
- Repair imperfections such as cracks, fissures, protrusions, and indentations before applying paint. Imperfections of large dimensions and depth must be repaired with coating mortar in texture similar to the surface to be painted 30 days before painting. Imperfections of small dimensions must be repaired with spackling, which must be applied with a steel trowel or spatula until the desired leveling is achieved, without applying excessively thick coats. Allow it to dry and then sand it.

STEP 3. SURFACE TREATMENTS

- On very porous substrates, prior application of industrialized primer or sealer (acrylic/vinyl) is recommended, or the finish paint itself diluted in water in a 1:1 ratio.

→ On low-resistance substrates, apply a wall primer with a roller or brush in the dilution indicated on the product packaging or the manufacturer's catalog. The resistance of the substrate can be verified by rubbing it with your fingers, exerting pressure, considered low when there is no cohesion between the grains of sand. The verification can also be performed with the aid of adhesive tape: tape is applied with pressure on the surface, removing it at once with a strong tug, then observing the amount of material that sticks to the tape. If too much material sticks, it means that the resistance of the substrate is low. And, in the worst case, if the mortar simply crumbles under pressure from the fingers, it must be redone before applying the paint.

HOW TO GET A SMOOTH SURFACE?

→ On the prepared surface, apply successive coats of spackling, in thin layers, with a steel trowel or spatula. The spackling must be compatible with the finish paint and the type of environment. Depending on the leveling, apply one to three coats of spackling, waiting for an interval between coats of approximately 1 hour.

→ After 2 to 3 hours of drying, sand the surface, clean, and paint.

To find out which procedure to adopt depending on the type of surface treatment, see Table 3.

Surface treatments	Interior	Exterior
Correction of surface imperfections	Acrylic/vinyl spackling	Acrylic spackling
Regularization of surface absorption	Acrylic/vinyl sealer	Acrylic sealer
Correction of mechanical resistance	Wall primer	
Smooth finish	Acrylic/vinyl spackling	Acrylic spackling

→ Appropriate procedures for each type of substrate surface treatment.

5. Painting

Painting is the work of applying the paint to a previously prepared substrate and it is also the coating layer produced by the paint after the volatile part has evaporated, that is, the water. The procedures presented below were extracted from the publication “Projeto, execução e inspeção de pinturas” [Design, execution and inspection of paintings], by Kai Loh Uemoto.

5.1. MATERIALS AND TOOLS

CHECK PAGE 84

- 1 Paint tray
- 2 Brushes
- 3 Wool roller

5.2. ENVIRONMENTAL CONDITIONS FOR THE EXECUTION OF THE PAINTING

- Ideal temperature and humidity conditions: paint at room temperature between 10°C to 40°C and relative air humidity below 80%.
- Movement of air and wind: the external surfaces must be painted in the absence of strong winds, particles suspended in the atmosphere, rain, superficial or excessive air humidity, such as vapor condensation or fog. The same caution must be maintained in all coats. The internal surfaces must be painted when there is no vapor condensation on the surface to be painted and in climatic conditions that allow doors and windows to remain open.
- Seasonal factors: it is recommended to schedule the painting in the less rainy seasons, on walls without direct sunlight, and without moisture condensation.

- Air pollution: surfaces exposed to environments with high air pollution must be thoroughly cleaned before painting, and the application interval between coats must be as short as possible.
- Lighting and ventilation: the painting must be performed in an environment with good lighting and ventilation. In case of dark-colored painting or absence of color contrast between coats, the lighting level must be increased.

5.3. PROCEDURES

PAINT APPLICATION

- Paint homogenization: the paint must be properly homogenized before application.
- Application with a brush, paintbrush, or thick bristle brush: they should be dipped in the paints only up to half of the bristles. The excess must be removed. The strokes should be short to apply uniform amounts of material, forming a smooth layer of uniform thickness. The leveling and smoothing of the paint must be done by long transversal strokes in relation to the first ones, being careful to smoothly pass the brush so as not to leave new marks.
- Roller application: the roller should be placed in the shallow part of the tray and rolled to the deepest part containing paint. Repeat the procedure several times so that the roll is evenly impregnated. The excess must be removed by pressing and rolling the roller through the bottom of the tray, in the shallow part. The painting should be started from the bottom up, trying to cover the most length possible.

GENERAL APPLICATION TECHNIQUE

- The amount of paint applied in each coat must be as little as possible and spread as much as possible so that the surface coverage is obtained by applying several coats.

- Each coat must be applied with uniform thickness and free from pores, runoffs, etc. Each coat must be applied when the previous one is sufficiently dry. The last coat must provide a uniform film to the surface, without running down, without flaws or imperfections.
- Any paint flaws must be corrected, respecting the foreseen drying time before applying the next coat.
- The newly applied paint must be protected against dust and water, or even accidental contact, during drying.
- In general, each coat must be dry before applying the next coat. Water-based paints do not require long drying periods, and the next coat can be applied a few hours after the first.

References

- ABREU, S.F. **Pigmentos de bário**. Revista de química industrial, n.346, p.13-14, 1961.
- APMOP. **Livro 2 de contratos e arrendamentos**. Ouro Preto, Arquivo Público Municipal, 1896 a 1917, 100 p. Caixa 26 L 4.
- APMOP. **Livro 3 de registros e contratos**. Ouro Preto, Arquivo Público Municipal, 1917 a 1927, 100 p. Caixa 33 L 4.
- APMOP. **Livro 4 de registros e contratos**. Ouro Preto, Arquivo Público Municipal, 1927 a 1959, 101 p. Caixa 26 L 5.
- BAENA, A.L.M. **Ensaio corográfico sobre a província do Pará**. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2004.
- 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.1, t. LXXII, 1910.
- CARDOSO, F.P. **Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos**. 2015. 154 p. 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. 217 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.
- DANIEL, J. **Tesouro descoberto no máximo rio Amazonas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.
- FLEURY, P. **Novo tratado usual da pintura de edifícios e decoração**. Rio de Janeiro; Paris: Garnier, 1903.
- FLORENCE, H. **Viagem fluvial do Tietê ao Amazonas (1825-1829)**. São Paulo: Edusp/Cultrix, 1977.
- GUERRA, J.W. **Equipamentos, usos e costumes da casa brasileira: construções**. São Paulo: Museu da casa brasileira, 2001.
- 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.
- MORAES, L.J. **O passado e o futuro da mineração em Ouro Preto**.

- In Geologia e Metalurgia, Boletim n.1, São Paulo: Centro Moraes Rego, 1945.
- 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.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; KER, J.C.; **Pedologia: base para distinção de ambientes.** Lavras: UFLA, 2014, 378 p.
- RIBEIRO, N.P. **As cores da cidade na América portuguesa: um estudo iconográfico.** In: Colóquio do Comitê Brasileiro de História da Arte - CBHA, XXIV, 2004, Belo Horizonte, MG. Anais (on-line). Belo Horizonte: CBHA, 2004. Disponível: <http://www.cbha.art.br/coloquios/2004/anais/anais2004.html>. Acesso em 19/07/2018.
- SAINT-HILAIRE, A. **Viagem à Província de Goiás (1819).** São Paulo: Edusp/Itatiaia Editora Ltda., 1975.
- SAMPAIO, F.X.R. **Diário de viagem da Capitania do Rio Negro (1774-1775).** Lisboa: Tipografia da Academia de Lisboa, 1825.
- SMCOP. **Inventário de proteção ao acervo cultural de Ouro Preto.** Ref.: 10.4.1, 2007.
- SPIX, F. B.; MARTIUS, C.F.P. **Viagem pelo Brasil (1817-1820).** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1938.
- TELLES, C. **A indústria de tintas no Brasil: 100 anos de cor e história.** São Paulo: CL-A Comunicações S/C Ltda, 1989.
- TRESSMANN, D.M.G.A.; PEDROTI, L.G.; CARVALHO, A.F; RIBEIRO, J.C.L; CARDOSO, F.P; LOPES, M.M.S; OLIVEIRA, A.F; FERREIRA, S.O. **Research into the use of marble waste as mineral filler in soil pigment-based paints and as an active pigment in waterborne paints.** Construction and building materials, v.241, p.1-16, 2020.
- TRIAT, J.M. **Les ocres.** Paris: CNRS, 2010.
- UEMOTO, K.L. **Projeto, execução e inspeção de pinturas.** São Paulo: O nome da rosa, 2002. 101 p.
- VASCONCELLOS, S. **Arquiteturas no Brasil: Sistemas construtivos.** Belo Horizonte: UFMG, 1979.
- VASCONCELLOS, S. **Vila Rica: Formação e desenvolvimento – Residências.** Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, 1956.

Appendices

APPENDIX 1 | Cowles disc

CHECK PAGES 93 – 96

The Cowles disc is a fundamental tool to guarantee the production of quality paints and can be manufactured by any experienced locksmith. We recommend that it be manufactured with 2mm thick stainless steel plate, strictly observing the dimensions indicated in the drawings.

NOTE | The drawings of the discs types 1 and 2 are in the 1:1 scale and, therefore, can be copied and used as a template for manufacturing. Measures in centimeters.

APPENDIX 2 | Viscosimeter

CHECK PAGES 97 – 99

The viscometer, as well as the Cowles disc, is essential to guarantee the production of quality paints. This viscometer is an adaptation of the Ford cup and can be produced with a 600mL PET bottle according to the instructions below.

HOW TO BUILD THE VISCOSIMETER

STEP 1. Provide a 600mL soda bottle. It must be exactly the type of bottle shown in the illustration.

STEP 2. Cut with scissors or cutter on the line that borders the top of the label. The viscometer will be made with the top of the bottle, that is, the one that contains the cap and forms a cone.

STEP 3. Drill a hole in the center of the bottle cap. This hole must be exactly 4 mm in diameter.

STEP 4. Screw on the cap.

CÓMO MEDIR LA VISCOSIDAD

STEP 1. Cover the hole in the cap with your finger and fill the container with paint to the rim.

STEP 2. Uncover the hole and measure the time it takes for the paint to pass.

The time must be between 12 and 14 seconds for the viscosity to be considered ideal. If the time is less than 12 seconds, it means that the mixture is very liquid; and if it takes more than 14 seconds, it means it is too viscous. In both situations, the viscosity must be adjusted.

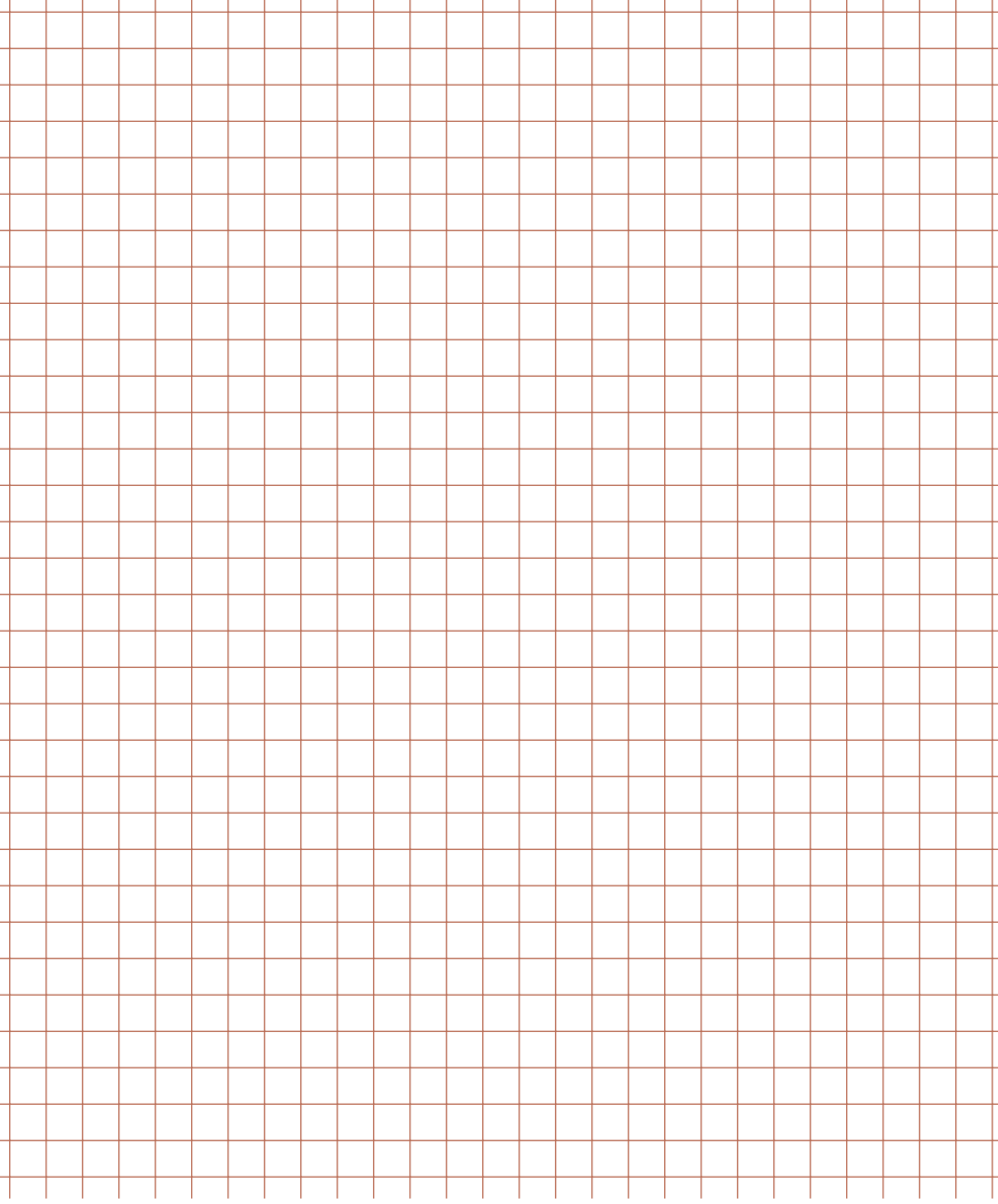
The authors

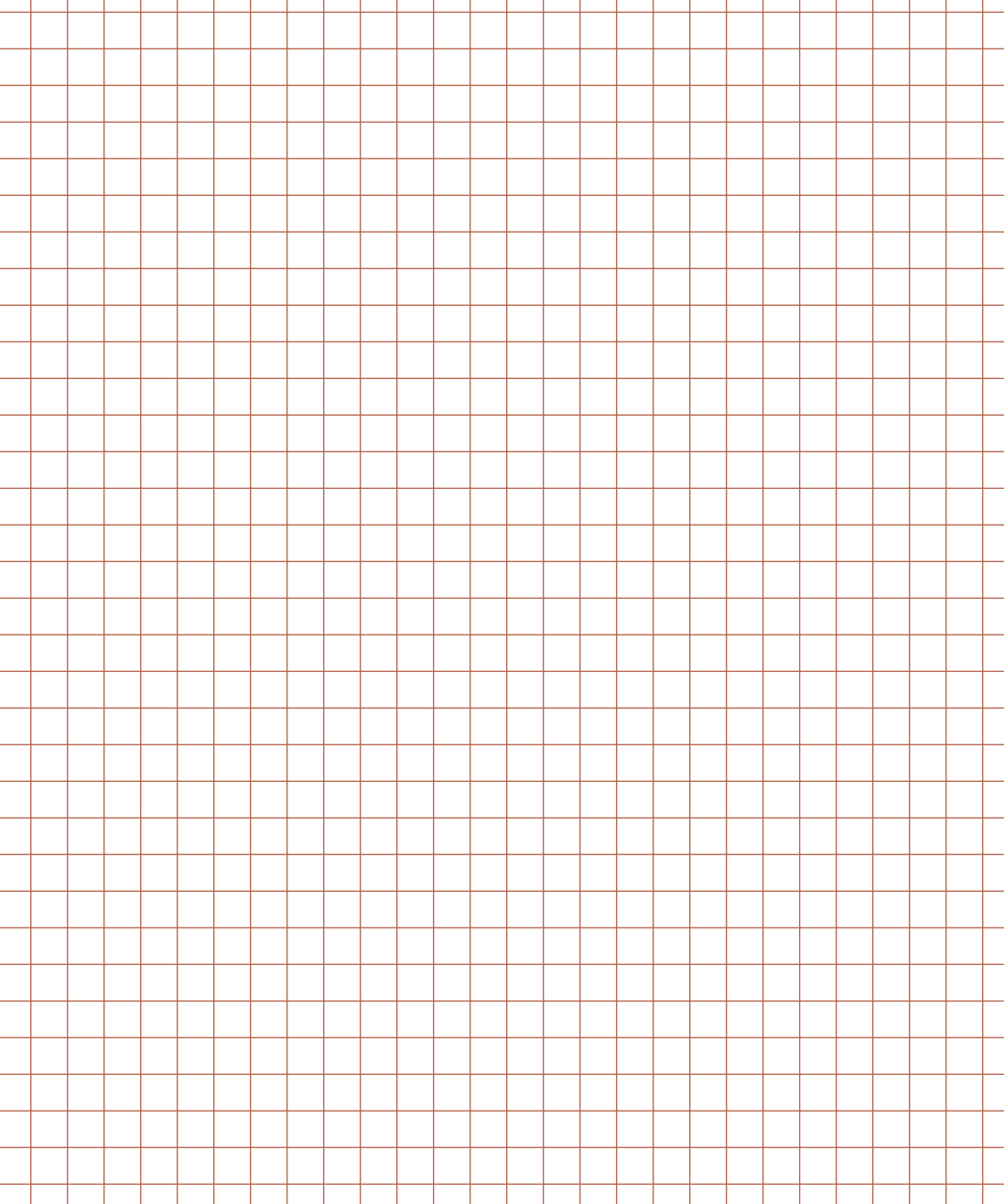
ANÔR FIORINI DE CARVALHO holds a bachelor's degree in Agronomy from the Federal University of Viçosa (UFV) and a PhD in Soils and Plant Nutrition from the same institution. He is a professor at the Soils Department at UFV and coordinator of the Cores da Terra project.

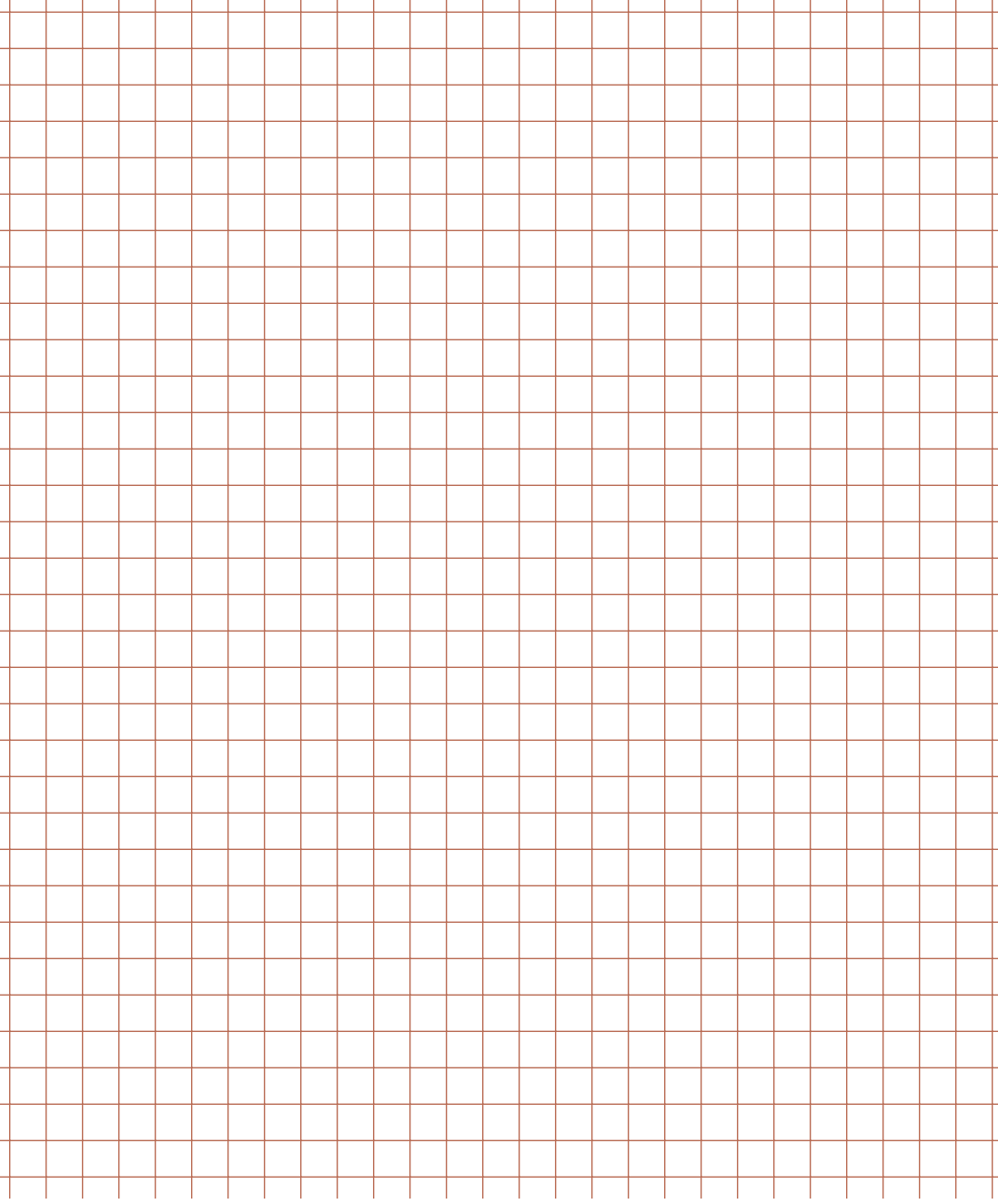
afiorini@ufv.br

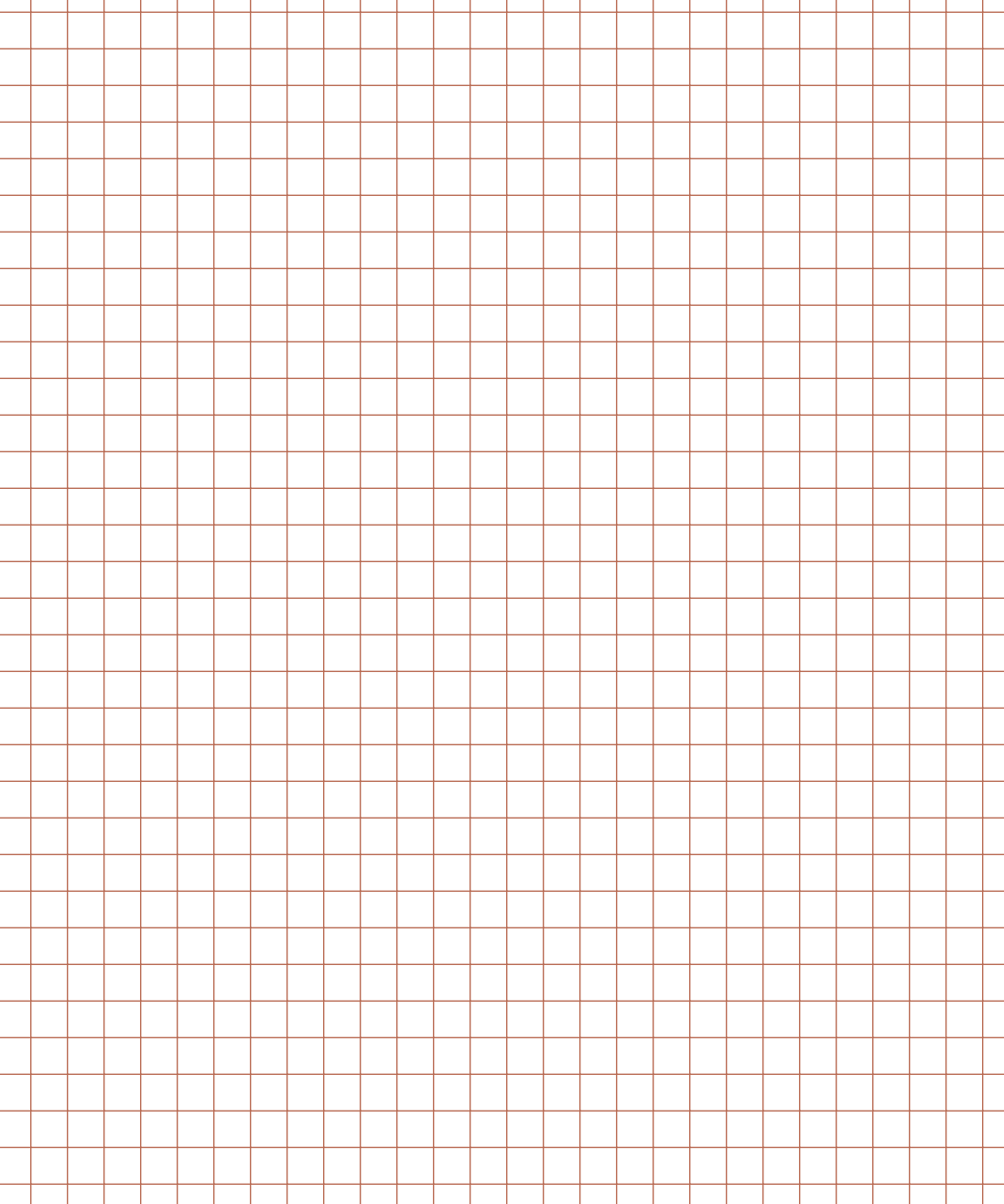
FERNANDO DE PAULA CARDOSO holds a bachelor's degree in Architecture and Urbanism from the Federal University of Viçosa (UFV) and a PhD in Civil Engineering from the same institution, the object of his research being paints with soil pigments.

fernandodepaulacardoso@gmail.com









MANUAL CORES DA TERRA

TEXTOS

Anôr Fiorini de Carvalho

Fernando de Paula Cardoso

REVISÃO

Adelaide Luisa Novaes Dias

Alain Briatte Mantchev

PROJETO GRÁFICO

Estúdio Guayabo

FOTO DE CAPA

Vellozia Filmes

FOTOGRAFIAS

Fernando de Paula Cardoso | p. 17, 21, 25, 38, 64, 76, 83, 88, 200

Vellozia Filmes | contra-capas + p. 48 a 53, 56 a 58, 60 a 62, 68 a 71

Vincent Pierre | p. 43

ILUSTRAÇÕES

Pâmela Starling Bergamini

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
(CÂMARA BRASILEIRA DO LIVRO, SP, BRASIL)

Carvalho, Anôr F.

Manual cores da terra : produção de tintas com pigmentos de solos / Anôr F. Carvalho, Fernando P. Cardoso. -- 2. ed. -- São Paulo : Instituto Pedra, 2023.

ISBN 978-85-69962-04-5

1. Engenharia química 2. Tintas 3. Solo 4. Solo - Uso I.
Cardoso, Fernando P. II. Título.

23-151505

CDD-631.4

ÍNDICES PARA CATÁLOGO SISTEMÁTICO:

1. Tintas : Solo : Agricultura 631.4

Aline Grazielle Benitez – Bibliotecária – CRB-1/3129

INSTITUTO PEDRA

Luiz Fernando de Almeida

Diretor-Presidente

Norton Ficarelli

Diretor-Adjunto

Benjamim Saviane

Arquiteto Coordenador

Mariana Victor

Arquiteta Coordenadora

Mariana Vetrone

Arquiteta

Alessandro Percinoto

Gerente de Obras

Alan Gualberto

Gerente de Projetos

Julia Weckelmann

Gerente de Projetos

Viviane Longo

Museóloga

Carla Calixto

Gerente Administrativo-Financeiro

Caroline Sousa

Assistente Administrativo-Financeiro

Denys Silva

Assistente Administrativo-Financeiro

Leticia Theodora

Assistente Administrativo-Financeiro

ESCOLA DE OFÍCIOS TRADICIONAIS DE MARIANA

Edinéia Araújo

Diretora

Ney Nolasco

Gerente de Ensino

Luciana Lamounier

Coordenadora Operacional

Ana Amaral

Coordenadora Educacional

Cristina Cairo

Coordenadora de Educação Patrimonial

Edilson Barbosa

Coordenador de Almoxarifado

Geraldo Cornelio Lioncio

Mestre de Alvenaria

Sérgio Norberto Costa Gonçalves

Professor de Alvenaria

Rinaldo Urzedo da Silva

Mestre e professor de Cantaria

Wanderley da Silva

Mestre de Carpintaria

Rita Cancela

Professora de Carpintaria

Waldir Vianeí da Silva

Assistente de Carpintaria

Silvio Palmieri

Mestre de Forjaria

Sidney da Silva Guimarães

Professor de Forjaria

Alexandre Ricardo Rocha

Mestre de Pintura

Savilly Aimée Teixeira Buttros

Professora de Pintura

Roberta Sacramento

Assistente de Secretaria

Yasmin Winter

Assessora de Comunicação

Pedro Mota

Técnico de Segurança



Esta edição foi composta nas tipografias More Pro e Kunst Grotesk, em abril de 2023. Acima, a fotografia de capa da 1ª edição.

Projeto Cores da Terra





Apoio



Patrocínio



Parceiros



Concepção e Gestão



Realização

**MINISTÉRIO DA
CULTURA**



ISBN 978-85-69962-04-5