

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO E
PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

Thais Hoelzle Alves da Costa

**Camadas Pictóricas na Conservação-Restauração
do Patrimônio Cultural Edificado:**

O Uso de Tintas Modernas

Belo Horizonte

2022

Thais Hoelzle Alves da Costa

**Camadas Pictóricas na Conservação-Restauração
do Patrimônio Cultural Edificado:**

O Uso de Tintas Modernas

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais.

Linha de pesquisa: Memória e Patrimônio Cultural

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Cruz Souza

Coorientadora: Profa. Dra. Alessandra Rosado

Belo Horizonte

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

C837c

Costa, Thais Hoelzle Alves da.

Camadas pictóricas na conservação-restauração do patrimônio cultural edificado [manuscrito] : o uso de tintas modernas/ Thais Hoelzle Alves da Costa. - 2022.

313 f. : il.

Orientador: Luiz Antônio Cruz Souza.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Patrimônio Cultural - Teses. 2. Patrimônio Cultural - Conservação e restauração - Teses. I. Souza, Luiz Antônio Cruz. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 344.094



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

FOLHA DE APROVAÇÃO

"Camadas Pictóricas na Conservação-Restauração do Patrimônio Cultural Edificado: O Uso de Tintas Modernas"

THAIS HOELZLE ALVES DA COSTA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **dezesesseis de abril de dois mil e vinte e um**, pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Frederico de Paula Tofani

Escola de Arquitetura/UFMG

Profa. Dra. Thaís Alessandra Bastos Caminha Sanjad

Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Willi de Barros Gonçalves

Escola de Belas Artes/UFMG

Profa. Dra. Alessandra Rosado - Coorientadora

PPG-ACPS/UFMG

Prof. Dr. Luiz Antonio Cruz Souza - Orientador

PPG-ACPS/UFMG

Belo Horizonte, 16 de abril de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Thais Alessandra Bastos Caminha Sanjad, Usuário Externo**, em 07/05/2021, às 10:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Willi de Barros Goncalves, Professor do Magistério Superior**, em 07/05/2021, às 10:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Frederico de Paula Tofani, Servidor(a)**, em 07/05/2021, às 10:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Rosado, Membro**, em 10/05/2021, às 20:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Antonio Cruz Souza, Professor do Magistério Superior**, em 12/07/2021, às 18:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Maria Abrantes Baracho Porto, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 17/08/2021, às 18:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0706930** e o código CRC **F673A241**.

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

"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001".

Aos meus pais, Raimundo e Maristela;
Meu irmão, Gibran;
Meu companheiro pra vida, Fred.



AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Minas Gerais, grande exemplo de ensino público superior de qualidade.

Às instituições de apoio financeiro, públicas ou privadas, que acreditam nas pesquisas científicas como o caminho para um futuro melhor. Em especial à CAPES, pela concessão de uma bolsa durante a pesquisa.

Aos professores, que tive e que terei, pelo ímpeto em ensinar, mesmo em tempos nebulosos de adversidades. A toda estrutura da universidade, com suas pessoas e departamentos, que possibilitam e dão acesso à educação. Em especial, a equipe LACICOR.

Às fontes de pesquisa pública, em sua heroica resistência, mesmo em uma realidade de recursos escassos, na preservação e acesso universal à informação.

Aos meus pais, agradeço o dom da vida. Por sempre terem me possibilitado um percurso confortável; pelo privilégio que tive de ser amada, receber carinho e atenção. Por todo esforço em direcionar a criação dos filhos para a educação de qualidade.

À meu irmão, criança querida, dizendo as melhores palavras nos meus monólogos, atento e se fazendo presente em pequenos detalhes.

Ao meu companheiro, agora de vida, sempre ao meu lado em todas as escolhas, nos altos e baixos dessa senoide da vida!

À amiga Diane, minha *best*, que não precisa estar presente, para estar sempre do meu lado e me apoiar.

A toda minha Grande Família, em Belo Horizonte e em Lafaiete, sempre se espalhando.

Aos colegas do mestrado; aos desconhecidos do corredor, do passeio e do ônibus. Todos que me deram, ou responderam, às boas maneiras da gentileza e ativaram o ciclo sem fim que “gentileza gera gentileza”.

Suas contribuições estão nas palavras e nas estrelinhas desta dissertação.

Mire veja: o mais importante e bonito, do mundo, é isto: que as pessoas não estão sempre iguais, ainda não foram terminadas – mas que elas vão sempre mudando. Afinam ou desafinam. Verdade maior. É o que a vida me ensinou.

JOÃO GUIMARÃES ROSA
GRANDE SERTÃO: VEREDAS

RESUMO

A tinta é o componente mais externo na maioria dos sistemas de revestimento de uma edificação. Destaca-se como acabamento indispensável contra os agentes de degradação climáticos, mecânicos, poluentes e sais solúveis. As tintas integram o sistema de pintura e são constituídas por resina, solvente, aditivo e pigmento. As resinas determinam a nomenclatura e definem as principais características físicas, químicas e mecânicas; os solventes são os componentes voláteis que propiciam a aplicação; os pigmentos são partículas sólidas que dão cor e conferem poder de cobertura e os aditivos possibilitam características específicas na formulação. Os critérios de conservação do patrimônio cultural edificado ainda não estão bem definidos, principalmente, no que se refere ao tratamento das camadas pictóricas de revestimento. O objetivo desta dissertação é contribuir para o aprofundamento do conhecimento de identificação, de caracterização, de documentação e de análise das resinas constituintes destas camadas pictóricas - focando em sua composição físico-química e não apenas como um elemento de cor. O cerne desta análise são as tintas modernas aplicadas como camadas de repintura no patrimônio cultural edificado. As tintas modernas derivam do desenvolvimento de novas resinas sintéticas ao longo do século XX, a saber: resina de nitrocelulose e piroxilina; resinas alquídicas; resinas acrílicas; borracha clorada; resinas vinílicas; resinas poliuretânicas; resinas de silicone; resinas epoxídicas e resinas hidrocarbônicas. As tintas derivadas destas resinas são amplamente utilizadas pelo mercado, mas nem sempre compreendidas em suas singularidades de compatibilidade. Esta dissertação combina a revisão bibliográfica de sistemas de pintura com os exames para caracterização das camadas de revestimento pictórico de um estudo de caso. O estudo de caso analisado é o edifício da Secretaria de Viação e Obras Públicas da cidade de Belo Horizonte (Minas Gerais) projetado e construído entre 1895 e 1897, pela Comissão Construtora da Nova Capital (C.C.N.C). O método utilizado compreende a identificação do estudo de caso, visitas de campo, coleta de amostras, documentação científica por imagem, realização de exames científicos, pesquisas documentais e bibliográficas. Os resultados alcançados confirmam a prevalência da pintura como um mero componente estético dos processos de conservação do patrimônio cultural edificado, desvinculada das especificidades de seus componentes. Este trabalho proporciona avanços aos conhecimentos sobre a constituição das tintas modernas, bem como a interação delas sobre o substrato existente. Também certifica a necessidade de colaboração entre as diversas áreas do conhecimento, destacando-se a preservação do patrimônio cultural como interdisciplinar.

Palavras-chave: Sistemas de revestimento. Sistemas de pintura. Repinturas com Tintas Modernas e de alvenaria. Análise Científica do Patrimônio Cultural. Patrimônio Cultural Edificado.

ABSTRACT

Paint is the most external component of most building's coating systems. It stands out as an indispensable finishing against degradation agents climatic, mechanical, pollutants and soluble salts. The paints are part of the painting system, being constituted by resin, solvent, additive and pigment. Resins name the paint and determine its main physical, chemical and mechanical characteristics; solvents are the volatile components that provide the application; pigments are solid particles that give color and provide covering power and additives improve specific characteristics of the formulation. The criteria for the conservation of the built cultural heritage are not well defined yet, mainly regarding the treatment of the pictorial coating layers. The objective of this dissertation is to enable in-depth knowledge of identification, characterization, documentation, and analysis of the resins that constitute these pictorial layers - focusing on its physical-chemical composition and compatibility, not just as an element of color. The core of this analysis are modern paints, applied as overcoating layers in the built cultural heritage. Modern paints derive from the development of new synthetic resins throughout the 20th century, namely: nitrocellulose resin and pyroxylin; alkyd resins; acrylic resins; chlorinated rubber; vinyl resins; polyurethane resins; silicone resins; epoxy resins and hydrocarbon resins. The paints derived from these resins are widely used by the market, but not always understood in their application singularities. This dissertation combines the bibliographic review of painting systems with the exams for characterizing the layers of pictorial coating in a case study. The analyzed case study is the building of the Secretaria de Viação e Obras Publicas from the city of Belo Horizonte (Minas Gerais) designed and built between 1895 and 1897 by the Comissão Construtora da Nova Capital (C.C.N.C). The method used comprises identification of the case study, field visits, sample collection, scientific documentation by image, conducting scientific examinations, documentary and bibliographic research. The results achieved confirm the prevalence of painting as a mere aesthetic component of the conservation processes of the built cultural heritage, unrelated to the specificities of its components. This work progresses in the constitution of modern paints, as well as their interaction on the existing substrate. Also, it certifies the need for collaboration among the different areas of knowledge, highlighting the preservation of cultural heritage as interdisciplinary.

Keywords: Coating systems. Painting systems. Repainting with Modern and Masonry Paints. Scientific Analysis of Cultural Heritage. Built Cultural Heritage.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - IMAGENS DE PRODUÇÕES ACADÊMICAS DO PROJETO DE PESQUISA "ARTE CONCRETA NO BRASIL"	26
FIGURA 2 - PRAÇA DA LIBERDADE (BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS) COM DESTAQUE PARA O EDIFÍCIO ESTUDO DE CASO	31
FIGURA 3 – INFOGRÁFICO DA ELABORAÇÃO DO CORTE ESTRATIGRÁFICO	33
FIGURA 4 - EXEMPLOS DE SUBSTRATOS ENCONTRADOS EM EDIFICAÇÕES	38
FIGURA 5 - SISTEMA DE REVESTIMENTO EM PAREDES	43
FIGURA 6 - DIVERSIDADE DE MATERIAIS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS ENCONTRADAS EM UMA PAREDE – DETALHES AMPLIADOS DAS JANELAS DE PROSPECÇÃO	44
FIGURA 7 - VISÃO HISTÓRICA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	45
FIGURA 8 - PATOLOGIAS POR INCOMPATIBILIDADE FÍSICA E QUÍMICA EM EDIFICAÇÕES NA CIDADE DE OURO PRETO, MINAS GERAIS	46
FIGURA 9 - CICLO DE TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA E DA CAL	48
FIGURA 10 - COMPARAÇÃO ENTRE AS CLASSES TEXTURAS SEGUNDO VÁRIAS INSTITUIÇÕES	53
FIGURA 11 - SISTEMAS DE REVESTIMENTO E SISTEMAS DE PINTURA	57
FIGURA 12 - COMPOSIÇÃO GERAL DE UMA TINTA	61
FIGURA 13 – PROPRIEDADES TÍPICAS PARA OS SISTEMAS DE SECAGEM AO AR MAIS EMPREGADOS	63
FIGURA 14 - CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DOS PIGMENTOS	66
FIGURA 15 - EFEITOS DO PVC NAS PROPRIEDADES DA PINTURA	69
FIGURA 16 - TIPOS DE TINTA QUANTO AOS SOLVENTES	74
FIGURA 17 - COMPOSIÇÃO TÍPICA DE UMA TINTA LÁTEX	79
FIGURA 18 - PROCESSOS DE FORMAÇÃO DO FILME	80
FIGURA 19 - ESTÁGIOS DE FORMAÇÃO DE UM FILME À BASE DE DISPERSÃO AQUOSA (LÁTEX)	81
FIGURA 20 - LAPA DA SUCUPIRA, MUNICÍPIO DE SANTANA DO RIACHO, SERRA DO CIPÓ, MINAS GERAIS	84
FIGURA 21 - RETÁBULO DE GHENT: DETALHE DO HORIZONTE DE UMA CIDADE MEDIEVAL	85
FIGURA 22 - PROPAGANDAS DAS "TINTAS YPIRANGA" DA DÉCADA DE 1960	90
FIGURA 23 – A OBRA E A MATÉRIA DA "ARTE CONCRETA"	94
FIGURA 24 - ESTRUTURA TÍPICA DAS RESINAS FENÓLICAS	96
FIGURA 25 - REAÇÃO RESUMIDA DE <i>RESOL</i> E <i>NOVOLACA</i> NO PERÍODO DE CONDENSAÇÃO	98
FIGURA 26 – PUBLICIDADE DO HOSPITAL FELICE ROSSO EM BELO HORIZONTE - MINAS GERAIS, COM DESTAQUE PARA OS FORNECEDORES DE TINTAS	99
FIGURA 27 - ESTRUTURA QUÍMICA DA CELULOSE E DO NITRATO DE CELULOSE (NITROCELULOSE)	100
FIGURA 28 - PUBLICIDADE DA EMPRESA "QUÍMICA INDUSTRIAL FRAGA LTDA."	102
FIGURA 29 - PRINCIPAIS TIPOS DE MATERIAIS ORGÂNICOS NATURAIS UTILIZADOS EM TINTAS	105
FIGURA 30 - ESTRUTURA QUÍMICA E COMPOSIÇÃO DE ÓLEOS	106
FIGURA 31 - PROCESSOS DE ELABORAÇÃO DE RESINAS ALQUÍDICAS	110
FIGURA 32 - PUBLICIDADE DA FABRICANTE DE TINTAS "SHERWIN WILLIAMS DO BRASIL S. A."	115
FIGURA 33 - ESTRUTURA QUÍMICA DOS COMPONENTES DA RESINA ACRÍLICA	116

FIGURA 34 - PUBLICIDADE DAS "TINTAS INTERNACIONAL"	122
FIGURA 35 - ESTRUTURA QUÍMICA DE MONÔMERO E POLÍMEROS DE BORRACHA	122
FIGURA 36 - PUBLICIDADE DOS PRODUTOS "SIKA S.A." VENDIDOS PELA "MONTANA S.A."	124
FIGURA 37 - ESTRUTURA QUÍMICA DE MONÔMERO E POLÍMEROS VINÍLICOS	125
FIGURA 38 - PUBLICIDADE DAS TINTAS "IDEAL"	127
FIGURA 39 - REAÇÕES QUÍMICAS MAIS COMUNS ENTRE GRUPOS ISOCIANATOS	129
FIGURA 40 - PUBLICIDADE DE PINTURAS ESPECIALIZADAS NA CIDADE DE BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS, NA DÉCADA DE 1940	133
FIGURA 41 - ESTRUTURAS QUÍMICAS MAIS COMUNS DOS SILICONES UTILIZADOS EM REVESTIMENTOS	135
FIGURA 42 - PUBLICIDADE DA DISTRIBUIDORA "QUÍMICA INDUSTRIAL FRAGA LTDA." E DA FÁBRICA "VALENTE & COMPANY INC."	137
FIGURA 43 - ESQUEMA DE OBTENÇÃO DAS RESINAS EPÓXI, PARTINDO DE BISFENOL A E EPICLORIDRINA	138
FIGURA 44 - PUBLICIDADE DE PINTURAS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS	141
FIGURA 45 – ETAPAS USUAIS DA ANÁLISE CIENTÍFICA DA OBRA DE ARTE	149
FIGURA 46 - FRAGMENTO DA AMOSTRA AM3549T SOB MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO, COM AUMENTO DE 20X	151
FIGURA 47 - ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	152
FIGURA 48 – INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM A MATÉRIA	153
FIGURA 49 - TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS UTILIZANDO RADIAÇÕES	154
FIGURA 50 - ESPECTRO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA E TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS ASSOCIADAS A CADA REGIÃO ESPECTRAL, DEFINIDAS EM DIFERENTES UNIDADES DE ENERGIA	158
FIGURA 51 - EXAME DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X POR DISPERSÃO EM ENERGIA	164
FIGURA 52 - REPRESENTAÇÕES DE CORES	168
FIGURA 53 – IMAGENS DA DOCUMENTAÇÃO CIENTÍFICA POR IMAGEM DA PINTURA "HYMENEUS TRAVESTIDO ASSISTINDO A UMA DANÇA EM HONRA A PRÍAPO"	169
FIGURA 54 - PROCESSO DE RETIRADA DE AMOSTRAS DE TINTA EM UMA PAREDE	172
FIGURA 55 - INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA REMOÇÃO DE AMOSTRAS	174
FIGURA 56 - CORTE ESTRATIGRÁFICO DA AMOSTRA AM_3546T, VISTO SOB MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO COM AUMENTO DE 6,7X	176
FIGURA 57 - PROCEDIMENTO PARA MONTAGEM DO CORTE ESTRATIGRÁFICO DA AMOSTRA AM_3546T VISTO SOB O MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO	177
FIGURA 58 - EXEMPLO DE ESPECTRO DE PY-GC-MS	185
FIGURA 59 - ETAPAS DO EXAME DE ESPECTROMETRIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	188
FIGURA 60 - ILUSTRAÇÃO DA METODOLOGIA DA ESPECTROSCOPIA RAMAN	189
FIGURA 61 - EXEMPLOS DE ESPECTROS RAMAN	190
FIGURA 62 - O EDIFÍCIO DA SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTE E OBRAS PÚBLICAS ATRAVÉS DO TEMPO	194
FIGURA 63 - INTERIOR DA EDIFICAÇÃO ESTUDO DE CASO	196
FIGURA 64 - FACHADAS DO EDIFÍCIO ESTUDO DE CASO	198

FIGURA 65 - DETALHE DE INTERVENÇÕES NO INTERIOR DA EDIFICAÇÃO	201
FIGURA 66 - DESTAQUES DOS ESTUDOS ESTRATIGRÁFICOS NO SEGUNDO PAVIMENTO	202
FIGURA 67 – IMAGENS, EM 3D E PLANTA, DESTACANDO OS AMBIENTES CONSTRUÍDOS PELA C.C.N.C	203
FIGURA 68 – FERRAMENTAS COMPLEMENTARES UTILIZADAS PARA REMOÇÃO DAS CAMADAS PICTÓRICAS DE REVESTIMENTO	205
FIGURA 69 - IDENTIFICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO FÍSICA DOS FRAGMENTOS E DESTAQUE PARA OS FRAGMENTOS SELECIONADOS	206
FIGURA 70 - PROTÓTIPOS DOS ESTUDOS ESTRATIGRÁFICOS	208
FIGURA 71 – FRAGMENTO SEM COESÃO ENTRE CAMADAS, ADERIDO COM COLA ACRÍLICA	210
FIGURA 72 - DETALHES DOS CORTES ESTRATIGRÁFICOS DAS AMOSTRAS AM3540T, AM3542T, AM3546T, AM3549T E AM3550T SOB RADIAÇÃO VISÍVEL E ULTRAVIOLETA, COM AUXÍLIO DO MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO	211
FIGURA 73 - CORTES ESTRATIGRÁFICOS E NUMERAÇÃO DAS CAMADAS DAS AMOSTRAS AM3540T, AM3542T, AM3546T, AM3549T E AM3550T SOB MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO	216
FIGURA 74 - MICROFOTOGRAFIAS DOS FRAGMENTOS UTILIZADOS NO FTIR DA AMOSTRA AM3540T	219
FIGURA 75 - MICROFOTOGRAFIAS DOS FRAGMENTOS UTILIZADOS NO FTIR DA AMOSTRA AM3542T	220
FIGURA 76 - MICROFOTOGRAFIAS DOS FRAGMENTOS UTILIZADOS NO FTIR DA AMOSTRA AM3546T	221
FIGURA 77 - MICROFOTOGRAFIAS DOS FRAGMENTOS UTILIZADOS NO FTIR DA AMOSTRA AM3549T	222
FIGURA 78 - MICROFOTOGRAFIAS DOS FRAGMENTOS UTILIZADOS NO FTIR DA AMOSTRA AM3550T	223
FIGURA 79 - ESPECTROS DE FTIR DA AMOSTRA AM3540T	224
FIGURA 80 - ESPECTROS DE FTIR DA AMOSTRA AM3542T	225
FIGURA 81 - ESPECTROS DE FTIR DA AMOSTRA AM3546T	226
FIGURA 82 - ESPECTROS DE FTIR DA AMOSTRA AM3549T	227
FIGURA 83 - ESPECTROS DE FTIR DA AMOSTRA AM3550T	228
FIGURA 84 - VISTA DO HALL EM SETEMBRO DE 1998	237
FIGURA 85 - DOCUMENTAÇÃO INDICANDO PROBLEMAS DO SISTEMA DE PINTURA	238
FIGURA 86 - DOCUMENTAÇÃO COM INDICAÇÃO DO PROBLEMA E SOLUÇÃO PARA O SISTEMA DE PINTURA	240

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS SUBSTRATOS	39
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS SEGUNDO SUAS FUNÇÕES NA CONSTRUÇÃO	40
QUADRO 3 - PRINCIPAIS REQUISITOS E PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS PARA AS DIFERENTES FUNÇÕES	41
QUADRO 4 - PRINCIPAIS CLASSIFICAÇÕES PARA AGREGADOS	52
QUADRO 5 - PROPRIEDADES DE SUPERFÍCIES TÍPICAS DE SUBSTRATOS DE SISTEMAS DE PINTURAS	59
QUADRO 6 - CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS QUANTO A PIGMENTAÇÃO	65
QUADRO 7 - CLASSIFICAÇÃO POR COMPOSIÇÃO QUÍMICA E MODO DE OBTENÇÃO DE PIGMENTOS	66
QUADRO 8 - CONSUMO DOS PRINCIPAIS PIGMENTOS BRANCOS NO BRASIL EM 1.000 TONELADAS	71
QUADRO 9 - CLASSIFICAÇÃO DOS ADITIVOS QUANTO AO MECANISMO DE ATUAÇÃO	76
QUADRO 10 - FUNÇÕES DE ADITIVOS	76
QUADRO 11 - CLASSIFICAÇÃO DAS TINTAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	82
QUADRO 12 - TINTAS, RESINAS E POLÍMEROS: CRONOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO	92
QUADRO 13 - CLASSIFICAÇÃO DOS ÓLEOS	107
QUADRO 14 - CLASSIFICAÇÃO DE ALQUÍDICAS MODIFICADAS COM ÓLEO	110
QUADRO 15 - MODIFICAÇÕES DE RESINAS ALQUÍDICAS	112
QUADRO 16 - EFEITO DOS MONÔMEROS NAS PROPRIEDADES DO REVESTIMENTO	118
QUADRO 17 - RELAÇÕES DE PROPRIEDADES E FUNCIONALIDADES EM RESINAS ACRÍLICAS	119
QUADRO 18 - OS TIPOS DE RESINAS POLIURETÂNICAS E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	130
QUADRO 19 - AGENTES RETICULANTES UTILIZADOS NA CURA DE RESINAS EPOXÍDICAS	139
QUADRO 20 - PROPRIEDADES DE TINTAS À BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	142
QUADRO 21 - ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS DA CIÊNCIA DA CONSERVAÇÃO	147
QUADRO 22 - PRINCIPAIS PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DAS REGIÕES DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO UTILIZADO NA CONSERVAÇÃO-RESTAURAÇÃO	155
QUADRO 23 - PRINCIPAIS MÉTODOS ESPECTROSCÓPICOS UTILIZADOS EM CONSERVAÇÃO-RESTAURAÇÃO	159
QUADRO 24 - PRINCIPAIS TÉCNICAS DE CAPTURA DE IMAGENS DE BENS CULTURAIS	170
QUADRO 25 - PRINCIPAIS MÉTODOS ANALÍTICOS CORRENTEMENTE UTILIZADOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUTIVOS DE OBRAS DE ARTE	179
QUADRO 26 - VISÃO GERAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE TINTAS MODERNAS	186
QUADRO 27 - DESCRIÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DAS CAMADAS PICTÓRICAS DE REVESTIMENTO AMOSTRADAS, A PARTIR DO MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO	213

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAFATI	Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas
ANTECIPA	Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio
APM	Arquivo Público do Estado de Minas Gerais
ASTM	American Society for Testing and Materials
C.C.N.N.	Comissão Construtora da Nova Capital
CECOR	Centro de Conservação e Restauração de Bens Culturais
CODEURB	Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado de Minas Gerais
COV	Conteúdo de Compostos Orgânicos Voláteis
CP	Cimento Portland
CPVC	<i>Critic Pigment Volume Concentration</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DTMS	Espectrometria de massa determinado por temperatura direta
EBA	Escola de Belas Artes
EDXRF	Espectroscopia de Raios X por dispersão em energia
E-RIHS	<i>European Research Infrastructure for Heritage Science</i>
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier
GCI	<i>Getty Conservation Institute</i>
HS	<i>High Solids</i>
IEPHA/MG	Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IV	Infravermelho (radiação)
LACICOR	Laboratório de Ciência da Conservação
LOW VOC	Baixo conteúdo de Componentes Orgânicos Voláteis
NO VOC	Ausência de Componentes Orgânicos Voláteis
PPG-ACPS	Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável
PVA	Acetato de Polivinila
PVC	<i>Pigment Volume Concentration</i>
PXRF	<i>Portable X-Ray Fluorescence</i>

Py-GC/MS	Pirólise acoplada a Cromatografia gás-líquido e Espectrometria de Massa
SETOP	Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas
SI	Sistema internacional de unidades
TMFF	Temperatura Mínima De Formação De Filme
TNT	Tecido Não Tecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
VOC	<i>Volatile Organic Compounds</i>
WB	<i>Water Based</i>

LISTA DE SÍMBOLOS E FÓRMULAS

Ee	Radiação espalhada
Ei	Radiação incidente
f	Frequência
K	Kelvin
m	Metros
nm	Nanômetros
Tg	Temperatura de transição vítrea
γ_a	Massa unitária
ΔE_v	Diferença entre a energia da radiação incidente e a espalhada
λ	Comprimento de onda
$\lambda_{\text{máx}}$	Comprimento de onda máximo
μ	Micro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO **21**

1.1 PROJETO DE PESQUISA	25
1.2 OBJETO	26
1.3 OBJETIVOS	27
1.4 JUSTIFICATIVA	28
1.5 METODOLOGIA	29
1.6 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	33

CAPÍTULO 2

OS SISTEMAS DE REVESTIMENTO DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO:

TEORIA **36**

2.1 SISTEMAS DE REVESTIMENTOS	37
2.1.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	40
2.1.2 MATERIAIS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE REVESTIMENTOS	44
2.1.3 ARGAMASSAS TRADICIONAIS	54
2.2 O SISTEMA DE PINTURA	56
2.3 COMPONENTES DA TINTA	60
2.3.1 RESINA	61
2.3.2 PIGMENTO	65
2.3.3 SOLVENTE	71
2.3.4 ADITIVO	75
2.3.5 PROCESSOS DE SECAGEM DA TINTA	78
2.4 PRODUTOS UTILIZADOS PARA PINTURA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	81
2.5 TINTAS MODERNAS	83
2.5.1 CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA DE TINTAS	83
2.5.2 ORIGEM DO TERMO “TINTAS MODERNAS”	93
2.5.3 RESINAS FENÓLICAS OU DE FENOL-FORMALDEÍDO	96
2.5.4 RESINAS DE NITROCELULOSE E PIROXILINA	100
2.5.5 RESINAS ALQUÍDICAS	105
2.5.6 RESINAS ACRÍLICAS	115

2.5.7	RESINAS DE BORRACHA CLORADA	121
2.5.8	RESINAS VINÍLICAS	125
2.5.9	RESINAS POLIURETÂNICAS	128
2.5.10	RESINAS DE SILICONE	134
2.5.11	RESINAS EPOXÍDICAS	138
2.5.12	RESINAS HIDROCARBÔNICAS	140
2.5.13	AVALIAÇÃO, DESEMPENHO E PROPRIEDADES DE RESINAS SINTÉTICAS	141

CAPÍTULO 3

OS SISTEMAS DE REVESTIMENTO DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO:

PRÁTICA **145**

3.1	A ANÁLISE CIENTÍFICA DE CAMADAS PICTÓRICAS DE REVESTIMENTO	150
3.1.1	TÉCNICAS DE ANÁLISE NAS REGIÕES DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	152
3.2	EXAMES GLOBAIS <i>IN SITU</i>	161
3.3	DOCUMENTAÇÃO CIENTÍFICA POR IMAGEM	166
3.4	RETIRADA DE AMOSTRAS	172
3.5	EXAMES GLOBAIS EM LABORATÓRIO	175

CAPÍTULO 4

OS SISTEMAS DE REVESTIMENTO DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO:

ESTUDO DE CASO **193**

4.1	O EDIFÍCIO DA SECRETARIA DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO	194
4.2	ESTUDO DE CASO: EXAMES GLOBAIS <i>IN SITU</i>	200
4.3	ESTUDO DE CASO: RETIRADA DE AMOSTRAS	202
4.4	ESTUDO DE CASO: EXAMES GLOBAIS EM LABORATÓRIO E DOCUMENTAÇÃO CIENTÍFICA POR IMAGEM	206
4.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	233

CONSIDERAÇÕES FINAIS **241**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **245**

APÊNDICES **259**

<u>APÊNDICE 1</u>	
<u>REFERÊNCIAS NORMATIVAS VIGENTES DE TINTAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL</u>	260
<u>APÊNDICE 2</u>	
<u>MATERIAIS UTILIZADOS NO SISTEMA DE PINTURA DO EDIFÍCIO</u>	
<u>ESTUDO DE CASO</u>	268
<u>APÊNDICE 3</u>	
<u>ESTUDOS ESTRATIGRÁFICOS SETOP EM 1998</u>	272
<u>ANEXOS</u>	276
<u>ANEXO 1</u>	
<u>O CICLO DA CAL REAÇÕES QUÍMICAS NA PRODUÇÃO E DURANTE SEU ENDURECIMENTO</u>	277
<u>ANEXO 2</u>	
<u>AMBIENTES E RESINAS</u>	279
<u>ANEXO 3</u>	
<u>PRINCIPAIS PRODUTOS UTILIZADOS PARA PINTURA DE EDIFÍCIOS</u>	287
<u>ANEXO 4</u>	
<u>SISTEMAS DE PINTURAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL</u>	295
<u>ANEXO 5</u>	
<u>PATOLOGIAS EM SISTEMAS DE PINTURAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL</u>	299
<u>ANEXO 6</u>	
<u>DICIONÁRIO BIBLIOGRÁFICO DE CONSTRUTORES E ARTISTAS DE BELO HORIZONTE 1894-1940</u>	303
<u>ANEXO 7</u>	
<u>PROJETO EXECUTIVO DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO SETOP</u>	310

CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO

01

02

03

05

04



O patrimônio cultural edificado constitui, geralmente, uma parcela importante do patrimônio cultural de uma comunidade. O patrimônio cultural edificado é o conjunto de bens arquitetônicos, bens urbanísticos, bens paisagísticos, conjuntos urbanos, sítios arqueológicos e paisagens culturais. A presente dissertação se limita ao conceito de bens arquitetônicos, também denominado de patrimônio arquitetônico, composto pelos bens culturais imóveis construídos pelo ser humano. Ele é testemunho de sua história, cultura e tradição; mas, como toda matéria, é suscetível a degradação. A proteção destes bens pode ser material e/ou normativa.

BENS CULTURAIS

Bens culturais são aqueles que materializam e dão identidade a um grupo humano habitante de certo espaço e tempo, criando manifestações que o distinguem de outros grupos e garantindo uma continuidade entre as suas diversas gerações. Assim, o valor cultural do bem transcende o suporte para se revelar na imaterialidade complexa por ele criada, além de se revestir de grande potencial simbólico daquele e para aquele povo e lugar. Há bens culturais, porém, que não se revestem dessa materialidade, porque não importa sua matéria-prima ou o suporte que as materializa mas, apenas, a evocação ou representação que sugerem e esses constituem o que chamamos de bens culturais intangíveis.

BENS IMÓVEIS

Os que, por sua natureza de imobilidade ou fixação ao solo, seja natural ou artificial, mas de modo permanente, dele não se possam mover, em seu todo, sem se desfazerem ou se destruírem. Ex: os sítios arqueológicos, históricos ou científicos, edificações ou outros elementos de valor histórico, científico, artístico ou arquitetônico, religiosos ou seculares, incluídos os conjuntos tradicionais, os bairros históricos das zonas urbanas e rurais e os vestígios de civilizações anteriores que possuam valor etnológico.

PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO

É formado pelos bens imóveis edificados (monumentos, edifícios representativos da evolução histórica ou exemplares de determinado período ou manifestação cultural). Neste caso é também importante a garantia de preservação do entorno da edificação, de forma a assegurar sua distinção e percepção no contexto onde se insere. (MIRANDA; ARAÚJO; ASKAR, 2009)

Considerando a materialidade, o patrimônio cultural edificado experimenta o passar do tempo num incessante esforço contra as intempéries. Esta reação é alcançada pelos materiais utilizados na edificação. Quando há distinção entre o material de construção e a superfície de proteção, surge o conceito de camada de revestimento. O projeto de uma camada de revestimento pressupõe um sistema coeso, composto por uma sequência de níveis. Deve ser constituída por materiais compatíveis entre si,

entre o substrato (material de edificação) e entre as condições ambientais locais. A última camada deste conjunto é o sistema de pintura. Ele é elaborado com materiais fluidos que possibilitam adesão e proteção extra à camada de revestimento.

A tinta é o acabamento do sistema de pintura. As tintas apresentam consistência líquida, quando aplicadas e, após o período de secagem, formam um filme sólido e contínuo na superfície. São, portanto, a barreira mais externa contra agentes patológicos. De uma maneira geral, as tintas são constituídas por aglutinante, solvente, aditivo e pigmento. Os aglutinantes são os componentes não-voláteis, que definem a nomenclatura e determinam as principais características físicas, químicas e mecânicas da tinta. Os solventes são os itens voláteis, indispensáveis para a aplicação. Os pigmentos são partículas sólidas que dão cor e conferem poder de cobertura. Os aditivos são elementos específicos que aprimoram a formulação.

A constituição dos materiais da camada de revestimento, vinculada à sua tecnologia de produção e aplicação, variaram ao longo da história e desenvolvimento tecnológico da humanidade. Tal diversificação, associada à alienação quanto a composição de produtos industrializados e ao desuso dos processos construtivos tradicionais, gerou sistemas de revestimentos, nem sempre compatíveis entre si. Esta falta de afinidade físico-química pode gerar patologias que, em último caso, colaboram para a deterioração¹ do patrimônio arquitetônico.

A proteção normativa do patrimônio cultural é representada por leis e decretos em todas as escalas de poder administrativo. Este aparato jurídico pode embasar ou ser embasado por doutrinas² e cartas patrimoniais³ relacionadas à conservação-

¹ “A deterioração é o efeito incorrido por um artefato por meio da mudança estrutural-funcional de seu estado sob ações físico-mecânicas, assistidas ou não, por fatores climáticos. Este efeito se desenvolve dos centros com baixa resistência até qualquer direção com a mínima estabilidade estrutural. É baseado em processos de destruição microscópica ou macroscópica. Muitas vezes é um efeito singular físico ou cinemático, com um único resultado, mas com uma ou múltiplas causas. Por outro lado, o termo degradação, representa o efeito da mudança da natureza material, sob a ação de muitos fatores (químicos, eletroquímicos, bioquímicos, microbiológicos, radiativos/térmicos etc.). O efeito é baseado nos processos de alteração dos componentes químicos e é cumulativo.” (SPIRIDON; SANDU; STRATULAT, 2011, p.81, tradução nossa).

² Entende-se como doutrina a “reunião dos fundamentos e/ou ideias que, por serem essenciais, devem ser ensinadas”.

Fonte: DOCTRINA. In: DICIO Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: < <https://www.dicio.com.br/>> . Acesso em 15 jun. 2020.

³ “As Cartas Patrimoniais compõem um acervo de grande valor e apresentam as recomendações referentes à proteção e preservação do Patrimônio Cultural, elaborados em encontros em diferentes

restauração⁴ destes bens imóveis. O termo “conservação-restauração” é utilizado para explicitar, genericamente, as várias atividades de salvaguarda que envolvem o patrimônio cultural, como a conservação, a preservação, a manutenção e o restauração.

A CONSERVAÇÃO, no âmbito do patrimônio cultural, pode ser entendida como o processo, ou conjunto de ações continuadas, realizado com vistas a perpetuar os atributos de integridade e autenticidade de um bem cultural. É um valor de continuidade e implica a permanente manutenção do bem cultural. Conforme as circunstâncias, implica ou não de ações de restauração e/ou de preservação que, por sua vez, não se opõem a ela e não são sinônimos. É um processo atemporal.

[...]

A PRESERVAÇÃO, no âmbito do patrimônio cultural, pode ser entendida como o processo de contribuir para a conservação de um bem cultural por meio da salvaguarda de seus atributos de integridade e autenticidade contra potenciais ameaças e danos futuros. É um processo com ênfase no futuro.

[...]

A MANUTENÇÃO, no âmbito do patrimônio cultural, pode ser entendida como o processo de contribuir para a conservação de um bem cultural por meio do cuidado concreto e cotidiano de sua matéria e condições de uso e usufruto. A manutenção deve minorar a necessidade de restauração. É um processo com ênfase no presente.

[...]

A RESTAURAÇÃO, no âmbito do patrimônio cultural, pode ser entendida como o processo de contribuir para a conservação de um bem cultural por meio do restabelecimento de sua matéria a um estado anterior conhecido. Deve terminar quando começa a hipótese, pois se rejeita intervenções conjecturais. Deve ter caráter excepcional, pois se prioriza a manutenção do bem. É um processo com ênfase no passado. (TOFANI, 2019, p.532-541).

A presente dissertação detalha as principais associações e materiais utilizados em sistemas de revestimentos, destacando o sistema de pintura. Foca na caracterização material dos aglutinantes das tintas, como elemento de destaque na conservação-restauração do patrimônio cultural edificado. Direciona, especificamente, para os

épocas e partes do mundo.” (IPHAN, 2020). As Cartas Patrimoniais estão disponíveis em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/226>>. Acesso em: 21 out. 2020.

⁴A flexão do termo “conservação-restauração” também se refere aos profissionais que trabalham com o patrimônio cultural, os conservadores-restauradores. A definição conceitual para a formação técnica do profissional conservador-restaurador é estabelecida pelo ICOM-CC (*International Council of Museums – Committee for Conservation*) e está disponível em: < <http://www.icom-cc.org/47/about-icom-cc/definition-of-profession/>>. Acesso em: 21 out. 2020.

aglutinantes desenvolvidos após a Revolução Industrial. Atualmente estes materiais são conhecidos como resinas sintéticas, as quais ressaltam-se: resina de nitrocelulose e piroxilina; resinas alquídicas; resinas acrílicas; borracha clorada; resinas vinílicas; resinas poliuretânicas; resinas de silicone; resinas epoxídicas e resinas hidrocarbônicas. Nesta dissertação as tintas com base em resinas sintéticas são denominadas de tintas modernas.

A pergunta a ser respondida por esta dissertação é: Como o conhecimento da composição química de repinturas impacta nos processos de intervenção do patrimônio cultural edificado? A hipótese levantada é que a caracterização das tintas modernas, aplicadas na forma de repinturas, pode contribuir para a identificação e remoção das camadas de revestimento pictórico⁵ inadequadas em bens móveis, imóveis e integrados.

1.1 Projeto de pesquisa

Este trabalho está vinculado ao projeto de pesquisa “History of Modern House Paints in Brazil”⁶ realizado, desde 2018, por meio de parceria científica entre equipes da Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte, Brasil), Universidad San Martin (Buenos Aires, Argentina) e Getty Conservation Institute (Los Angeles, EUA). As principais atividades do projeto são: coleta de amostras; realização de análises científicas; pesquisas históricas referentes ao uso, fabricação e aplicação das tintas modernas na América Latina no século XX. Esse projeto, por sua vez, é um desenvolvimento do projeto de pesquisa “Arte Concreta no Brasil” (2015 - 2018) financiado pelo Getty Conservation Institute.

A presente dissertação complementa e integra produções acadêmicas realizadas no âmbito desses projetos de pesquisa (Figura 1). A saber: o Simpósio “Arte concreta Brasileira: A materialidade da Forma: Industrialismo e Vanguarda Latino-Americana” (2015)⁷; a dissertação de mestrado “Arte construtiva brasileira: o uso de materiais

⁵ Entende-se como pictórico, um adjetivo que “que diz respeito à pintura; que se assemelha à pintura”. Fonte: PICTÓRICO. In: DICIO Dicionário Online de Português. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/pictorico/>>. Acesso em 16 jun. 2020.

⁶ A história das tintas modernas no Brasil.

⁷ SIMPÓSIO ARTE CONCRETA BRASILEIRA, 1, 2015, Belo Horizonte. **A materialidade da Forma: Industrialismo e Vanguarda Latino-Americana**. Belo Horizonte: LACICOR/EBA/UFMG, 2015. Disponível em: <<http://lacicor.eba.ufmg.br/arteconcreta/>>. Acesso em: 19, jun 2020.

pictóricos industriais pelos artistas nas décadas de 1950 e 1960” (BARBOSA, 2017); o seminário “Arte concreta e vertentes construtivas: Teoria, crítica e história da arte técnica: Jornada ABCA” (2018)⁸; a disciplina “Tintas Modernas na Região de Belo Horizonte entre 1940 e 1960” (2018)⁹ e a tese de doutorado “A experimentação das vanguardas brasileiras no pós-guerra: conceito e materialidade” (CASTELLO BRANCO, 2019).

Figura 1 - Imagens de produções acadêmicas do Projeto de Pesquisa "Arte Concreta no Brasil"



Fonte: A partir de imagens extraídas do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

1.2 Objeto

O objeto desta pesquisa consiste em um conjunto de fragmentos de camadas pictóricas de revestimento, resultante da sobreposição de repinturas de um edifício em Belo Horizonte, Minas Gerais - o edifício sede da Secretaria de Viação e Obras

⁸ ARTE CONCRETA E VERTENTES CONSTRUTIVAS, 1, 2018, Belo Horizonte. **Teoria, crítica e história da arte técnica**: Jornada ABCA. Belo Horizonte: LACICOR/EBA/UFMG, 2018. Disponível em: <<http://lacicor.eba.ufmg.br/concreteart/#home>>. Acesso em: 19, jun 2020.

⁹ Disciplina do Programa de Pós-Graduação interdisciplinar em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais ministrada pelo Prof. Dr. Luiz Antonio Cruz Souza e pela Profa. Dra. Alessandra Rosado, ofertada no segundo semestre de 2018.

Públicas de Minas Gerais, projetado e executado pela Comissão Construtora da Nova Capital (C.C.N.N.). Integrando o centro administrativo do Estado de Minas Gerais¹⁰ esse edifício em estilo eclético está localizado na Praça da Liberdade e foi construído entre 1895 e 1897. Atualmente, ele sedia o Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais - IEPHA/MG. Até o momento de conclusão desta dissertação transcorrem intervenções no local para sua conversão na “Casa do Patrimônio Cultural de Minas Gerais”.

O sistema de revestimento da edificação apresenta repinturas, com tintas modernas, sobre a camada pictórica original. A visita técnica para documentação, realização de exames e retirada de amostras ocorreu em outubro de 2019. As amostras consistem em fragmentos, coletados de locais representativos, acompanhados pela documentação científica por imagem. Todo o processo foi autorizado e acompanhado por técnicos do IEPHA/MG. Os fragmentos selecionados foram objeto de análise científica para a caracterização dos aglutinantes das camadas pictóricas. Todo o processo metodológico de análise científica da obra de arte será destacado em tópicos subsequentes.

1.3 Objetivos

O objetivo principal da pesquisa de dissertação foi contribuir para o aprofundamento do conhecimento de identificação, de caracterização, de documentação e de análise das resinas constituintes das tintas modernas, em amostras coletadas de camadas pictóricas de um patrimônio cultural edificado. Almejando difundir o procedimento como ferramenta de auxílio aos processos de intervenção com foco na composição físico-química e compatibilidades do sistema de pintura e não apenas como um elemento de cor. Esse objetivo principal desencadeia os seguintes objetivos específicos:

- Relacionar a história da indústria de tintas no Brasil com a sequência de camadas de revestimentos pictóricos;
- Incentivar a identificação material de camadas pictóricas de revestimento e discutir sua interação com camadas subjacentes e

¹⁰ Mais informações sobre a história do centro administrativo do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://circuitoliberaldade.mg.gov.br/pt-br/circuito-liberdade-br/historia>>. Acesso em: 18 out. 2020.

- Complementar o banco de dados, vinculado ao LACICOR-EBA-UFMG, com dados de caracterização físico-químicas de tintas modernas.

1.4 Justificativa

A justificativa principal para a pesquisa de dissertação é colaborar com os processos de intervenção nas camadas pictóricas de revestimento do patrimônio cultural edificado. Assim, desencadeia-se em diversas perspectivas:

- Apresentar a situação atual do tratamento das camadas pictóricas de revestimento nos processos de intervenção;
- Colaborar com a seleção de materiais pictóricos adequados para intervenções no patrimônio cultural edificado;
- Desenvolver conhecimento específico e detalhado a respeito das camadas pictóricas de revestimento, utilizando-o como ferramenta para identificação das funções e valores agregados de uma superfície;
- Elevar a nível nacional o banco de dados desenvolvido, amparado pela Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio - ANTECIPA¹¹, alimentado com estudos de caso semelhantes em outras regiões brasileiras.

O LACICOR – Laboratório de Ciência da Conservação é vinculado ao CECOR – Centro de Conservação e Restauração de Bens Culturais e está localizado na Escola de Belas Artes – EBA da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. O LACICOR participa da Rede ANTECIPA, instituição a qual o Coordenador do LACICOR, Luiz A. C. Souza, é o Presidente. O LACICOR também é um laboratório vinculado à Rede E-RIHS – *European Research Infrastructure for Heritage Science* sediada na Europa. Assim, mantêm vínculos com vários laboratórios na Europa, América do Sul, e América do Norte.

O coordenador do LACICOR (orientador da dissertação), a coorientadora da dissertação e a autora são membros da “Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio; Ciência, Tecnologia e Inovação para o estudo e preservação do Patrimônio Cultural” fundada em 2015. A abrangência territorial,

¹¹ Informações disponíveis em: <http://lacicor.eba.ufmg.br/antecipa/>.

intelectual e de infraestrutura da ANTECIPA colabora com a expansão de estudos de casos vinculados ao patrimônio cultural.

A autora da dissertação é engenheira civil (2013) e bacharel em conservação-restauração de bens culturais móveis (2018) pela Universidade Federal de Minas Gerais. Esta formação interdisciplinar possibilita uma interpretação ímpar do tema abordado. Criando um elo entre áreas do conhecimento completamente relacionadas e dependentes, mas tratadas individualmente e com disparidade de valor pela academia e pelo mercado.

Esta pesquisa está em sintonia com o Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (PPG-ACPS), pois consiste em uma investigação interdisciplinar¹² por meio da compatibilização das linhas de pesquisa “Memória e Patrimônio Cultural / PPG-ACPS - UFMG, “Tecnologia do Ambiente Construído / PPG-ACPS - UFMG, “Análise Científica de Bens Culturais / EBA - UFMG e “Conservação Preventiva de Bens Culturais / EBA - UFMG. O estudo também agrega outras áreas do conhecimento em seus vieses relacionados à conservação-restauração do patrimônio cultural. Dentre tais áreas, destacam-se as Ciências Exatas e da Terra, as Engenharias, as Ciências Sociais Aplicadas, as Ciências Humanas e Artes.

1.5 Metodologia

Esta dissertação possui, necessariamente, segmentos teóricos e práticos interdependentes. O segmento teórico é materializado por pesquisas bibliográficas, documentais e de projeto. As pesquisas bibliográficas são vinculadas aos temas “camadas de revestimento”, “sistemas de pintura”, “tintas imobiliárias” e “tintas modernas”. A temática “tintas modernas”, foco da dissertação, é apresentada e detalhada com histórico, terminologias, ensaios de caracterização e composição

¹² A multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade são métodos diferentes. Segundo Domingues (2003) a multidisciplinaridade considera várias disciplinas cooperando individualmente com um projeto, a interdisciplinaridade propõe uma nova disciplina utilizando métodos de disciplinas mais antigas, já a transdisciplinaridade pressupõe a necessidade de instauração de uma metodologia unificada. "Grosso modo, a grande diferença entre os três é que o interdisciplinar e o multidisciplinar estão ainda presos às disciplinas. Ao passo que o transdisciplinar quer ir além. Mas entendemos que a pesquisa transdisciplinar só poderá ser adotada e enfrentada com sucesso tendo uma base cultural sólida, o que vamos encontrar em pesquisas interdisciplinares ou multidisciplinares de sucesso." (DOMINGUES, 2003).

química *in situ* e em laboratório. Essa compilação estabelece parâmetros e possibilita comparações entre a teoria e o(s) estudo(s) de caso.

As pesquisas documentais compreendem o levantamento de informações históricas e arquitetônicas sobre o estudo de caso selecionado. A consulta se restringe ao acervo do Arquivo Público do Estado de Minas Gerais – APM e do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais – IEPHA/MG. Tais pesquisas visam compilar informações sobre o(s) projeto(s) ou processo(s) de intervenções realizados no(s) estudo(s) de caso(s).

As pesquisas de projeto abrangem a coletânea de propostas de intervenção em camadas pictóricas de revestimento do(s) edifício(s) estudo(s) de caso. Sobre propostas de intervenção, no contexto desta dissertação, entendem-se projetos executados ou não e análises que tenham por objetivo qualquer intervenção nas camadas pictóricas de revestimento. A finalidade da pesquisa é detalhar as intervenções apresentadas. A autora e a equipe envolvida não descartam a possibilidade de existirem intervenções realizadas e não registradas ou documentadas nas instituições de salvaguarda. Esta suspeita poderá ser verificada através da compatibilização dos segmentos teóricos e práticos.

O segmento prático, realizado concomitante às pesquisas documentais, compreende as visitas de campo. Nelas são verificadas e documentadas as áreas de interesse para a pesquisa. Havendo necessidade e anuência serão retiradas amostras de camadas pictóricas de revestimento do(s) estudo(s) de caso. Cabe destacar que os materiais e métodos empregados nesta pesquisa envolvem os procedimentos da análise científica de obras de arte. A seleção dos estudos de caso foi norteada pelas seguintes variáveis, igualmente valoradas:

- Corresponder a uma edificação representativa do patrimônio cultural edificado em Belo Horizonte (Minas Gerais);
- Possuir camadas pictóricas de revestimento com repinturas em tintas modernas;
- Proximidade geográfica à autora, orientador e coorientadora;

- Comprovação da realização de intervenções nas camadas de revestimento pictórico posteriores ao ano de 1907¹³;
- Possuir documentação histórica e arquitetônica;
- Guardar o registro de intervenções anteriores e
- Obter autorização para a remoção de amostras representativas.

Durante o desenvolvimento desta dissertação e do projeto de pesquisa supramencionado muitas edificações foram analisadas com a perspectiva de serem incluídas como estudo de caso. Entretanto, apenas uma foi selecionada por cumprir todas as variáveis requisitadas. O estudo de caso dessa dissertação é o edifício eclético da antiga sede da Secretaria de Viação e Obras Públicas, localizado na Praça da Liberdade, s/n, Belo Horizonte, Minas Gerais (Figura 2). Atualmente o edifício pertence ao IEPHA/MG.

Figura 2 - Praça da Liberdade (Belo Horizonte, Minas Gerais) com destaque para o edifício estudo de caso



Fonte: Visualização em 3D Google Maps (2021) editado pela autora

No segundo semestre de 2019, após pesquisas documentais nos arquivos do

¹³ Data do início da produção de tintas modernas no Brasil, baseado em Telles (1989).

IEPHA/MG - coincidentemente a instituição protetora do bem¹⁴ - foram agendadas visitas de campo ao estudo de caso. As visitas de campo possibilitaram a realização de exames *in situ* não destrutivos. Infelizmente os exames *in situ* não foram conclusivos para a pesquisa, por esta razão foi proposta a amostragem. A coleta de amostras foi acompanhada, indicada e autorizada por técnicos do IEPHA/MG. Ela seguiu o rigor das análises científicas da obra de arte. Em campo e em laboratório, o objeto analisado foi registrado seguindo a documentação científica por imagem. Cada instituição ou laboratório possui sua metodologia e rotina para catalogação de fragmentos.

Neste trabalho os exames foram realizados com o objetivo de identificar os aglutinantes das tintas aplicadas nas camadas de revestimento. A bibliografia de referência sugere como primeira análise laboratorial, de fragmentos constituídos por camadas, a elaboração do corte estratigráfico (Figura 3). Ele é um exame indicado para estudos estratigráficos, pois documenta a sequência de camadas pictóricas do local amostrado. Caracteriza-se como a matriz referencial dos exames subsequentes.

A sequência de exames inclui a Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e análise de fluorescência na radiação ultravioleta de camadas significativas. Tais exames colaboram com a identificação dos aglutinantes presentes nas camadas pictóricas de revestimento. Destaca-se que esta abordagem foi direcionada à identificação química de materiais, extrapolando as convencionais “janelas de prospecção”, utilizadas com intuito de registrar o histórico de cores da superfície em estudo.

O desenvolvimento dos exames científicos foi interrompido pela pandemia do COVID-19 que alcançou o Brasil em fevereiro de 2020. A Universidade Federal de Minas Gerais e, conseqüentemente o LACICOR, suspenderam as atividades presenciais¹⁵ durante o estado de emergência instaurado. A retomada das atividades tem sido gradual e segue protocolos sanitários da universidade e do município de Belo

¹⁴ “O tombamento estadual do Conjunto Arquitetônico e Paisagístico da Praça da Liberdade está registrado pelo decreto n.º 18.531, de dois de junho de 1977, inscritos no Livro de Tombo n.º I — Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico —, no Livro de Tombo n.º II — de Belas Artes — e no Livro de Tombo n.º III — Histórico, das Obras de Arte Históricas e dos Documentos Paleográficos ou Bibliográficos.” (INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS, 2014).

¹⁵ Mais informações em: < <https://ufmg.br/coronavirus>>. Acesso em 10 out. 2020.

Horizonte, Minas Gerais. Infelizmente, até a conclusão desta pesquisa de dissertação, as atividades da universidade e do laboratório não foram retomadas.

Figura 3 – Infográfico da elaboração do corte estratigráfico



Fonte: Elaborada pela autora com imagens extraídas do Acervo LACICOR/CECOR (2019) – Casa do Patrimônio Cultural de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Fotografias de Thais Costa (2019)

1.6 Estruturação da dissertação

Esta dissertação pretende lançar bases para a alteração do tratamento das camadas pictóricas de revestimento, nas intervenções sobre o patrimônio cultural edificado, ao combinar a compilação de conceitos químicos e a descrição de materiais com a prática laboratorial. Apresenta o estado da arte de intervenções em sistemas de revestimento contemporâneo, destacando os sistemas de pintura imobiliária. Esta abordagem está dividida em quatro capítulos.

O primeiro capítulo consiste na presente introdução. Apresenta o sistema de pintura como um elemento de proteção do patrimônio cultural edificado e estabelece os parâmetros da pesquisa: objetos; objetivos; justificativa; materiais e métodos. Também reitera sua vinculação ao projeto de pesquisa “*History of Modern House*

Paints in Brazil” no qual a Universidade Federal de Minas Gerais é colaboradora.

O segundo capítulo apresenta as bases teóricas do objeto em análise, os sistemas de pintura. Denominado “Os sistemas de revestimento do patrimônio cultural edificado: Teoria” o capítulo expõe o detalhamento conceitual dos sistemas de revestimento, com as técnicas e materiais mais utilizados. O sistema de pintura é a última camada do sistema de revestimento. Sua compreensão como um sistema, e não um elemento individual, é fundamental para a coesão do revestimento. O material tinta é detalhado a partir de seus componentes - resina, pigmento, solvente e aditivos. Na indústria de tintas o grande destaque é a resina. O avanço da tecnologia de obtenção da resina é paralelo ao desenvolvimento das tintas e da humanidade. Neste contexto de evolução, o destaque são as tintas modernas. As tintas modernas são formuladas com resinas sintéticas, a saber: resina de nitrocelulose e piroxilina; resinas alquídicas; resinas acrílicas; borracha clorada; resinas vinílicas; resinas poliuretânicas; resinas de silicone; resinas epoxídicas e resinas hidrocarbônicas. As tintas derivadas destas resinas são amplamente utilizadas pelo mercado, mas nem sempre compreendidas em suas singularidades. A compatibilidade material entre as camadas é o cerne deste capítulo.

O terceiro capítulo intitulado “Os sistemas de revestimento do patrimônio cultural edificado: Prática”, versa sobre o viés experimental da pesquisa. Como o objeto da dissertação consiste em um conjunto de fragmentos de sistemas de revestimento de um bem do patrimônio cultural edificado, este tópico apresenta em detalhe os métodos de análise científica da obra de arte. As técnicas são apresentadas pela localização da fonte de energia no espectro eletromagnético e detalhadas quanto à aplicação. Estes exames podem ser realizados *in situ* ou em laboratório, com ou sem a necessidade de retirada de amostras.

O quarto capítulo denominado “Os sistemas de revestimento do patrimônio cultural edificado: Estudo de Caso” consolida todo o conteúdo teórico apresentado nos capítulos anteriores a partir de sua aplicação no estudo de caso selecionado. A edificação estudo de caso desta pesquisa de dissertação é o edifício da antiga sede da Secretaria de Viação e Obras Públicas, localizado na Praça da Liberdade, s/n, Belo Horizonte, Minas Gerais; também denominado de “Prédio Verde”. O histórico de construção e expansão da edificação ao longo do século XX é apresentado. São detalhados os exames realizados *in situ* ou em laboratório para a caracterização de

camadas pictóricas de revestimento, com destaque para a identificação das resinas.

O corpo principal da dissertação é encerrado nas considerações finais. Neste tópico é conciliado o conteúdo teórico e prático apresentado, pontuando a importância da compreensão das especificidades dos componentes para compatibilidade entre materiais existentes e novos. Em relação ao sistema de pintura, busca-se romper o paradigma da desconsideração da composição em detrimento da valorização da apreciação estética. Nos processos de intervenção sob o patrimônio cultural edificado o conhecimento detalhado de materiais, principalmente de tintas, estabelece a relação entre estas camadas e seus processos de deterioração.

Após as referências bibliográficas são apresentados os apêndices e anexos que colaboram com a compreensão da dissertação. Os apêndices são: APÊNDICE 1: Referências normativas vigentes de tintas para construção civil; APÊNDICE 2: materiais utilizados no sistema de pintura do edifício estudo de caso e APÊNDICE 3: estudos estratigráficos SETOP em 1998. Os anexos são: ANEXO 1: O ciclo da cal; ANEXO 2: Ambientes e resinas; ANEXO 3: Principais produtos utilizados para pintura de edifícios; ANEXO 4: Sistemas de pinturas na construção civil; ANEXO 5: Patologias em sistemas de pinturas da construção civil; ANEXO 6: Dicionário bibliográfico de construtores e artistas de Belo Horizonte 1894-1940 e ANEXO 7: Projeto executivo das fachadas do edifício SETOP.

A black and white photograph of a textured wall surface, possibly made of plaster or concrete. The wall shows signs of wear, with a prominent vertical crack and some peeling or chipping of the surface material. A horizontal band of semi-transparent grey is overlaid across the middle of the image, containing the chapter title in white text.

CAPÍTULO 2

OS SISTEMAS DE REVESTIMENTO DO
PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO:
TEORIA

Na maioria dos sistemas construtivos, a durabilidade das edificações e monumentos é conseguida por meio da proteção das superfícies contra agentes de degradação. Os principais agentes de degradação destas superfícies são: climáticos, mecânicos, poluentes e sais solúveis. O funcionamento adequado desta proteção é alcançado por meio da seleção de materiais compatíveis entre si, entre o substrato e entre o ambiente de entorno. A literatura define esta proteção como sistema de revestimento.

2.1 Sistemas de Revestimentos

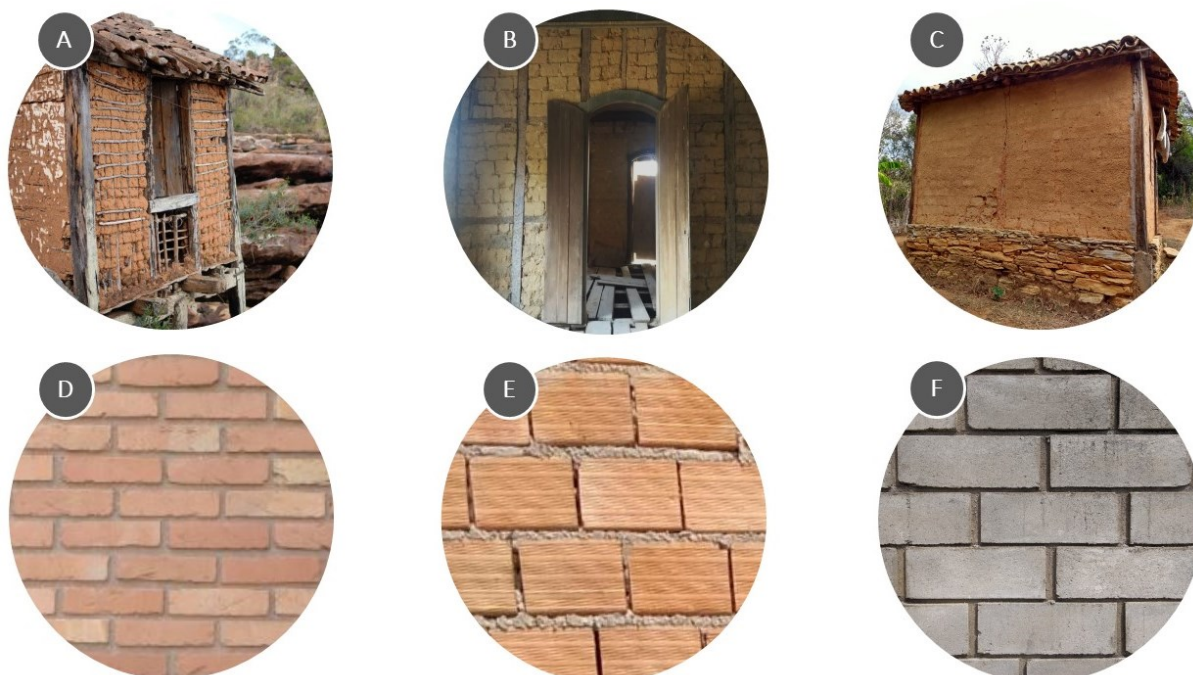
Fiorito (2009) afirma que os revestimentos são constituídos por camadas de materiais diferentes entre si, formando um sistema com propriedades, classificações e funções específicas. O uso do termo “sistema” destaca a ação conjunta e harmônica exigida entre as camadas constituintes, principalmente sua adesão ao substrato (BAUER, 2005). “Como estão intimamente ligadas, qualquer deformação em uma dessas camadas resultará no aparecimento de tensões em todo o conjunto.” (FIORITO, 2009, p. 23).

O projeto da edificação define as funções do sistema de revestimento. “As funções de um sistema de revestimento vão desde a proteção à alvenaria, regularização das superfícies, estanqueidade, até funções de natureza estética, uma vez que se constitui o elemento de acabamento final das vedações.” (BAUER, 2005, p.7). Como a maioria dos sistemas de revestimento é constituída por revestimentos em argamassa, a denominação genérica de “argamassas” pode substituí-los na literatura.

A definição da natureza do sistema de revestimento normalmente é um dado de natureza projetual, contemplado por escolhas de estética e funcionalidade. O detalhamento de um sistema já se preocupa com processos projetuais e construtivos, assumindo preocupações quanto à natureza e tipos de materiais e técnicas a empregar. A especificação do sistema já leva em conta a definição objetiva e adequada dos materiais, traços, juntas e técnicas executivas. A especificação correntemente é chamada, no meio técnico, de projeto de fachadas. Na verdade, o projeto vai mais além e deve contemplar a funcionalidade da fachada inserindo elementos fundamentais ao bom desempenho da mesma. (BAUER, 2005, p.8).

Os sistemas de revestimento são aplicados sobre um substrato (Figura 4), formando um conjunto aderido. A literatura de referência destaca muitos parâmetros vinculados à resistência do conjunto, entretanto, a composição material é igualmente significativa.

Figura 4 - Exemplos de substratos encontrados em edificações



Legenda: (A) Parede em pau-a-pique com estrutura de madeira - Cachoeira do Moinho, Milho Verde, Minas Gerais, Fotografia de Gibran Costa (2018);
 (B) Parede em tijolos de adôbos com estrutura de madeira - Fazenda Santo Antônio, Esmeraldas, Minas Gerais, Fotografia de Diane Almeida (2019);
 (C) Parede em tijolos de adôbos com estrutura de madeira - Residência em Lapinha da Serra, Minas Gerais, Fotografia de Thais Costa (2019);
 (D) Detalhe de uma parede de tijolos cerâmicos maciços - Belo Horizonte, Minas Gerais, Fotografia de Thais Costa (2019);
 (E) Detalhe de uma parede de blocos cerâmicos - Belo Horizonte, Minas Gerais, Fotografia de Thais Costa (2019);
 (F) Detalhe de uma parede de blocos de concreto - Belo Horizonte, Minas Gerais, Fotografia de Thais Costa (2019).

Fonte: Acervo pessoal dos fotógrafos citados na legenda

Os substratos podem ser classificados (Quadro 1) quanto a natureza dos materiais constituintes, a função na estrutura ou as características físicas. “Não se pode, todavia, raciocinar somente do ponto de vista de resistências mecânicas, devendo-se otimizar também características de deformabilidade do sistema de revestimento.” (BAUER, 2005, p. 9). As características físicas (Quadro 1) desempenham funcionalidades essenciais nos sistemas de revestimento, a saber:

- Propriedades: Textura (rugosidade) e resistência mecânica
Função: aderência, suporte e ancoragem¹⁶
- Propriedades: Porosidade e absorção capilar
Função: transporte de água¹⁷

Quadro 1 - Classificação dos substratos

NATUREZA DOS MATERIAIS CONSTITUINTES	FUNÇÃO NA ESTRUTURA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
Blocos cerâmicos	Elemento de Vedação	Textura (rugosidade)
Blocos de concreto	Elemento Estrutural	Porosidade
Blocos de concreto celular		Absorção capilar
Elementos estruturais em concreto (pilares, vigas e lajes)		Propriedades mecânicas (Resistência mecânica)

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Bauer (2005)

Bauer (2005) afirma que alguns substratos, também denominados de bases, necessitam de preparação para o desempenho adequado do sistema revestimento-substrato. A preparação pode consistir em limpeza, correção de irregularidade ou umedecimento.

Um processo tradicionalmente empregado para a preparação de substratos é o chapisco, entendido como uma superfície de uniformização. “O chapisco visa em sua essência fornecer ao substrato uma textura adequadamente rugosa e com porosidade

¹⁶ “A propriedade básica e fundamental de um sistema de revestimento em argamassa é a aderência. A mesma se desenvolve através da ancoragem mecânica da argamassa com o substrato através das rugosidades e textura da interface, e também pela condição de atrito propiciada pelos compostos hidratados dos aglomerantes que penetram na porosidade do substrato. Assim, é fundamental que o substrato tenha determinada capacidade de sucção de água, para promover um caminho facilitado para o transporte dos compostos em hidratação do cimento, principalmente. Substratos com sucção muito baixa promovem aderência baixa. A rugosidade da interface incrementa os valores de aderência conseguidos pela hidratação no interior do substrato.” (BAUER, 2005, p.13).

¹⁷ “O substrato, através de sua capacidade de absorção de água, é o maior responsável pela perda de água da argamassa após aplicação. As suas características superficiais e de porosidade como: diâmetro, estrutura, volume e distribuição de poros, influem diretamente no transporte de água da argamassa. Tem-se buscado identificar propriedades ou características dos substratos, tais como, absorção de água, rugosidade superficial e outros, que modelem seu comportamento com relação às características de desempenho dos revestimentos, em especial, na adesão e na resistência de aderência.” (PAES; GONÇALVES, 2005, p.42).

adequada ao desenvolvimento da aderência [...] com propriedades resistentes coerentes aos esforços que ocorrem.” (BAUER, 2005, p. 9). A espessura reduzida do chapisco (em média 5,0 milímetros) gera controvérsia quanto sua classificação: Bauer (2005) o considera um *procedimento* de preparação de base e Carasek (2007) uma *camada* de preparação de base.

2.1.1 Argamassa de Revestimento

Segundo Carasek (2007), os sistemas de revestimentos também são denominados de argamassas de revestimento. As argamassas “são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais.” (CARASEK, 2007, p. 865). As argamassas podem ser classificadas quanto suas funções (Quadro 2) ou requisitos e propriedades na estrutura (Quadro 3).

Quadro 2 - Classificação das argamassas segundo suas funções na construção

FUNÇÃO	TIPOS
PARA CONSTRUÇÃO DE ALVENARIAS	Argamassa de assentamento Argamassa de fixação ou encunhamento
PARA REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS	Argamassa de chapisco Argamassa de emboço Argamassa de camada única Argamassa para revestimento decorativo monocamada
PARA REVESTIMENTO DE PISOS	Argamassa de contrapiso Argamassa de alta resistência para piso
PARA REVESTIMENTOS CERÂMICOS (PAREDES / PISOS)	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante Argamassa de rejuntamento
PARA RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS	Argamassa de reparo

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Carasek (2007)

Quadro 3 - Principais requisitos e propriedades das argamassas para as diferentes funções

TIPOS DE ARGAMASSA	FUNÇÃO	PRINCIPAIS REQUISITOS E PROPRIEDADES
ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO DE ALVENARIA (ELEVAÇÃO)	Unir as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistir aos esforços laterais	Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e retenção de água)
	Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos	Aderência
	Absorver deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita	Capacidade de absorver deformações
	Selar as juntas	Resistência mecânica
CHAPISCO	Garantir aderência entre a base e o revestimento de argamassa	Aderência
	Contribuir com a estanqueidade da vedação	
EMBOÇO e CAMADA ÚNICA	Proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo	Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e adesão inicial)
	Integrar o sistema de vedação dos edifícios contribuindo com diversas funções	Baixa retração
	Regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos	Aderência Baixa permeabilidade à água
		Capacidade de absorver deformações Resistência mecânica
CONTRAPISO	Regularizar a superfície para receber acabamento (piso)	Aderência
		Resistência mecânica
ARGAMASSA COLANTE (ASSENTAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO)	“Colar” a peça cerâmica ao substrato	Trabalhabilidade (retenção de água, tempo em aberto, deslizamento e adesão inicial)
	Absorver deformações naturais a que o sistema de revestimento cerâmico estiver sujeito	Aderência Capacidade de absorver deformações (flexibilidade)

ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO (DAS JUNTAS DE ASSENTAMENTO DAS PEÇAS CERÂMICAS)	Vedar as juntas	Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e adesão inicial)
	Permitir a substituição das peças cerâmicas	Baixa retração
	Ajustar defeitos de alinhamento	Aderência
	Absorver pequenas deformações do sistema	Capacidade de absorver deformações (flexibilidade)
ARGAMASSA DE REPARO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	Reconstituição geométrica de elementos estruturais em processo de recuperação	Trabalhabilidade
		Aderência ao concreto e armadura originais
		Baixa retração
		Resistência mecânica
		Baixa permeabilidade e absorção de água (durabilidade)

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Carasek (2007)

Independente da classificação, as argamassas são constituídas por uma sequência de camadas, onde o chapisco é a uniformização do substrato. As camadas tradicionais em um sistema de revestimento são: emboço e reboco ou camada única (Figura 5).

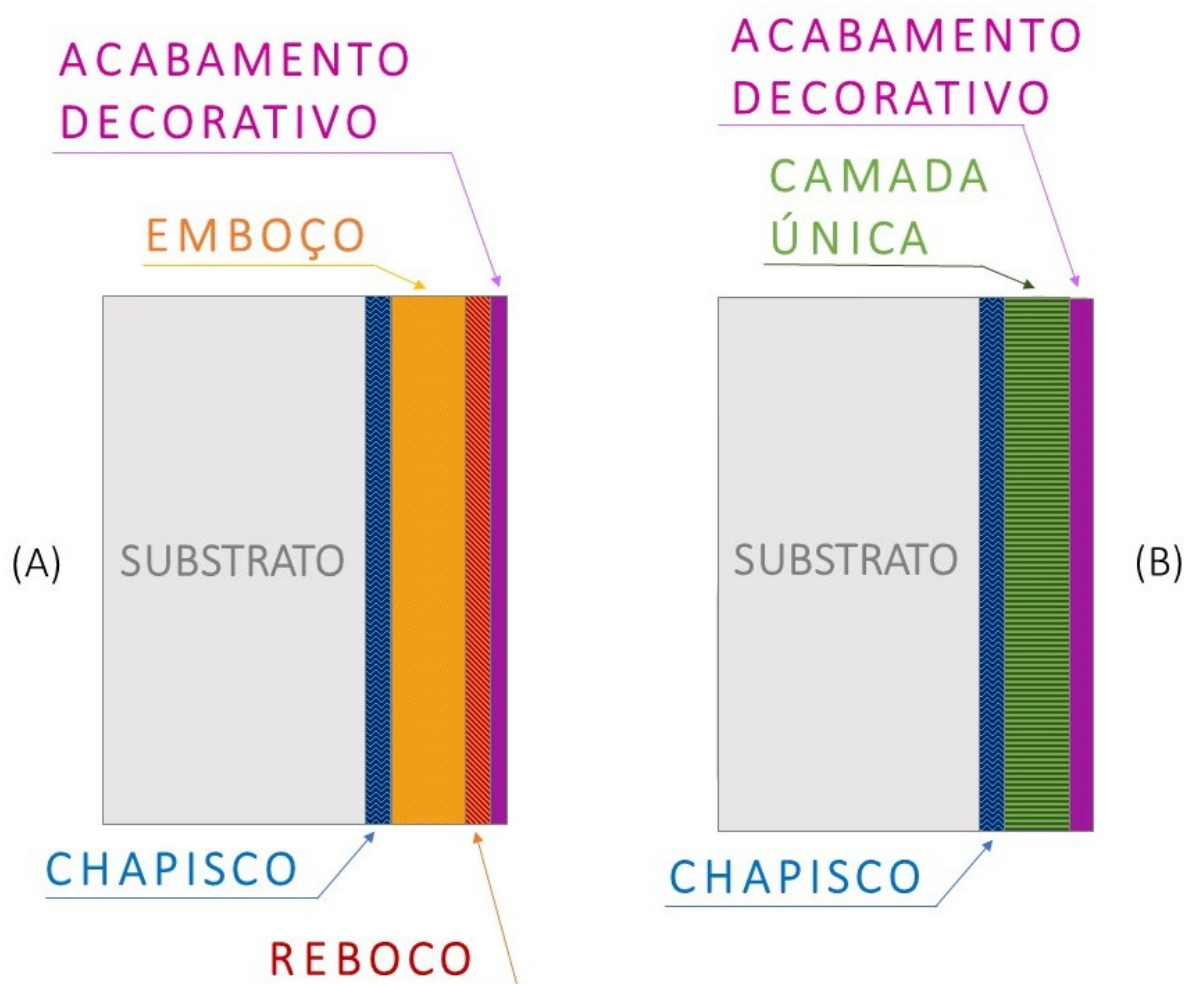
A camada subsequente ao chapisco é o emboço. Ele é executado para correções de irregularidades até alcançar a planeza, prumo e nivelamento normativo estabelecido para a superfície. Esta camada é, geralmente, a mais espessa do sistema. Para garantir forte aderência ao substrato, o emboço é executado com granulometrias¹⁸ grossas (BAUER, 2005). Desta forma, os grãos possibilitam uma rugosidade adequada ao recebimento e aderência da camada consecutiva.

O reboco é a camada que reveste o emboço e estabelece uma superfície que permite a aplicação do revestimento decorativo ou caracteriza o acabamento (CARASEK, 2007). “Sua espessura é apenas o necessário para constituir uma superfície lisa, contínua e íntegra.” (BAUER, 2005, p.12). O acabamento decorativo é o “revestimento decorativo aplicado sobre o revestimento de argamassa, como pintura, materiais

¹⁸ “O estudo da distribuição dos diversos tamanhos de grãos numa massa de materiais granulares é chamado de análise granulométrica.” (FARIA; PALMEIRA, 2007, p.500).

cerâmicos, pedras naturais, placas laminadas, têxteis e papéis.” (GUEDES, 2004, pp. 574-575).

Figura 5 - Sistema de revestimento em paredes



Legenda: (A) Sistema de revestimento constituído por: chapisco + emboço + reboco + acabamento decorativo
 (B) Sistema de revestimento constituído por: chapisco + camada única + acabamento decorativo

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Carasek (2007)

No Brasil, atualmente, são utilizados muitos revestimentos em camada única. Este revestimento corresponde às exigências físico-mecânicas do emboço e reboco. A camada única é um “revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa, como por exemplo a pintura; também chamada popularmente de ‘massa única’ ou ‘reboco paulista’.” (CARASEK, 2007, p. 870).

2.1.2 Materiais utilizados em sistemas de revestimentos

O uso de novos materiais e técnicas nos sistemas de revestimento, implica na mudança dos parâmetros de referência estabelecidos para argamassas. Isso gera problemas relacionados à ausência de informações técnicas e a falta de capacitação adequada para a mão de obra (BAUER, 2005). Como o processo de construção¹⁹ é norteado pelos materiais constituintes (Figura 6), sua caracterização tecnológica²⁰ é fundamental (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003). Ao longo dos séculos, os materiais empregados em construções foram determinados pela correlação entre: características intrínsecas, localização geográfica, tradição local, viabilidade econômica e sociopolítica.

Figura 6 - Diversidade de materiais e técnicas construtivas encontradas em uma parede – Detalhes ampliados das janelas de prospecção



Fonte: Igreja do Rosário - Distrito de Cocais, Barão de Cocais, Minas Gerais, Fotografia de Gibran Costa (2018)

Materiais de construção civil são elementos de naturezas diversas, que devem desempenhar papéis específicos e previsíveis de maneira

¹⁹ “Entende-se por processo de construção as seguintes etapas: concepção, projeto, cálculo, quantificação, execução, ocupação e manutenção.” (BAUER, 2005).

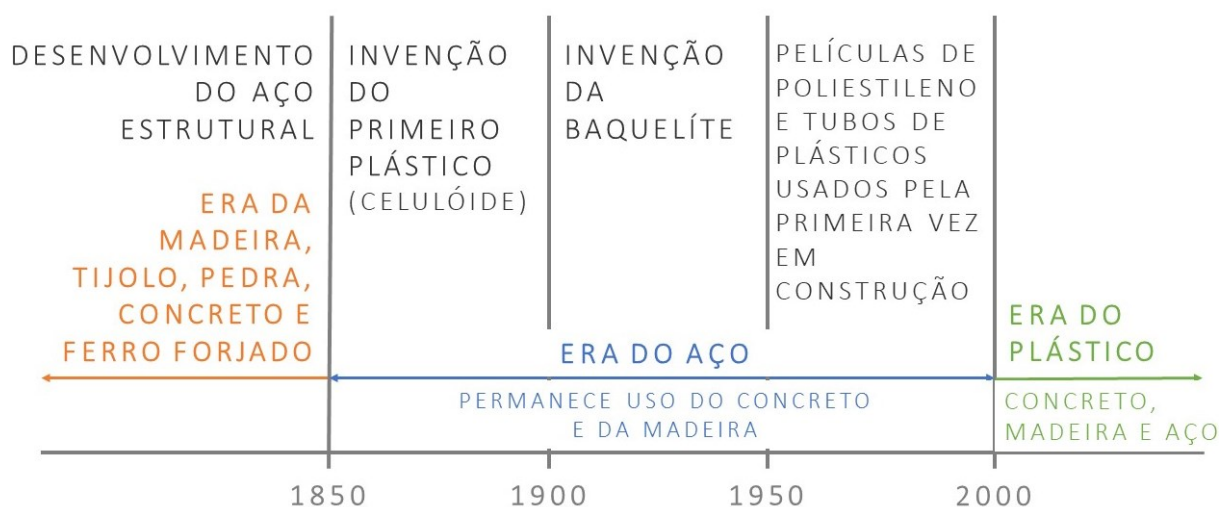
²⁰ “A caracterização tecnológica pode ser definida como a compreensão de um material quanto às suas propriedades intrínsecas, quanto ao seu comportamento diante de solicitações externas e quanto a requisitos técnicos estabelecidos para executar determinada função.” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003).

a possibilitar e a garantir a existência de um determinado ambiente construído, pensado para um determinado fim – habitação, transporte, serviços e vários outros. (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, p. 13).

Segundo Galvão Júnior (s.d.), a pedra, a madeira e a terra foram os primeiros, e principais, materiais utilizados para a construção de abrigos para o ser humano. O desenvolvimento da humanidade e, conseqüentemente, dos materiais e métodos de edificar criou uma gama de insumos e novos processos executivos nas construções (Figura 7).

O uso de materiais pelo homem acompanhou, na escala do tempo, a evolução de conhecimento, de aprendizado e de experiência para o aprimoramento do uso dos materiais naturais disponíveis, através do empirismo. À medida que as leis das Ciências Básicas²¹ foram formuladas a partir do século XVI, a velocidade de incorporação desse conhecimento à vida prática torna-se maior, o que possibilitou ao homem transformar a matéria-prima natural em produtos cada vez mais bem elaborados e até sofisticados. (ISAIA, 2007, p.17).

Figura 7 - Visão histórica dos materiais de construção



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Patton (1978)

As argamassas de revestimento são caracterizadas por uma mistura de aglomerantes, agregados e aditivos. Mesmo que essa nomenclatura seja atual, os materiais utilizados desde a antiguidade seguiam as mesmas funções. Os aglomerantes são materiais pulverulentos que, quando ativados (pela água ou gás carbônico), agregam os demais componentes. As diferenças entre as propriedades físico-mecânicas dos aglomerantes geram revestimentos com comportamentos e características

²¹ Isaia (2007) define como Ciências Básicas: Filosofia, Física, Matemática e Química.

específicas. A incompreensão destas propriedades pode suscitar a incompatibilidade entre camadas. Torraca (2009) identifica dois tipos comuns de patologias, causadas por incompatibilidades, baseadas no processo de deterioração envolvido (Figura 8):

- Compatibilidade física: caracterizada pela porosidade, coeficiente de expansão térmica e módulo de elasticidade;
- Compatibilidade química: caracterizada pela eflorescência e sub-eflorescência de sais solúveis.

Figura 8 - Patologias por incompatibilidade física e química em edificações na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais



Fonte: Fotografias de Thais Costa (2019)

Os agregados são fragmentos de rochas em diversas granulometrias. A sua principal característica é não reagir com os outros elementos, ou seja, são inertes. Os aditivos contribuem para a melhora de características específicas das argamassas, como a trabalhabilidade e a resistência final (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003).

2.1.2.1 Aglomerantes

Os aglomerantes mais utilizados são o cimento²², a cal²³ e o gesso²⁴. Eles são classificados, em relação à resistência quanto a exposição prolongada à água, em aéreos ou hidráulicos. Os aglomerantes aéreos²⁵ (cal e gesso) possuem baixa resistência, enquanto os hidráulicos²⁶ (cimento) possuem alta resistência.

A cal e o gesso são materiais compatíveis. Apresentam tempos de endurecimento diferentes e, ainda assim, podem ser utilizados em associação nos sistemas de revestimentos. “O gesso endurece por rápida reação com a água, [...] a cal hidratada²⁷ endurece mais lentamente, pela reação com o gás carbônico atmosférico, capturando parte do gás que foi liberado na sua produção.” (CINCOTTO; QUARCIONI; JOHN, 2007, p. 693).

Cincotto, Quarcioni e John (2007) afirmam que, até a invenção do cimento Portland em 1824, a cal era o único aglomerante utilizado em construções. A cal é um aglomerante inorgânico e solúvel em água. Sua utilização na construção necessita de um processamento específico (Figura 9 e ANEXO 1 O CICLO DA CAL).

Na produção, a calcinação não atinge a transformação completa dos carbonatos em óxidos; conseqüentemente, a cal virgem²⁸ contém sempre uma porcentagem residual de carbonatos. A hidratação dos óxidos também não é completa, e a cal hidratada contém sempre uma porcentagem de óxidos não hidratados, também chamados de óxidos

²² “Cimento: Aglomerante hidráulico constituído em sua maior parte de silicatos e/ou aluminatos de cálcio.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990).

²³ “Cal: Aglomerante cujo constituinte principal é o óxido de cálcio ou óxido de cálcio em presença natural com óxido de magnésio, hidratados ou não.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990).

²⁴ “Gesso: Aglomerante aéreo obtido usualmente pela calcinação moderada da gipsita (sulfato de ácido diidratado) resultando em sulfatos de cálcio hemi-hidratados (hemidratos).” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990).

²⁵ “Aglomerante aéreo: Aglomerante cuja pasta apresenta a propriedade de endurecer por reações de hidratação e pela ação química do anidrido carbônico (CO₂) presente na atmosfera e que, após seu endurecimento, não resiste satisfatoriamente quando submetida à ação da água.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990).

²⁶ “Aglomerante hidráulico: Aglomerante cuja pasta apresenta a propriedade de endurecer apenas pela reação com a água e que, após seu endurecimento, resiste satisfatoriamente quanto submetido à ação da água.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990).

²⁷ “A cal hidratada é um pó seco obtido pela hidratação de cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003b).

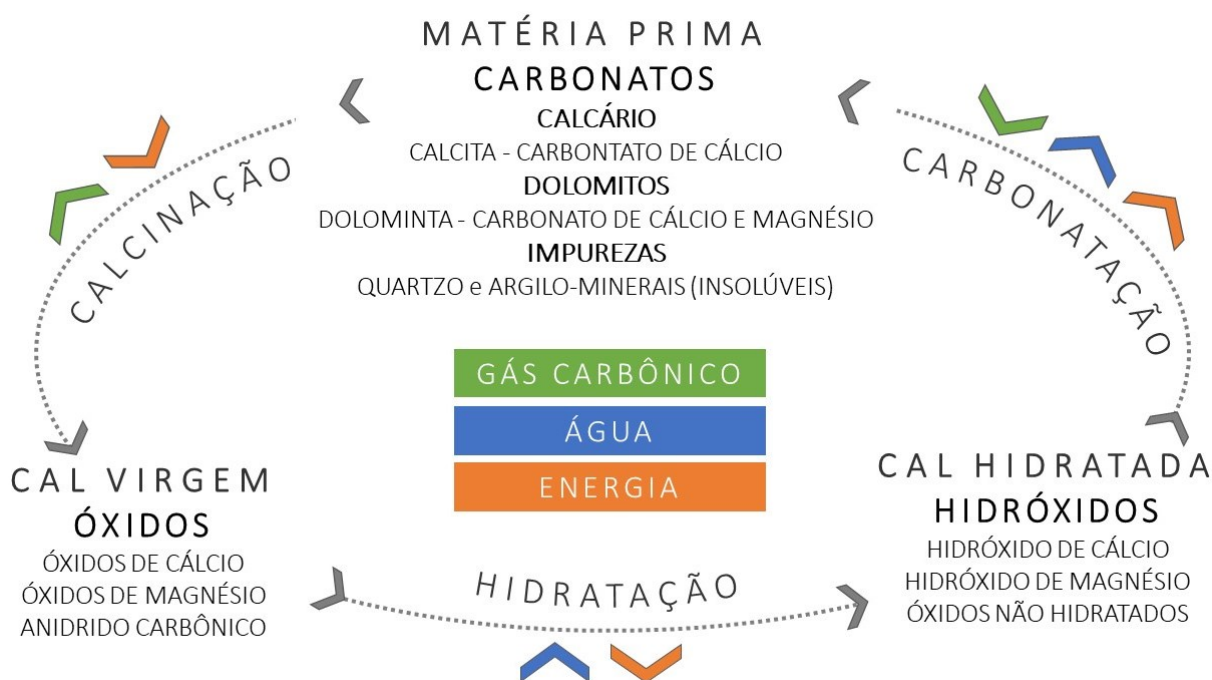
²⁸ “A cal virgem é um produto obtido da calcinação de carbonatos de cálcio e/ou magnésio, constituído essencialmente de uma mistura de óxidos de cálcio e de óxido de magnésio, ou ainda de uma mistura de óxidos de cálcio, óxidos de magnésio e hidróxido de cálcio.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003a).

livres. (CINCOTTO; QUARCIONI; JOHN, 2007, p. 696).

A propriedade aglomerante da cal é mensurada pelo teor de hidróxidos originados dos óxidos. A composição química e o processo de produção definem o desempenho da cal. As principais propriedades da cal como aglomerante são:

- aumento da plasticidade – melhora a aplicabilidade e o rendimento do revestimento;
- retenção de água – colabora com a hidratação do cimento e evita a formação de trincas resultantes de tensões diferenciais;
- durabilidade – atua como agente fungicida e bactericida, diminuindo a ocorrência de eflorescências (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003).

Figura 9 - Ciclo de transformação da matéria-prima e da cal



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Cincotto, Quarcioni, John (2007)

Tanto a cal virgem quanto a cal hidratada são constituídas de uma fração efetivamente aglomerante (os hidróxidos), uma fração potencialmente aglomerante (os óxidos), e uma fração inerte (óxidos calcinados à morte²⁹, impurezas e carbonatos). (CINCOTTO; QUARCIONI; JOHN, 2007, p. 697).

John e Cincotto (2007) distinguem o gesso utilizado como aglomerante na construção

²⁹ “Os óxidos calcinados à morte são frações de óxidos não hidratados que foram submetidos a calcinação excessiva.” (CINCOTTO; QUARCIONI; JOHN, 2007, p. 697).

civil pela sua obtenção. Ele pode ser produzido a partir de matéria-prima natural (gipso) ou por resíduos industriais de sulfatos de cálcio. A origem do gesso obtido naturalmente é o evaporito. O evaporito é uma rocha sedimentar química, que apresenta depósito dos minerais gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou halita (NaCl).

O gipso é o minério mais comum dos sulfatos, encontrado extensivamente em muitos lugares do mundo, contendo gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anidrita (CaSO_4) e algumas impurezas. (JOHN; CINCOTTO, 2007, p.757).

A produção de gesso, via matéria-prima natural, envolve os seguintes processos industriais: extração; britagem; moagem grossa; estocagem; secagem; calcinação; moagem fina; e ensilagem. Os sulfatos de cálcio oriundos de resíduos industriais “são originados nos processos de produção de fertilizantes fosfáticos, ácido fluorídrico (insumo da produção de plásticos fluorados) ou da remoção de enxofre de gases de combustão, com vistas a reduzir a chuva ácida.” (JOHN; CINCOTTO, 2007, p.731). Os subprodutos da indústria de fertilizantes fosfáticos são denominados de “fosfogesso” ou “gesso químico”. Este material industrializado é gerado pela solubilização de rochas fosfáticas, por ácido clorídrico, nítrico ou sulfúrico.

As diferentes pressões e temperaturas de queima do gesso geram fases com características específicas, no que se refere à reatividade e teor de água. As fases dos sulfatos são: hemidratos ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ou hemidrato- β^1); anidrita III ou anidrita solúvel ($\text{CaSO}_4 \cdot \epsilon \cdot \text{H}_2\text{O}$); anidrita II ou anidrita insolúvel (CaSO_4); anidrita I (CaSO_4) e gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). As propriedades aglomerantes do gesso são determinadas pelo teor de hemidrato e de anidrita (JOHN; CINCOTTO, 2007).

A principal característica do gesso, resultante de sua composição, é a absorção de calor. Essa propriedade é relevante nas reações exotérmicas, como aquelas resultantes do endurecimento das argamassas de revestimento ou uso como material resistente ao fogo. Contrapondo esta vantagem, ressalta-se que o gesso não pode ser utilizado em ambientes externos, dada a sua fácil solubilidade em água (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003).

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2003) atualmente o cimento é o aglomerante mais utilizado na construção civil. Ele é um material pulverulento, de coloração cinza, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio. Sua principal característica é desenvolver elevada resistência mecânica, ao longo do tempo, após ser misturado à água. Helene e Andrade (2007) afirmam que os primeiros registros de cimento

remetem ao Império Romano, em construções como a *Via Apia* e o *Panteão de Roma*. O cimento antigo é obtido da mistura de cal hidratada e argila pozolânica. O cimento atual é o cimento Portland, patenteado por John Aspidin (1778-1855), em 1824, na Inglaterra.

O cimento Portland é produzido pela moagem do clínquer, obtido pela clinquerização, ou seja, a calcinação da mistura de calcário e argila, com adição posterior de gesso. O gesso adicionado impede as reações de hidratação prematuras entre o cimento e a água (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003). Esse cimento é constituído por vários compostos químicos em percentuais variáveis, determinando propriedades específicas. A propriedade aglomerante do cimento está relacionada à hidratação dos compostos químicos do clínquer. A variabilidade de propriedades, somada às possibilidades de adições, levou a normatização de cinco tipos comerciais de cimento Portland pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT:

- CP I: Cimento Portland Comum;
- CP II: Cimento Portland Composto – adições de escória de alto-forno³⁰, pozolana³¹ e filer³²;
- CP III: Cimento Portland de Alto-Forno – adição de escória de alto-forno;
- CP IV: Cimento Portland Pozolânico – adição de pozolana;
- CP V: Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – maiores proporções de silicato tricálcico.

Ribeiro, Pinto e Starling (2003) salientam que a qualidade do cimento é avaliada por ensaios definidos pela ABNT. Dentre os ensaios que determinam as principais propriedades para um aglomerante, destacam-se:

- Finura - relacionado ao tamanho dos grãos, influenciando várias características³³;

³⁰ “A escória de alto-forno é um resíduo siderúrgico proveniente da produção do aço.” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, pp.36-37).

³¹ “Pozolanas são materiais silicosos que, finamente pulverizados e em presença de umidade, reagem com o hidróxido de cálcio liberado pela hidratação do cimento Portland, formando compostos com propriedades aglomerantes.” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, p.37).

³² “Filer é a denominação genérica que se dá aos materiais de granulometria fina - materiais que passam pela peneira ABNT 0,075 mm (ABNT NBR 5734 - Peneiras para ensaio – Especificação).” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, p.37).

³³ “Quanto mais fino o cimento maior a resistência (principalmente nas primeiras idades), maior a

- Tempo de pega³⁴ - tempo suficiente para hidratar todos os grãos;
- Expansibilidade³⁵ - aumento de volume controlado, após o final da pega;
- Resistência à compressão³⁶ - adequada ao tipo de cimento;
- Calor de hidratação³⁷ - quantidade de calor resultante das reações de hidratação e endurecimento.

Quando se compara o processo de endurecimento da cal e do cimento, as misturas que utilizam cal, apresentam resistência mecânica inferior e porosidade superior. Isso decorre do endurecimento lento da cal, por meio da difusão do gás carbônico, para o interior da pasta (CINCOTTO; QUARCIONI; JOHN, 2007).

2.1.2.2 Agregados

Os agregados são fragmentos de rochas com as dimensões e propriedades adequadas às diversas aplicações da construção civil. “Os fragmentos de rochas são pedaços da rocha intacta, provenientes da desagregação natural devida aos agentes de intemperismo, ou da desagregação artificial por um processo mecânico qualquer.” (FARIAS; PALMEIRA, 2007, p. 483). Os agregados são classificados (Quadro 4) pela obtenção, massa unitária e forma dos grãos. Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2003), as classificações dos agregados interferem no produto esperado:

- massa unitária - influencia no tipo de aplicação pretendida;
- forma dos grãos - atua na trabalhabilidade da massa;
- granulometria - interfere na trabalhabilidade, na compactação e na resistência à esforços mecânicos.

trabalhabilidade, maior a impermeabilidade e menor a exsudação (separação da água de amassamento dos concretos, devido à diferença de densidade em relação ao cimento, que prejudica a uniformidade, a resistência e a durabilidade dos mesmos).” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, p.38).

³⁴ “O tempo de pega, também denominado de cura, é tempo suficiente para o enrijecimento da pasta de cimento.” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, p.38).

³⁵ “A expansibilidade do cimento é um fenômeno que pode ocorrer após o final da pega, ao longo do tempo, provocando fissuras. Isso poderá ocorrer em função do processo de fabricação, quando, na obtenção do clínquer, o teor de magnésio ou cal livre for elevado.” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, p.38).

³⁶ “A resistência a compressão do cimento é uma propriedade mecânica expressa pela relação entre a carga de ruptura e a área da seção transversal de corpos de prova normatizados pela ABNT, de dimensões 5 x 10 cm, confeccionados com argamassa normalizada.” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, p.39).

³⁷ “A quantidade de calor gerado depende da composição química do cimento, da sua finura e de outros fatores. Esse efeito pode acontecer durante meses, em função do volume do concreto.” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, p.39).

Quadro 4 - Principais classificações para agregados

CLASSIFICAÇÃO		DESCRIÇÃO
OBTENÇÃO	NATURAIS	Rochas fragmentadas pela ação do vento, das chuvas, das variações de temperatura etc. e encontradas na natureza sob a forma de agregados
	ARTIFICIAIS	Materiais que foram fragmentados ou triturados com auxílio de britadores ou outro meio artificial
MASSA UNITÁRIA ³⁸ (γ_a)	LEVES	$\gamma_a < 1$
	NORMAIS	$1 < \gamma_a < 2$
	PESADOS	$\gamma_a > 2$
FORMA DOS GRÃOS	ARREDONDADOS	Completamente erodido por água ou por atrito
	ANGULOSOS	Com arestas bem definidas
	IRREGULARES	Irregularidades naturais

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Ribeiro; Pinto; Starling (2003)

Farias e Palmeira (2007) afirmam que a classificação quanto a granulometria varia entre as diversas áreas do conhecimento. A construção civil adota a classificação quanto a textura³⁹, listando diversas frações denominadas de grupos. Entretanto, os limites destas frações são diferentes entre as instituições brasileiras (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT/NBR e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT) e as internacionais (*American Society for Testing and Materials* – ASTM) (Figura 10).

Em algumas classificações os termos “areia” e “argila” assumem conotações granulométricas ou mineralógicas. De maneira geral, os engenheiros associam “areia” a grãos de quartzo, pois este é o mineral mais presente em areias naturais. Por outro lado, o termo “argila” é usado indiscriminadamente para se referir a “argilo-minerais”. A bibliografia recomenda o uso dos termos “fração areia” e “fração argila” quando se referir a granulometria.

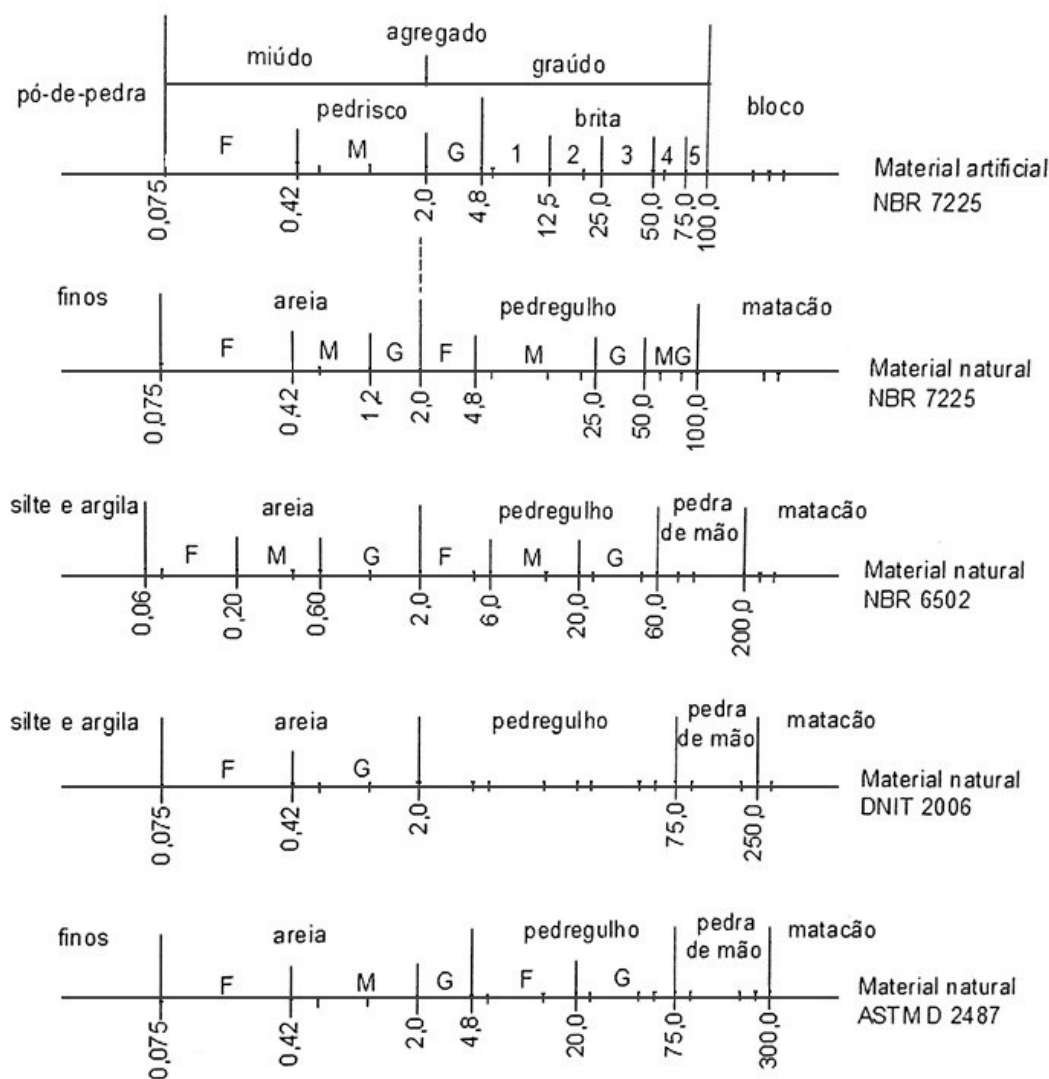
³⁸ A massa unitária é a relação entre a massa e o volume de sólidos, incluindo os vazios.

³⁹ “O termo textura refere-se ao tamanho dos grãos, no caso de fragmentos, e também ao tamanho dos minerais no caso de rochas intactas.” (FARIAS; PALMEIRA, 2007, p.482).

Os termos “cascalho” e “seixo” também são associados a fragmentos com tamanhos característicos na fração pedregulho ou um pouco maior (até 100mm). Quando os grãos têm forma arredondada, são denominados “seixos”. Já o termo cascalho se refere a partículas com dimensões de 4,8mm a 100mm, mas não tem conotação quanto à forma ou arredondamento. (FARIAS; PALMEIRA, 2007, p. 485).

Cada aplicação de agregados na construção civil implica em um conjunto de composições granulométricas específicas. Estas composições, ou seja, a proporção de agregados em diferentes frações, também são denominadas de curva granulométrica. “Cabe ressaltar que a composição granulométrica tem influência direta sobre a qualidade desses produtos [argamassas e concretos], principalmente nos aspectos relativos à trabalhabilidade, compacidade e resistência aos esforços mecânicos.” (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2003, p.19).

Figura 10 - Comparação entre as classes texturais segundo várias instituições



Fonte: Farias e Palmeira (2007)

A qualidade dos materiais utilizados como agregados está associada à avaliação por ensaios laboratoriais. Estes ensaios determinam: índices físicos (umidade, absorção, massa específica, massa unitária e porosidade aparente); resistência aos esforços mecânicos; resistência ao desgaste; presença de substâncias nocivas; presença de torrões de argila, quantidade de materiais pulverulentos; presença de impurezas orgânicas; reatividade potencial e teor de umidade.

2.1.3 Argamassas tradicionais

As construções utilizando técnicas tradicionais possuem métodos de edificar e materiais específicos em cada região do país, elas são consideradas as manifestações construtivas do povo⁴⁰. Os materiais empregados nestas edificações, o funcionamento do sistema de revestimento e, conseqüentemente, das estruturas de vedação seguem um aspecto comum e contrário às construções contemporâneas.

As edificações tradicionais são permeáveis à água e seu vapor, ou seja, permitem a penetração e promovem sua expulsão. “De maneira simplificada, a ascensão da água dava-se por capilaridade pelas fundações rasas que não possuíam impermeabilização e a expulsão dela por evaporação era possibilitada pelos revestimentos porosos⁴¹ (rebocos e tintas à base de argila e cal) que permitiam a parede ‘respirar’.” (BEZERRA,

⁴⁰ “[...] Parece que a forma mais correta de nos referirmos ao saber do povo é, efetivamente, a terminologia *arquitetura popular*: aquela que é própria do povo e por ele é realizada. [...] Num sentido mais amplo, seria ousadia tentar apresentar uma síntese das características da arquitetura popular do país. Mas as motivações que nos levam a tanto são tão-somente delimitar e precisar os limites de sua abrangência. A primeira característica parece ser sua *simplicidade*, por ser o resultado da utilização dos materiais fornecidos pelo meio ambientes. [...] A segunda característica é a *adaptabilidade*. [...] A arquitetura erudita é muito controlada e dominada pelas mais recentes conquistas tecnológicas, o que implica o emprego de materiais sofisticados e a sujeição aos modos de vida das culturas que lhe deram origem. Por isso, a arquitetura popular está despida desse tipo de compromisso é muito mais *criativa* em termos de imaginação formal e no emprego de materiais de construção. [...] A quarta característica talvez resida no modo de encarar o fenômeno da construção. Para o mestre Lúcio Costa, a arquitetura – obviamente erudita – parte do princípio de que está sujeita a uma intenção plástica. Em consequência, a técnica construtiva vai a reboque dessa intenção: a técnica é escolhida entre as diversas opções que permitem realizar os objetivos plásticos propostos. Na arquitetura popular, parece que, invariavelmente, acontece exatamente o contrário: a forma plástica é o *resultado* – entre outros – *da técnica e dos materiais empregados*. Poder-se-ia dizer que a forma plástica é o resultado lógico dos materiais e da técnica empregada. Por isso, ela é evidente por si própria. [...] A arquitetura popular é o resultado de uma evolução multissecular e de profundo respeito às tradições culturais de grupo. [...] Existe uma velha lei não escrita, mas também não desmentida, de que, em arquitetura, nada provém do nada. Noutros termos, todas as formas têm outras anteriores que lhe dão origem.” (WEIMER, 2012, pp.XLI-XLIV).

⁴¹ “Os revestimentos externos tinham, também, características comuns entre eles. Normalmente as camadas internas eram compostas de agregado de granulometria mais grossa que as externas e a porosidade ia diminuindo em direção ao exterior.” (BEZERRA, 2010, p.31).

2010, p.31). As estruturas de vedação de edificações tradicionais resistem as intempéries através da combinação de espessura (paredes largas), materiais mais porosos e deformáveis (VEIGA; TAVARES, 2002).

As paredes dos edifícios actuais [sic] são construídas de forma a impedir, tanto quanto possível, a penetração da água do exterior, razão pela qual se executam cortes de capilaridade junto às fundações, se usam revestimentos impermeabilizantes, caixilharia preferencialmente estanque e coberturas e remates cuidados. Pelo contrário, o modelo de funcionamento das paredes antigas, mais espessas e porosas, sem cortes de capilaridade, admitia a entrada de água para o interior da alvenaria, mas evitava uma permanência prolongada, procurando promover a sua fácil e rápida saída para o exterior. Assim, a ascensão capilar da água das fundações (naturalmente, em quantidade moderada), fazia parte do funcionamento normal da parede, que rapidamente promovia a sua expulsão por evaporação. (VEIGA; TAVARES, 2002, p.2).

As denominadas argamassas tradicionais são aquelas que utilizam, majoritariamente, a cal como aglutinante e as frações da terra como agregado. “[Elas] apresentam características mais heterogêneas na sua constituição do que as produzidas hoje, maior cristalização na sua microestrutura, alterações de constituintes, desgastes, presença de agentes deteriorantes, e por isso há mais dificuldade para determiná-las.” (KANAN, 2008, p.37).

A cal apresenta duas excelentes propriedades que favorecem seu uso em edificações históricas: é um material capaz de acompanhar mais facilmente os movimentos causados pelas acomodações e diferenças de temperatura com também facilidade de remoção; e é poroso, permitindo a evaporação da umidade ascendente e de penetração pela parede, além de funcionar como filtro químico. (SILVA, 2015, p.36).

Os sistemas de revestimento tradicionais estão descritos na bibliografia como: argamassas com emboço de barro, revestidos ou não, com reboco de cal e areia; tábuas de madeira, folhas metálicas, azulejos, telhas ou pedras (VASCONCELLOS, 1979). Kanan (2008) apresenta os aditivos mais utilizados em argamassas tradicionais: polissacarídeos (mucilagem vegetal); proteínas (caseína do leite e clara de ovo); óleos animais (peixe etc.); vegetais (linhaça); gorduras (sebo); fibras vegetais (palha) e animais (crina, estrume).

Desde muito cedo o Homem recorreu à argamassa, como revestimento de superfície, para proteger e reforçar as suas construções. Inicialmente, utilizou o barro tal como encontrava na natureza; posteriormente, misturou-o com fibras e palha com vistas a conferir-lhe maior consistência; mais tarde, adicionou areia com vistas a reduzir os inconvenientes da *retacção* e permitir a obtenção de um

produto final mais duro e resistente. (GOMES, 1995, p. 27).

A terra, ou solo, é o produto do intemperismo de rochas compostas por minerais e matéria orgânica. Possui uma mineralogia específica vinculada ao local onde foi extraída. O solo recebe diversas classificações, a mais utilizada é em função da granulometria de seus minerais constituintes. Esta classificação o divide em areia, silte e argila. Para o uso da terra como material de construção e revestimento é recorrente a inserção de outros componentes, como fibras vegetais, esterco, cal ou cimento (TORRACA, 2009).

O silte e a argila são os ligantes que agregam os grãos das frações mais grosseiras do solo e permitem a sua utilização como material de construção. As frações grossas, cascalho e areia, não têm força coesiva por si só, mas eles constituem o enchimento inerte que limita a retração da terra durante a secagem.⁴² (TORRACA, 2009, p. 39).

Os substratos tradicionais tendem a ser incompatíveis com os revestimentos atuais, como as tintas modernas. Parte desta incompatibilidade está relacionada ao percentual de resistência à água, ou impermeabilidade, proporcionada pelo aglomerante das argamassas ou pelo polímero constituinte do sistema de pintura. Este contraste altera o funcionamento apropriado do sistema de revestimento, gerando uma barreira física que impede as trocas de vapores entre os ambientes internos e externos de uma edificação.

O desempenho adequado de um revestimento pode ser entendido como a compatibilização das propriedades físico-químicas do sistema, representado na ausência de patologias vinculadas aos materiais constituintes. Desta forma, as camadas de revestimento devem ser compreendidas como o substrato para a aplicação da pintura. Portanto, a caracterização do substrato, das camadas subsequentes e do sistema de pintura são fundamentais para a integridade dos revestimentos tradicionais.

2.2 O sistema de pintura

Loh (2007) e Gnecco; Mariano; Fernandes (2009) divergem quanto a definição de

⁴² Tradução nossa do original: “*Silt and clay are the binders that bind the grains of the coarser fractions of the soil and allow its use as a building material. The coarse fractions, gravel and sand, have no cohesive force by themselves, but they constitute the inert filler that limits the shrinkage of wet, plastic earth when it dries.*” (TORRACA, 2009, p. 39).

pintura como revestimento, entretanto, para ambos, a denominação mais adequada é “sistema de pintura” (Figura 11). Loh (2007) define o sistema de pintura como um conjunto de elementos com funções específicas. Os elementos são: fundo ou fundo preparador de paredes, massa e tinta de acabamento.

O substrato deste sistema é representado pela(s) camada(s) de revestimento(s) anterior(es). O fundo preparador de paredes cria coesão entre as partículas soltas do substrato e a tinta de acabamento. O fundo também “serve para reduzir ou uniformizar a absorção de superfícies de alvenarias de argamassas, neste caso, denominado de selador.” (LOH, 2007, p.1467).

Figura 11 - Sistemas de revestimento e sistemas de pintura



Legenda: (A) Detalhe de chapisco sobre substrato de alvenaria de blocos cerâmicos; (B) Detalhe de chapisco e execução de camada única sobre substrato de alvenaria de blocos cerâmicos; (C) Detalhe de patologias em sistema de pintura; (D) Detalhe de camada única seca sobre substrato de alvenaria de blocos cerâmicos; (E) Detalhe de camada única seca sobre substrato de alvenaria de blocos cerâmicos; (F) Detalhe de sistema de pintura com fundo (cor branca) e tinta de acabamento (cor marrom claro).

Fonte: Fotografias de Thais Costa, Belo Horizonte, Minas Gerais (2020)

A massa é “um produto pastoso, com elevado teor de cargas, sem finalidade de dar cor, aplicada em finas camadas, a qual serve para correção de irregularidades da

superfície já selada.” (LOH, 2007, p.1476). A tinta de acabamento é a “parte visível do sistema de pintura, apresentando as propriedades necessárias para o fim a que se destina, inclusive a tonalidade.” (LOH, 2007, p.1476). As especificações de todos esses produtos dependem das características do substrato e do ambiente externo.

Gnecco, Mariano e Fernandes (2009) definem a pintura como resultante do tripé constituído, igualmente, pelos itens: preparo de superfície, aplicação e tinta. O preparo de superfície é composto pela limpeza de contaminantes e desenvolvimento de rugosidade. “A preparação de superfícies tem que ser bem-feita, com ferramentas adequadas, profissionais treinados, com completa remoção de materiais estranhos ou contaminantes e criar rugosidade para melhorar a aderência das tintas.” (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009, p. 737). A aplicação implica em: escolha da técnica; uso de equipamentos adequados; disponibilidade e capacitação da mão de obra; identificação da qualidade final desejada e verificação das condições ambientais indicadas pelo fabricante da tinta (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009). A tinta aplicada depende do substrato, das propriedades desejadas e dos resultados esperados. Em ambas as definições, a pintura como camada final do sistema de revestimento, não deve ser confundida com a tinta de acabamento. A tinta de acabamento é um material de revestimento com propriedades específicas.

Tinta tem que ter tecnologia de formulação, controle rigoroso da qualidade das matérias primas e do processo de fabricação. A escolha da tinta deve ser criteriosa e deve resistir à agressividade do ambiente. Na seleção das tintas que comporão o sistema, deve ser levado em conta as condições em que ficarão expostas. (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009, p. 737).

A tinta de acabamento, ou simplesmente tinta, “é um material que se apresenta na forma líquida e que, quando aplicado, com ou sem diluição sobre uma superfície, deve resultar em um filme sólido, contínuo, uniforme e aderente após secagem/cura.” (LOH, 2007, p. 1465). As tintas analisadas nesta dissertação referem-se as tintas utilizadas para recobrimento de edificações. Elas recebem várias denominações comerciais, tais como: linha arquitetônica, linha decorativa, imobiliária, tinta de revenda para consumo doméstico ou tinta para construção civil (DINIZ, 2009). Estas tintas protegem os elementos construtivos das intempéries e conferem acabamento estético à edificação. Este acabamento é alcançado pela variedade de cores e texturas disponíveis no mercado.

As tintas imobiliárias de hoje para uso interior e exterior são fáceis de

aplicar, duráveis, laváveis e totalmente repintáveis, mas nem sempre foi assim, e a história da tecnologia de tintas é realmente uma história das melhorias feitas tanto nas matérias-primas quanto nos processos de fabricação.⁴³ (STANDEVEN, 2011, p.1).

O sistema de pintura possui como substrato a última camada de argamassa do sistema de revestimento (reboco ou camada única - Figura 5), por esta razão, Diniz (2009) destaca que suas propriedades influenciam no comportamento das pinturas. As propriedades do substrato (Quadro 5) devem ser conhecidas e mensuradas antes da especificação do sistema de pintura.

Quadro 5 - Propriedades de superfícies típicas de substratos de sistemas de pinturas

PROPRIEDADES	DEFINIÇÃO	SUPERFÍCIES		
		ALVENARIA	MADEIRA	METAL
PERMEABILIDADE	É a propriedade que tem o substrato de permitir a passagem de gases ou líquidos que poderão resultar em diversas combinações químicas.	Alta	Alta	Nula
POROSIDADE	É a relação entre o volume de espaços vazios e o volume total. Essa relação influenciará substancialmente no grau de absorção dos compostos líquidos pela tinta.	Alta	Alta	Nula
RESISTÊNCIA A RADIAÇÕES ENERGÉTICAS	É a propriedade dos materiais de não sofrerem deterioração ou decomposição quando expostos às radiações energéticas, em especial as radiações provenientes do sol, como a luz ultravioleta.	Alta	Baixa	Alta
PLASTICIDADE	Plasticidade é a propriedade	-	-	-

⁴³ Tradução nossa do original: “*Today’s household paints for interior and exterior use are easy to apply, durable, washable, and fully recoatable, but this was not always the case, and the history of paint technology is really a history of the improvements made in both raw materials and manufacturing processes.*” (STANDEVEN, 2011, p.1).

ou FRAGILIDADE	do material de sofrer alteração de forma sob ação de forças externas e as manter mesmo após a retirada destas forças, sem o aparecimento de fissuras. Fragilidade é a propriedade segundo a qual o material se rompe, sob ação de forças externas, sem ter sofrido deformação.			
REATIVIDADE QUÍMICA	É a capacidade do material de combinar com agentes químicos ambientais.	Média	Baixa	Muito alta para metais ferrosos
CARACTERÍSTICA BÁSICA PECULIAR	-	Alcalinidade	Higroscópico	Sensibilidade à corrosão

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Diniz (2009)

Os sistemas de pintura utilizados como recobrimento das argamassas tradicionais devem se basear no uso de materiais permeáveis, garantindo a coesão do sistema de revestimento. Silva (2015) destaca que estes sistemas de pintura apresentam como componente fundamental a carbonatação da cal para a cura. No processo era utilizada a cal hidratada, diluída em água, colorida através de pigmentos naturais. O melhoramento das propriedades era conseguido, principalmente, através da adição de óleo de linhaça, caseína e gordura animal. Silva (2015) apresenta os sistemas de pintura mais utilizados no Brasil até o início do século XX, a saber: caiação; têmpera à base de cola; óleo (como óleo de linhaça) e vernizes (como substâncias resinosas e gomas vegetais).

As atuais tintas, quando aplicadas nas paredes antigas, formam uma película dificultadora do processo de carbonatação sofrido pela cal, material que, somado à areia e ao barro, constitui a argamassa antiga. [...] A carbonatação corresponde ao endurecimento e ganho de resistência do material, que se processa por recombinação do gás carbônico presente na atmosfera, reconstituindo o carbonato original, cujos cristais se ligam de maneira permanente. Este endurecimento se processa de forma lenta e de fora pra dentro, exigindo do material uma certa porosidade que permita, de um lado a evaporação da água, e do outro, a penetração do gás carbônico do ar atmosférico, que é impossibilitada pela tinta nova. (SILVA, 2015, pp. 49-50).

2.3 Componentes da tinta

A tinta é composta por quatro grupos de matérias-primas: resina, pigmento, solvente e aditivo (Figura 12). Gnecco, Mariano e Fernandes (2009) apresentam as definições utilizadas para tinta baseadas na Norma ISO 4618:2014 - *Paints and varnishes — Terms and definitions*:

- Tinta é um produto líquido ou em pó que, quando aplicado sobre um substrato, forma uma película opaca, com características protetoras decorativas ou técnicas particulares.
- Tinta é uma composição líquida que, depois de aplicada sobre uma superfície, passa por um processo de secagem ou cura e se transforma em um filme sólido, fino, aderente, impermeável e flexível.

Figura 12 - Composição geral de uma tinta



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Gnecco, Mariano e Fernandes (2009) e Loh (2007)

2.3.1 Resina

A resina, também denominada de polímero⁴⁴, ligante ou veículo, é o elemento

⁴⁴ “Polímeros são materiais compostos por macromoléculas, as quais se constituem de cadeias compostas pela repetição de uma unidade básica, chamada de mero. Este representa a unidade que se repete. Chama-se monômero a unidade isolada de que deu origem ao mero. [...] O polímero que é constituído apenas por um tipo de mero é denominado homopolímero. [...] Quando há mais de um tipo

aglomerante, não – volátil e formador do filme na tinta. “Os ligantes molham as partículas de pigmento, ligando-as entre si, com os outros constituintes da tinta e com o substrato.” (MARQUES, 2013, p.9). Os veículos possuem origem natural ou sintética e classificação como orgânica ou inorgânica.

A resina determina as principais propriedades da tinta, como: aderência, aplicabilidade; secagem e cura; durabilidade; adesão; resistência química; resistência a abrasão ou risco; flexibilidade e dureza (KAIRALLA; MACHADO, 2009). A resina presente em maior percentual determina a classificação e nomenclatura da tinta. Este componente associado aos pigmentos define as principais propriedades do filme.

A tinta que protege o exterior das casas de madeira deve ser flexível e durável para resistir às intempéries extremas. Entretanto, aglomerantes elásticos fabricados de óleos puros também foram usados para esta aplicação. No entanto, embora muito duráveis, as tintas à base de aglutinantes de óleo puro eram muito macias para uso em interiores, onde as condições ambientais eram de importância secundária à secagem rápida e a capacidade de resistir a choques, arranhões e a ação dos agentes de limpeza. Secagem rápida e dureza foram obtidas pela adição de vernizes ou resinas naturais. Embora resinas naturais apresentem brilho, dureza e tempo de secagem melhorados, elas apresentam um efeito negativo sobre durabilidade, pois contribuem para a descoloração, fragilização e eventual colapso do filme. Apesar de geralmente excluído dos acabamentos externos, devido a suas propriedades insuficientes para resistir ao intemperismo, as resinas naturais foram incluídas em alguns acabamentos exteriores, onde as vantagens que conferiam - secagem rápida, bom nivelamento e brilho - superaram a desvantagem de um filme com encurtamento de vida útil. Vernizes de resina natural foram, frequentemente, incluídos em acabamentos externos e tintas esmaltadas, embora as resinas fossem por necessidade de elevada qualidade. Em contraste, a durabilidade não era, necessariamente, um requisito para acabamentos interiores, e muitas resinas macias, quebradiças e ácidas foram utilizadas em sua formulação: isso faz com que a compreensão dos materiais usados na formulação de tintas interiores seja muito mais complexas do que as tintas exteriores.⁴⁵

de mero na composição do polímero, este é designado copolímero, e os monômeros que lhe dão origem são chamados comonômeros.” (GORNINSKI; KAZMIERCZAK, 2007, pp. 353-354).

⁴⁵ Tradução nossa do original: “*The paint that protects the exterior of wooden houses must be flexible and durable in order to withstand extreme weathering. Though, elastic binders made of pure oil were therefore used for this application. However, although very durable, paints based on pure oil binders were too soft for interior use, where good weathering was of secondary important to quick drying and the ability to withstand knocks, scuffs, and the action of cleaning agents. Quick drying and hardness were obtained by the addition of varnishes or natural resins. Although natural resins improved gloss, hardness, and drying time, they had a negative effect on durability, as they contributed to the discoloration, embrittlement, and eventual breakdown of the film. Although generally excluded from exterior finishes because of their poor weathering properties, natural resins were included in some*

(STANDEVEN, 2011, pp.17-18)

Loh (2007) afirma que o desempenho de uma pintura a longo prazo é influenciado pela resistência da resina aos agentes externos e pelo adequado proporcionamento dos demais constituintes. As tintas são formuladas por um conjunto de resinas, pois o uso de uma única não atende a todas as propriedades requeridas. Kairalla e Machado (2009) reforçam a importância da adequada seleção das resinas, ou de suas misturas, por meio do conhecimento prévio de suas propriedades e parâmetros de solubilidade (Figura 13). Este conhecimento previne patologias de má compatibilização como: baixo brilho, turbidez, falta de fluidez entre outros.

Figura 13 – Propriedades típicas para os sistemas de secagem ao ar mais empregados

PROPRIEDADES	RESISTÊNCIA A						DUREZA	ESTABILIDADE AO CALOR	CORES	CUSTO RELATIVO
	LUZ SOLAR	AMBIENTES ÚMIDOS OU IMERSÃO	ABRASÃO	ATMOSFERA ÁCIDA	ÁLCALIS	SOLVENTES				
HIDROCARBONETOS	1	5	2	5	3	0	1	0	Limitada	1,0
NITROCELULÓSICAS	2	1	2	2	2	1	1	0	Todas	1,9
BORRACHA CLORADA	2	5	3	5	3	0	2	1	Muitas	3,8
BORRACHA CLORADA / ALQUÍDICAS	3	2/3 amarela	2	2/3	2	0	1	2	Todas	2,8
VINILICA/ ALQUÍDICA	3	3 amarela levemente	2	3	2	2	1	2	Todas	3,9
PVC COPOLIMERIZADO	3	5	3	5	3	2	2	3	Todas	5,5
PVC	3	5	5	5	5	2	2	4	Restrições	6,0
VINIL/ ACRÍLICO	4	4	3	4	4	2	2	3	Todas	5,2
ACRÍLICO	5	3	3	3	4	2	2	3	Todas	4,6
EPÓXI POLIAMIDA	2	4/5	4	4	3	4	3	4/5	Restrições	6,6
EPÓXI POLIAMINA	2	4/5	5	5	5	5	4	4/5	Restrições	7,0
POLIURETANO AROMÁTICO	2	3	5	4	5	5	4	4/5	Restrições	7,0
POLIURETANO ALIFÁTICO	5	3	5	5	5	5	4	4/5	Todas	10,4

Legenda: 5 = Excelente 4 = Muito bom 3 = Bom 2 = Regular
 1 = Insuficiente 0 = Não indicado

Fonte: Kairalla; Machado (2009)

A construção de tabelas orientadoras [Figura 13] para diferentes

exterior finishes, where the advantages they conferred—quick drying and good leveling and gloss—outweighed the disadvantage of a shortened life for the film. Natural resin varnishes were thus often included in exterior trim and enamel paints, although the resins were by necessity high-grade types. By contrast, durability was not necessarily a requirement of interior finishes, and a great number of soft, friable, and acidic resins were used in their formulation: this makes the comprehension on the materials used in the formulation of interior paints far more complex than that of exterior paints.” (STANDEVEN, 2011, pp.17-18).

possibilidades de filmes termoplásticos (TP) e termofixos⁴⁶ é bastante útil e permite o contínuo enriquecimento da informação, à medida que novos testes são realizados para comparação dos sistemas candidatos. A existência dessas tabelas permite também o controle contínuo da evolução dos custos de cada sistema e podem ser revisadas periodicamente com o intuito de atualização e aprimoramento dos dados. [...] O formulador deve promover as misturas sempre que perceber a possibilidade de melhorar o custo/performance do produto final, devendo, no entanto, tomar certas precauções para prevenir possíveis problemas qualitativos no produto a ser desenvolvido. (KAIRALLA; MACHADO, 2009, pp. 526-527).

As primeiras formulações de tintas utilizavam resinas naturais de origem animal, vegetal ou mineral⁴⁷ (MARQUES, 2013). Esse conjunto é insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos. Atualmente, após o desenvolvimento da indústria química e petroquímica, a maioria das resinas são constituídas por polímeros. Os polímeros são formulados por meio de reações químicas denominadas: poliadição⁴⁸, policondensação⁴⁹ e polimerização⁵⁰. O progresso tecnológico gerou polímeros com propriedades, durabilidade, resistência química e à radiação ultravioleta superiores.

Atualmente existe uma variedade de monômeros que podem ser utilizados na obtenção de resinas látex⁵¹ com as mais variadas características. De um modo geral, estes monômeros são classificados como monômeros que conferem dureza ou flexibilidade (em função da Tg⁵² do homopolímero) e monômeros com efeitos

⁴⁶ “Termoplásticos e termofixos são classificação dos filmes a partir dos mecanismos de secagem. Nos sistemas termofixos primeiro ocorre a polimerizam e posteriormente a evaporação dos solventes. Nos sistemas termoplásticos o primeiro processo é a evaporação dos solventes. Analisando algumas propriedades (brilho, concentração de sólidos, dureza, resistência à solventes, aplicabilidade, velocidade de secagem, custo dos solventes e custo total) é possível determinar as vantagens de sistemas termofixos em relação a termoplásticos. Os sistemas termofixos apresentam maior: brilho, concentração de sólidos, dureza e resistência à solventes. Comparativamente, os sistemas termoplásticos apesentem maior: aplicabilidade, velocidade de secagem, custo dos solventes e custo total.” (KAIRALLA; MACHADO, 2009, pp. 525-526).

⁴⁷ “Resinas de origem mineral são aquelas derivadas de animais fossilizados.” (MARQUES, 2013, p.9).

⁴⁸ As reações de adição, ou poliadição, são caracterizadas por um conjunto de um único tipo de monômero que, fazendo ligações químicas entre si, constituem um polímero sem gerar outros produtos. (MARQUES, 2013 e FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012).

⁴⁹ As reações de condensação, ou policondensação, são caracterizadas por um conjunto de um único tipo de monômero que, fazendo ligações químicas entre si, constituem um polímero e geram outros produtos que são moléculas de baixo peso molecular, como água ou ácido clorídrico (MARQUES, 2013 e FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012).

⁵⁰ “A polimerização é um processo de formação de polímeros através de reações de adição ou de condensação, a partir de mais de um tipo de monômero.” (MARQUES, 2013, p. 11).

⁵¹ “O termo látex é usado para designar qualquer emulsão de um material orgânico em água. As tintas de látex são tintas de emulsão de base aquosa, que contêm resinas não naturais ou borracha sintética.” (MARQUES, 2013, p.31).

⁵² “Tg é a Temperatura de Transição Vítrea, definida como a temperatura na qual o polímero passa do estado vítreo ou quebradiço ao estado borrachoso, em função da capacidade dos segmentos da molécula de se movimentar. Quanto maior a flexibilidade da cadeia, menor a Tg e vice-versa. Nesta

específicos. Monômeros como o acetato de vinila, metacrilato de metila, estireno, vinil tolueno e acrilonitrila são exemplos de monômeros que conferem dureza ao polímero, enquanto o acrilato de etila, acrilato de butila, acrilato de 2-etil hexila, metacrilato de butila, maleato de dibutila, maleato de dioctila e fumarato de dibutila são monômeros que conferem flexibilidade. Como exemplo de monômeros com funções específicas tem-se os aminos acrilatos, acrilato de hidróxi etila, ácido acrílico e metacrílico e acrilamida. (PILZ, 2004, p. 14).

As principais funções da resina na tinta, são: aprimoramento das propriedades mecânicas como tração e elasticidade; resistência ao intemperismo; impermeabilidade⁵³; flexibilidade; resistência química e propriedades de aderência (LOH, 2007). Atualmente as resinas mais utilizadas na indústria da construção civil são os polímeros sintéticos, destacando-se os homopolímeros e copolímeros de acetato de vinila e os copolímeros acrílicos na forma de emulsões (LOH, 2007).

2.3.2 Pigmento

Os pigmentos são partículas sólidas praticamente insolúveis no meio disperso, ou seja, a fração líquida da tinta. Segundo Marques (2013) eles são utilizados na formulação de tintas em função de suas propriedades ópticas, mecânicas, decorativas (cor e brilho), de resistência química e de proteção contra degradação. Os pigmentos são classificados quanto a pigmentação (Quadro 6) ou estrutura química e modo de obtenção (Figura 14 e Quadro 7).

Quadro 6 - Classificação de materiais quanto a pigmentação

PROPRIEDADE	PIGMENTO	CARGA	CORANTE
COR	Colorido	Colorido	Colorido
SOLUBILIDADE	Insolúvel no meio disperso (fração líquida da tinta)	Insolúvel no meio disperso (fração líquida da tinta)	Solúvel no meio disperso (fração líquida da tinta)
ÍNDICE DE REFRAÇÃO	Alto índice de refração em relação ao meio disperso	Baixo índice de refração em relação ao meio disperso	-

temperatura, há mudanças significativas nas propriedades físico-químicas do polímero.” (PILZ, 2004, p. 25).

⁵³ “A impermeabilidade, ou resistência à água, está presente na maioria das resinas sintéticas. Esta característica, tão desejadas nas construções contemporâneas, deve ser evitada sob os substratos tradicionais. Estes sistemas de revestimento devem ser permeáveis à água e seu vapor.” (BEZERRA, 2010, p.147).

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Figueiredo Júnior (2012)

O tamanho e a forma da partícula do pigmento, a molhabilidade pelo ligante, o espessamento e propriedades relacionadas com a densidade específica contribuem significativamente para a viscosidade, para as características de aplicação da tinta fresca e para as propriedades do revestimento em termos de protecção (sic), depois de seco. (MARQUES, 2013, p.16).

Figura 14 - Classificação química dos pigmentos



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Assis e Almeida (2009) e Almeida (2009), Fotografia de Thais Costa (2014)

Quadro 7 – Classificação por composição química e modo de obtenção de pigmentos

CLASSIFICAÇÃO	CLASSE	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
COMPOSIÇÃO QUÍMICA	ORGÂNICO	Composição com predomínio de compostos de carbono	Fornecer cor à tinta: cores mais vivas, mais brilhantes e menor opacidade* Menor resistência quando aplicados em ambientes externos* Menor resistência ao calor e a luz* Valor elevado* Inicialmente extraídos de insetos e vegetais, atualmente desenvolvidos por síntese química
	INORGÂNICO	Composição com predomínio de	Elevada estabilidade térmica e a luz Alguns pigmentos inorgânicos contêm

		elementos metálicos	metais pesados - tóxicos
MODO DE OBTENÇÃO	NATURAL	Moagem e peneiração de produtos naturais	Estabilidade das cores à deterioração pela radiação ultravioleta*
	SINTÉTICO	Síntese química de compostos orgânicos ou inorgânicos	

Legenda: (*) Comparado pigmento da mesma classificação

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Marques (2013)

Marques (2013) afirma que a propriedade mais importante dos pigmentos nas tintas é a óptica, representada pelos fenômenos ondulatórios de absorção e difração da luz visível. O fenômeno de absorção da luz está vinculado à cor do pigmento, que por sua vez, se relaciona à sua estrutura química. “A cor de um pigmento resulta de uma absorção seletiva e consequente reflexão de comprimentos de onda específicos do espectro de luz visível.” (MARQUES, 2013, p. 18). A difração da luz visível está vinculada ao índice de refração⁵⁴, reproduzido pelo poder de cobertura⁵⁵ do pigmento.

Tais propriedades garantem a opacidade do revestimento conferindo durabilidade a tinta. “O comportamento dos pigmentos é função da sua estrutura química, propriedades superficiais, cristalinidade, tamanho e distribuição das partículas.” (LOH, 2007, p.1468). Os pigmentos com propriedades específicas (como metálicos, anticorrosivos, antiincrustantes, reflexivos etc.) podem ser empregados em tintas com funcionalidades específicas.

As cargas são elementos coloridos, inertes, insolúveis no meio disperso e com baixo índice de refração. “Apresentam custo bem inferior aos pigmentos e servem para dar, principalmente, resistência mecânica; no entanto apresentam baixo poder de

⁵⁴ “O índice de refração é uma propriedade dos materiais, estabelecida pela óptica geométrica da Física, relacionado aos fenômenos de incidência da luz sob uma superfície. A incidência da luz em uma superfície, gera a reflexão e refração do feixe luminoso. O índice de refração é uma propriedade geométrica, calculada na incidência da luz, relacionada à opacidade de um material.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p.65).

⁵⁵ “O poder de cobertura da tinta é sua capacidade de encobrir o substrato no qual foi aplicado, a qual depende, basicamente, do poder de reflexão e absorção da luz pelos pigmentos constituintes da pintura.” (LOH, 2007, p.1467).

cobertura.” (LOH, 2007, p. 1467). Como algumas cargas podem aumentar a impermeabilidade e elasticidade de um produto, elas são empregadas para melhorar a qualidade, durabilidade e conservação de tintas (MARQUES, 2013).

É possível otimizar o tamanho das partículas e o espaçamento entre elas [cargas], sendo que a redução do tamanho de partícula da carga melhora o espaçamento do pigmento. Essa otimização permite aumentar a opacidade de uma tinta sem aumentar a quantidade empregue de pigmento. (MARQUES, 2013, p. 22)

Os corantes são pigmentos orgânicos e solúveis no meio disperso. A solubilidade depende do tamanho da partícula ou dos grupos químicos na estrutura do composto. Eles são utilizados em formulações onde há necessidade de elevado poder de tingimento e brilho (LOH, 2007).

Loh (2007) afirma que a fração volumétrica dos pigmentos, ou cargas, é um parâmetro utilizado para descrever o proporcionamento ou composição da tinta. Este parâmetro é denominado pela sua sigla em inglês PVC - *Pigment Volume Concentration*⁵⁶ (Figura 15). “O PVC é uma fração volumétrica, ocupada pelo pigmento dividido pelo volume da película de pintura seca, também conhecida como veículo sólido.” (LOH, 2007, p.1470). Loh (2007) afirma que o volume de pigmentos na tinta influi:

- Porosidade da pintura, resultando em diferentes permeabilidades;
- Grau de proteção do substrato;
- Resistência a tração, conferindo possibilidade de alongamento;
- Aderência;
- Grau de solubilidade, componentes de tintas de elevado PVC são mais facilmente solubilizáveis do que os de baixo PVC;
- Vários tipos de acabamento: alto brilho (10-15% PVC), semibrilho (15-30% PVC), acetinado (30-45% PVC), fosco (35-45% PVC) (CIULLO, 2003⁵⁷ *apud* LOH, 2007).

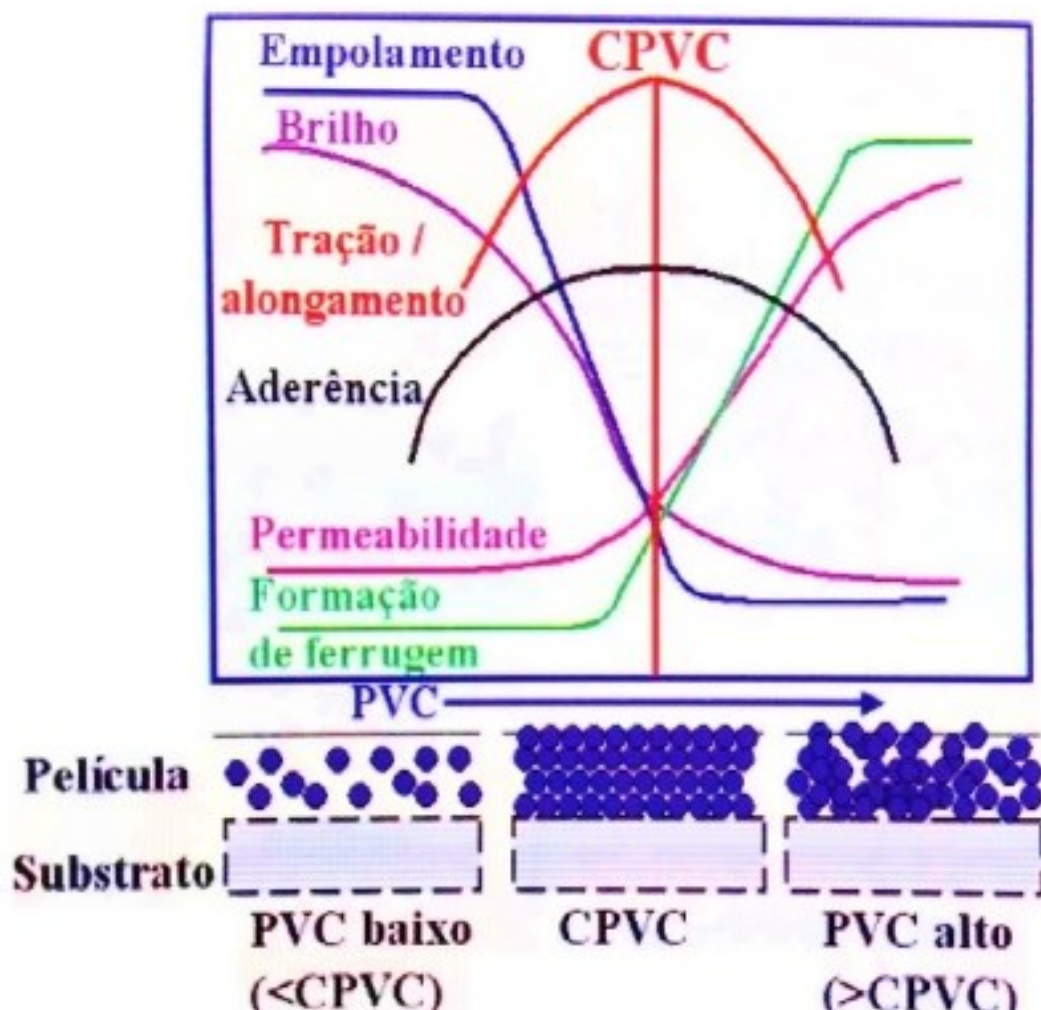
O conhecimento da fração volumétrica dos pigmentos é muito importante para a formulação de tintas. O conceito de PVC *Crítico* (CPVC) foi desenvolvido em 1949 por Asbeck e Van Loo. “O PVC Crítico tem sido definido com o ponto em que a porcentagem em volume de pigmento no filme tem veículo suficiente para preencher

⁵⁶ Concentração volumétrica de Pigmentos (Tradução Nossa)

⁵⁷ CIULLO, P. A. **Funcional silicate fillers**: basic principles. 2003.

todos os vazios existentes entre as partículas de pigmento.” (LOH, 2007, p.1470).

Figura 15 - Efeitos do PVC nas propriedades da pintura



Fonte: Ciullo (2003)⁵³ apud LOH (2007)

Standeven (2011) destaca que o progresso na indústria química para obtenção de resinas, também colaborou para o desenvolvimento de pigmentos. Até meados do século XIX os pigmentos com elevado poder de cobertura possuíam componentes tóxicos como o chumbo, o arsênio e o mercúrio. Este aperfeiçoamento pode ser ilustrado pelo desenvolvimento de pigmentos de cor branca ao longo dos séculos, associado à variação de seu consumo no Brasil (Quadro 8). Assis e Almeida (2009), Rodá (2006) e Standeven (2011) conceituam os principais pigmentos de cor branca:

- Alvaiade, Branco de prata ou Branco de chumbo (Carbonato de Chumbo – $PbCO_3$): é um carbonato básico de chumbo – cerusita – $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ considerado um dos brancos mais utilizados desde sua manufatura no século IV a.C.; é inorgânico e insolúvel em água; apresenta alterações e escurece se

misturado com sulfetos (como vermelhão e cádmios); é muito tóxico e venenoso; atinge uma dureza superior a todos os outros pigmentos brancos; comparado ao branco de zinco é mais resistente, possui bom poder de cobertura, alta densidade e brilho razoável.

- Branco de Zinco (Óxido de Zinco – calomina – ZnO): pigmento inorgânico branco alternativo ao branco de chumbo; descoberto em 1751 e produzido comercialmente em 1850; é sensível à luz e a temperaturas elevadas; apresenta poder médio tintorial e de cobertura; possui tendência a migrar.
- Litopônio (Mistura homogênea obtida pela coprecipitação do Sulfeto de Zinco – esfalerita – ZnS e barita – $BaSO_4$): Elaborado por Guillame-Ferdinand Conde de Doudet, na década de 1880; apresenta uso industrial entre as décadas de 1930 e 1940; pigmento atóxico, com bom poder de cobertura; permanece inalterado em meios alcalinos e possui poder algicida; inicialmente era utilizado para pinturas em ambientes internos, pois tornava-se cinza quando exposto a luz solar.
- Branco de Titânio (Dióxido de Titânio – TiO_2): composto químico, polimorfo, inorgânico e estável; insolúvel em água, solventes, soluções salinas, ácidos e bases diluídos e na maioria dos ácidos concentrados; apresenta alta estabilidade térmica; possui pH⁵⁸ neutro (pH=7) e certo nível de toxicidade; é o pigmento mais utilizado na indústria por apresentar melhor relação entre custo x benefício; possui elevado poder de cobertura tintorial, alvura, opacidade, brilho e durabilidade; manifesta-se em duas formas cristalinas comercialmente produzidas rutilio e anatásio; a forma anatásio foi encontrada na década de 1920, apresentando boa opacidade, ação branqueadora óptica, baixa abrasividade e elevada pulverulência⁵⁹; ela tende a apresentar menor estabilidade, pureza de cor e interferir em alguns pigmentos coloridos; a forma rutilio elaborada na década de 1940 é a forma mais estável; esta estabilidade decorre da organização de seus cristais gerando maior índice de refração,

⁵⁸ A escala de pH é uma escala numérica, variando de 0 a 14, que representa a acidez ou basicidade de um meio aquoso. No valor 7, o meio aquoso está neutro; abaixo de 7 está ácido e acima de 7 está básico.

⁵⁹ “Pulverulência é o aparecimento de um pó fino e pouco aderente na superfície de uma película, proveniente da degradação de um ou mais constituintes. Também denominado de gizamento ou *chalking*.” (MARQUES, 2013, p. 101).

maior poder de cobertura (entre 20 a 30% maior do que o anatásio), melhor resistência química, maior estabilidade e densidade.

Quadro 8 - Consumo dos principais pigmentos brancos no Brasil em 1.000 toneladas

ANOS	ALVAIDADE ⁽¹⁾	ÓXIDO DE ZINCO ⁽²⁾	LITOPÔNIO	DIÓXIDO DE TITÂNIO
1920	150.000	-	81.000	1.000
1940	82.000	-	140.000	100.000
1951	72.000	134.000	93.000	290.000
1961	29.000	132.000	18.000 ⁽³⁾	445.000
1964	26.000	158.000	15.000 ⁽⁴⁾	476.000

Legenda: ⁽¹⁾ Alvaiade de chumbo e de chumbo e zinco;
⁽²⁾ Consumo total de ZnO;
⁽³⁾ 1960;
⁽⁴⁾ Estimativa.

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da Revista do BNDE (2020)

Durante estudos realizados a partir da primeira década do ano 2000, alguns pesquisadores e laboratórios vinculados à ANTECIPA⁶⁰ analisaram os percentuais das formas cristalográficas do branco de titânio, nas formulações de tintas arquitetônicas e artísticas. Em relação às tintas arquitetônicas, aquelas de baixa qualidade e valor de mercado possuem maior presença da forma anatásio. Esta forma é menos estável e apresenta maior velocidade de alteração, resultando no aparecimento prematuro de patologias. As tintas arquitetônicas de elevada qualidade e valor de mercado, possuem a forma rutilo em maior percentual. Esta diferença entre valores está relacionada o processo de produção do pigmento, pois a forma rutilo demanda maior tempo, temperatura e pressão. Por outro lado, nas tintas artísticas, independente da qualidade ou valor, há prevalência do sólido cristalino rutilo.

2.3.3 Solvente

Solventes são resinas que se integram a tinta em um processo de solubilização,

⁶⁰ Contribuição dos membros da banca, Prof. Dra. Thais Sanjad (LACORE - Laboratório de Conservação, Restauração e Reabilitação) e do Prof. Dr. Luiz Souza (LACICOR), durante a defesa da presente dissertação em 16/04/2021.

favorecendo a aderência no contato com o substrato (POLITO, 2006). Segundo Polito (2006) as principais características dos materiais classificados como solventes, são: estado físico líquido, substância simples ou mistura, incolores, voláteis (não formam resíduos) e estáveis (dissolvem outros materiais sem alterar suas propriedades químicas e físicas).

Além de possibilitar a aplicação do material de revestimento, os solventes devem ter a capacidade de molhar e penetrar no substrato levando os componentes sólidos que, após evaporação do solvente ajudam a tapar quaisquer fissuras, espaços vazios ou irregularidades. (MARQUES, 2013, p. 22).

Segundo Dow Brasil S.A., The Dow Chemical Company e Dow Europe GmbH (2009) os solventes utilizados nas formulações de tintas apresentam funções como dissolver as resinas, manter os componentes em uma mistura homogênea, garantir a viscosidade requerida para dispersão em toda superfície, contribuir para o nivelamento, controlar a taxa de evaporação e colaborar para formação adequada da película de revestimento.

A maioria dos revestimentos contém materiais voláteis que evaporam durante a aplicação e formação da película. Estes componentes voláteis reduzem a viscosidade do revestimento para aplicação sobre o substrato e controlam as mudanças de viscosidade durante a formação da película. Os solventes podem afetar a adesão, a proteção à corrosão e a durabilidade exterior. A escolha correta dos solventes assegura o desempenho ideal do revestimento. (DOW BRASIL S.A.; THE DOW CHEMICAL COMPANY; DOW EUROPE GMBH, 2009).

Os solventes podem ser classificados pela estrutura química, conteúdo ou propriedades desejáveis (DOW BRASIL S.A.; THE DOW CHEMICAL COMPANY; DOW EUROPE GMBH, 2009 e GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009):

- Estruturas químicas: hidrocarboneto⁶¹ (alifático, aromático, terpênico), solventes oxigenados⁶² (álcool, éster, éter glicólico, cetona), solventes clorados⁶³, éter e nitroparafina;
- Conteúdo de solventes: alto conteúdo de compostos orgânicos voláteis e baixo

⁶¹ “Hidrocarbonetos são produtos derivados da destilação do petróleo, cujas moléculas contêm apenas átomos de hidrogênio e de carbono.” (MARQUES, 2013, p. 23).

⁶² “Solventes oxigenados são compostos cujas moléculas contêm átomos de oxigênio, além de carbono e hidrogênio.” (MARQUES, 2013, p. 23).

⁶³ “Solventes clorados são compostos cujas moléculas contêm átomos de cloro, além de carbono e hidrogênio.” (MARQUES, 2013, p. 23).

conteúdo de compostos orgânicos voláteis.

- Propriedades desejáveis: poder de solvência, taxa de evaporação, ponto de ebulição, estrutura química e classificação de risco.

Considerando a classificação por estruturas químicas os hidrocarbonetos alifáticos apresentam baixo poder de solvência e volatilidade, enquanto os aromáticos possuem elevada solvência e odor. Polito (2006) afirma que os hidrocarbonetos aromáticos são muito utilizados pela indústria devido ao seu baixo custo e solubilidade na maioria das resinas. Os solventes oxigenados são, de uma maneira geral, solúveis em água.

Os solventes evaporam a uma determinada velocidade, dependendo das características de cada formulação, sendo a velocidade de evaporação crítica para garantir a formação correcta [sic] da película de tinta. É desejável que, numa tinta, alguns solventes evaporem mais rapidamente para possibilitar o início da secagem mais rápido, enquanto outros solventes devem evaporar mais lentamente e proporcionar a molhabilidade e penetração. Um desajuste na velocidade de evaporação dos solventes pode originar uma secagem física inadequada [...] Um solvente demasiado volátil origina uma secagem muito rápida e, como consequência, a película de pintura não fica uniformemente nivelada, podendo apresentar perda de brilho. Pode mesmo não penetrar o suficiente nos poros do suporte, produzindo falta de aderência entre o sistema de pintura e a superfície. Por outro lado, o solvente deve ser suficientemente volátil para evitar que, devido a uma secagem muito lenta, a tinta escorra em superfícies verticais e não cubra adequadamente a superfície. (MARQUES, 2013, p. 24).

Como as resinas tendem a ser bastante viscosas, a tinta necessita de solventes que apresentem poder de solvência adequado à resina utilizada. Essa característica reduz a viscosidade e aumenta a trabalhabilidade da tinta. A classificação quanto ao conteúdo de solventes é representada pelo Conteúdo de Compostos Orgânicos Voláteis – COV, comumente denominada pela sigla VOC - *Volatile Organic Compounds*. “VOC significa quantidade em massa de solventes orgânicos presentes em um volume de tinta ou resina, expresso em g/L ou Lbs/galão.” (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009, p. 747).

VOC é definido pela EPA (*Environmental Protection Agency*⁶⁴), um órgão do governo americano, como todos os compostos orgânicos produzidos pelo homem, com exceção do metano, que são capazes de produzir oxidantes fotoquímicos por reação com óxidos de

⁶⁴ *Environmental Protection Agency* é a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Uma agência federal do governo, encarregada de proteger a saúde humana e o meio ambiente: ar, água e terra.

nitrogênio na presença da luz do sol. (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009, p. 747).

As emulsões são composições com a substituição do solvente orgânico por água. A adição de água à tinta também reduz a viscosidade das resinas. Neste processo as tintas são previamente emulsionadas em água. Desta forma a água não é um solvente da resina, mas um meio de dispersão⁶⁵ (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009). Atualmente, as tecnologias na produção de tinta tendem a reduzir a quantidade de solventes nas misturas (Figura 16) gerando tintas de altos sólidos (*HS – high solids*), baixo conteúdo de componentes orgânicos voláteis (*LOW VOC*), à base de água (*WB – wather based*) ou sem componentes orgânicos voláteis (*NO VOC*).

Figura 16 - Tipos de tinta quanto aos solventes



⁶⁵ “As tintas de base aquosa podem ser classificadas em soluções, emulsões e dispersões, cujas propriedades físicas e desempenho dependem da especificidade das resinas usadas. Soluções são misturas de materiais completamente dissolvidos um no outro. Emulsão é uma dispersão de dois líquidos imiscíveis: pequenos glóbulos e um emulsificador, que os mantém em suspensão. Dispersões são pequenos grupos de moléculas de resinas suspensas num líquido. Nas dispersões, os grupos são menores do que nas emulsões e a agitação mecânica é suficiente para suspender os grupos, que não emulsionam.” (MARQUES, 2013, pp.30-31).



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Gnecco; Mariano; Fernandes (2009) e Rosa (2019)

As resinas à base de água são muito parecidas com as à base de solventes, porém, a tecnologia para emulsionar ou dispersar estas resinas em água exigiu pesquisa e desenvolvimento em aditivos e técnicas de fabricação. Não é uma substituição simples de solventes orgânicos por água. É um novo conceito de matérias-primas. [...] As vantagens destas tintas, consideradas ecologicamente corretas, são enormes, a começar pelo pintor, que fica menos exposto aos efeitos dos solventes, à empresa, que corre menos riscos de explosões e incêndio e ao meio ambiente, que é menos contaminado. (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009, pp. 747-748).

2.3.4 Aditivo

Aditivo é o termo genérico para materiais empregados em pequenas quantidades, no contexto de uma tinta, menos do que 5% de sua massa. Eles influenciam na manufatura, estabilidade, aplicabilidade, qualidade, estocagem e aspecto do filme aplicado (ROCHA; KAIRALLA; FERRACIOLI; ALFINITO FILHO, 2009). Os aditivos podem apresentar vários estados físicos, como líquido, viscoso ou sólido pulverulento solúvel nos solventes. Eles podem ser classificados quanto ao mecanismo de atuação (Quadro 9) ou função (Quadro 10).

Quadro 9 - Classificação dos aditivos quanto ao mecanismo de atuação

ADITIVOS DE CINÉTICA	ADITIVOS DE REALOGIA	ADITIVOS DE PROCESSO	ADITIVOS DE PRESERVAÇÃO
Secantes*	Espessantes*	Surfactantes	Biocidas
Catalizadores	Antiescorrimento	Umectantes e dispersantes*	Estabilizantes de ultravioleta
Antipeles		Antiespumantes	
		Nivelantes	

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Rocha; Kairalla; Ferracioli; Alfinito Filho (2009)

Quadro 10 - Funções de aditivos

ADITIVO	FUNÇÃO
ABSORVENTES DA LUZ	Estabilizadores do comportamento dos revestimentos expostos à luz solar, principalmente aos raios ultravioletas
AGENTES ANTI-PELE	Impedir a formação de películas na superfície dos produtos dentro das embalagens durante o armazenamento.
AGENTES ANTI-ESPUMA	Diminuir ou evitar a formação de espumas indesejáveis
AGENTES ANTI-SEDIMENTO	Evitar a deposição dos pigmentos e cargas durante a armazenagem dos produtos
AGENTES TIXOTRÓPICOS	Promover aumento de viscosidade nos produtos
BACTERICIDAS	Evitar os efeitos da degradação por bactérias e evitar a putrefacção
DESIDRATANTE	Conservar um baixo teor de umidade no interior da lata durante o armazenamento (alguns poliuretanos curam por reação com a umidade do ar)
DISPERSANTES	Facilitar a dispersão dos produtos pulverulentos nos veículos
EMULSIONANTE	Favorecer a formação de uma emulsão e assegurar a sua estabilidade
ESPESSANTE	Promover aumento de consistência (agentes de endurecimento)
FUNGICIDAS E ALGICIDA	Reduzir o ataque de fungos na película seca

INIBIDORES DE CORROSÃO	Prevenir a corrosão
INSETICIDA	Conferir à película uma toxicidade suficiente para eliminar insetos que entrem em contato
MOLHANTES	Diminuir a tensão interfacial entre a fase sólida e a fase líquida
PLASTIFICANTES	Conferir elasticidade, aumentar e manter a flexibilidade da película
SECANTES	Provocar uma considerável redução do tempo de secagem à temperatura ambiente

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Marques (2013)

Gnecco, Mariano e Fernandes (2009) destacam os principais mecanismos de atuação de um aditivo:

- Umectantes e dispersantes*: Facilitam a introdução dos pigmentos durante a fabricação; favorecem a estabilização da suspensão de pigmentos durante a estocagem; melhoram a aplicação e umectação da superfície e, conseqüentemente, aumentam a aderência das tintas enquanto estão líquidas (após a secagem esta função é desempenhada pelas resinas).
- Espessantes*: Propiciam maior estabilidade à tinta na estocagem e possibilitam maiores espessuras por demão nas aplicações em superfícies verticais.
- Secantes*: São catalizadores metálicos que aceleram a secagem de tintas alquídicas (reação do oxigênio), agindo nos óleos vegetais que as compõem.
- Antibolhas: São compostos a base de silicone que não impedem a formação de bolhas de ar, mas possibilitam sua rápida eliminação. As bolhas são introduzidas nas tintas durante a agitação e, principalmente, durante a aplicação à rolo.
- Antinata: São compostos voláteis, adicionados durante a fabricação, que impedem a reação do oxigênio do ar com os óleos das tintas alquídicas enquanto estão fechadas na embalagem. Quando as tintas são aplicadas estes compostos deixam a película e liberam as resinas para reagirem com o oxigênio da atmosfera e, conseqüentemente, serem curadas.
- Sílica: Garante a homogeneidade do revestimento (evitando o surgimento de fissuras); apresenta alto poder de fosqueamento; possibilita alta porosidade;

garante a consistência adequada; facilita a dispersão e auxilia na qualidade do filme (excelente resistência a riscos e manchas) (POLITO, 2006).

A compreensão da função dos componentes de uma tinta, assim como suas proporções na mistura (Figura 17), podem possibilitar seu uso na repintura de substratos tradicionais⁶⁶. A identificação do percentual de resina em tintas vendidas comercialmente garante a verificação das propriedades do filme formado e a definição da compatibilidade com o sistema de revestimento. Em alguns sistemas de revestimento tradicionais, como os das edificações ecléticas, a formação de um filme fraco garante a possibilidade de troca de vapores entre o ambiente interno e externo, evitando a formação de patologias.

2.3.5 Processos de secagem da tinta

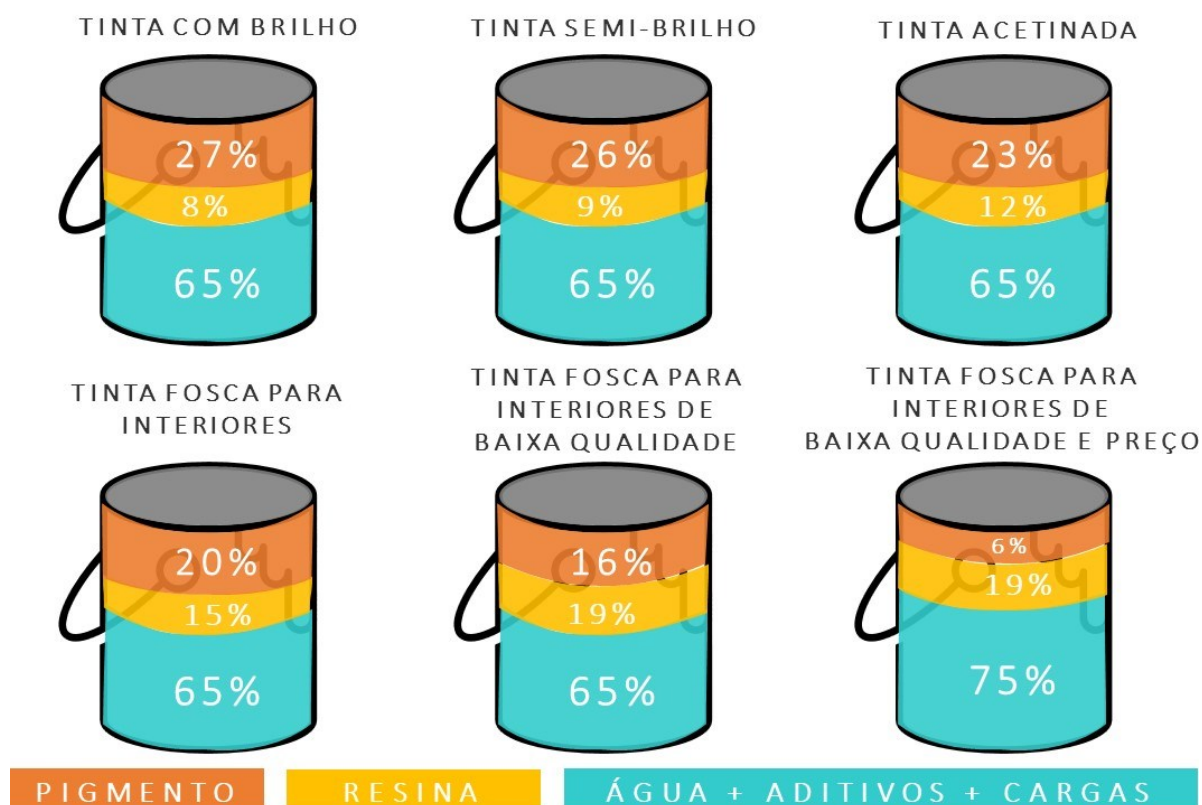
A secagem da tinta é a passagem do estado líquido para o estado sólido por meio da eliminação do solvente. Esta transformação depende do tipo de resina empregada na formulação. Quando a secagem necessita de um agente externo para a película obter as propriedades desejadas, este processo é chamado de cura. “Nestas tintas, a película pode estar seca e ainda não estar curada. A cura, na maioria das tintas demora cerca de 7 dias em condições normais e em temperatura ambiente.” (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009, p. 744). Os processos de formação do filme (Figura 18), mais comuns nas tintas utilizadas na construção civil, são evaporação, polimerização em emulsão, oxidação e polimerização com catalizador.

As tintas acrílicas, vinílicas e de nitrocelulose possuem um solvente para solubilizar a

⁶⁶ Trabalhos correlatos indicados pelos membros da banca de defesa da dissertação:
DALMEIDA, Sandra Moraes. **Tintas Imobiliárias Acrílicas em Obras de Interesse Histórico**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: www.dominiopublico.gov.br. Acesso em: 16 maio 2021.
SILVA, Mayara Martins. **Tintas à base de cal e argila para utilização como material de restauro compatível com o revestimento de edificações do século XVIII**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015. Disponível em: https://ppgau.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/documentos/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Mayra.pdf. Acesso em: 16 maio 2021.
DONADIO, Fabio das Neves. **Avaliação de desempenho superficial de tintas arquitetônicas de mercado: estudo de caso**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Artes da Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/JSSS-8JYG7W/1/disserta__o_f_bio_donadio.pdf. Acesso em: 16 maio 2021.

resina, portanto secam por meio de sua evaporação. Essas tintas são denominadas de lacas, sendo soluções de resinas sólidas que, ao perderem os solventes, retornam a forma sólida original (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009). Durante a secagem ocorre a aproximação das moléculas e a formação de uma macromolécula que se solidifica (Figura 18).

Figura 17 - Composição típica de uma tinta látex



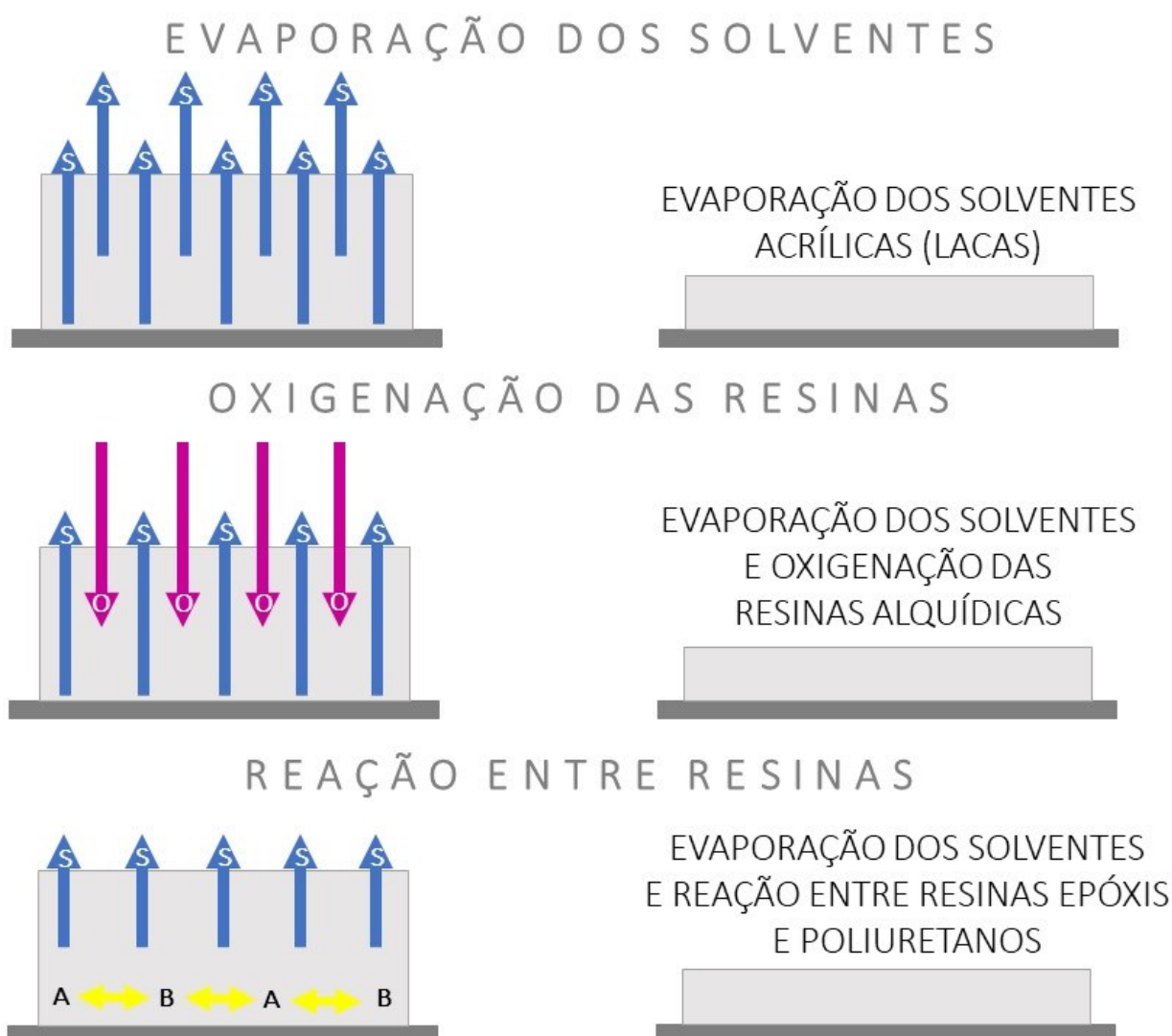
Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Polito (2006)

As tintas acrílicas à base de água possuem resinas acrílicas e vinílicas em emulsão aquosa. A formação da película (Figura 19) ocorre por meio da polimerização em emulsão (transformação do monômero em polímero e emulsificação deste polímero), seguida de outra emulsão (polimerização da resina por meio de reações de adição ou condensação) (Figura 18) (LOH, 2007). Tais resinas possuem um solvente orgânico, denominado de coalescedor, que mesmo em baixos teores (1 a 2%) é essencial para formação adequada do filme (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009).

Há uma fase polimérica separada na forma de esferas individuais dispersas em meio aquoso. No estágio I, a água é evaporada para o meio ambiente ou absorvida pela porosidade do substrato, e as partículas poliméricas esféricas tendem a se fundir entre si (coalescer). A coalescência ocorre devido a ação de forças capilares

e tensão superficial; ocorre a saída da água no interior das partículas poliméricas. No estágio II, a obtenção do filme contínuo e isento de vazios é obtida pela deformação de esferas de polímero. Existem forças de atração e repulsão de inúmeras fontes entre as partículas, incluindo forças capilares e intersticiais e resistência à deformação. A coalescência ocorre quando as forças de atração entre as partículas são maiores do que as de repulsão. O filme é formado em temperaturas iguais ou pouco acima da temperatura mínima de formação de filme (TMFF). O potencial de formação de filme está relacionado com a capacidade de deformação e, dessa forma, as emulsões de polímeros mais duros são mais resistentes à deformação do que as emulsões de polímeros mais macios. (LOH, 2007, p. 1484).

Figura 18 - Processos de formação do filme

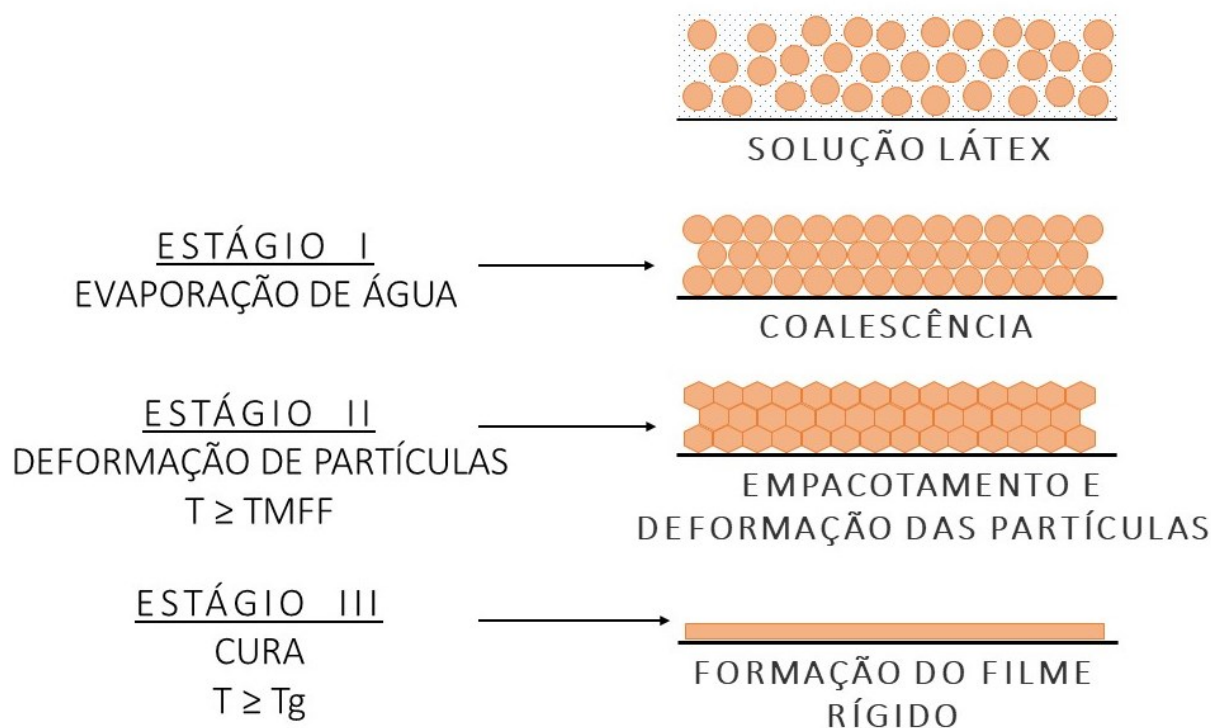


Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Gnecco; Mariano; Fernandes (2009)

As tintas alquídicas secam por oxidação, ou seja, o agente de cura é o oxigênio do ar (Figura 18). O oxigênio reage com as resinas alquídicas nas insaturações das cadeias de ácidos graxos de óleos vegetais. Essa reação reduz a mobilidade destas cadeias,

levando à solidificação da substância (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009).

Figura 19 - Estágios de formação de um filme à base de dispersão aquosa (látex)



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Uemoto⁶⁷ (1998) *apud* Loh (2007)

O processo de cura das tintas epoxídicas resulta da polimerização com catalizador, em que ocorre uma reação entre os grupos químicos - do agente de cura e da resina - agregando as moléculas com ligações cruzadas e solidificando a tinta (Figura 18) (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009). “A malha polimérica formada é mais fechada do que a das alquídicas, sendo, por isso, mais impermeáveis e mais resistentes a agentes agressivos.” (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009, p. 743).

2.4 Produtos utilizados para pintura na construção civil

Os produtos utilizados nos sistemas de pintura na construção civil seguem a lógica dos sistemas de revestimento, ou seja, são especificados com base no substrato. A

⁶⁷ UEMOTO, K. L. **Influência da formulação das tintas de base acrílica como barreira contra penetração de agentes agressivos nos concretos**. São Paulo: USP, 1998. p. 178. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, 1998.

classificação das tintas é diferente entre o mercado consumidor e os produtores (Quadro 11). O mercado consumidor identifica as tintas por uso final, modo de cura e aspecto do acabamento. Os produtores, ou seja, os tecnologistas de tinta agrupam pela composição, baseado no tipo de solvente ou tipo de resina.

Quadro 11 - Classificação das tintas utilizadas na construção civil

	CLASSIFICAÇÃO	CLASSE e/ou PRODUTO	
CLASSIFICAÇÃO DOS TECNOLOGISTAS	COMPOSIÇÃO Tipo de solvente	BASE SOLVENTE Produtos que contêm ou são diluíveis (solúveis) em solventes orgânicos	
		BASE ÁGUA Produtos diluíveis ou dispersos em água	
	COMPOSIÇÃO Tipo de resina, veículo não-volátil	LÁTEX ACRÍLICO Resina acrílica	TINTA LÁTEX ACRÍLICA TINTA TEXTURIZADA SELADOR LÍQUIDO PREPARADOR DE PAREDES MASSA ACRÍLICA
		LÁTEX VINÍLICA Resina vinílica	TINTA LÁTEX VINÍLICA FUNDO SELADOR VINÍLICO MASSA CORRIDA
	ALQUÍDICA Resina alquídica	ESMALTE SINTÉTICO ALQUÍDICO FUNDO SELADOR PIGMENTADO FUNDO ANTICORROSIVO COM CROMATO FUNDO ANTICORROSIVO COM FOSFATO MASSA A ÓLEO	
CLASSIFICAÇÃO DO MERCADO CONSUMIDOR	USO FINAL Ambiente de aplicação ⁶⁸	INTERIOR EXTERIOR	
	USO FINAL Tipo de base	MADEIRA METAL ALVENARIA CONCRETO AZULEJO	

⁶⁸ A classificação detalhada de ambientes e sua resistência quanto a diversas resinas está apresentado no ANEXO 2 AMBIENTES E RESINAS.

MODO DE CURA	EVAPORAÇÃO DO SOLVENTE
Conforme o mecanismo de formação de filme	OXIDAÇÃO AO AR
	OXIDAÇÃO PELO CALOR (estufa)
ASPECTO DO ACABAMENTO	TRANSPARENTE (verniz) ou PIGMENTADO (cor)
	TEXTURA DO ACABAMENTO
	FOSCO, BRILHANTE ou ACETINADO
	COR (colorida, branca, metálica)

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Loh (2007)

Esta discordância associada ao desconhecimento da complexidade na elaboração de um sistema de pintura, pode levar a especificações inadequadas. Tais especificações, invariavelmente, podem gerar patologias futuras. O ANEXO 5 PATOLOGIAS EM SISTEMAS DE PINTURAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL possibilita a identificação de algumas destas patologias. Os principais produtos utilizados para pintura de edifícios estão descritos no ANEXO 3 PRINCIPAIS PRODUTOS UTILIZADOS PARA PINTURA DE EDIFÍCIOS. Este anexo apresenta os produtos tabelados contendo nomenclatura, descrição, solvente, características técnicas e usos. O ANEXO 4 SISTEMAS DE PINTURAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL detalha os principais sistemas de pintura para os substratos mais encontrados na construção civil. O ANEXO 4 combinado com ANEXO 5 possibilita a identificação de patologias.

2.5 Tintas Modernas

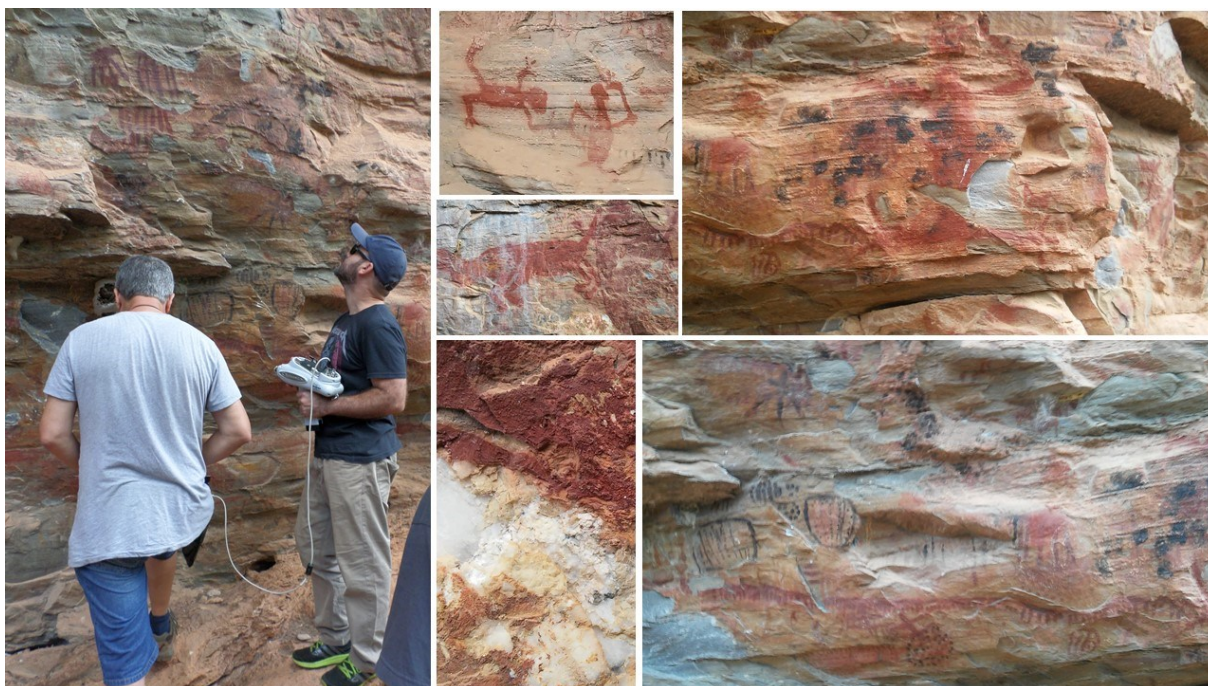
2.5.1 Criação e desenvolvimento da indústria de tintas

ABRAFATI (1989) descreve o desenvolvimento da manufatura de tintas como paralelo ao desenvolvimento da humanidade. Na pré-história a mistura de pigmentos e aglutinantes – ambos de origem vegetal e animal – fez surgir a tinta. O ser humano primitivo utilizou esta tinta rudimentar para retratar, em superfícies pétreas, a sua época (Figura 20). Atualmente é possível compreender quimicamente estas tintas, mas seu significado está envolto de fascínio e incertezas (Figura 20).

As primeiras tintas aplicadas como camada final do sistema de revestimento podem ser consideradas tintas rudimentares, por se restringirem a composição com pigmentos ou cargas minerais. Para garantir maior resistência às intempéries, Uemoto (2002) afirma que nestas composições são associadas a cal hidratada e algum agente

natural repelente à água.

Figura 20 - Lapa da Sucupira, município de Santana do Riacho, Serra do Cipó, Minas Gerais.



Legenda: Visita de Campo à Lapa da Sucupira, realizada na disciplina “Campo de Técnicas e Materiais do Patrimônio Cultural”, ministrada pelo Prof. Dr. Luiz Souza, no primeiro semestre de 2017

Fonte: Fotografias de Thais Hoelzle (2017)

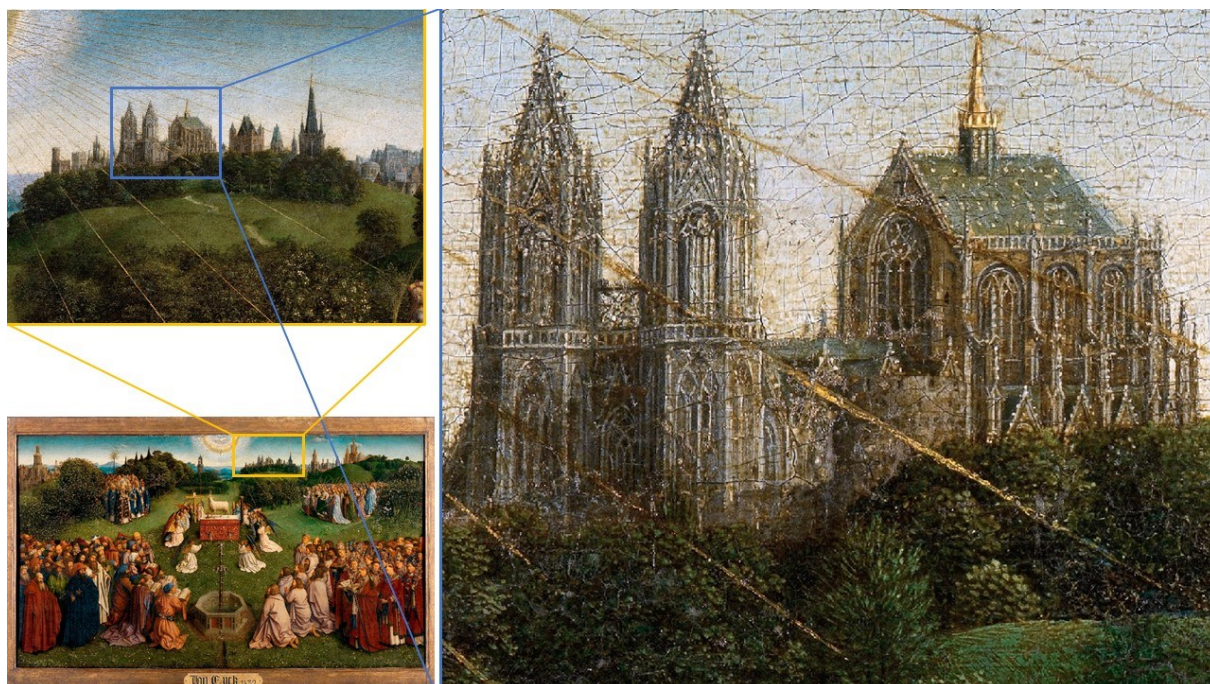
O aperfeiçoamento das tintas começou pontualmente, mas alcançou todo o mundo. O desenvolvimento e especialização de algumas civilizações são destacados, como os afrescos⁶⁹ na Antiguidade Clássica Ocidental e os esmaltes naturais⁷⁰ no Japão e na China. A grande revolução nas tintas começa nas artes plásticas e é atribuída ao

⁶⁹ “Na Ilha de Creta, por volta de 2.600 a.C, executavam-se pinturas murais cujos desenhos eram elaborados com produtos encontrados na natureza e técnicas de pintura em paredes com superfícies preparadas com um tipo de massa a base de cal, areia e água. Talvez, um dos mais antigos registros da técnica do “afresco”, assim chamada, porque deriva do termo “a fresco” (recém executado e ainda úmido), que consistia em aplicar os pigmentos (minerais ou vegetais) da pintura em uma superfície ainda úmida, preparada com cal, areia e água. Este processo se valia da reação de carbonatação da cal, na presença do oxigênio do ar, que endurecendo, fixava os pigmentos neste revestimento. A cal funcionava, portanto, como ligante dos pigmentos em pó que eram dissolvidos em água e expostos ao sol durante um período de 2 ou 3 semanas, protegidos da chuva, para verificar, inclusive, a resistência destes a agressão dos raios solares. A mistura à base de cal tem a particularidade de continuar, ao longo do tempo, com o processo de carbonatação, assim como, favorecer a chamada respiração da parede, por meio da troca contínua do vapor de água, impedindo fenômenos de descascamento e da formação de mofo.” (RODÁ, 2006, pp.14-15).

⁷⁰ “Os esmaltes naturais são a mistura de pigmentos e vernizes, extraídos de seivas naturais de diversas árvores.” (ABRAFATI, 1989, p. 12).

holandês e pesquisador de materiais Hubert van Eyck (1370-1426). Ele foi o precursor do uso de óleo de linhaça como aglutinante (Figura 21). “Pela primeira vez foi possível a fusão de tintas ainda úmida sobre um quadro [...]. Sem serem envernizadas, as pinturas possuíam luminosidade e resistência à água, em teores até então nunca vistos.” (ABRAFATI, 1989, p. 12).

Figura 21 - Retábulo de Ghent⁷¹: Detalhe do horizonte de uma cidade medieval



Fonte: Elaborada pela autora com imagens extraídas de Google Arts & Culture (2020)

Essa inovação nos materiais de artes plásticas impulsionou a incipiente indústria de tintas com desdobramentos lentos e pontuais. “A partir do século XVI, começaram a ser produzidas tintas para aplicações técnicas específicas. Na Inglaterra, as quilhas dos navios passaram a ser revestidas com zarcão ou alvaiade de chumbo, para protegê-las contra o apodrecimento e a incrustação de animais.” (ABRAFATI, 1989, p. 13). As novas tecnologias de produção de tintas aumentaram seu reconhecimento como um revestimento - necessário, protetor e durável - em diversos substratos.

Standeven (2011) afirma que o contexto alterou e acelerou com a Revolução

⁷¹ VAN EYCK, Jan; VAN EYCK, Hubert. **O retábulo de Ghent**. 1432. Tinta a óleo em painel de madeira, 520,0 cm x 375,0 cm. Título original: *Ghent Altarpiece*. Catedral de São Bavão, Bélgica.

Industrial⁷² no final do século XVIII. Ela impactou a indústria de tintas de duas formas, pois não apenas a infraestrutura recém-construída (pontes, ferrovias, trens e edifícios) necessitava de revestimento decorativo e de proteção, como também esse aumento de demanda levou ao desenvolvimento de técnicas de produção em massa destes produtos. Como resultado, entre o final do século XVIII e início do século XIX na Europa, surgem os primeiros fabricantes especializados em tintas e vernizes. Esta fabricação utilizava matérias-primas baseadas em óleos naturais, gomas e resinas.

Mesmo com este desenvolvimento a demanda do mercado era local, sempre limitada pela circulação. Não existia uma rede de distribuição, viária ou fluvial, consolidada e interligada na Europa. Havia centenas de pequenas empresas que abasteciam o mercado local sazonalmente. Esta distribuição estacionária se refere as condições ambientais mais severas de algumas estações do ano.

A formulação de tintas era uma ciência inexata, as receitas eram cuidadosamente guardadas e transmitidas de geração em geração. Mas à medida que as empresas especializadas surgiram e a produção saiu do local de trabalho para a fábrica, o processo de fabricação de tintas tornou-se cada vez mais mecanizado.⁷³ (STANDEVEN, 2011, p. 12).

Standeven (2011) identifica três fases na manufatura de tintas: (i) tintas formuladas e misturadas por pintores profissionais, que compravam as matérias-primas individualmente; (ii) produção de tintas semipreparadas, necessitando da adição de resinas e solventes no momento da aplicação; (iii) produção de tintas prontas para uso, aplicadas diretamente da embalagem. As primeiras tintas prontas para uso foram introduzidas, no final do século XIX, nos Estados Unidos e no Reino Unido. Possuíam acabamento fosco e brilhante e aplicação em interiores e exteriores. Mesmo com todo este desenvolvimento, elas não alcançaram o consumo projetado.

As tintas domésticas de hoje para uso interior e exterior são fáceis de

⁷² “A Primeira Revolução Industrial, confunde-se praticamente com a primeira fase da industrialização, ocorrida no fim do século XVIII, com a invenção da máquina a vapor, tendo o carvão como fonte de energia, e tendo principalmente a indústria têxtil como mais importante. A Segunda Revolução Industrial teve seu início no fim do século XIX, marcada pelo petróleo, como principal fonte de energia e a indústria automobilística como o principal foco de produção. Já a Terceira Revolução Industrial, está em andamento, teve início no fim dos anos 1970, marcada pela informática e a robótica.” (RODÁ, 2006, p.29).

⁷³ Tradução nossa do original: “*Paint formulation was an inexact science, and the jealously guarded recipes were handed down from one generation to the next. But as specialist firms emerged and as production moved from the workplace to the factory, the process for manufacturing paint became increasingly mechanized.*” (STANDEVEN, 2011, p. 12).

aplicar, duráveis, laváveis e totalmente repintáveis, mas nem sempre foi assim, e a história da tecnologia de tintas é realmente uma história das melhorias feitas tanto nas matérias-primas quanto nos processos de fabricação.⁷⁴ (STANDEVEN, 2011, p.1)

O insucesso destes produtos pode ser atribuído: a existência de muitas tintas de baixa qualidade no mercado, que mancharam a reputação do novo produto; as matérias-primas utilizadas estavam tão distantes daquelas que o pintor profissional comprava, que ele não compreendeu suas propriedades; as tintas mal formuladas, pela incompreensão das interações entre os constituintes no interior da embalagem ou a longo prazo, após aplicação; a tentativa de pintores profissionais em “melhorar” a qualidade das tintas, acrescentando solventes ou secantes inadequados (STANDEVEN, 2011).

O final do século XIX e início do século XX testemunhou o desenvolvimento de muitos materiais e de novos fabricantes, como resinas derivadas de: goma de éster, tungue, perilla, soja, rícino desidratado, peixe e óleo de pinus. Tintas e vernizes à base de produtos naturais formaram a base de uma variedade de tintas a óleo, esmaltes, tintas brilhantes e vernizes. A qualidade desses acabamentos é muito variável: variava de revestimentos externos resistentes e duráveis, compreendendo óleos e vernizes de alta qualidade, a pigmentos baratos e vernizes de álcool na extremidade mais baixa do mercado de tintas para interiores.⁷⁵ (STANDEVEN, 2011, p.19).

O óleo de linhaça foi a resina mais utilizada pelos pintores profissionais e fabricantes de tintas semipreparadas e pré-misturadas. Apesar da grande relutância na aceitação das tintas manufaturadas, seus benefícios foram reconhecidos após alguns anos, destacando: a autonomia do usuário para realização do serviço de pintura (dispensabilidade da contratação de um profissional); a redução do custo de mão-de-obra; a eliminação do tempo de mistura dos ingredientes; a redução do volume de embalagens até o consumidor final; a garantia da cor descrita pelo fabricante

⁷⁴ Tradução nossa do original: “*Today’s household paints for interior and exterior use are easy to apply, durable, washable, and fully recoatable, but this was not always the case, and the history of paint technology is really a history of the improvements made in both raw materials and manufacturing processes.*” (STANDEVEN, 2011, p.1).

⁷⁵ Tradução nossa do original: “*The late nineteenth and early twentieth century saw the development of many new manufacturers’ materials, including the rosin derivative ester gum, tung, perilla, soybean, dehydrated castor, fish, and tall oils. Paints and varnishes based on natural products formed the basis of a range of oil paints, enamels, gloss paints, and varnishes. The quality of these finishes varied tremendously and ranged from tough, durable exterior coatings comprising high-grade oils and varnishes to cheap pigmented spirit varnishes at the lowest end of the interior paint market.*” (STANDEVEN, 2011, p.19).

(STANDEVEN, 2011).

As formulações para tintas de interior e exteriores são diferentes no que se refere a custos, materiais utilizados e propriedades desejáveis. Alguns fabricantes, considerando este pressuposto, criaram esta distinção de ambientes para seus produtos no mercado. Com esta solução era possível manter a qualidade por um valor mais competitivo.

Tintas imobiliárias são sistemas complexos que devem funcionar sob uma variedade de condições. A pintura externa de uma residência deve ser fácil de escovar, autonivelante, elástica, durável e de secagem rápida. O aglutinante de uma tinta de parede interna deve produzir um filme com cobertura, suavidade e brilho uniformes e com máxima resistência a manchas e absorção de poeira. Também deve ser resistente o suficiente para inibir à ação de vários agentes de limpeza e não deve descolorir se exposto ao calor, luz ou sombra. As tintas dos acabamentos internos precisam ser brilhantes, de cor uniforme e rígidas o suficiente para resistir a choques e arranhões. Por último, os vernizes para pisos, carpintarias ou móveis devem ser consistentes e resistentes o suficiente para suportar a limpeza e derramamento de alimentos, bebidas, graxa e outras deposições. Obviamente, nenhum único aglutinante atenderá a todos esses critérios e muitos tipos diferentes foram usados ao longo dos anos.⁷⁶ (STANDEVEN, 2011, p.1).

No final do século XIX e início do século XX apareceram as primeiras tintas à base de água. Essa formulação abriu o mercado para uma nova diversidade de materiais e combinações. A profusão de experimentações no início do século XX foi interrompida pela Primeira Guerra Mundial (1914-1918), quando a produção de insumos pelos países envolvidos estava majoritariamente direcionada para a guerra. Por esta razão, a oferta de produtos naturais e matérias-primas para produção de tintas foi limitada. “A escassez de óleo de linhaça incentivou pesquisa em óleos corporais e emulsões de óleo em água, com ambas as técnicas se utilizou o óleo disponível de forma mais

⁷⁶ Tradução nossa do original: “*Household paints are complex systems that must perform under a range of conditions. An exterior house paint must be easy brushing, selfleveling, elastic, durable, and quick drying. The binder of an interior wall paint must produce a film with uniform hiding, smoothness, and sheen and with maximum resistance to staining and dust collection. It must also be tough enough to withstand the action of various cleaning agents and must not discolor if exposed to heat, light, or shade. Interior trim paints need to be glossy, uniform in color, and hard enough to withstand knocks and scuffs. Last, varnishes for floors, woodwork, or furniture must be hard and tough enough to withstand cleaning and the spillage of food, drink, grease, and other deposits. Of course, no single binder will fulfill all these criteria, and many different types have been used over the years.*” (STANDEVEN, 2011, p.1).

eficiente.”⁷⁷ (STANDEVEN, 2011, p.14).

Tintas de emulsão de óleo surgiram no Reino Unido no final da década de 1930 e nos Estados Unidos no início da década de 1940. Emulsões de resina de óleo podem compreender óleos de secagem tradicionais, como óleo de linhaça ou óleo de pinus, ou resinas alquídicas na água. [...] O componente de óleo ou resina foi emulsificado em água por um coloide protetor, geralmente caseína. [...] Eles possuíam durabilidade muito maior e representavam um passo considerável com o objetivo de fazer uma tinta à base de água, que fosse tão durável quanto sua contrapartida em base solvente. Eles foram muito populares durante a Segunda Guerra Mundial, quando o racionamento de óleo de linhaça significava que ele deveria ser utilizado de maneira mais eficaz na forma emulsionada. [...] Emulsões de óleo em água foram as primeiras tintas à base de água verdadeiramente laváveis e foram os precursores das tintas de emulsão de resina sintética, que passaram a dominar a indústria de revestimentos de parede no final da década de 1940 e início da década de 1950.⁷⁸ (STANDEVEN, 2011, pp.51-52).

No desenvolvimento destas pesquisas o aumento da durabilidade passou a ser valorizado. Era preciso desenvolver novos óleos, que não gerassem problemas futuros de degradação do revestimento, durante o processo de secagem da resina. “A presença de secantes no revestimento continua a catalisar a oxidação das macromoléculas, mesmo após a secagem ter sido ‘completada’, contribuindo para sua decomposição.” (DEUTSCH; FAZENDA; FILHO, 2009).

A solução definitiva viria com os polímeros (Figura 22). “A resposta para esse desafio foi o rápido desenvolvimento da química orgânica, a sistematização da pesquisa voltada à modificação de substâncias naturais e a criação de matérias primas sintéticas.” (ABRAFATI, 1989, p. 13). Em 1833 J. J. Berzelius cunhou o termo polímero para designar a massa precipitada, resultante de experimentos para formulação de

⁷⁷ Tradução nossa do original: “Shortages of linseed oil encouraged research into bodied oils and oil-in-water emulsions, as both techniques utilized the available oil most efficiently.” (STANDEVEN, 2011, p.14).

⁷⁸ Tradução nossa do original: “Oil emulsion paints appeared in the United Kingdom in the late 1930s and in the United States in the early 1940s. Oil-resin emulsions could comprise traditional drying oils such as linseed or tall oil, or alkyd resins in water. [...] The oil or resin component was emulsified in water by a protective colloid, usually casein. [...] They possessed far greater durability and represented a considerable step toward the goal of making a waterborne paint that was as durable as its solvent-borne counterpart. They were very popular during World War II, when rationing of linseed oil meant that it could be most effectively utilized in emulsified form. [...] Oil-in-water emulsions were the first truly washable waterborne paints and were the forerunners of the synthetic resin emulsion paints that came to dominate the flat wall coatings industry by the late 1940s and early 1950s.” (STANDEVEN, 2011, pp.51-52).

novos compostos (STANDEVEN, 2011). No início do século XX cientistas⁷⁹ colaboraram para a compreensão da funcionalidade, dos mecanismos de reação e das diferenças entre polímeros e suas aplicações.

Figura 22 - Propagandas das “Tintas Ypiranga” da década de 1960



Fonte: Realidade (1969)

Tintas para ambientes interno e externos à base de óleos naturais, gomas e resinas continuaram a ser usados até meados da década de 1950. A introdução de resinas fenólicas, no final da década de 1920 e a ampla disponibilidade de alquídicos no final da década de 1940, não substituíram, imediatamente, os produtos naturais; mas foram fabricados juntos com eles por muitos anos. No entanto, na década de 1960, era raro encontrar uma tinta brilhante, para interior ou exterior, que não fosse formulada com uma resina sintética; tintas para paredes à base de óleos foram fornecidas, mas se tornaram quase obsoletas diante da ampla disponibilidade de tintas superiores em emulsão sintética no final da década de 1940 e início da década de 1950.⁸⁰

⁷⁹ Dentre os primeiros cientistas pesquisadores de polímeros, destacam-se: Wallace Carothers (1896-1937) nos Estados Unidos e Hermann Staudinger (1881-1965) na Alemanha.

⁸⁰ Tradução nossa do original: “Interior and exterior paints based on natural oils, gums, and resins continued to be used until well into the 1950s. The introduction of phenolic resins in the late 1920s and the widespread availability of alkyds in the late 1940s did not immediately displace natural products but were manufactured alongside them for many years. However, by the 1960s it was rare to find an interior

(STANDEVEN, 2011, p.52).

Este estímulo inicial propiciou, entre as décadas de 1920 e 1940, o desenvolvimento das resinas sintéticas. “No século XIX, as pequenas fábricas e manufaturas de tintas transformaram-se em indústrias sólidas e complexas. A demanda de grandes quantidades de tinta gerou métodos de produção mais rápidos e mais econômicos.” (ABRAFATI, 1989, p. 13).

As resinas sintéticas utilizadas pela indústria de tintas foram desenvolvidas pela indústria de plásticos. Embora o trabalho pioneiro em técnicas de polimerização foi realizado no final do século XIX, esta pesquisa não se concretizou até as décadas de 1920 e 1930. O impulso inicial para pesquisas em polímeros sintéticos foi conduzido a fim de encontrar substâncias para substituir as gomas e resinas naturais, que foram usadas como materiais de moldagem e isolantes elétricos. A descoberta de métodos pelos quais os polímeros sintéticos poderiam ser fabricados foi concorrente com o desenvolvimento da produção comercial de solventes como álcoois, ésteres e cetonas; que pavimentaram o caminho para a fabricação de uma variedade surpreendentemente diversificada de plásticos e revestimentos especializados que revolucionaram ambas as indústrias.⁸¹ (STANDEVEN, 2011, p.15).

Durante o século XX foram elaboradas tintas, resinas e polímeros sintéticos (Quadro 12) resultantes do desenvolvimento tecnológico alcançado. ABRAFATI (1989) ressalta que a diversidade de materiais criados, após a Revolução Industrial, gerou a necessidade de novos tipos de revestimentos. “A resposta para esses desafios foi o rápido desenvolvimento da química orgânica, a sistematização da pesquisa voltada à modificação de substâncias naturais e à criação de matérias primas sintéticas.” (ABRAFATI, 1989, p. 13). Nestas circunstâncias surgem as tintas modernas.

No Brasil até 1940 os aglutinantes mais sofisticados eram as resinas alquídicas. Muito pouco de epóxi existia. Os poliésteres estavam sendo desenvolvidos na *DuPont*, mas ainda era coisa de 1939. Então, na realidade, eram as alquídicas que haviam sido desenvolvidas no

or exterior gloss paint that was not formulated with a synthetic resin, and flat wall paints based on oils were rendered all but obsolete on the widespread availability of vastly superior synthetic emulsion paints in the late 1940s and early 1950s.” (STANDEVEN, 2011, p.52).

⁸¹ Tradução nossa do original: “*The synthetic resins used by the paint industry were developed by the plastics industry. Although the pioneering work into polymerization techniques was conducted in the late nineteenth century, this research did not come to fruition until the 1920s and 1930s. The initial impetus for research into synthetic polymers was conducted in order to find substances to replace the naturally occurring gums and resins that were used as molding materials and electrical insulators. The discovery of methods by which synthetic polymers could be manufactured was concurrent with the development of the commercial production of solvents such as alcohols, esters, and ketones, which paved the way for the manufacture of an astonishingly diverse range of specialized plastics and coatings, which was to revolutionize both industries.*” (STANDEVEN, 2011, p.15).

início dos anos 1920-1925. [...] Antes de 1920 [os aglutinantes] eram os polímeros naturais modificados, era a nitrocelulose. Não existia a química de polimerização. A primeira patente de polimerização foi de uma resina fenólica em 1907. As resinas fenólicas foram imediatamente incorporadas, na indústria de tintas, para melhorar as propriedades ao intemperismo dos vernizes existentes. Que eram vernizes a base de óleo vegetal cozido, conhecidos como *stand oil*. Até 1920, até o aparecimento das resinas alquídicas, [os aglutinantes] eram óleos vegetais cozidos (*stand oil*), geralmente óleo de linhaça. Quando apareceu a resina fenólica se fazia esse cozimento, com a resina fenólica para melhorar, incrivelmente, as propriedades de proteção. [...] Antes de 1940, praticamente, não existia epóxi, não existia nenhuma tinta látex, nada. Nem borracha clorada, nada disso! Porque tudo isso surgiu depois da guerra. Os monômeros apareceram depois da guerra. (FAZENDA, 2019).

Quadro 12 - Tintas, resinas e polímeros: cronograma de desenvolvimento

1907	RESINAS FENÓLICAS – PATENTE
1913	RESINAS FENÓLICAS MODIFICADAS COM BREU
1920	LACAS NITROCELULÓSICAS
1923	RESINAS ALQUÍDICAS E MALÉICAS DIÓXIDO DE TITÂNIO (PIGMENTO)
1926	RESINAS FENÓLICAS SOLÚVEIS EM ÓLEOS VEGETAIS
1927	RESINAS ACRÍLICAS (ALEMANHA)
1930	BORRACHA CLORADA RESINAS URÉICAS E SUAS COMBINAÇÕES COM RESINAS ALQUÍDICAS POLI (CLORETO DE VINILA)
1934	TINTAS À BASE DE EMULSÕES AQUOSAS DE ÓLEO VEGETAIS
1936	RESINAS ACRÍLICAS TERMOCONVERTÍVEIS
1937	RESINAS POLIURETÂNICAS
1940	RESINAS MELAMÍNICAS E SUAS COMBINAÇÕES COM RESINAS ALQUÍDICAS
1942	ÓLEOS VEGETAIS ESTIRENADOS E ACRILADOS
1944	RESINAS DE SILICONE
1947	RESINAS EPÓXI

1948	EMULSÕES AQUOSAS DE POLI (ACETATO DE VINILA)
1950	POLIÉSTERES INSATURADOS
1951	SISTEMAS EPÓXI-POLIAMIDA
1952	EMULSÕES ACRÍLICAS AQUOSAS
1954	RESINAS ALQUÍDICAS TIXOTRÓPICAS
1955	SISTEMAS AQUOSOS TERMOCONVERTÍVEIS
1956	LACAS E ESMALTES ACRÍLICOS
1960	TINTA EM PÓ TERMOCONVERTÍVEL
1961	ELETRODEPOSIÇÃO ANÓDICA POLÍMEROS FLUORADOS
1966	SISTEMA DE CURA POR ULTRAVIOLETA E POR FEIXE ELETRÔNICO DISPERSÕES NÃO AQUOSAS
1970	ELETRODEPOSIÇÃO CATÓDICA
1975	OLIGÔMEROS (ACRÍLICOS, POLIÉSTERES, URETANOS) PARA ALTOS SÓLIDOS SISTEMA DUPLA CAMADA

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Fazenda (2009)

2.5.2 Origem do termo “tintas modernas”

A designação “tintas modernas” a qual a presente dissertação se baseia é apresentada por Crook e Learner (2000). Os autores descrevem o uso, por artistas plásticos, de tintas imobiliárias e industriais para a produção de obras de arte, dentro da corrente artística do modernismo⁸² (Figura 23).

⁸² “Sob o termo genérico *Modernismo* resume-se as correntes artísticas que, na última década de século XIX e na primeira do século XX, propõem-se a interpretar, apoiar e acompanhar o esforço progressista, econômico-tecnológico, da civilização industrial. São comuns às tendências *modernistas*: 1) a deliberação de fazer uma arte em conformidade com sua época e a renúncia à invocação de modelos clássicos, tanto na temática como no estilo; 2) o desejo de diminuir a distância entre as artes “maiores” (arquitetura, pintura e escultura) e as “aplicações” aos diversos campos da produção econômica (construção civil corrente, decoração, vestuário, etc.); 3) a busca de uma funcionalidade decorativa; 4) a aspiração a um *estilo* ou *linguagem* internacional ou europeia; 5) o esforço para interpretar a *espiritualidade* que se dizia (com um pouco de ingenuidade e um pouco de hipocrisia) inspirar e redimir o industrialismo. Por isso, mesclam-se nas correntes *modernistas*, muitas vezes de

Figura 23 – A obra e a matéria da “Arte Concreta”⁸³

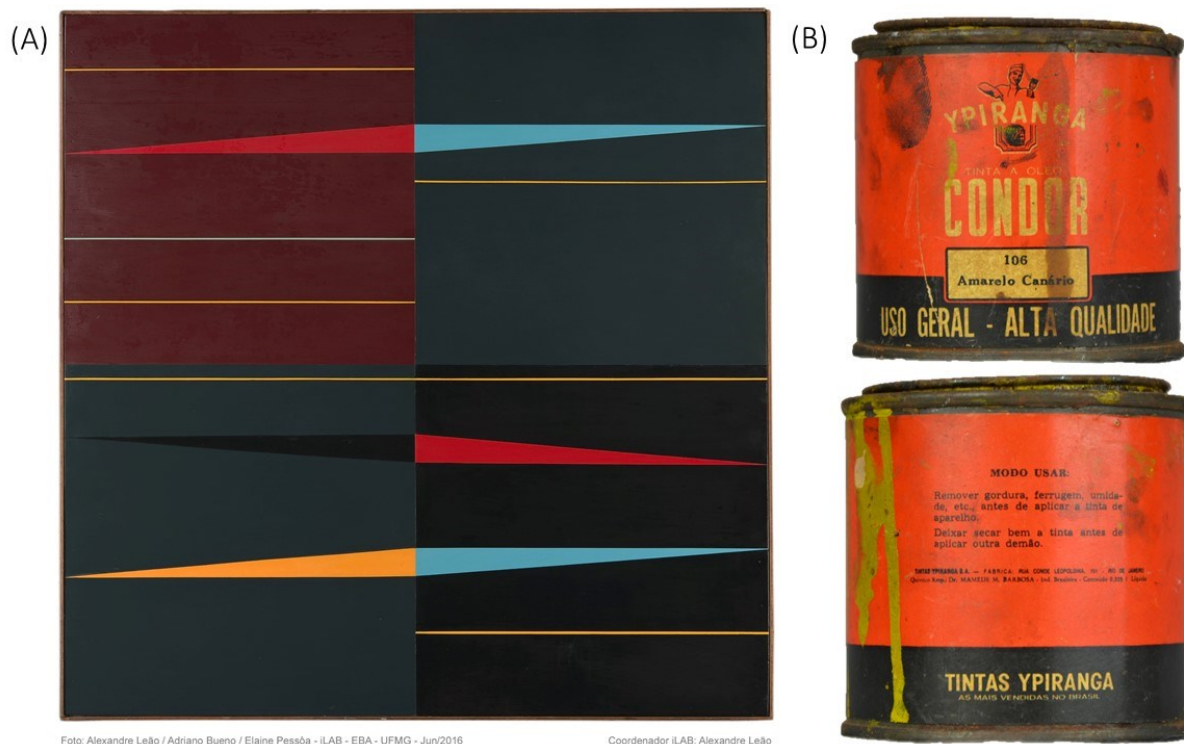


Foto: Alexandre Leão / Adriano Bueno / Elaine Pêssoa - iLAB - EBA - UFMG - Jun/2016

Coordenador iLAB: Alexandre Leão

Fonte: (A) SERPA, Ivan. *Quadrados com ritmos resultantes*. 1953. Tinta alquídica⁸⁴ sobre madeira, 100 x 100 cm. Obra da Coleção Tuiuiu, Proprietário Luiz Antônio de Almeida Braga. Foto: Alexandre Leão / Adriano Bueno / Elaine Pêssoa – iLAB – EBA – UFMG (2016);

(B) Lata de tinta do Acervo de Ivan Serpa. Foto: LACICOR – EBA – UFMG (2016).

As denominadas “tintas modernas” são tintas produzidas com resinas sintéticas, a saber: nitrocelulose (piroxilina), alquídica, acetato de polivinila (PVA), acrílico, poliuretano, silicato de etila, borracha clorada e epóxi (CROOK; LEARNER, 2000). “Os

maneira confusa, motivos materialistas e espiritualistas, técnico-científico e alegórico-poético, humanitário e sociais. Por volta de 1910, quanto ao entusiasmo pelo progresso industrial sucedeu-se a consciência da transformação em curso nas próprias estruturas da vida e da atividade social, formar-se-ão no interior do *Modernismo* as *vanguardas* artísticas preocupadas não mais apenas em modernizar ou atualizar, e sim em revolucionar radicalmente as modalidades e finalidades da arte.” (ARGAN, 1992, p. 185).

⁸³ “É preciso esclarecer que a utilização dos termos arte concreta e arte neoconcreta e derivações (concretismo, neoconcretismo) não visou classificar as produções dessa geração de artistas em um conjunto homogêneo e coeso de projetos ou de manifestações da arte abstrata geométrica, tampouco em uma seleção de obras realizadas sob a imposição de um corpus de regras seguidas a partir da transladação de linguagens plásticas originadas fora do Brasil. Nesta tese [*assim como na presente dissertação*], a validação desses termos deve-se à designação identitária que era empregada correntemente pelos próprios artistas, a princípio para distinguirem suas proposições de outras vertentes abstratas, nomeadamente a corrente tachista ou informal que, sincronicamente, fincou raízes no cenário das artes plásticas brasileiras no mesmo período.” (CASTELLO BRANCO, 2019, p. 17, *grifo nosso*).

⁸⁴ O artigo de Barbosa e Souza (2019) apresenta detalhes sobre o uso de tintas modernas pelo artista Ivan Serpa.

primeiros artistas a usarem tintas sintéticas foram, portanto, aqueles que trabalhavam com pinturas residenciais, ou materiais que foram concebidos para outros usos.”⁸⁵ (CROOK; LEARNER, 2000, p.8). Após esse contato inicial entre as tintas imobiliárias e os artistas plásticos, Crook e Learner (2000) destacam os motivos que propiciaram a continuidade do uso:

- Necessidade econômica: a disponibilidade de materiais tradicionais para obras de arte estava escassa durante, e logo após, a Segunda Guerra Mundial;
- Baixo custo: as latas, com grandes volumes, propiciavam novas experimentações artísticas e obras em grandes escalas;
- Novas experimentações: inspirados pelos propósitos modernistas⁷⁶, procuravam apresentar a arte em novos meios e substratos;
- Durabilidade: as tintas industriais eram mais resistentes à eventuais danos físicos e a exposição às intempéries;
- Impacto visual: o uso de resinas não tradicionais gerava aspecto e fluidez diferenciados;
- Liberdade criativa: o uso de novas técnicas de aplicação (tingimento, serigrafia, pulverização ou empastamento) foi possibilitado pelas características físico-químicas destas tintas.

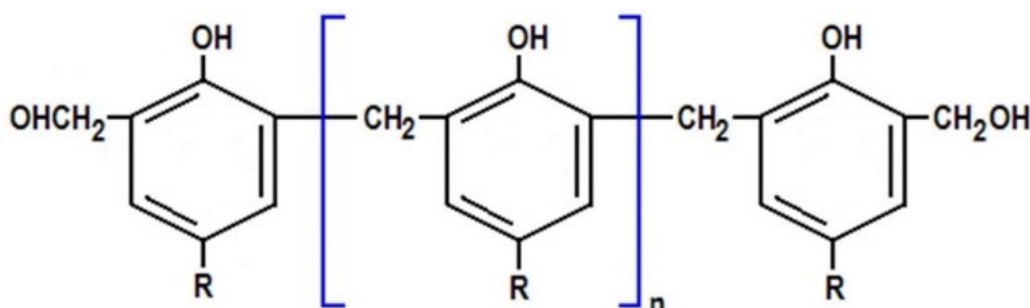
Como o diferencial das tintas modernas é a tecnologia empregada em sua elaboração, nos próximos itens serão apresentadas suas resinas constituintes. A apresentação das resinas contém: formulação química, histórico, principais propriedades e aplicações. Os itens serão ilustrados com propagandas publicitárias, retiradas da Revista Arquitetura e Engenharia veiculada na cidade de Belo Horizonte (Minas Gerais) a partir da década de 1940. As imagens apresentadas estão nos volumes físicos pertencentes ao acervo da Biblioteca Professor Raffaello Berti da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Tais propagandas destacam os fornecedores de tintas da época e, não necessariamente, a resina apresentada no item.

⁸⁵ Tradução nossa do original: “*The first artists to use synthetic paints were therefore those who worked with housepaints or materials that had been designed for other uses.*” (CROOK; LEARNER, 2000, p.9).

2.5.3 Resinas fenólicas ou de fenol-formaldeído

Fazenda e Filho (2009c) afirmam que as resinas fenólicas (Figura 24) são consideradas os primeiros polímeros sintéticos com utilização industrial, equiparando-se aos produtos naturais e suas modificações diretas. “As duas resinas primárias, usadas na fabricação de tintas óleo-resinosas para casa à base de resinas sintéticas, foram fenol-formaldeído e alquídicos, embora dos dois, alquídicos foram e ainda são de longe a resina mais importante.”⁸⁶ (STANDEVEN, 2011, p.62). A forma mais conhecida da resina fenólica é o plástico Bakelite⁸⁷.

Figura 24 - Estrutura típica das resinas fenólicas



Fonte: Ciência e Tecnologia da Borracha (2020)

As primeiras manufaturas de resinas fenólicas atendiam a uma diversidade de finalidades (impregnação de papel, isolantes elétricos, laminados). Elas só foram direcionadas para a indústria de tintas após a modificação com colofonia⁸⁸ (Breu). Com esse aprimoramento elas conseguiram substituir os produtos naturais, principalmente os vernizes.

As resinas fenólicas destacam-se pelas seguintes características: reprodutibilidade do lote; maior durabilidade; cores bem definidas; melhor resistência à água e a álcalis; maior velocidade de secagem e dureza superior (FAZENDA; FILHO, 2009c; STANDEVEN, 2011). Atualmente, as resinas fenólicas são utilizadas para modificar

⁸⁶ Tradução nossa do original: “The two primary resins used in the manufacture of oleoresinous house paints based on synthetic resins were phenol-formaldehyde and alkyds, although of the two, alkyds were and still are by far the most important binder.” (STANDEVEN, 2011, p.62).

⁸⁷ “A resina Bakelite foi patenteada em 1907 pelo pesquisador Baekeland, o processo de produção curava o fenol-formaldeído por calor e pressão constituindo em uma resina dura, infusível e não inflamável.” (STANDEVEN, 2011, p. 65, tradução nossa).

⁸⁸ “A colofonia ou breu é o resíduo, a fração não volátil, da destilação da terebentina. A terebentina é um destilado da resina crua e líquida do pinho. A destilação da terebentina também gera a aguarrás.” (FIGUEIREDO JUNIOR, 2012, p. 78)

outros polímeros ou como agente de reticulação durante o processo de cura (FAZENDA; FILHO, 2009c).

Quando eu entrei para a Tintas Coral, em 1964, nós fazíamos tinta à base de óleo resinoso. Porque o breu sempre existiu. A petroquímica não existia, ou era muito incipiente. Então, um dos grandes solventes que tinha, era a terebentina! E a terebentina era um produto tirado da resina de pinheiro. Do pinheiro se tirava, e ainda se tira hoje, a terebentina, o óleo de pinho e o breu. Então o breu é ainda hoje utilizado em resinas alquídicas. Atualmente é o modificador de resinas alquídicas, enquanto que, a pouco tempo, atrás eram os óleos resinosos. Ao invés de se por [resina] fenólica, se punha o breu com óleo. As vezes até breu, fenólica e óleo polimerizado para dar secagem. As resinas alquídicas coexistiam com os óleos resinosos, neste período, mas a opção era feita por questão de preço. Os óleos resinosos eram muito mais baratos, porque é tudo matéria-prima natural: óleo polimerizado, mas é óleo, e o breu que é natural. Ao passo que a resina alquídica já tinha um produto sofisticado que era o anelídeo ftálico, por exemplo. [...] Então na minha época eles coexistiam: uma era direcionado para sistemas mais baratos e outro para sistemas mais sofisticados. (FAZENDA, 2019).

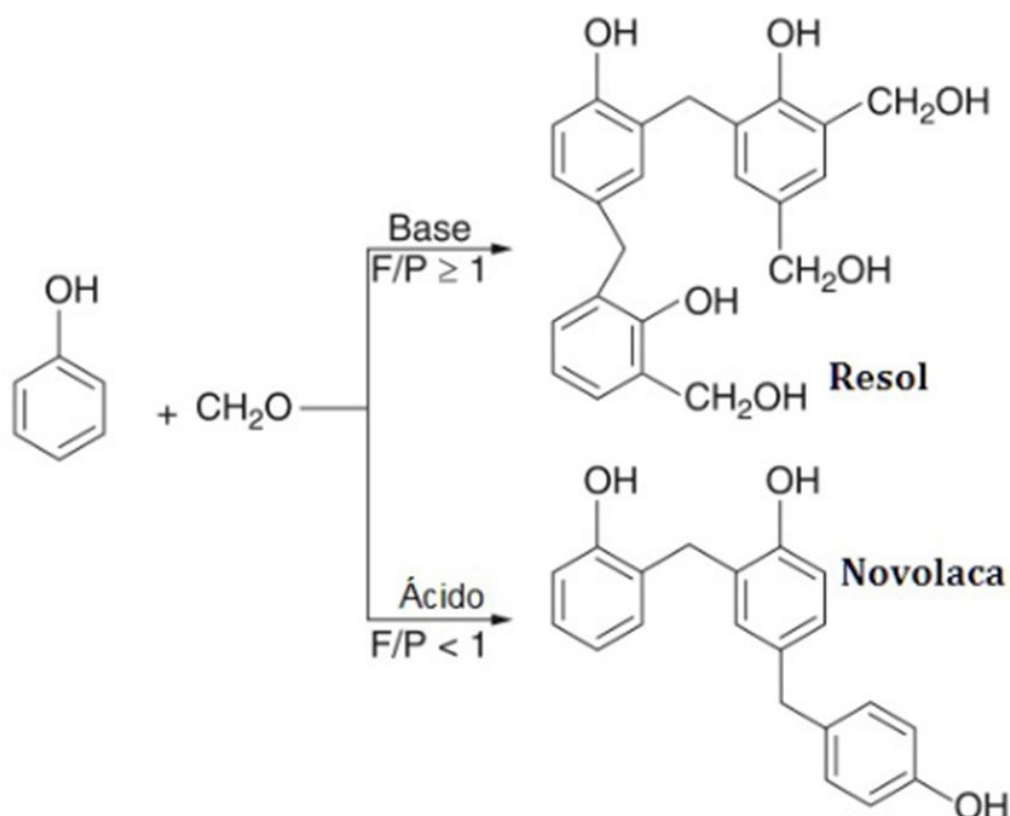
Fazenda e Filho (2009c) descrevem a produção de resinas fenólicas a partir da reação de condensação entre um fenol (fenol; O-cresol; 2,4-xilenol; Bisfenol-A; p-Fenil-fenol e p-t-Butil-fenol) e um aldeído (formaldeído), na presença de um catalizador ácido ou básico. O uso de fenóis ou formaldeídos, com diferentes grupos moleculares, leva a polímeros com propriedades diferentes (FAZENDA; FILHO, 2009c). A resina resultante da reação de condensação é reagida com um óleo para formar tintas e vernizes (STANDEVEN, 2011).

Standeven (2011) apresenta a divisão das resinas fenólicas em duas classes, as endurecidas por aquecimento ou as permanentemente fundíveis (Figura 25). As resinas endurecidas por aquecimento são originariamente conhecidas por *Resol*. Elas são catalisadas em meio alcalino com excesso de formaldeído. As resinas permanentemente fundíveis são usadas para produzir películas de secagem ao ar, primeiramente denominadas de *Novolac/Novolaca*. Elas são catalisadas em meio ácido, com proporção menor de formaldeído, e utilizadas na formulação de tintas decorativas (Figura 26).

Fazenda e Filho (2009c) e Standeven (2011) destacam as principais propriedades das resinas fenólicas em tintas: secagem rápida; resistência à umidade, ácidos, corrosão e alguns solventes; excelente aderência e boa resistência química quando utilizadas em combinação com outras resinas. Os autores também indicam suas principais

aplicações em formulações, como: tintas de fundo, em razão da baixa retenção da cor; tintas de manutenção anticorrosivas e de aplicação naval (resinas alquídicas fenoladas e os óleos fenolados); agentes reticulantes, pois se limitam a função de componente modificador da resina e não participam do processo de cura.

Figura 25 - Reação resumida de *Resol* e *Novolaca* no período de condensação



Legenda: **F/P** Proporção molar entre Formaldeído (F) e Fenol (P)

Fonte: PILATO et al (2010) *apud* Jankovski (2016)

Mesmo considerando as boas características de resistência das resinas fenólicas, seu uso individual para produção de tintas e vernizes de uso doméstico foi abandonado. Elas geravam um produto duro, de difícil aplicação com pincel, com pouca adesão em metais e durabilidade limitada pelo amarelecimento ou esmaecimento (STANDEVEN, 2011). Atualmente, as resinas fenólicas são utilizadas na formulação de revestimentos industriais para ambientes marinhos e tintas de impressão.

As resinas fenólicas foram substituídas por resinas alquídicas em tintas óleo-resinosas para uso doméstico, quando as resinas sintéticas se tornaram novamente disponíveis após a Segunda Guerra Mundial. Os fenólicos também foram um complemento útil para resinas alquídicas, onde aumentaram o tempo de secagem e a resistência à água e produtos químicos. Eles ainda são amplamente fabricados

hoje, para inúmeras aplicações industriais, mas não são mais usadas em revestimentos decorativos.⁸⁹ (STANDEVEN, 2011, p.62).

Figura 26 – Publicidade do Hospital Felice Rosso em Belo Horizonte - Minas Gerais, com destaque para os fornecedores de tintas



Fonte: Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1949, n°9

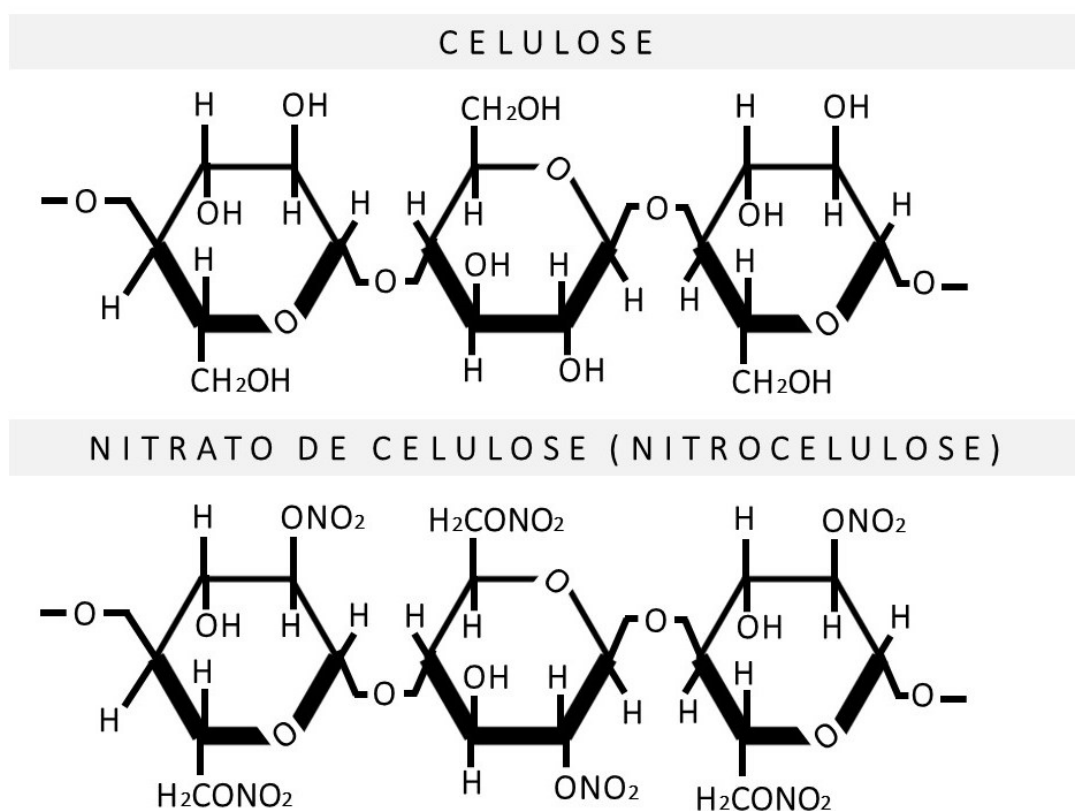
⁸⁹ Tradução nossa do original: “Phenolics were superseded by alkyd resins in oleoresinous household paints when synthetic resins became available again after World War II. Phenolics were also a useful addition to alkyd resins, where they increased drying time and water and chemical resistance. They are still widely manufactured today for numerous industrial applications but are no longer used in decorative coatings.” (STANDEVEN, 2011, p.62).

As pesquisas para o aperfeiçoamento das resinas fenólicas são explicadas pela concorrência direta, no que se refere ao tempo de secagem, com as resinas de nitrocelulose (item 2.5.4). Standeven (2011) afirma que uma vantagem da aceitação de mercado das fenólicas em relação à nitrocelulose, é que nelas são utilizados os mesmos óleos de diluentes das tintas tradicionais do século anterior. Essa peculiaridade implica em características semelhantes de aplicação e manipulação pelos antigos consumidores.

2.5.4 Resinas de Nitrocelulose e Piroxilina

Nitrocelulose e piroxilina denominam tintas e vernizes que possuem misturas com polímeros de nitrato de celulose (LEARNER, 2004). A matéria-prima básica é a celulose (Figura 27) originária de árvores do tipo pinho ou de plantas como o algodão (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009). A separação dos polímeros celulósicos envolve vários processos químicos, em altas pressões e temperaturas.

Figura 27 - Estrutura química da celulose e do nitrato de celulose (nitrocelulose)



Fonte: Deutsch; Rodrigues (2009)

A nitrocelulose é produzida pela nitração da celulose com uma mistura de ácidos nítricos e sulfúricos. O grau de nitração é determinado em

função da relação desses ácidos. A nitrocelulose totalmente reagida (14,1% de nitrogênio) é um produto insolúvel e instável, sendo que a nitrocelulose para aplicação em tintas possui teor de nitrogênio em torno de 11,5 a 12,2%. A solubilidade depende do peso molecular, que pode ser reduzido através de digestão com água sob pressão até o tamanho desejado. É comum diversos tipos de nitrato de celulose (*blend*) para obter propriedades específicas em função da durabilidade, solubilidade e viscosidade. (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009, p. 313).

Learner (2004) afirma que o nitrato de celulose é um polímero natural modificado, formulado em 1875 e utilizado na indústria de tintas após a década de 1920. Esse hiato é função da maior disponibilidade de solventes (ésteres, álcoois, cetonas ou éteres de glicol) no século XX.

A nitrocelulose sozinha é muito dura e forma um filme fino e quebradiço. Para se adequar as características de uma camada de revestimento, ela é adicionada à óleos, plastificantes e resinas (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009). Os plastificantes mais utilizados são a cânfora (pioneiro), os ftalatos (*di*-butil ftalato e *di*-octil ftalato) e alguns óleos vegetais (LEARNER, 2004). Eles proporcionam flexibilidade, tornando o filme menos quebradiço e mais resistente às tensões - movimentações de contração e expansão - causadas pelo intemperismo (STANDEVEN, 2011). Os derivados celulósicos são compatíveis com praticamente todas as resinas. Deutsch e Rodrigues (2009) ressaltam que essa combinação possibilita variadas propriedades:

- Adesão: a presença de grupos polares em resinas melhora a adesão do sistema;
- Brilho: as resinas alquílicas conferem brilho elevado;
- Altos sólidos: as resinas, de modo geral, apresentam sólidos elevados e menor peso molecular, o que melhora o rendimento na aplicação;
- Custo: misturas com resinas e plastificantes diminuem os custos da tinta nitrocelulósica.

A nitrocelulose (Figura 28) revolucionou a indústria automobilística com sua rápida secagem, grande destaque desta resina. Por outro lado, a durabilidade não é significativa, pois sofre degradação com consequente redução do peso molecular (LEARNER, 2004).

Nos produtos industriais, o Ford por exemplo, começou pintando com nitrocelulose. Porque era um sistema rápido e era um produto já existente. Era pegar uma “nitro”, uma celulose e esterificar. [...] Elas existem até hoje, cada vez menos, mas existe. [...] É muito utilizada na

restauração de móveis em madeira, mas para revestimentos em outros materiais, a nitrocelulose não é muito indicada. (FAZENDA, 2019).

Figura 28 - Publicidade da empresa “Química Industrial Fraga LTDA.”

QUÍMICA INDUSTRIAL FRAGA LTDA.

DISTRIBUIDORES DE ...

TINTAS

- VALENITE E
- NITRO-VALSPAR

A QUÍMICA INDUSTRIAL FRAGA LTDA. distribuidores de Valentine & Co. N. Y. U. S. A. comunica aos srs. engenheiros e construtores, que mantem, em suas novas instalações, grande estoque de:

Tintas finas para acabamentos em geral, óleos, vernizes e todo artigo para pinturas em geral.

VALENTINE & COMPANY INC.

Matriz:
Av. Presidente Vargas, 1143
Telefone 23-5402
Rio de Janeiro

Filial:
Rua Curitiba, 733
Belo Horizonte

• PÓS-INDUSTRIAL E ENGENHARIA •

Fonte: Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1949, n°11

Considerando suas características, a resina de nitrocelulose é comercializada na forma de tintas spray de baixo custo. “A aplicação com pincel geralmente é insatisfatória devido as características de secagem muito rápida e ao fato de que a

segunda demão redissolve a primeira, causando manchas, se as cores das demãos forem diferentes.” (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009, p.317).

Os pigmentos, nitrocelulose, gomas, resinas e plastificantes constituem o filme formador do revestimento, enquanto os solventes e diluentes evaporam do filme, muitas vezes com grande velocidade.⁹⁰ (STANDEVEN, 2011, p.54).

As lacas de nitrocelulose foram muito utilizadas, entre as décadas de 1920 e 1940, para pintura de móveis e revestimentos em ambientes internos. “As tintas de nitrocelulose foram vendidas como brilho ‘esmalte’ para decoração de interiores, embora a tinta alquídica tenha começado a dominar o mercado de tintas imobiliárias no final dos anos 1950⁹¹.” (LEARNER, 2004, p. 23).

A laca utilizava o álcool como solvente (baixo odor considerando o uso doméstico) tornando as resinas e gomas solúveis (STANDEVEN, 2011). Dentre as resinas e gomas utilizadas, destacam-se: goma-laca, breu, dammar, goma de éster e resinas alquídicas. Alguns diluentes também foram adicionados para reduzir o custo de produção.

As lacas de nitrocelulose secam, principalmente, por evaporação dos solventes e, dependendo das outras resinas incluídas, permanecem total ou parcialmente solúveis em seus solventes portadores. É neste aspecto que elas mais diferem das tintas óleo-resinosas, que secam por oxidação e, uma vez secas, tornam-se insolúveis em seus solventes portadores. A sensibilidade ao solvente das lacas de nitrocelulose, que seca por evaporação individual, torna impossível a aplicação de um segundo revestimento por pincel, pois qualquer camada subsequente, simplesmente, redissolve e penetra na camada subjacente.⁹² (STANDEVEN, 2011, p. 53).

A facilidade de aplicação e a rápida secagem tornaram as lacas de nitrocelulose um sucesso no início de sua produção, mas isso não durou muito tempo. “A sensibilidade

⁹⁰ Tradução nossa do original: “*The pigments, nitrocellulose, gums, resins, and plasticizers make up the film-forming part of the coating, while the solvents and diluents evaporate from the film, often with great speed.*” (STANDEVEN, 2011, p.54).

⁹¹ Tradução nossa do original: “*For a while, nitrocellulose paints were sold as gloss “enamel” for interior decoration, although alkyd paint had begun to dominate the house paint market by the late 1950s.*” (LEARNER, 2004, p. 23).

⁹² Tradução nossa do original: “*Nitrocellulose lacquers are fundamentally different from traditional oleoresinous paints and varnishes in both behavior and properties. Nitrocellulose lacquers dry primarily by evaporation of the solvents and, depending on the other resins included, remain fully or partially soluble in their carrier solvents. It is in this respect that they differ most from oleoresinous paints, which dry by oxidation and, once dry, become insoluble in their carrier solvents. The solvent sensitivity of nitrocellulose lacquers that dry by evaporation alone makes it impossible to apply a second coating by brush, as any subsequent coat simply redissolves and disrupts the underlying layer.*” (STANDEVEN, 2011, p. 53).

permanente da nitrocelulose ao solvente, juntamente com seu tempo de secagem extremamente rápido, foi a causa raiz da maioria dos problemas encontrados pelo decorador profissional e pelo amador que tentou usar as lacas em sua forma pincel.”⁹³ (STANDEVEN, 2011, p. 53). Por esta razão, as lacas foram substituídas pelos revestimentos óleo-resinosos. Atualmente, a variedade de tipos de nitrocelulose, permite sua compatibilidade com outras resinas, óleos e plastificantes. Essa característica torna sua aplicação extensiva e versátil para tintas (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009).

As lacas de preço mais baixo tendem a conter proporções mais altas de solventes e diluentes e menores concentrações de resina e plastificante. [...] Se os plastificantes não estivessem presente em quantidades suficientes, o filme iria rachar e quebrar mais facilmente, mas se presente em uma quantidade muito grande, transmitiria maleabilidade ao filme. Os revestimentos de baixo custo continham gomas e resinas baratas, e embora a inclusão de grandes quantidades de resinas baratas aumentasse o brilho e construção do filme, a ausência da quantidade necessária de plastificantes, gerava um filme sem elasticidade. As quantidades de plastificantes necessárias eram tão grandes que a dureza do filme era comprometida. Em contraste, lacas de alta qualidade continham até 35% de sólidos: a maior proporção de nitrocelulose no filme o torna mais sólido e rígido. Embora menos resina tenha sido incluída, o tipo de alta qualidade escolhido conferiu profundidade e riqueza ao filme. Maior quantidade de plastificante poderia ser incorporado sem o risco de amolecer o filme. Finalmente, solventes e diluentes de boa qualidade foram incluídos. Embora estes tenham evaporado do filme, eles tiveram uma influência considerável na facilidade de aplicação e qualidade do acabamento produzido e falhas minimizadas.⁹⁴ (STANDEVEN, 2011, p.55).

⁹³ Tradução nossa do original: “*The permanent solvent sensitivity of nitrocellulose, coupled with its extremely fast drying time, was the root cause of most of the problems encountered by both the professional decorator and the amateur who attempted to use the lacquers in their brushable form.*” (STANDEVEN, 2011, p. 53).

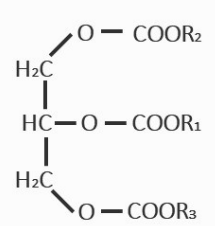
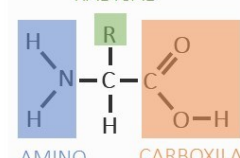
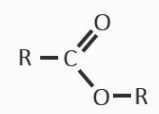
⁹⁴ Tradução nossa do original: “*The lower-priced lacquers tended to contain higher proportions of solvents and diluents and lower concentrations of resin and plasticizer. [...] If plasticizer was not present in sufficient quantities, the film would crack and chip away more easily, but if present in too great a quantity, it imparted softness to the film. Low-cost coatings contained cheap gums and resins, and although the inclusion of large amounts of cheap resin increased the gloss and build of the film, as it was not possible to incorporate the necessary amount of plasticizer, the film could lack elasticity. The quantities of plasticizer required were so great that the hardness of the film was compromised. By contrast, high-grade lacquers contained up to around 35% solids: the higher proportion of nitrocellulose in the film made it stronger and harder. Although less resin was included, the high-quality type chosen conferred depth and richness to the film. Greater amounts of plasticizer could be incorporated without the risk of softening the film. Finally, highgrade solvents and diluents were included. Although these evaporated from the film, they had considerable influence on the ease of application and quality of finish produced and minimized faults.*” (STANDEVEN, 2011, p.55).

2.5.5 Resinas alquídicas

As resinas alquídicas são poliésteres modificados com óleos. Foram desenvolvidas em 1923 para aprimorar os óleos puros utilizados na produção de tintas. Em 1939, com a eclosão da Segunda Guerra Mundial, toda produção e aperfeiçoamento empregado nestas resinas foi direcionada para as áreas militares dos países envolvidos. Durante a guerra, as tintas residenciais voltaram a ser produzidas com resinas, óleos e gomas naturais (Figura 29) (STANDEVEN, 2011). Com o término da guerra, em 1945, novos materiais e novas tecnologias, estavam disponíveis para o desenvolvimento de resinas. Dentre os produtos desenvolvidos destacam-se novos óleos.

Souza (1996) apresenta os óleos tradicionais - óleos vegetais (Figura 29) - compostos, prioritariamente, por triglicérides (Figura 30). Os triglicérides são ésteres de glicerol e ácidos graxos (Figura 30). “A fórmula estrutural do glicerol é de um triglicéride. Os grupamentos $-COOR_1$, $-COOR_2$ e $-COOR_3$ são derivados de ácidos graxos saturados e insaturados.” (SOUZA, 1996, p.24).

Figura 29 - Principais tipos de materiais orgânicos naturais utilizados em tintas

ÓLEOS VEGETAIS	PROTEÍNAS	RESINAS NATURAIS	CÊRAS	GOMAS
TRIGLICÉRIDES	AMINOÁCIDOS RADICAL	ÉSTER	ESTERÓIDES	POLISSACARÍDEOS
			<p>ÉSTER</p> <p>R-H</p> <p>R-O-H</p>	
<p><u>VEGETAIS</u></p> <p>LINHAÇA</p> <p>NOZES</p> <p>AMÊNDOAS</p> <p>GIRASSOL</p>	<p><u>COLAANIMAL</u></p> <p>OSSOS</p> <p>GELATINA</p> <p>PERGAMINHO</p> <p>PELE</p> <p><u>CASEÍNA</u></p> <p>LEITE</p> <p><u>OVOS</u></p> <p>CLARA</p> <p>GEMA</p> <p>OVO INTEIRO</p>	<p><u>INSETOS</u></p> <p>GOMA LACA</p> <p><u>VEGETAIS</u></p> <p>TERPENOS, ÁCIDOS TERPÊNICOS</p> <p>ÂMBAR</p> <p>COPAL</p> <p>DAMAR</p> <p>ELEMI</p> <p>MASTIQUE</p> <p>COLOFÔNIA</p> <p>JATOBÁ (ANIMAE)</p>	<p><u>ANIMAIS</u></p> <p>ABELHA</p> <p>ESPERMACETE</p> <p><u>VEGETAIS</u></p> <p>CANDELILA</p> <p>CARNAÚBA</p>	<p><u>VEGETAIS</u></p> <p>GOMAS</p> <p>MUCILAGINOSAS</p> <p>GOMA ARÁBICA</p>

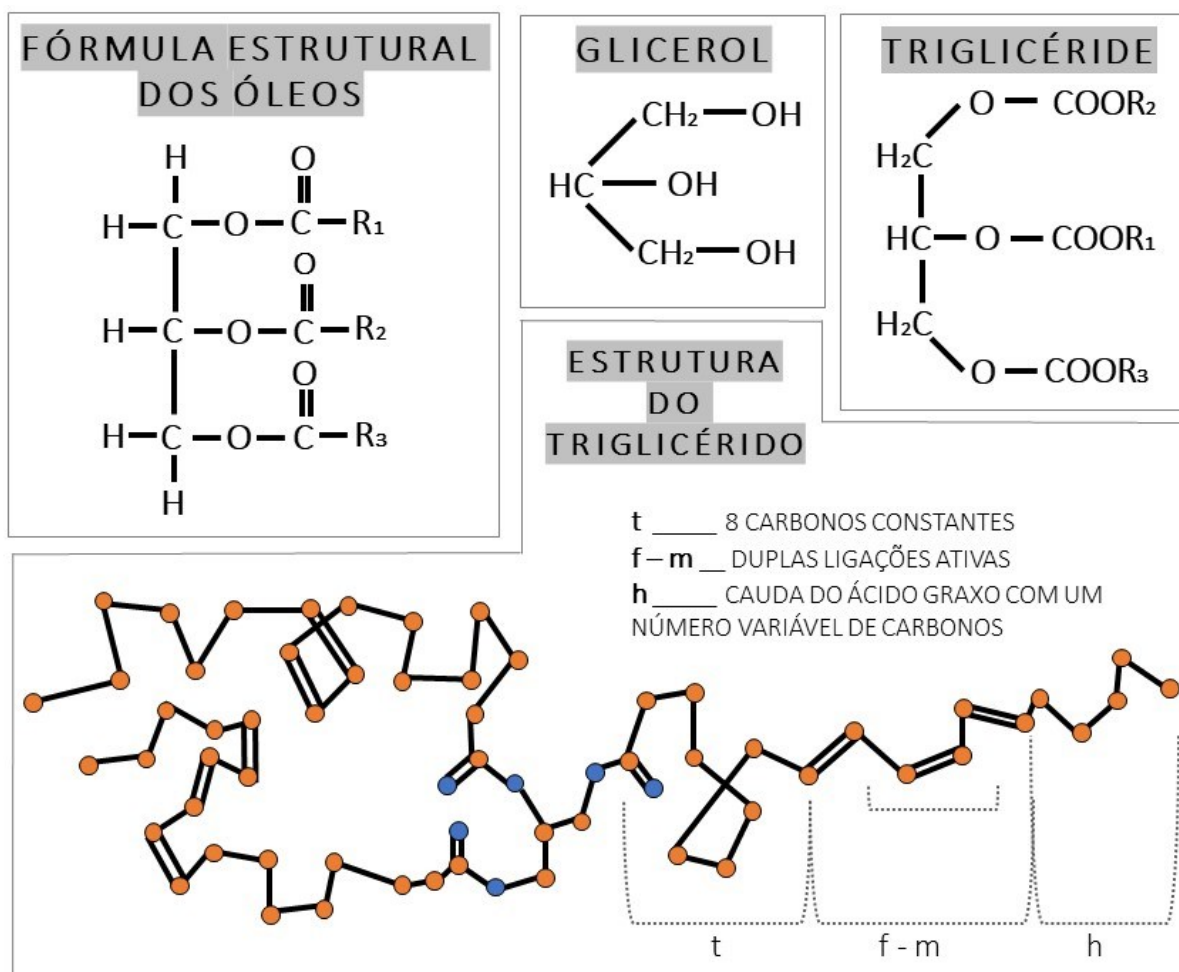
Legenda: R_1 , R_2 e R_3 são radicais graxos

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Souza (1996)

Os ácidos graxos são compostos por uma cadeia carbônica linear, formada por 6 a 22

átomos de carbono, ligados entre si, por meio de ligações simples ou duplas (SOUZA, 1996 e DEUTSCH; FAZENDA; FILHO, 2009). “Na molécula de glicérido, a porção referente aos ácidos graxos corresponde a cerca de 90% do seu peso e a glicerina representa os 10% restantes.” (DEUTSCH; FAZENDA; FILHO, 2009, p.155).

Figura 30 - Estrutura química e composição de óleos



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Deutsch; Fazenda; Filho (2009) e Souza (1996)

Os ácidos graxos diferem entre si pelo comprimento da cadeia carbônica linear e, também pelo número de ligações duplas carbono-carbono nela presente. Os ácidos graxos saturados são bastante estáveis em condições ambientais normais, o que implica que nos óleos as proporções relativas de ácidos graxos saturados permanecem constantes durante o envelhecimento natural ou acelerado do óleo. Os ácidos graxos insaturados, que contêm uma ou mais ligações duplas por molécula, são reativos, reagindo inicialmente com o oxigênio através de reações por radicais livres, formando radicais peróxidos, hidroperóxidos e finalmente formando um retículo tridimensional pela formação de ligações cruzadas entre as diversas moléculas de triglicérides. Este processo de polimerização causa o

endurecimento progressivo do filme de óleo, comumente chamado de secagem. Esta degradação oxidativa pode ainda provocar a formação de novos grupos carboxílicos na cadeia carbônica, ácido azeláico ($\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$) um produto característico da degradação oxidativa de óleos secativos. O processo de oxidação de óleos secativos é catalisado por íons metálicos tais como íons de cobalto, mercúrio, chumbo ou manganês. (SOUZA, 1996, pp. 24-25).

Os óleos vegetais (Quadro 13) são constituídos por uma mistura de glicerídeos, que por sua vez, são constituídos por vários tipos de ácidos graxos. “Os glicerídeos são sólidos em temperatura ambiente, quando seus ácidos graxos são saturados, e líquidos quando insaturados.” (DEUTSCH; FAZENDA; FILHO, 2009, p.155). Deutsch, Fazenda e Filho (2009) afirmam que, a composição global de um óleo, envolve quantitativamente e qualitativamente os ácidos graxos presentes. Os tipos de ácidos graxos presentes definem a utilização na indústria.

Quadro 13 - Classificação dos óleos

ÓLEO	ORIGEM	ÁCIDO GRAXO PREDOMINANTE		SECATIVIDADE ⁹⁵	CARACTERÍSTICAS
		TIPO	FÓRMULA QUÍMICA	CLASSIFICAÇÃO	
LINHAÇA	EUA	LINOLÉNICO	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	SECATIVO	Boa secagem; Durabilidade; Razoável resistência à hidrólise.
	CANADÁ	OLÉICO	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$		
		LINOLÉICO	$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$		
TUNGUE	EUA	ELEOSTE- ÂNCO	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	SECATIVO	Excelentes propriedades químicas; Boa resistência à hidrólise;

⁹⁵ A secatividade é definida pela reatividade de compostos quanto à sua estrutura química. A presença de ligações químicas simples, os caracteriza como saturados; enquanto as ligações duplas ou triplas denominam os compostos insaturados. Os ácidos graxos ou glicerídeos insaturados são secativos, e os saturados são semi-secativos ou não secativos (FIGUEIREDO JUNIOR, 2012; STANDEVEN, 2011). “O nome secativo vem do fato de eles mudarem da fase líquida para a sólida. Este nome, porém, sugere que os mesmos mudem de fase por evaporação do solvente, o que não é correto. A mudança de fase se deve a reações de polimerização.” (FIGUEIREDO JUNIOR, 2012, p.81). A secatividade também pode ser descrita pelo índice de iodo. “O índice de iodo de um óleo ou gordura é medido por seu grau de instauração e é expresso em números de centigramas de iodo absorvido por grama da amostra (% de iodo absorvido). Os ácidos graxos contendo ligações duplas carbono-carbono reagem com o iodo, portanto, quanto maior for o número de insaturações, maior serão índice de iodo.” (LEONARDI; AZEVEDO; ROMANO, 2018, p.20). “Óleos com índice de iodo maiores que 150 são classificados como secativos, entre 100 e 150 como semi-secativos e menores que 100 como não secativos.” (DEUTSCH; FAZENDA; FILHO, 2009, pp. 155-156).

					Alta tendência à polimerização; Tendência ao amarelecimento.
OITICICA	BRASIL	LICÂNICO	$C_{18}H_{32}O_2$	SECATIVO	Excelentes propriedades químicas; Boa resistência à hidrólise; Alta tendência à polimerização; Altíssima tendência ao amarelecimento; Boa adesão.
MAMONA DESIDRATADA	BRASIL ÍNDIA	LINOLÉICO	$C_{18}H_{32}O_2$	SEMI-SECATIVO	Boa retenção de cor
SOJA	EUA BRASIL	LINOLÉICO OLÉICO	$C_{18}H_{32}O_2$ $C_{18}H_{34}O_2$	SEMI-SECATIVO	
GIRASSOL	EUA	LINOLÉICO OLÉICO	$C_{18}H_{32}O_2$ $C_{18}H_{34}O_2$	SEMI-SECATIVO	
COCO	BRASIL	LÁURICO MIRÍSTICO PALMÍTICO	$C_{12}H_{24}O_2$ $C_{14}H_{28}O_2$ $C_{16}H_{32}O_2$	NÃO SECATIVO	
MAMONA CRU	BRASIL ÍNDIA	RICINOLÉICO	$C_{18}H_{34}O_3$	NÃO SECATIVO	Óleos plastificante para alquídicas.

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Deutsch; Fazenda; Filho (2009)

As resinas alquídicas são sintetizadas por meio da reação entre poliésteres e ácidos graxos. Os poliésteres, resultantes da reação de um poliálcool com um poliácido, são duros e quebradiços; características não desejadas para tintas. A adição de um óleo glicérido ao poliéster possibilita seu uso na formulação de tintas. Essa união apresenta as seguintes propriedades: controle de solubilidade, flexibilidade, potencial de reticulação e compatibilidade com outras resinas (STANDEVEN, 2011). “A palavra alquídica foi adaptada da palavra *alkyd* em inglês, união do prefixo *al*, de *alcohol*, com o sufixo *yd*, derivado de *acid*.” (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009, p. 750).

A introdução de tintas alquídicas foi uma revolução na tecnologia de

tintas, e sua importância nos mercados de tintas residenciais e industriais, desde então, tem sido bastante impressionante. Devido a seu tempo de secagem muito reduzido, a durabilidade e dureza muito superiores, os alquídicos substituíram as várias combinações de óleos secantes, óleos espessados e resinas naturais, que foram utilizados na maioria das tintas decorativas residenciais. Elas permaneceram como uma das principais resinas para a maioria das tintas para consumo doméstico e industriais. (LEARNER, 2004, p.18).

As características e propriedades finais das resinas alquídicas são determinadas pela correspondência dos componentes utilizados, principalmente os óleos. Deutsch, Fazenda e Filho (2009) apresentam os poliálcoois e poliácidos mais utilizados para produção destas resinas:

- Poliálcoois – com pelo menos três grupos hidroxí (-OH): glicerina, pentaeritritol, trimetilopropano, trimetiletano, neopentilglicol, etc.
- Poliácidos – pelo menos dois grupos de ácidos (-CO₂H): anidrido ftálico, ácidos isoftálico e tereftálico, anidrido maléico, ácido fumárico, anidrido tetra-hidroftálico,

As cadeias de ácidos graxos dão flexibilidade à resina normalmente quebradiça. Tanto por meio de sua flexibilidade inerente, quanto pela redução da funcionalidade e, portanto, da capacidade da molécula de formar ligações cruzadas (reticular) e gerar polímeros duros e insolúveis.⁹⁶ (STANDEVEN, 2011, p.70).

Segundo Deutsch, Fazenda e Filho (2009) a introdução de ácidos graxos em poliésteres (poliesterificação) ocorre por três processos (Figura 31): (i) “ácidos graxos”; (ii) “alcoólise”; (iii) “acidólise”. O processo mais empregado no Brasil é o da alcoólise, baseado na facilidade de obtenção e no baixo custo dos óleos (DEUTSCH; FAZENDA; FILHO, 2009).

O teor de óleo⁹⁷ utilizado é uma propriedade para classificar as resinas alquídicas em curta, média ou longa (Quadro 14). Quando associada ao tipo de óleo - secante, semi-secante ou não secante – ele determina as principais propriedades e aplicações da resina (Quadro 14). Segundo as bibliografias analisadas, essa classificação é variável.

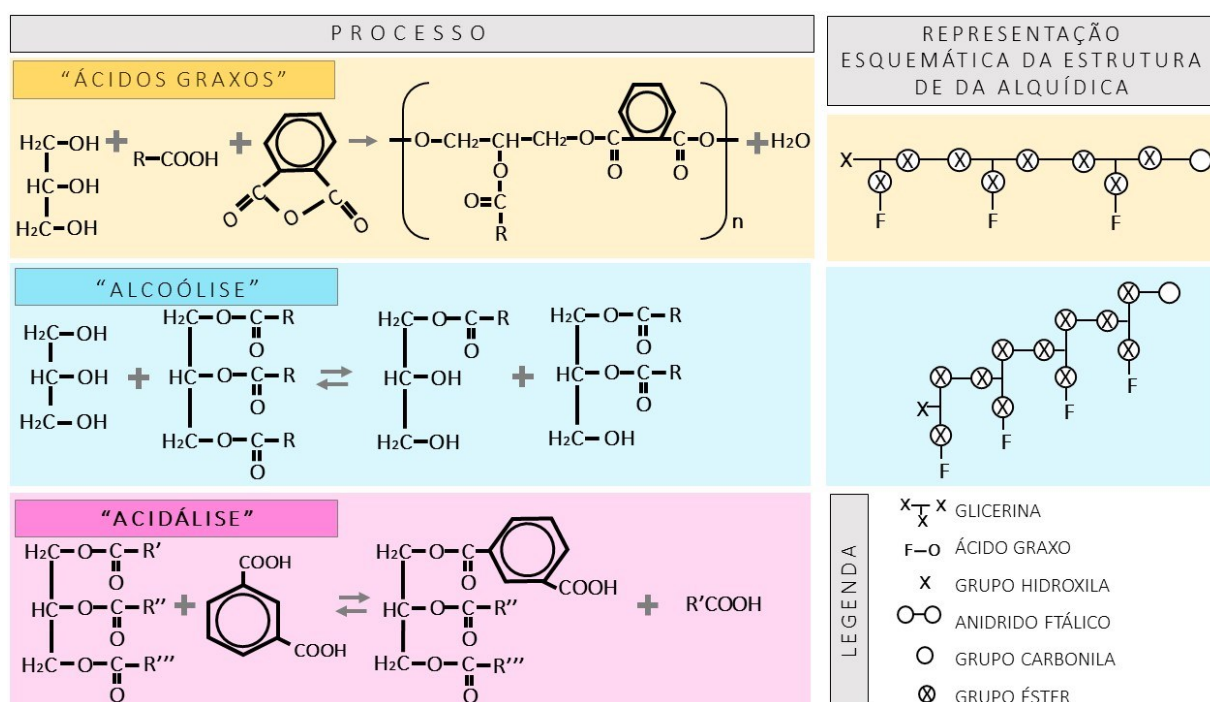
O processo de formação do filme (secagem ou reticulação) das resinas alquídicas

⁹⁶ Tradução nossa do original: “*The fatty acid chains give flexibility to the otherwise brittle resin, both through their inherent flexibility, and also by reducing the functionality and therefore the capability of the molecule to cross-link and form hard insoluble polymers.*” (STANDEVEN, 2011, p.70).

⁹⁷ “ ‘Teor de óleo’ ou ‘Comprimento de óleo’ é uma percentagem que representa a quantidade de gramas de óleo necessária para fazer 100g de resina.” (STANDEVEN, 2011, p.70, tradução nossa).

(Figura 18) é semelhante ao de um óleo puro, porém, mais rápido. Standeven (2011) explica a velocidade de secagem como função do elevado peso molecular, da elevada quantidade de grupos funcionais e do tamanho da molécula. Esses fatores possibilitam a menor quantidade de ligações cruzadas até alcançar o endurecimento do óleo. Crook e Learner (2000) afirmam que tal ganho em velocidade, a facilidade de aplicação, o acabamento uniforme e as variedades de cores são os fatores decisivos para o uso de resinas alquídicas em tintas residenciais.

Figura 31 - Processos de elaboração de resinas alquídicas



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Deutsch; Fazenda; Filho (2009)

Quadro 14 - Classificação de alquídicas modificadas com óleo

TIPO	TEOR DE ÓLEO (%)	TIPO DE ÓLEO	TIPO DE RESINA	PROPRIEDADES	APLICAÇÃO
CURTA	ATÉ 45% (A) ATÉ 40% (A),(C)	Coco, mamona cru	Não secativo	Solúveis em hidrocarbonetos aromáticos	Utilizado em sistemas em estufa combinada com melaminas; secagem muito rápida ao ar
	< 45% (B)	Oxidante	Secativo	Alta viscosidade, dissolução com solvente aromático	Revestimento com secagem na estufa

forte					
MÉDIA	DE 45 A 55% ^(A)	Linhaça, soja, girassol	Secativo ou semi-secativo	Solúvel em solventes alifáticos ou alifáticos-aromáticos	Boa secagem, durabilidade e brilho
	DE 45 A 60% ^(A)	Coco, mamona cru	Não secativo	Solúvel em solventes alifáticos-aromáticos	Plastificantes para polímeros termoplásticos
	> 55% ^(B)	Oxidante	Secativo	Viscosidade baixa, solúveis em alifáticos	Esmaltes pigmentos de secagem ao ar, aplicados com rolo ou spray
LONGA	> 55% ^(A)				
	60 ou mais ^{(A),(C)}	Linhaça, soja	Secativo ou semi-secativo	Solúvel em solventes alifáticos.	Principalmente utilizados em pinturas residenciais; Facilidade de aplicação com pincel; Películas flexíveis com brilho e durabilidade razoável
	DE 60 A 80% ^(B)	Oxidante	Secativo	Viscosidade muito baixa	Tintas e esmaltes decorativos para edificações ou revestimento flexíveis, aplicação com pincel

Legenda: ^(A) Deutsch; Fazenda; Filho (2009);
^(B) Standeven (2011);
^(C) LEARNER (2004)

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Deutsch; Fazenda; Filho (2009) e Standeven (2011)

Na década de 1940 começaram os estudos para modificação das resinas alquídicas. Eles envolvem a introdução de novas resinas ou monômeros acrílicos e vinílicos (Quadro 15), para aprimorar as limitações e incrementar aplicações. “Esta é uma modificação de natureza química, pois os modificadores ficam incorporados quimicamente na estrutura polimérica.” (DEUTSCH; FAZENDA; FILHO, 2009, p. 176). Em meados da década de 1950, com os problemas iniciais resolvidos, a resina alquídica se tornou competitiva no mercado (STANDEVEN, 2011).

Quadro 15 - Modificações de resinas alquídicas

MODIFICAÇÃO	VANTAGEM	DESVANTAGEM
BREU	secagem mais rápida; melhor pintabilidade; maior dureza; redução no custo.	Amarelecimento dos revestimentos (não podem ser utilizadas em tintas de cor branca ou claras); diminuição da resistência ao intemperismo quando usado em excesso.
RESINAS MALÉICAS	<p>Outra maneira de introduzir breu; redução do custo; secagem mais rápida; maior dureza.</p> <p>A introdução de resinas maléicas nos glicéridos é uma forma de produzir resinas solúveis ou diluíveis em água, utilizadas na obtenção de tintas aquosas.</p>	Semelhante ao breu com intensidade menor.
COMBINAÇÕES POLIMÉRICAS	Possibilidade de modificação de óleos ou ácidos graxos saturados; contorno da reatividade das insaturações; criação de polímeros acrílicos ou vinílicos específicos para reação; resinas com peso molecular médio sem problemas de compatibilidade; maior homogeneidade; aumento da resistência à solventes; rápida secagem ao ar (alquídicas acriladas ou estirenadas); superior retenção de brilho e cor (alquídicas acriladas ou estirenadas); excelente resistência química (alquídicas acriladas ou estirenadas).	Deficiente resistência a solventes.
RESINAS FENÓLICAS	Superior resistência química; melhor aderência; maior dureza.	Maior tendência ao amarelecimento; estabilidade deficiente e problemas de secagem ao ar.
POLIISOCIANATOS (RESINAS ALQUÍDICAS URETANIZADAS)	Produz óleos uretanizados utilizados em vernizes de secagem ao ar; secagem e endurecimento mais rápidos; resistência química e resistência a abrasão superiores; melhor retenção da cor.	Tendência ao amarelecimento (do diisocianato de tolieno – TDI); alta toxicidade dos poliisocianatos).
SILICONES	Alta resistência às intempéries e a	Alto preço dos silicones.

temperaturas elevadas.

POLIAMIDAS

Uso em esmaltes sem problemas de escorrimento durante a aplicação; desenvolve camadas mais espessas.

FORMOL (RESINAS ALQUÍDICAS ACETALIZADAS)

Excelente secagem e boa resistência à água.

ALQUÍDICOS TIXOTRÓPICOS (REAÇÃO COM POLIAMIDA)

Consistência espessa semelhante a um gel (melhora a resistência à escovação e evita a flacidez em superfícies verticais); possibilidade de uso da tinta direto da embalagem sem necessitar de mexer; previne a sedimentação do pigmento durante o armazenamento.

RESINAS URETÂNICAS

Utilizado em esmaltes de secagem rápida; baixo custo; secagem em estufa; uso em revestimentos internos e em madeira; tintas para ambientes marítimos; tintas decorativas.

Poucas evidências de uso doméstico.

RESINAS MELAMÍNICAS

Utilizadas como reticulantes de resinas alquídicas; cura mais rápida em menor tempo e temperatura; dureza superior; melhor resistência ao intemperismo; melhor estabilidade da cor em sobreforneios (tempo mais longo ou retorno à estufa).

EMULSÃO ALQUÍDICA

Baixo COV; produto inodoro; acabamento de secagem rápida; durável; lavável; fácil aplicação; possibilidade de tons claros sem amarelecimento; possibilidade de aplicação em superfícies úmidas e porosas.

Acertar a composição foi um desafio para os fabricantes na década de 1930; difícil quantificar a abrangência e uso no mundo; substituídas pelas emulsões em resinas vinílicas na década de 1940.

POLIÉSTER – RESINA ALQUÍDICA SEM ÓLEO

Poliesterificação sem ácidos graxos; podem ser saturados ou insaturados; uso em tintas automotivas, possibilidade de uso em tintas em pó; a descoloração depende do tipo e quantidade de óleo utilizado; geralmente utilizados na produção de vernizes para materiais da construção civil.

Tintas em cores escuras tem piores retenções de cor.

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Deutsch; Fazenda; Filho (2009) e Standeven (2011)

Gnecco, Mariano e Fernandes (2009), Marques (2013) e Standeven (2011) destacam as principais propriedades das resinas alquídicas para utilização em tintas:

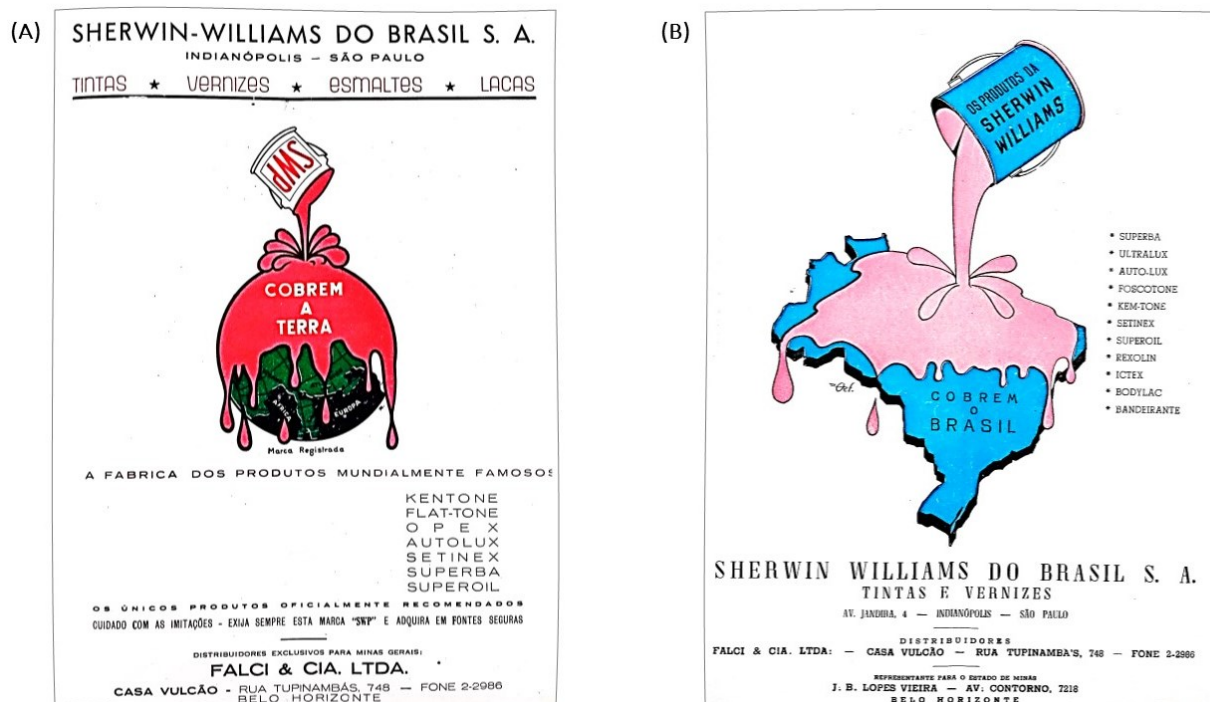
- Baixo custo de fabricação, seja pela disponibilidade de óleos ou pela solubilidade em solventes baratos;
- Facilidade de aplicação por vários métodos (pincel, rolo, imersão, spray);
- Estabilidade da cor;
- Reduzido amarelecimento;
- Elevada pigmentação, umectação e dispersão;
- Baixa termoplasticidade;
- Capacidade de penetração em substratos mal preparados, ásperos ou sujos;
- Compatibilidade com muitos compostos;
- Boas propriedades de vedação;
- Estabilidade dentro da embalagem, mantendo a viscosidade;
- Possibilidade de lavagem com esfregação;
- Resistência adequada a umidades moderadas e exposições intermitentes de água;
- Muito permeáveis, não adequadas a imersão em água;
- Solventes a base de hidrocarbonetos com intenso odor, desmotivando o uso doméstico em interiores;
- Baixa resistência à ambientes nocivos.

A baixa resistência das resinas alquídicas em ambientes nocivos está relacionada à presença de certos componentes no meio (ácidos concentrados, agentes oxidantes, ácidos orgânicos fortes e álcalis), elevada solubilidade (em função dos grupos funcionais presentes) e a suscetibilidade à hidrólise (dado a ligação éster que se decompõem em presença de água) (STANDEVEN, 2011). Apesar destas limitações, o excelente desempenho de custo x benefício das tintas alquídicas não é reduzido.

Comercialmente as tintas que utilizam a resina alquídica são conhecidas como esmaltes (Figura 32) ou *primers* sintéticos. “São utilizadas em interiores secos e

abrigados ou em exteriores normais⁹⁸, sem poluição. Na pintura predial (construção civil), são usados em portas, esquadrias, janelas de madeira ou de aço.” (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009, p. 750).

Figura 32 - Publicidade da fabricante de tintas "Sherwin Williams do Brasil S. A."



Fonte: (A) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1949, n°9
(B) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1947, n°5

2.5.6 Resinas acrílicas

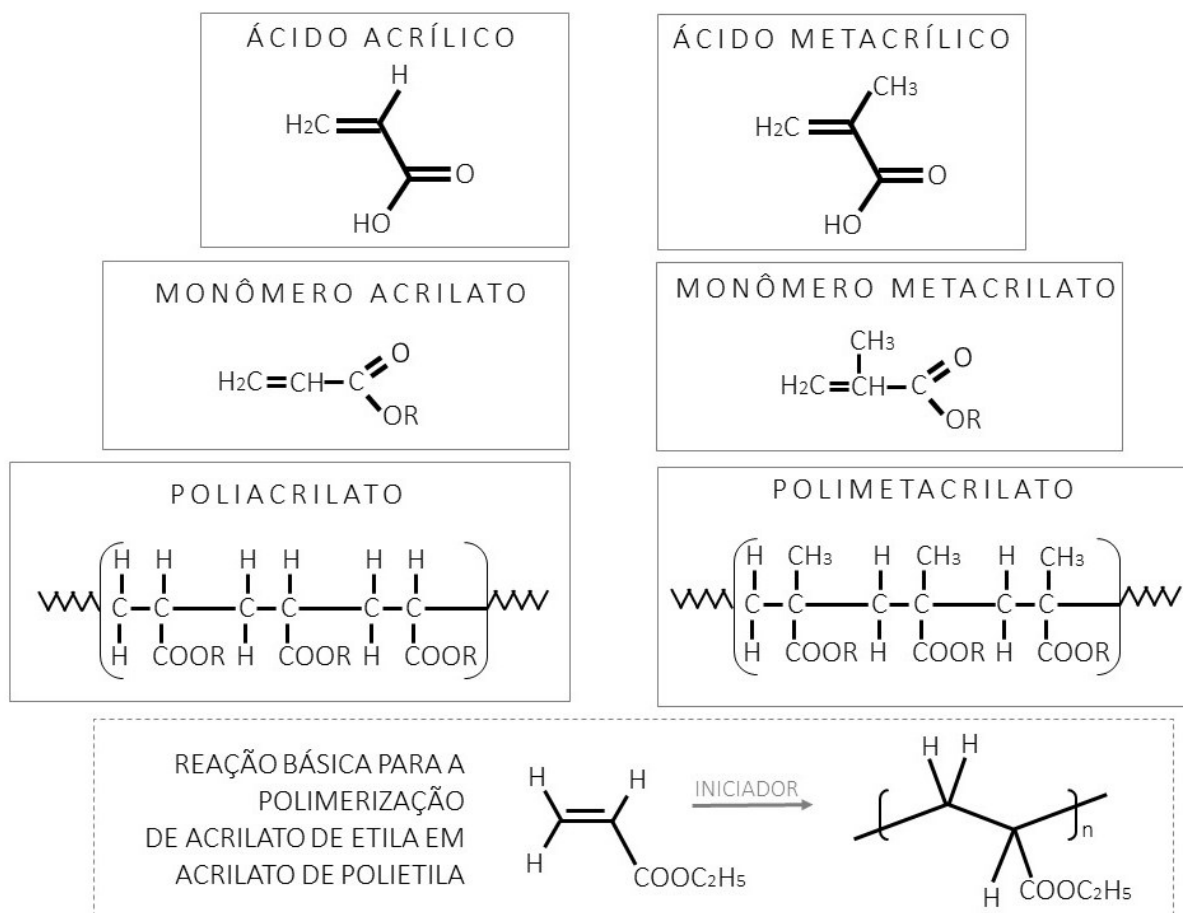
As resinas acrílicas são polímeros de alto peso molecular compostos por monômeros de ésteres de ácido acrílico e metacrílico, denominados, respectivamente, de acrilatos e metacrilatos (Figura 33) (LEARNER, 2004). As pesquisas sobre esses polímeros começaram em 1901. A produção industrial ocorreu em 1927 na Alemanha e em 1931 nos Estados Unidos. Standeven (2011) destaca a versatilidade deste polímero, a variação entre os tipos e proporções dos monômeros utilizados gera produtos com características e propriedades diferentes.

Os polímeros acrílicos podem ser homopolímeros ou copolímeros. Ambos são formados por uma reação de adição (Figura 33) complexa e exotérmica, localizada na

⁹⁸ Opondo-se a ambientes industriais corrosivos.

ligação dupla entre os carbonos, a partir de um catalizador (LEARNER, 2004). Fazenda e Filho (2009a) afirmam que os monômeros de acrílico e metacrílico são muito reativos na presença de estireno, por esta razão a polimerização deve ser precisa para se obter os produtos desejados.

Figura 33 - Estrutura química dos componentes da resina acrílica



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Learner (2004) e Fazenda; Filho (2009a)

Os acrílicos termoplásticos e termoconvertíveis são utilizados na produção de tintas e vernizes. Learner (2004) afirma que os termoplásticos são os mais tradicionais, apresentando-se na forma de solução acrílica e emulsão acrílica. As soluções de polímeros acrílicos podem ser dissolvidas em solventes orgânicos apropriados. No entanto, as emulsões acrílicas são sistemas bifásicos. São constituídos por um polímero acrílico insolúvel, disperso em meio aquoso, estabilizado com um

surfactante⁹⁹. As emulsões acrílicas são comercialmente conhecidas como látex.

Uma solução de tinta seca simplesmente pela evaporação do solvente. O tempo de secagem é, portanto, inferior ao da tinta a óleo (e alquídica), normalmente criando uma película de tinta seca ao toque após uma hora. O filme seco pode ser redissolvido no mesmo solvente em que foi inicialmente dissolvido. No entanto, na forma de emulsão o polímero não é dissolvido, mas disperso em água; as emulsões são frequentemente, e mais corretamente, chamadas de dispersões. [...] Em uma emulsão, o polímero existe como partículas esféricas distintas, misturadas na fase aquosa, com quantidades significativas de surfactante, que é basicamente um detergente. É o mesmo princípio que permite a água limpar pratos gordurosos quando o detergente é adicionado. Quando uma emulsão seca, a água primeiro evapora, mas isso é acompanhado pela fusão das esferas do polímero para formar um filme contínuo. Isso significa que, embora possa ser diluído com água, uma vez que o filme tenha secado, ele não pode ser redissolvido em água. A principal vantagem das emulsões é, simplesmente, que a água é o principal componente líquido, então a quantidade de solvente orgânico, que é tipicamente tóxico e tem um odor mais forte, é drasticamente reduzido. Emulsões também secam rapidamente, normalmente dentro de uma hora, embora as camadas subsequentes possam, muitas vezes, ser aplicadas antes disso. Portanto, é difícil pintar úmido sobre úmido em uma emulsão de tinta devido a este curto tempo de trabalho. Uma diferença visual importante entre soluções e emulsões no estado úmido é visto quando as duas formulações não estão pigmentadas. A solução aparece como uma mistura clara, enquanto a emulsão é branca e opaca (embora seque e se transforme em um revestimento transparente). Esta opacidade característica é o resultado da incapacidade da luz de passar através da emulsão sem ser refletida e refratada pelas partículas de polímero.¹⁰⁰ (CROOK; LEARNER, 2000, pp.21-22).

⁹⁹ “Surfactantes são moléculas com segmentos hidrofóbicos e hidrofílicos, possibilitando a interação física entre as fases acrílicas e aquosa. Nas emulsões acrílicas a porção hidrofóbica geralmente é uma cadeia longa de hidrocarbonetos.” (LEARNER, 2004, p.81, tradução nossa).

¹⁰⁰ Tradução nossa do original: “A solution paint dries simply by the evaporation of the solvent. The drying time is therefore much quicker than oil (and alkyd) paint, typically creating a touch-dry paint film after an hour. The dried film can be re-dissolved in the same solvent in which it was initially dissolved. However, in the emulsion form the PVA polymer is not dissolved but dispersed in water; emulsions are often, and more correctly, called dispersions. The concept of dispersion is an important one, since PVA is insoluble in water. In an emulsion, the PVA polymer exists as distinct spherical particles that are mixed in the water phase with significant quantities of surfactant, which is basically a detergent. It is the same principle that enables water to clean greasy plates when detergent is added. When an emulsion dries, the water first evaporates, but this is accompanied by the polymer spheres fusing together to form a continuous film. This means that although it can be thinned with water, once the film has dried it cannot be re-dissolved in water. The main advantage of emulsions is simply that water is the principal liquid component, so the amount of organic solvent, which is typically toxic and has a stronger odor, is drastically reduced. Emulsions also dry rapidly, typically within an hour, although subsequent layers can often be applied sooner than this. Thus it is difficult to paint wet-in-wet with emulsion paint due to this short working time. An important visual difference between solutions and emulsions in the wet state is seen when the two forms are unpigmented. The solution form appears as a clear solution, while the emulsion is white and opaque (although it dries to a transparent coating). This characteristic opacity is

Algumas resinas acrílicas termoplásticas apresentam propriedades insuficientes para aplicação como componentes de tintas. Fazenda e Filho (2009a) afirmam que essa limitação é solucionada com a adição de monômeros que possuam grupos funcionais específicos (Quadro 16). Estas reações são controladas e ocorrem em temperaturas próximas à 150°C. As resinas acrílicas termoplásticas são a base das lacas acrílicas, muito utilizadas na repintura automotiva. Os acrílicos termoconvertíveis, elaborados com diferentes monômeros acrílicos e agentes reticulantes, se destacam pela variedade de propriedades que conferem às tintas. Dentre elas, destacam-se: maiores teores de sólidos; solventes mais baratos; excelente aspecto curado; excepcional resistência química e a solventes (FAZENDA; FILHO, 2009a).

Quadro 16 - Efeito dos monômeros nas propriedades do revestimento

PROPRIEDADES	MONÔMERO	COMPOSIÇÃO (% DE PESO)	TMFF (°C)	Tg (°C)
DURABILIDADE NAS INTEMPÉRIES	Acrilatos e metacrilatos			
DUREZA RESISTÊNCIA A RACHADURAS	Metacrilato de metila Estireno Acrilamida e metacrilamida Ácidos acrílico e metacrílico			
BRILHO	Estireno	100 47/53	— 10	100 0
	Radicais aromáticos			
RETENÇÃO DA COR	Acrilatos e metacrilatos			
FLEXIBILIDADE RESISTÊNCIA AO RASGO	Acrilato de etila Acrilato de butila	100 83/17 47/53	— 10 10	-54 1 0
	Acrilato de 2-etil-hexila	100 85/15	— 10	-85 4
	Maleato de dibutila Metacrilato de butila Butadieno Isobutileno			

the result of the inability of light to pass through the emulsion without being reflected and refracted by the polymer particles.” (CROOK; LEARNER, 2000, pp.21-22).

RESISTÊNCIA A SOLVENTE	Acrilonitrila Acrilamida e metacrilamida
RESISTÊNCIA À ÁGUA	Estireno Metacrilato de metila
RESISTÊNCIA A DETERGENTES E NÉVOA SALINA	Estireno Vinil-tolueno
RESISTÊNCIA A AMARELECIMENTO	Acrilatos e metacrilatos de cadeia curta

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Fazenda; Filho (2009a)

As propriedades físicas dos copolímeros acrílicos (Quadro 17) são determinadas pelas proporções de seus monômeros constituintes (LEARNER, 2004). “A mistura monomérica, em conjunto com os parâmetros de copolimerização, são fundamentais para a obtenção de polímeros com determinada estrutura macromolecular, que, por sua vez, é determinante para as propriedades finais do polímero respectivo.” (FAZENDA; FILHO, 2009a).

Quadro 17 - Relações de propriedades e funcionalidades em resinas acrílicas

PROPRIEDADE	FUNCIONALIDADE
TEMPERATURA DE TRANSIÇÃO VÍTREA ADEQUADA ¹⁰¹ Coalescência ou formação de filme	Garantia de dureza e flexibilidade em temperatura ambiente; Relação inversa com a pegajosidade da película seca; Relação direta com tendência ao trincamento; T<T _g : cadeias poliméricas permanecem imóveis; T>T _g : coalescência forma filmes contínuos.
TEMPERATURA MÍNIMA DE FORMAÇÃO DE FILME (TMFF)	Temperatura mínima na qual o polímero emulsionado forma um filme contínuo quando coalesce; Pode ser influenciada por aditivos e pela água; Reflete a eficiência do poder ligante sobre os pigmentos (pegajosidade e

¹⁰¹ “Esses fatores [dureza e flexibilidade] são amplamente governados pela transição vítrea (T_g) do polímero, que é a temperatura na qual um polímero muda de um estado vítreo para um estado de borracha. Em temperaturas acima seu T_g, um polímero é flexível e exibe alto alongamento antes de atingir seu ponto de ruptura. Por outro lado, em temperaturas abaixo de seu T_g, o polímero se apresenta como um material quebradiço. Os polímeros acrílicos usados em tintas e vernizes requerem um T_g, que seja alto o suficiente para evitar que o filme seco se torne pegajoso (e portanto, propenso a pegar sujidades quando exposto a partículas de sujeira no atmosfera) e ainda baixo o suficiente para evitar rachaduras devido à fragilidade excessiva.” (LEARNER, 2004, p. 9, tradução nossa).

Coalescência ou formação de filme	tendência ao trincamento).
PESO MOLECULAR MÉDIO E SUA DISTRIBUIÇÃO	Influência na tendência ao trincamento, comportamento nas intempéries; Propriedade diretamente proporcional à viscosidade; Em emulsões, a viscosidade é inteiramente dependente da fração aquosa; Quando mais elevado, melhores as propriedades (resistência mecânica e tenacidade).
APLICAÇÃO DE CAMADAS SUBSEQUENTES	Emulsão acrílica: Fácil, devido ao processo de secagem por coalescência e posterior evaporação da água, gerando camadas insolúveis em água; Solução acrílica: Difícil, devido ao processo de secagem por evaporação do solvente, que pode ser redissolvido.
ELEVADA VISCOSIDADE	Quantidade e tipo de coloide; Indicada para boa estabilidade (ausência de floculação e sedimentação) e condições adequadas de aplicação; Coloides ou espessantes são substâncias de alto peso molecular, solubilizados em água.
COMPOSIÇÃO QUÍMICA	Influência na: resistência à água, à alcalinidade, à radiação ultravioleta e à luz (tendência à calcinação).

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Learner (2004)

As emulsões acrílicas foram desenvolvidas na década de 1940, com produção industrial na década de 1950 e êxito no mercado em 1960. Essa longa trajetória decorre do elevado custo destes monômeros. As emulsões acrílicas são baseadas na polimerização por adição em emulsão. Uma polimerização por adição é composta por monômeros, meio dispersante, emulsionante/surfactante/tensoativo e iniciador formador de radicais livres. Este é um processo complexo, elaborado empiricamente com sucesso, ainda sem uma teoria científica que o explique satisfatoriamente (FAZENDA; FILHO, 2009a).

Fazenda e Filho (2009a) afirmam que os polímeros são compostos por monômeros funcionais e básicos. Os monômeros funcionais conferem os grupos funcionais ao polímero, como o ácido acrílico e metacrílico, a acrilamida, o metacrilato de hidroxipropila, o metacrilato de glicidila e o metacrilato de dimetilamino-etila. Os monômeros básicos são responsáveis pela dureza e resistência geral. Eles denominam o tipo de emulsão:

- Tipo vinílico: copolímeros de acetato de vinila com maleato de dibutila, fumarato de dibutila, acrilado de butila, versatato de vinila, etileno, etc.;

- Tipo estireno-acrílico: copolímeros de estireno com monômeros acrílicos (acrilato de butila, acrilato de 2-etil-hexila, etc.);
- Acrílicas puras: metacrilato de metila copolimerizada com outros monômeros acrílicos, como o acrilato de etila e o acrilato de butila.

A formação do filme em resinas acrílicas é influenciada pela quantidade de água no sistema interno e externo (substrato). Quando os substratos dos sistemas de pintura absorvem muita água, eles retiram água da tinta, o que compromete a qualidade de formação do filme (FAZENDA; FILHO, 2009a). “A absorção rápida dificulta a acomodação das partículas poliméricas durante a ‘secagem’ devido a uma diminuição acentuada da sua mobilidade, o que impede um empacotamento adequado, fundamental para um filme com características satisfatórias.” (FAZENDA; FILHO, 2009a, p. 225).

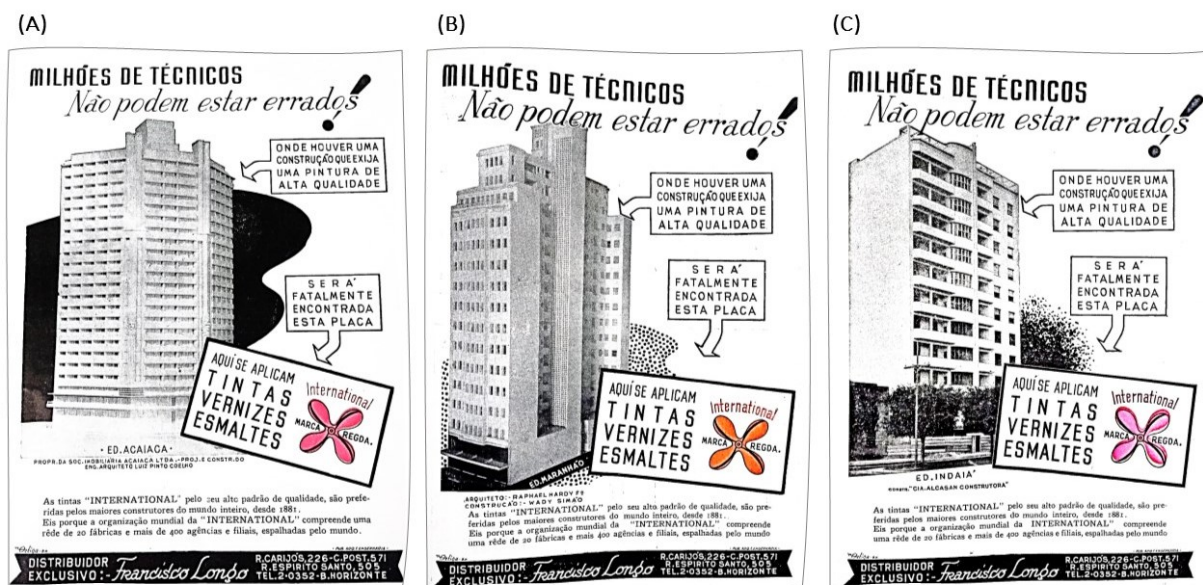
A evaporação mais rápida da água da superfície da película provoca a formação de uma pele superficial que dificulta a saída da água da parte mais interna. A adição de solventes miscíveis com a água, mas com menor velocidade de evaporação, como o etilenoglicol, propilenoglicol e o hexilenoglicol, ajuda a manter a superfície “aberta” à saída da água proveniente da parte mais interna da película. É interessante observar que essas substâncias também atuam como coalescentes. (FAZENDA; FILHO, 2009a, p. 225).

A absorção de água ocorre na aplicação das primeiras camadas de tinta, por esta razão é indicada a aplicação de um selador em substratos muito porosos. Segundo Fazenda e Filho (2009a), a absorção indevida pelo substrato pode causar patologias, como a não-uniformidade do acabamento, o trincamento do filme e a dificuldade de aplicação. As condições ambientais - temperatura e umidade relativa - afetam a velocidade de evaporação da água da tinta, que por sua vez afeta a formação do filme (Figura 34).

2.5.7 Resinas de borracha clorada

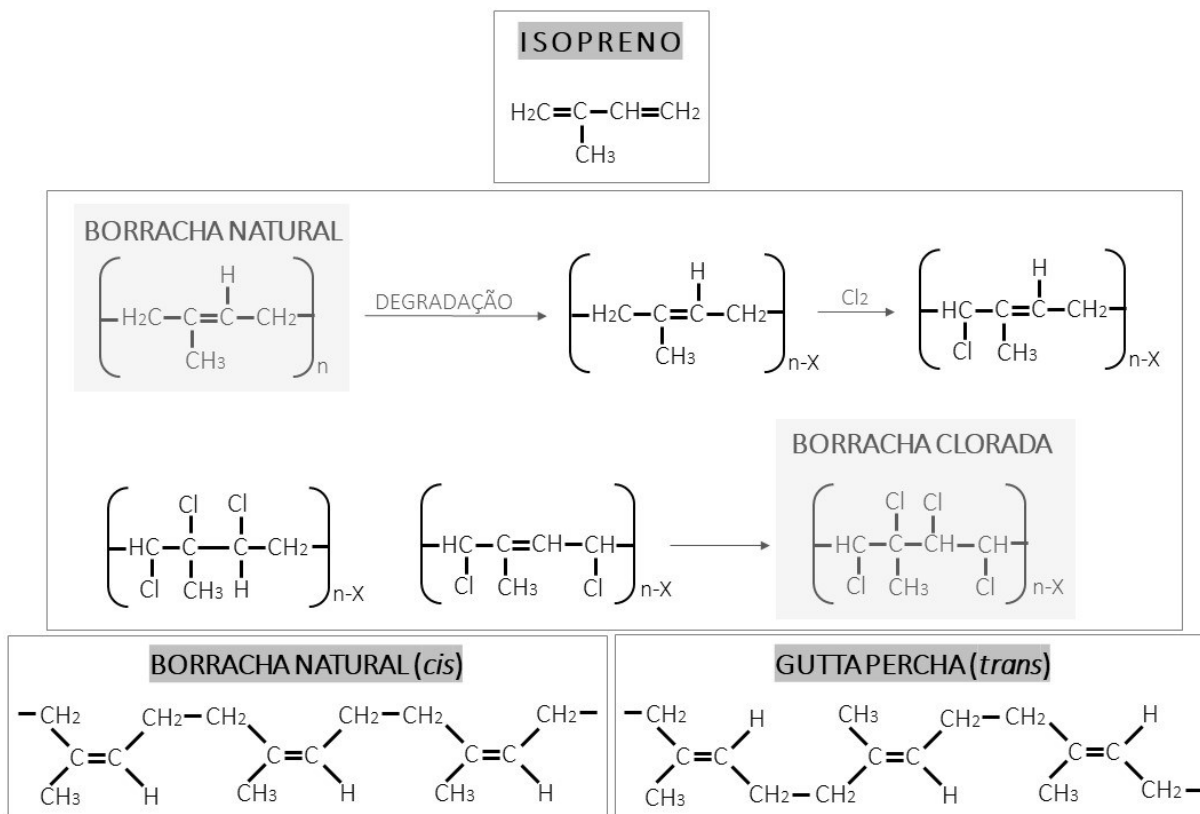
A borracha é um polímero natural ou sintético, derivada de monômeros de isopreno (Figura 35). A conformação espacial deste monômero gera dois polímeros isômeros a borracha natural (*cis*) e a gutta percha (*trans*). Polímeros isômeros são caracterizados pela estrutura molecular idêntica e arranjo atômico diferente (Figura 35). Como a estrutura espacial determina as características físico-químicas do polímero, o gutta percha é mais cristalino e apresenta ponto de fusão mais alto que seu isômero (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009).

Figura 34 - Publicidade das "Tintas Internacionais"



Fonte: (A) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1947, n°5
 (B) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1947, n°6
 (C) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1947, n°6

Figura 35 - Estrutura química de monômero e polímeros de borracha



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Deutsch; Rodrigues (2009)

A borracha natural é obtida de certas árvores e plantas como uma dispersão coloidal conhecida como látex. O látex é coagulado através de HCl para formar a borracha bruta. A borracha natural bruta é modificada quimicamente (aceleradores, antioxidantes, plastificantes) para posterior moagem e vulcanização. (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009, p.322).

A compreensão do sistema coloidal, no início do século XX, possibilitou a modificação da borracha clorada para adequação da estabilidade, viscosidade, secagem, uso como aglutinante (para vinculação à pigmentos), envelhecimento e degradação sob radiação ultravioleta (STANDEVEN, 2011). As modificações químicas introduzidas também têm o objetivo de reduzir a suscetibilidade à oxidação, por meio dos processos de ciclização ou de cloração da molécula. Estes processos alteram a solubilidade, o que impacta na viscosidade de aplicação (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009).

Quanto mais cloro é introduzido no polímero, o produto fica mais resistente. Com um teor de cloro de aproximadamente 65%, o polímero deixa de ser borracha e, portanto, plastificantes são incorporados. Polímeros de baixa viscosidade e contendo níveis maiores do que 65% de cloro seria típicos para uso em formulações de tintas, e apreciáveis quantidades de plastificantes são adicionadas (às vezes até 35%). Os polímeros também podem ser adicionados a outras resinas, em particular, os alquídicos e acrílicos.¹⁰² (LEARNER, 2004, p.23).

Deutsch e Rodrigues (2009) afirmam que a polimerização de borrachas naturais e sintéticas gera materiais de alta resistência química (inércia química), flexibilidade, baixa solubilidade em solventes orgânicos, baixa permeabilidade ao oxigênio e gás carbônico e boas propriedades de formação filmógena. “Os revestimentos à base de borracha clorada resistem a temperaturas de 80°C e decompõem-se acima de 130°C, sem fundir [...] são sensíveis à maioria dos solventes, com exceção dos álcoois de baixo peso molecular e dos hidrocarbonetos alifáticos.” (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009, p.323).

As resinas à base de borracha clorada são utilizadas na produção de tintas, com aplicações em produtos gráficos, adesivos, proteção de metais (tintas de fundo),

¹⁰² Tradução nossa do original: “As more chlorine is introduced into the polymer, the product becomes harder. At a chlorine content of approximately 65%, the polymer ceases to be rubbery, and therefore plasticizers are incorporated. Polymers of low viscosity and containing levels of more than 65% chlorine would be typical for use in paint formulations, and appreciable amounts of plasticizers are therefore added (sometimes up to 35%). The polymers can also be added to other resins, in particular, the alkyds and acrylics.” (LEARNER, 2004, p.23).

revestimento antichamas, demarcação de tráfego, cobertura de alvenaria e piscina (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009). As tintas com resinas de borracha clorada (Figura 36) destacam-se pelas seguintes propriedades: alto brilho; secagem adequada; formação de filmes flexíveis; durabilidade; alta resistência à água e produtos químicos; possibilidade de lavar e esfregar; baixa permeabilidade a umidade e excelente resistência ao vapor (LEARNER, 2004; STANDEVEN, 2011). O uso de borracha em tintas diminuiu entre o final da década de 1940 e início da década de 1950. Isto ocorreu em razão da expansão das tintas domésticas à base de polímeros de vinil e os alquídicos modificados com óleo (STANDEVEN, 2011).

Figura 36 - Publicidade dos produtos "Sika S.A." vendidos pela "Montana S.A."

IGARA
Tinta-esmalte, à base de borracha clorada, grande resistência aos ácidos e álcalis.

ESMALTIN
Tinta-esmalte, à base de resinas sintéticas, grande resistência às intempéries.

SIKA-LAR
Tinta de emulsão, lavável, para interiores, fácil de aplicar.

11040

Vendas dos produtos SIKA:

MONTANA S. A. *Sika*

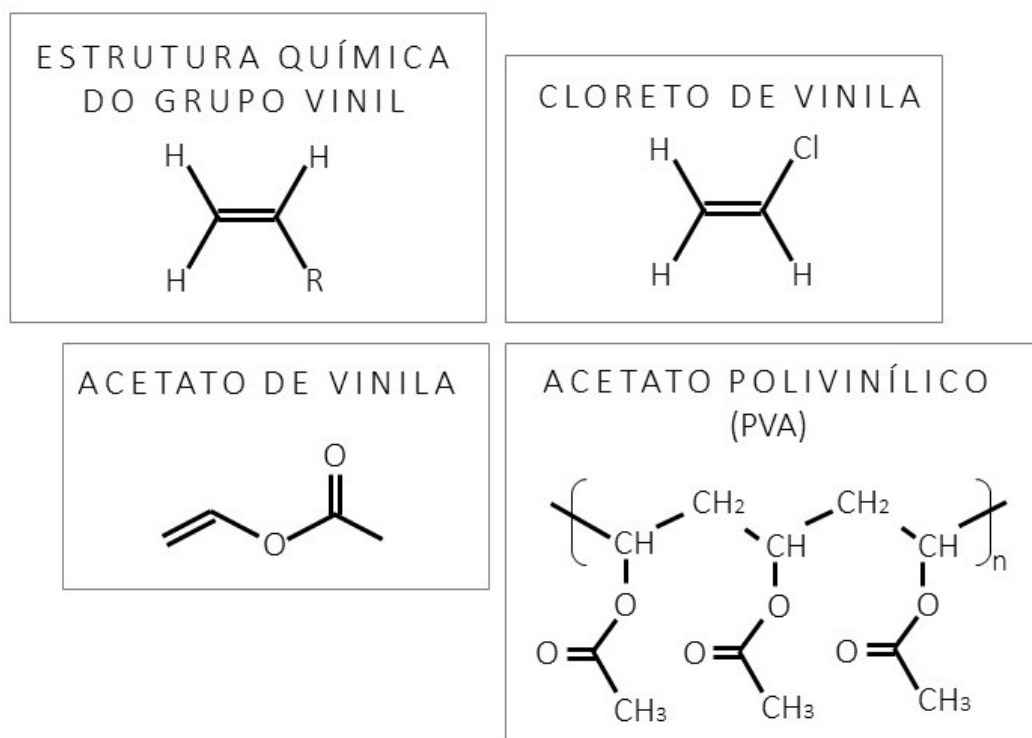
Rio: Rua Visconde de Inhaúma, 64 - 3.º — Tel. 43-8861
São Paulo: Rua 7 de Abril, 71 (Loja) — Tel. 34-5116

REPRESENTANTES EM TODOS OS ESTADOS

2.5.8 Resinas vinílicas

As resinas vinílicas são sintéticas, derivadas da polimerização ou copolimerização, de monômeros que possuam grupos vinílicos (Figura 37) (MARQUES, 2013). Os monômeros vinílicos mais comuns são o cloreto de vinila e o acetato de vinila (Figura 37), o mais utilizado em formulações de tintas. Os polímeros derivados são solúveis em alguns elementos (cetonas orgânicas, ésteres, hidrocarbonetos clorados, hidrocarbonetos aromáticos e álcoois) e insolúveis em outros (água, hidrocarbonetos alifáticos, gorduras e ceras) (STANDEVEN, 2011).

Figura 37 - Estrutura química de monômero e polímeros vinílicos



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Learner (2004)

Standeven (2011) afirma que as resinas de policloreto de vinila são cristalinas, incolores, inodoras, atóxicas, quimicamente inertes a radiação ultravioleta e oxidação, a prova de mofo e graxa. A secagem ocorre por oxidação, podendo levar de alguns dias a semanas, até alcançar a dureza máxima (STANDEVEN, 2011).

Embora as resinas PVA sejam compatíveis com a maioria dos pigmentos, o pH da emulsão PVA é ligeiramente ácido, assim pigmentos básicos, como carbonato de cálcio, devem ser evitados. Se pigmentos básicos forem usados, há liberação resultante de dióxido de carbono, à medida que reagem com o ácido da resina; o que pode fazer com que a lata se expanda ou até mesmo exploda. O principal

pigmento branco é o dióxido de titânio rutilo, que compreende cerca de 60% a 70% do conteúdo total de pigmento.¹⁰³ (STANDEVEN, 2011, p.100).

As soluções e emulsões vinílicas foram desenvolvidas na década de 1930 na Alemanha e o sucesso entre consumidores ocorreu na década de 1940. As tintas com acetato de polivinila, conhecido como PVA, são mais comuns na forma de emulsões (Figura 38). As emulsões de PVA necessitam da adição de plastificantes para amolecerem o polímero, naturalmente duro e quebradiço, propiciando a formação de um filme contínuo (STANDEVEN, 2011).

Learner (2011) indica que nas primeiras formulações de emulsões com plastificantes havia migração para o exterior da película. Estes componentes tendiam a volatilização e evaporação, formando uma superfície quebradiça. Tal adversidade foi solucionada na década de 1960, com o desenvolvimento da plastificação interna. Ela promove a copolimerização do PVA com monômeros mais macios, como acrilatos. “A introdução de um copolímero não apenas plastificou a resina, mas também, aumentou sua resistência à hidrólise ácida e alcalina e, melhorou sua resistência às intempéries.”¹⁰⁴ (STANDEVEN, 2011, p.101).

As resinas PVA são intrinsecamente adequadas como primer selante e subcapa para tintas à base de óleo: elas não penetram, têm a capacidade de selar ou preencher pequenas lacunas e apresentam boa adesão. Elas também têm melhores resistências ao óleo e resistência aos solventes encontrados em tintas à base de óleo, do que tintas de estireno-butadieno ou poliestireno.¹⁰⁵ (STANDEVEN, 2011, p.102).

O PVA apresenta boas propriedades de revestimento, destacando a facilidade de aplicação e limpeza, a permeabilidade à umidade, a excelente adesão à madeira, gesso e cimento, o comportamento mecanicamente estável, a moderada resistência

¹⁰³ Tradução nossa do original: “*Although PVAc (polyvinyl acetate) resins are compatible with most pigments, the pH of PVAc emulsion is slightly acidic, so basic pigments such as calcium carbonate should be avoided. If basic pigments are used, the resulting release of carbon dioxide as they react with the acidic resin can cause the can to expand or even explode. The main white pigment is rutile titanium dioxide, which comprises around 60% to 70% of the total pigment content.*” (STANDEVEN, 2011, p.100).

¹⁰⁴ Tradução nossa do original: “*Introducing a copolymer not only plasticized the resin but also increased the resin’s resistance to acid and alkaline hydrolysis and improved its weather resistance.*” (STANDEVEN, 2011, p.101).

¹⁰⁵ Tradução nossa do original: “*PVAc resins are inherently suitable as primer sealers and undercoats for oil-based paints: they are nonpenetrating, have the ability to seal or bridge small gaps, and have good adhesion. They also have better oil resistance and resistance to the solvents found in oil-based paints than either styrene-butadiene or polystyrene paints.*” (STANDEVEN, 2011, p.102).

à água e álcalis e a resistência à radiação ultravioleta e oxidação (STANDEVEN, 2011). Deste modo, as tintas à base de emulsões vinílicas apresentam as seguintes propriedades: mecanicamente estáveis; fáceis de aplicar e limpar; boa adesão; razoavelmente resistentes à água e álcalis; sensíveis a umidade durante a aplicação; atóxicas; rápida secagem; razoavelmente laváveis (após a secagem completa) e não inflamáveis (MARQUES, 2013; STANDEVEN, 2011).

Figura 38 - Publicidade das tintas "Ideal"

há uma tinta
Ideal
para cada finalidade!

Para resolver seu problema de pintura consulte a "Alvorada"

tinta de emulsão solúvel em água

Ideal
Ultrafósco

ULTRACOR óleo fosco

ULTRABRIL óleo brilhante

TRIUNFO tinta a óleo p/ todos os fins

ULTRASINTÉTICO esmalte sintético brilhante

ULTRAESMALTE esmalte brilhante

ALVORADA DAS TINTAS LTDA.
Revendedora das tintas Ideal • RUA TAMOIOS, 595 - B. HORIZONTE

DISTRIBUIDORES:

Representantes:
SILEPER LTDA.
Rua Espírito Santo, 495
14º andar - Sala 1415
Fone 4-2223 - B. Mte.

Os usuários interpretaram "boa adesão" como uma licença para pintar qualquer superfície velha, enquanto, na verdade, a natureza não penetrante de todas as emulsões de tintas, evita que elas se agreguem a qualquer superfície desagregada (farinácea) e tentativas de revestir têmperas antigas com PVA resultaram na inevitável descamação e fragilidade.¹⁰⁶ (STANDEVEN, 2011, p.104).

Standeven (2011) compara as propriedades das tintas com base em resinas acrílicas e PVA. As acrílicas são superiores em: durabilidade; tenacidade; facilidade de fabricação (fabricação direta); facilidade de aplicação (rolo ou pincel); secagem rápida; boa cor; adequada retenção de cor (facilidade de pigmentação); excelente resistência à ácidos, álcalis, álcoois, água, óleos, hidrocarbonetos e vapores químicos; emulsões estáveis (não apodrecem e aceitam ciclos de congelamento); versatilidade de copolimerização; resistência à intempéries; resistência a fricção mais rápida (horas ao invés de dias); não se torna quebradiça ou descolore; facilidade de limpeza e mais adequados para exteriores (maior resistência à hidrólise com maior alongamento na ruptura e dureza equivalente).

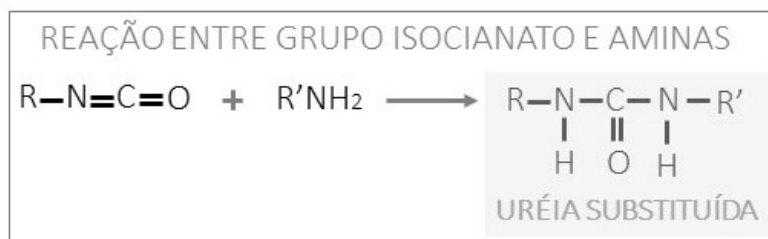
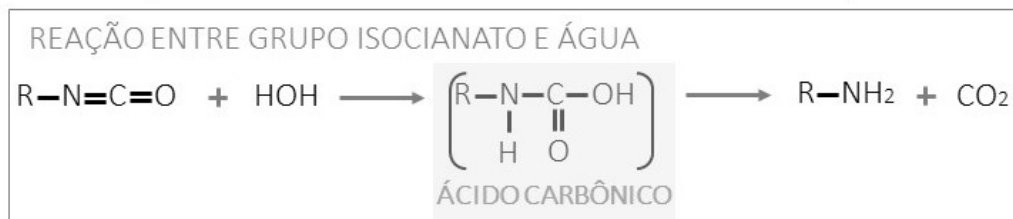
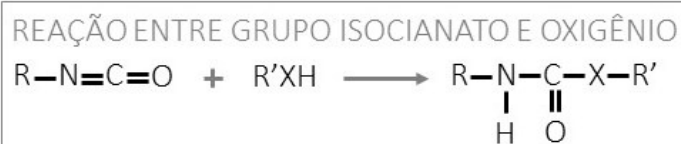
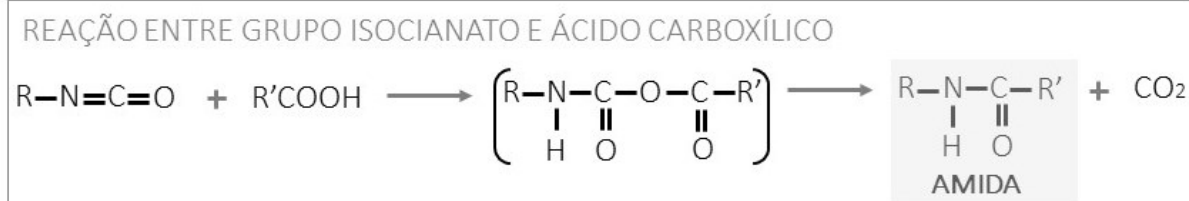
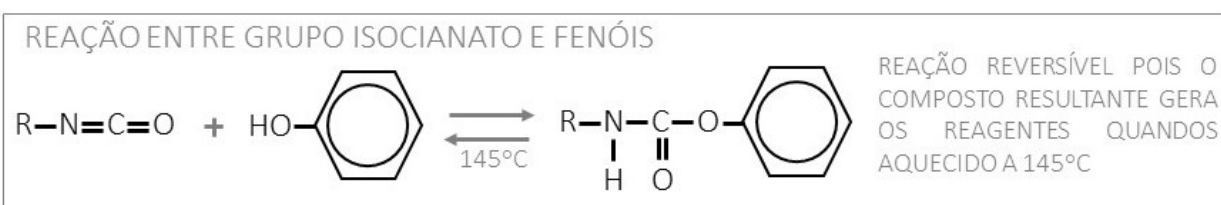
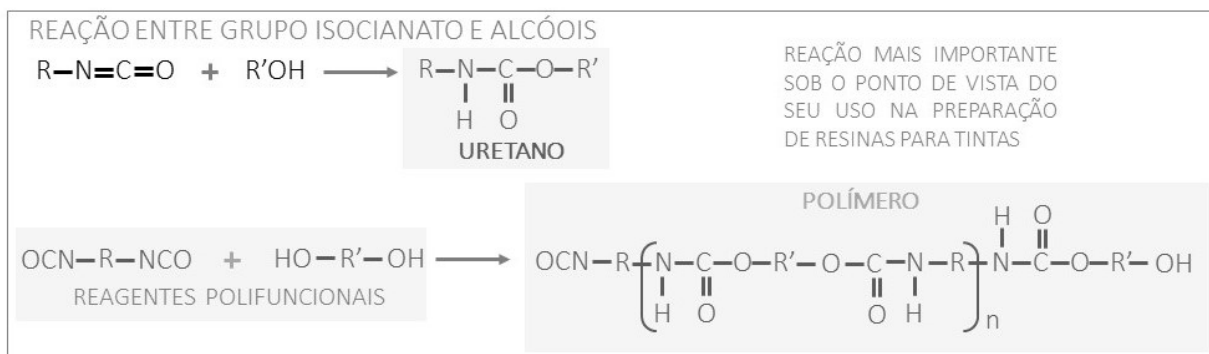
2.5.9 Resinas poliuretânicas

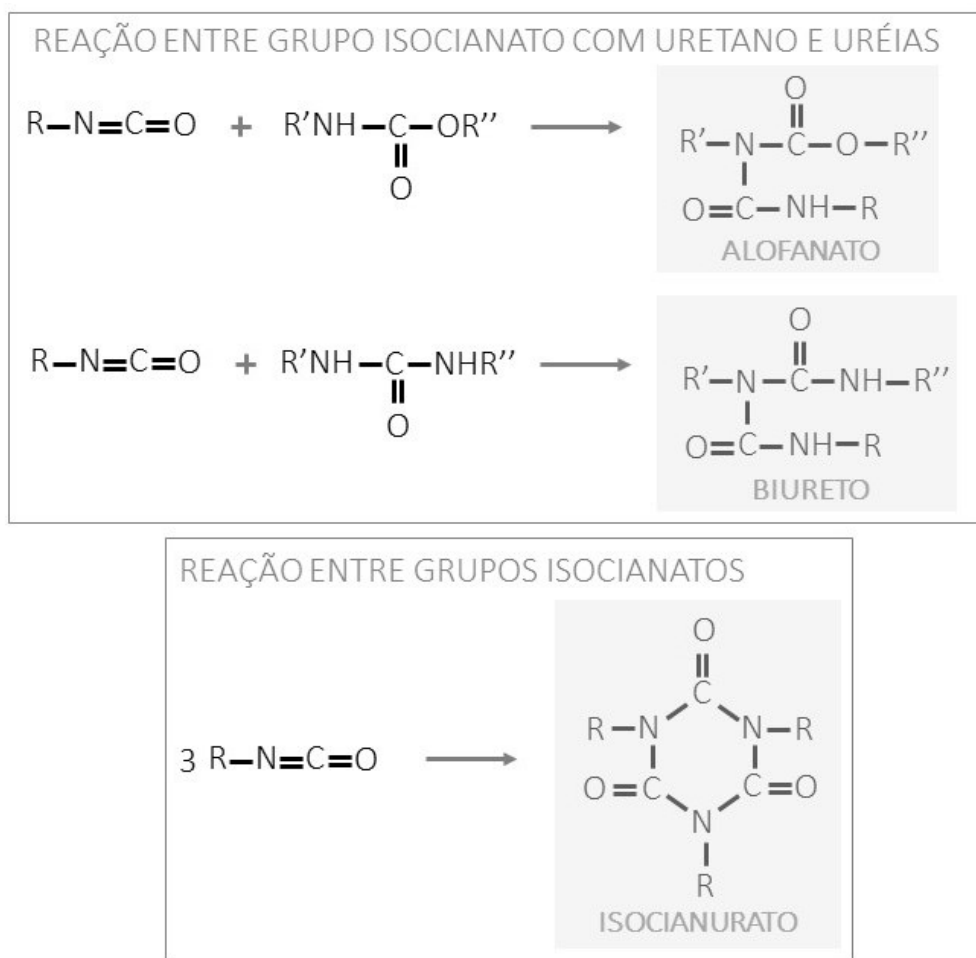
Os polímeros poliuretânicos são resinas sintéticas produzidas pela reação do grupo isocianato (-NCO) com hidrogênios ativos (Figura 39). Como estes elementos são muito reativos, a reação de produção e cura destas resinas é a mesma. A variedade de combinações entre estes grupos de resinas, possibilita propriedades específicas que sejam adequadas a inúmeros ambientes.

Quando os hidrogênios estão ligados à oxigênios (hidroxila), caracterizam uma reação uretânica e geram um grupo uretano (FAZENDA; FILHO, 2009c). Segundo Fazenda e Filho (2009c) a reação uretânica foi descoberta em 1848 por Wurtz e utilizada pela indústria de tintas após a Segunda Guerra Mundial. Comercialmente, as tintas poliuretânicas ocupam uma posição secundária em relação às espumas poliuretânicas.

¹⁰⁶ Tradução nossa do original: "Users interpreted "good adhesion" as a license to paint over any old surface, whereas in fact the nonpenetrating nature of all emulsion paints prevents them from adhering to any chalky surface, and attempts to coat old distemper with PVAc resulted in the inevitable flaking and peeling." (STANDEVEN, 2011, p.104).

Figura 39 - Reações químicas mais comuns entre grupos isocianatos





Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Fazenda e Filho (2009c)

A classificação das tintas poliuretânicas está relacionada à configuração de seus componentes no processo de cura. Fazenda e Filho (2009c) distinguem esta classificação (Quadro 18) quando há um grupo isocianato no sistema de resinas, como:

- **Monocomponentes:** o grupo isocianato está bloqueado, só é liberado no momento da cura para reagir com os outros componentes do sistema de resinas;
- **Bicomponentes:** o grupo isocianato reage com uma variedade de polímeros no sistema de resinas.

Quadro 18 - Os tipos de resinas poliuretânicas e suas principais características

TIPO	NOMENCLATURA	CARACTERÍSTICAS
TIPO	MONOCOMPONENTE	Ausência de grupo isocianato livre; Polímeros de policondensação do tipo alquídico;

1	PRÉ-REAGIDO ÓLEOS URETANIZADOS E ALQUÍDICAS URETANIZADAS	<p>Não são verdadeiros poliuretânicos, pois os grupos isocianatos não participam da cura, participam do processo de polimerização para obtenção das resinas; A polimerização é feita por meio da reação dos diisocianatos com as hidroxilas dos ésteres hidroxilado em baixas temperaturas (80°C); São uma classe de resinas alquídicas uretanizadas pela presença de ligações uretânicas em sua estrutura; Em comparação com alquídicas puras: apresentam maior resistência química à água, melhor secagem, aderência superior, estabilidade de cor inferior (amarelecimento); <u>Secagem</u>: Oxidativa (O₂) <u>Grupo Isocianato</u>: Ausente <u>Pigmentação</u>: Convencional <u>Resistência química</u>: Boa</p>
TIPO 2	MONOCOMPONENTE DE CURA ATRAVÉS DA UMIDADE POLIURETANOS DE CURA PELA UMIDADE	<p>Presença de grupos isocianato capazes de promover a cura por meio da reação dos grupos isocianatos livres com a umidade do ar (água); O pré-polímero uretânico é obtido pela reação de um polímero hidroxilado (poliésteres saturados e resinas alquídicas) com um diisocianato ou reação de polialcoóis com diisocianatos; Não há necessidade de uso de catalizadores; Necessidade de evitar a umidade durante a fabricação e após enlatamento; Pigmentos deve ser completamente secos; A flexibilidade (cadeias longas) e dureza (alta densidade de ligações entre cadeias) do revestimento dependem da composição da resina; Excelente dureza e ótima resistência à abrasão; Indicados para vernizes de pisos. <u>Secagem</u>: Umidade (H₂O) <u>Grupo Isocianato</u>: Presente <u>Pigmentação</u>: Difícil <u>Resistência química</u>: Muito boa</p>
TIPO 3	MONOCOMPONENTE DE CURA ATRAVÉS DO CALOR POLIURETANOS BLOQUEADOS	<p>Cura sob ação do calor em temperaturas e tempos adequados; Isocianatos bloqueados em forma termolábil, com liberação nas condições específicas de cura (tempo e temperatura); Após liberação, reação com resina doadora de hidrogênios (majoritariamente resina hidroxilada); Exemplos: tintas em pó <u>Secagem</u>: Calor <u>Grupo Isocianato</u>: Bloqueado <u>Pigmentação</u>: Convencional <u>Resistência química</u>: Excelente</p>
TIPO 4	BICOMPONENTE CATALISADO	<p>O polímero uretânico é um componente com grupos isocianatos livres que reagem com um agente reticulante em pequenas quantidades (polialcoóis e poliaminas monoméricas);</p>

<p>POLIURETANOS BICOMPONENTES CATALIZADOS</p>	<p>O outro componente é o composto doador de hidrogênios reativos; Necessidade de catalizadores; Apresentam curto <i>pot-life</i>¹⁰⁷ após a mistura dos componentes; Pouco sucesso comercial pela ausência de vantagens em relação à cura por umidade. <u>Secagem</u>: Reação NCO/OH <u>Grupo Isocianato</u>: Presente <u>Pigmentação</u>: Difícil <u>Resistência química</u>: Excelente</p>
<p>TIPO 5</p> <p>BICOMPONENTE SENDO UM POLIOL</p> <p>POLIURETANOS BICOMPONENTES DO TIPO POLIL</p>	<p>A resina hidroxilada está em maior proporção no veículo; O componente que contém os grupos isocianatos é de baixo peso molecular, participando em menor quantidade; A reação básica responsável pela cura é a ligação uretânica Reação em baixas temperaturas (abaixo de 40°C); Cura em baixas temperaturas ou temperatura ambiente; O componente com o polímero básico da tinta deve possuir índice de acidez baixo para evitar a formação de gás carbônico; O componente com o polímero também possui os pigmentos, aditivos e catalizadores (quando necessário); Simplificadamente é um sistema formado por uma resina com hidrogênios reativos (geralmente hidroxilada) capazes de reagir em temperatura ambiente com o outro componente que possui grupos isocianatos livres (geralmente aduto ureânico com baixo peso molecular); As propriedades do revestimento são função da densidade das ligações na formação da estrutura tridimensional durante a cura; Aderência a uma grande variedade de substratos; Resistência química excelente, com uso de poliisocianatos alifáticos a resistência ao intemperismo é elevada. <u>Secagem</u>: Reação NCO/OH <u>Grupo Isocianato</u>: Presente <u>Pigmentação</u>: Convencional <u>Resistência química</u>: Excelente</p>

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Fazenda e Filho (2009c)

As reações entre os grupos isocianatos ocorrem pela reatividade do hidrogênio presente no grupo funcional, entretanto, com a participação de catalizadores a velocidade é maior. As reações mais comuns dos grupos isocianatos com compostos de hidrogênio (Figura 39) são álcoois (uretano), aminas (ureia substituída), água (ácido carbônico), ácido carbônico (amida), uretano (alofanato), ureia (biureto), fenóis

¹⁰⁷ “*Pot-life* ou ‘tempo de vida’ limitado é o tempo durante o qual os componentes podem estar misturados antes de começar a formação do reticulado, e que podem ir de alguns minutos a 16 horas.” (MARQUES, 2013, p.14).

(reação reversível) e isocianato (isocianurato) (FAZENDA; FILHO, 2009c). “O conhecimento dos fatores que afetam a reatividade dos sistemas poliuretânicos é fundamental, pois permite criar condições de reação adequada para se conseguir os objetivos pré-estabelecidos quando do seu desenvolvimento.” (FAZENDA; FILHO, 2009c, p.236). Fazenda e Filho (2009c) e Learner (2004) destacam os principais compostos com isocianato em suas moléculas e as resinas necessárias para formulação de tintas poliuretânicas (

Figura 40):

- Diisocianato de Tolileno – TDI: comercializado na mistura de isômeros (2,4-diisocianato de tolileno e 2,6-diisocianato de tolileno) utilizado para modificar óleos vegetais e resinas alquílicas;
- Diisocianato-Difenilmetano – MDI: comercializado na mistura de isômeros 4,4',diisocianato-difenilmetano, apresenta coloração escura sendo mais utilizado para formulação de vernizes;
- Poliisocianatos alifáticos e ciclo-alifáticos: produzem tintas poliuretânicas resistentes a intempéries (principalmente radiação ultravioleta), de cor estável e elevada aderência;
- Poliisocianatos aromáticos: (4,4'-Disocianato de di-ciclo-hexil-metano, Diisocianato de isoforona – IPDI, Biuretano de 3 moles de Hexametileno Diisocianato – HDI, Isocianurato de Hexametileno Diisocianato – HDI, m-Diisocianato de Tetrametil xileno – TMXDI) produzem tintas poliuretânicas com baixa resistência ultravioleta e estabilidade de cor, cura rápida, mais utilizado em interiores.

As propriedades da tinta poliuretânica dependem do tipo de polímero hidroxilado, de um baixo índice de acidez (garantindo a reação do isocianato com o grupo hidroxila), de determinado índice de hidroxila¹⁰⁸ e do peso molecular específico relacionado às propriedades do revestimento. O alto desempenho destas resinas é proporcional a seu valor de mercado.

Figura 40 - Publicidade de pinturas especializadas na cidade de Belo Horizonte, Minas

¹⁰⁸ Hidroxila entre 50 e 60 para elastômeros, entre 70 e 120 para espumas flexíveis e tintas de boa flexibilidade, maior do que 200 para espuma rígidas e tintas de alta resistência química.

Gerais, na década de 1940

(A)



(B)



Fonte: (A) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1947, n°6

(B) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1948, n°7

2.5.10 Resinas de silicone

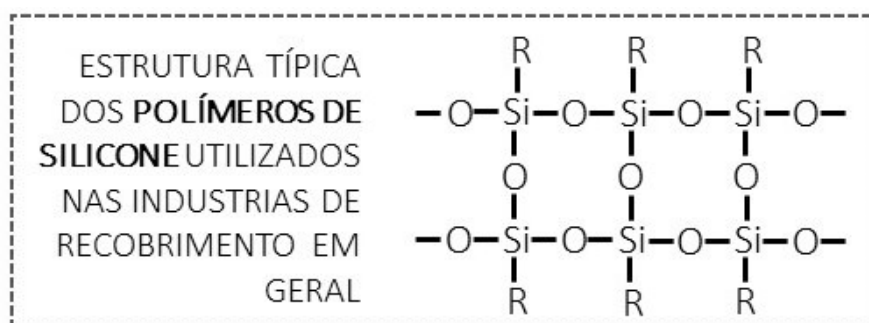
As resinas de silicone são cadeias poliméricas constituídas por átomos de silício e oxigênio (MARQUES, 2013). Elas englobam as resinas sintéticas compostas por poliorganossiloxanos, cuja estrutura de base pode conter silano, silanos substituídos, silanóis ou siloxanos (Figura 41) (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009).

As resinas de silicone podem ser consideradas um híbrido de vidro e resinas orgânicas. Elas manifestam características químicas inertes dos vidros e podem ser incorporadas aos sistemas de recobrimento, da mesma forma que os polímeros orgânicos convencionais. (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009, p.324).

Em função de sua constituição química, as resinas de silicone apresentam boas propriedades mecânicas e resistência ao calor. Deutsch e Rodrigues (2009) afirmam que as propriedades finais do polímero dependem do método de preparação e dos reagentes utilizados:

- Grupos siloxanos trifuncionais: formam polímeros mais duros e menos solúveis em solventes orgânicos;
- Grupos siloxanos difuncionais: formam polímeros mais moles e mais solúveis em solventes orgânicos;
- Monofenilsiloxanos: resultam em polímeros mais solúveis e mais estáveis do que metilsiloxanos.

Figura 41 - Estruturas químicas mais comuns dos silicones utilizados em revestimentos

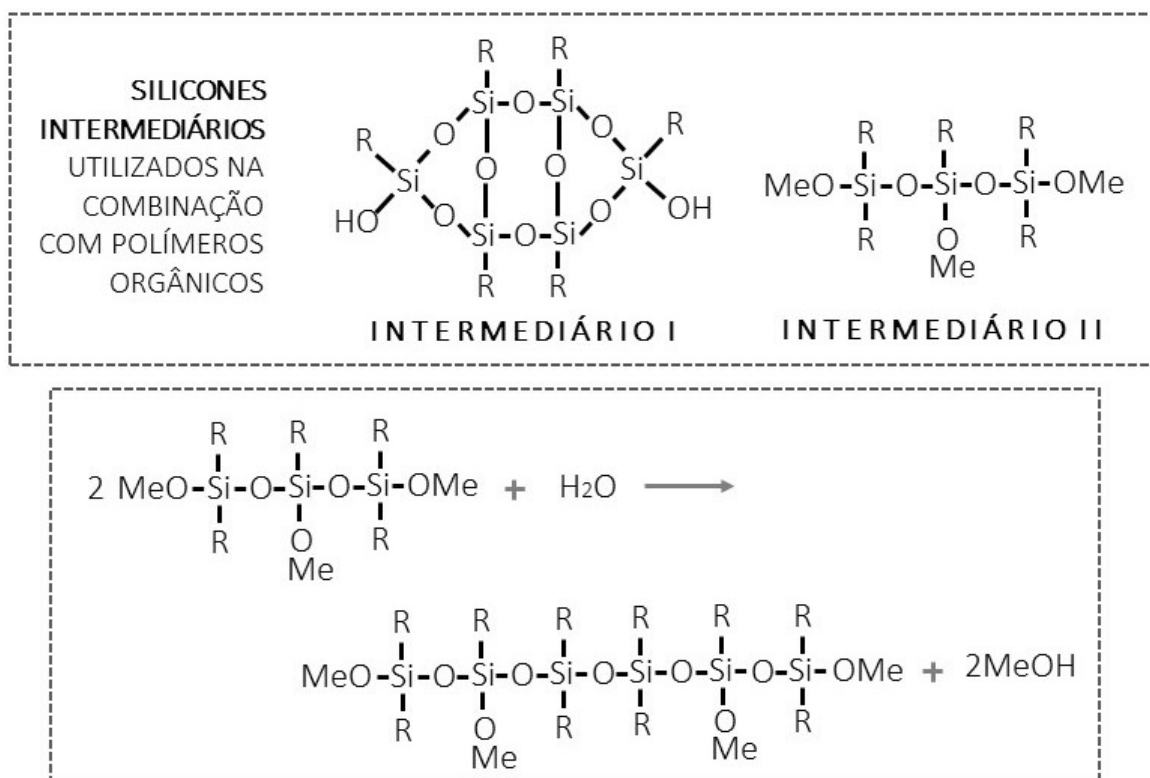


SILANOS	
FÓRMULA GERAL	Si_nH_{2n+2}
$\left[\begin{array}{c} R \\ \\ -Si-O- \\ \\ R \end{array} \right]_n$	SILANO SiH_4 DISSILANO $H_3Si - SiH_3$ TRISSILANO $H_3Si - \begin{array}{c} H \\ \\ Si \\ \\ H \end{array} - SiH_3$

SILANOS SUBSTITUÍDOS	
METILSILANO	$H_3C - SiH_3$
TETRAMETILSILANO	$(CH_3)_4Si$
METILTRICLOROSSILANO	$H_3C - SiCl_3$

SILANÓIS	
TRIMETILSILANOL	$(CH_3)_3SiOH$
DIFENILSILANODIOL	$(C_6H_5)_2Si(OH)_2$
METILSILANOTRIOL	$H_3C - Si(OH)_3$

SILANOXANO	
LIGAÇÃO SILOXANO	$\begin{array}{c} & & \\ -Si & - O - & Si- \\ & & \end{array}$
DISSILOXANO	$H_3Si - O - SiH_3$
HEXAMETILDISSILOXANO	$(CH_3)_3-Si-O-Si(CH_3)_3$



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Deutsch e Rodrigues (2009)

A resina de silicone pode ser definida como uma mistura de grupos orgânicos ligados à átomos de silicone. Os grupos orgânicos mais utilizados são o metil e o fenil. Deutsch e Rodrigues (2009) destacam que as quantidades relativas empregadas geram propriedades diferentes. Um alto teor de fenil gera resinas menos termoplásticas, mais resistentes ao calor e à oxidação e com elevado *shelf life* (tempo de validade útil de um produto perecível). O alto teor de metil proporciona elevada a dureza, flexibilidade, repelência à água, resistência química, taxa de cura e choque térmico.

Como o número de grupos orgânicos por átomo de silício aumenta, a resina torna-se mais mole, mais flexível, mais termoplástica, de cura mais lenta e mais pegajosa quando seca ao ar. [...] Com o aumento da viscosidade, diminuem a estabilidade, o gel-time e a solubilidade, tornando a resina menos compatível com outros materiais. (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009, p.332).

Deutsch e Rodrigues (2009) reforçam que a indústria de tintas (Figura 42) aprimora as propriedades finais do filme, utilizando técnicas de combinação a frio entre copolímeros de silicone e polímeros orgânicos. "Resinas de silicone puro, no entanto, são muito moles e termoplásticas para aplicação geral de tintas e, portanto, são

misturadas com resinas mais duras, como alquídicas, acrílicas e epóxis."¹⁰⁹ (LEARNER, 2004, p.24). Combinações com silicones intermediários - de grupos funcionais hidroxila ou metóxi - reagem com inúmeros monômeros e polímeros orgânicos (resinas alquídicas, poliésteres e epóxi) para formarem novos polímeros.

Figura 42 - Publicidade da distribuidora "Química Industrial Fraga LTDA." e da fábrica "Valente & Company INC."

QUÍMICA INDUSTRIAL FRAGA LTDA.
DISTRIBUIDORES PARA O DISTRITO FEDERAL E EST DO RIO DE JANEIRO
DE
VALENTINE & COMPANY INC.
TINTAS, VERNIZES, ESMALTES, LACAS, THINNERS, ETC.

MATRIZ
AV PRESID. VARGAS, 1143
TEL. 23-5402
RIO DE JANEIRO

FILIAL
RUA CURITIBA, 767
TEL. 2-1790
BELO HORIZONTE

PAUL ANDREI THOMPSON

Fonte: Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1948, n°8

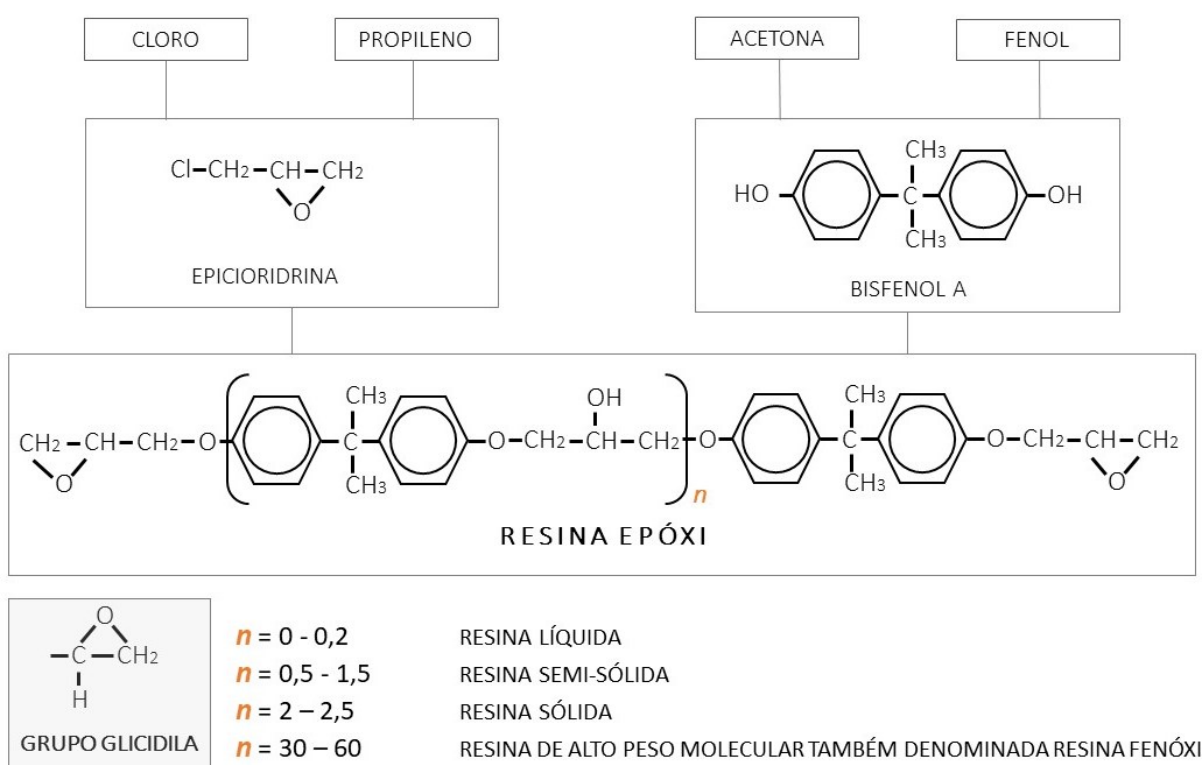
¹⁰⁹ Tradução nossa do original: "Pure silicone resins, however, are too soft and thermoplastic for general paint application and are therefore blended with harder resins such as alkyds, acrylics, and epoxies." (LEARNER, 2004, p.24).

2.5.11 Resinas epoxídicas

As resinas epoxídicas, ou resinas epóxi, são caracterizadas pela presença de grupos funcionais glicídila (ou grupo epóxi) nas reações de cura e consequente formação de uma estrutura tridimensional (Figura 43) (FAZENDA; FILHO, 2009b). A resina epóxi como se conhece foi sintetizada em 1933 na Alemanha, desde sua descoberta aprimora-se sua tecnologia de obtenção e qualidade.

A preparação de resinas epóxi é feita através da introdução do grupo glicídila, já presente num composto químico adequado, em uma outra espécie química, não havendo, portanto, a formação desse grupo *in situ*. A epícloridrina (1-cloro-2,3-epóxi-propano) é o agente quase universal portador do grupo glicídila que irá reagir com espécies químicas que contêm hidrogênios ativos; o bisfenol A [2,2-bis(4'-hidroxifenil)propano] é a espécie química mais comum que contém esses hidrogênios ativos, havendo outras de valor industrial. (FAZENDA; FILHO, 2009b, p.248).

Figura 43 - Esquema de obtenção das resinas epóxi, partindo de bisfenol A e epícloridrina



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Fazenda e Filho (2009b)

A reação entre um isocianato (-NCO) e um álcool (-OH) processa-se à temperatura ambiente, formando as estruturas uretânicas. Por esta razão, os sistemas epóxi-isocianatos são bicomponentes. “Quando é utilizado um poliisocianato bloqueado o sistema é monocomponente e a cura só se processa a temperaturas suficientes para

o desbloqueio do grupo isocianato.” (FAZENDA; FILHO, 2009b, p.266).

Segundo Fazenda e Filho (2009b), o processo de formação da estrutura tridimensional - que caracteriza a cura da resina - depende do grupo funcional com o qual a glicidila reagiu (Quadro 19). Neste processo pode haver necessidade de adicionar catalizador, acelerador, umidade ou separar os componentes (sistemas epóxi bicomponentes).

Quadro 19 - Agentes reticulantes utilizados na cura de resinas epoxídicas

AGENTE RETICULANTE	VANTAGEM	DESVANTAGEM
POLIAMIDAS	Sistema bicomponente; Volatilidade praticamente inexistente; <i>Pot life</i> maior do que com adutos amínicos; Flexibilidade superior do revestimento; Aderência superior.	Resistência química inferior do revestimento; Dureza inferior do revestimento; Resistência inferior ao solvente do revestimento. Exemplos: Sistemas de altos sólidos e sem solvente; tintas em pó.
ANIDRIDOS DE ÁCIDOS	Sistemas monocomponentes	Reticulação por meio da reação com a outra resina presente; Necessidade de catalizador (aminas, álcoois, fenóis e ácidos); Ocorrem acima de 100°C.
RESINA FENÓLICA, URÉICA OU MELAMÍNICA	Sistemas monocomponentes	Ocorrem acima de 100°C
ÁCIDOS GRÁXOS ESTERIFICAÇÃO DE RESINAS EPÓXI	Resistência química ^(a) ; Dureza da película ^(a) ; Aderência ^(a) ; Retenção do brilho ^(a) ; Nivelamento e <i>flow</i> ^(b) ; Solubilidade em hidrocarbonetos alifáticos ^(b) ; Resistência à água ^(b) ; Flexibilidade ^(b) ; Molhabilidade de pigmentos ^(b) ; Durabilidade na intempérie ^(b) .	Tempo de secagem ^(a) ; Estabilidade da cor ^(b) .
POLIÁCIDOS ESTERIFICAÇÃO COM POLIÁCIDOS	Os poliácidos podem ser resinas acrílicas, alquídicas e poliésteres.	Cura altas temperaturas; Necessidade de catalizador. Exemplos: Tintas líquidas e tintas em pó de revestimento de

Legenda: (a) Esta propriedade aumenta com a diminuição do teor de ácido graxo
(b) Esta propriedade diminui com a aumento do teor de ácido graxo

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Fazenda e Filho (2009b)

As resinas epóxi são muito solúveis em solventes oxigenados e pouco em hidrocarbonetos aromáticos, podendo ser utilizados diluentes reativos (FAZENDA; FILHO, 2009b). Os diluentes reativos reagem com o agente reticulante e são agregados ao revestimento. “São geralmente compostos químicos com um grupo glicídila e por isso participam do mecanismo de cura [...] reduzem a densidade de ligação [...] diminuem a resistência ao calor, a solventes e a agentes químicos dos revestimentos em que participam.” (FAZENDA; FILHO, 2009b, p.267).

Fazenda e Filho (2009b) descrevem as aplicações mais utilizadas para esta resina, como: eletrodeposição anódica e catódica; tintas de fundo (*primers*); tintas protetivas de alto desempenho para manutenção industrial; revestimentos de alta resistência química, de alta aderência, de excelente resistência à abrasão; vernizes aquosos, pigmentados ou não, para embalagens metálicas; tintas marítimas; esmaltes termoconvertíveis (revestimento de eletrodomésticos e autopeças); tintas em pó e esmaltes de secagem em estufa ou ao ar (Figura 44).

O conjunto de resinas epóxi apresenta boas propriedades, exceto pelo comportamento insatisfatório quando as superfícies estão expostas às intempéries. A radiação ultravioleta desencadeia a calcinação e amarelecimento dos revestimentos.

2.5.12 Resinas hidrocarbônicas

As resinas hidrocarbônicas são formadas por polímeros de baixo peso molecular e estruturas físicas amorfas (DEUTSCH; RODRIGUES, 2009). São comercializadas em diversos estados físicos (sólido, viscoso, líquido) e cores (clara, amarelada, escura ou preta). Podem ser classificadas em função da origem das matérias-primas (petróleo, cumarona-ineno, politerpênicas e monoméricas) ou quanto ao campo de aplicação (tackfiantes, duras ou plastificantes). Deutsch e Rodrigues (2009) enfatizam que as resinas de petróleo são obtidas das frações hidrocarbônicas insaturadas. Elas apresentam algumas aplicações na indústria de tintas, como: melhoramento da dureza, brilho e repelência à água em tintas alquídicas; adequação do desempenho de tintas pigmentadas com alumínio do tipo *leafing*; em tintas de impressão melhoram

o *tack*, dureza e brilho; e em tintas à base de solventes orgânicos, apresentam ótima solubilidade e compatibilidade com diversas resinas e plastificantes.

Figura 44 - Publicidade de pinturas residenciais na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais

(A)

(B)

(C)

Fonte: (A) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 19XX, n°58

(B) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1957, n°44

(C) Revista Arquitetura e Engenharia, Belo Horizonte, 1949, n°11

2.5.13 Avaliação, desempenho e propriedades de resinas sintéticas

As tintas à base de polímeros sintéticos são revestimentos versáteis, adequados a vários substratos e condições ambientais. As principais tintas formuladas com estes polímeros estão destacadas no Quadro 20 - Propriedades de tintas à base de resinas sintéticas, com seus respectivos solventes, aplicações e características principais. Standeven (2011) destaca as propriedades mais expressivas das emulsões poliméricas:

- **Positivamente:** baixa viscosidade para um elevado conteúdo de sólidos (boa cobertura em uma demão); não penetrantes; capazes de preencher pequenas lacunas; permeáveis à umidade; resistente a álcalis; laváveis; formação de filmes com boa clareza e continuidade; facilidade de recobrimento; atóxicas; facilidade de aplicação e limpeza.

- Negativamente: ausência de penetração em superfícies desagregadas (superfície farinácea); necessidade de preparação adequada do substrato; baixos níveis de brilho.

Quadro 20 - Propriedades de tintas à base de resinas sintéticas

NOME DA TINTAS e RESINA	SOLVENTES	APLICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS
FENÓLICA	Orgânico	Em outras tintas para melhor aderência ao substrato e em primers	Duras e quebradiças; Pouca retenção de cor; Alta aderência ao substrato.
NITROCELULOSE	Orgânico	Indústria moveleira; Estruturas de coberturas <u>Substrato</u> : madeira e metais como o alumínio	Resina natural; Pouca aderência em substrato liso; Boa qualidade de acabamento; Não aceita segunda demão.
ALQUÍDICA	Orgânico Água	<u>Substrato</u> : madeiras e metais em interiores	Baixo custo; Baixa resistência a umidade e a microrganismos; Baixa resistência a álcalis, a produtos químicos e a intempéries; Alta Toxicidade; Baixa resistência e baixa flexibilidade; Secagem lenta.
ACRÍLICA	Orgânico Água	Fachadas externas; Locais de grande tráfego de pessoas; Acrílica emborrachada para evitar trincas; Baixa adesão em superfícies hidrofóbicas (como tinta a óleo); Excelente adesão em superfícies hidrofílicas (como vidro). <u>Substrato</u> : Reboco, massa corrida e acrílica, tijolo, gesso e madeira	Boa durabilidade e rendimento; Muito resistente à água (impermeabilidade); Excelente flexibilidade; Resistência a intempéries; Melhor ligação de pigmentos; Boa retenção de cor; Secagem rápida; Resistência a produtos químicos; Resistência a microrganismos; Boa adesão ao substrato.
BORRACHA CLORADA	Orgânico	Revestimento de piscinas, saunas, banheiros, caixas d'água; Estruturas de aço e concreto sob água do	Excelente resistência à água, ácidos e a álcalis; Bactericida; Excelente flexibilidade (sem juntas de dilatação).

		<p>mar; Demarcação viária e telhados externos</p> <p><u>Substrato</u>: Concreto, fibrocimento e metais.</p>	
VINÍLICA	Orgânico Água	<p>Ambientes internos; Baixa adesão em superfícies hidrofóbicas (como tinta a óleo); Excelente adesão em superfícies hidrofílicas (como vidro).</p> <p><u>Substrato</u>: Reboco, massa corrida e acrílica, tijolo, gesso e madeira.</p>	<p>Boa durabilidade e rendimento; Baixo custo; Boa flexibilidade; Secagem rápida; Resistência a ácidos, álcalis e a abrasão; Lavável com certa sensibilidade à água; Redução de viscosidade com o tempo (queda do ph).</p>
POLIURETÂNICA	Orgânico	<p>Revestimento de ambientes agressivos: indústrias petroquímicas, açúcar e álcool, entre outras; Pisos industriais de muito trânsito, garagens; Em ambientes marítimos sobre estruturas metálicas; Piscinas de fibra de vidro</p> <p><u>Substrato</u>: metal, madeira, concreto e outros</p>	<p>Bicomponente; Resistência a ácidos, álcalis, abrasão, a solventes e a impacto; Impermeabilidade; Flexibilidade; Alta dureza; Cura com isocianato aromático: baixa resistência ao intemperismo; Cura com isocianato alifático e cicloalifático: alta resistência as intempéries conservando a cor e o brilho.</p>
SILICONE	Orgânico	<p>Revestimento de chaminés, caldeiras, tubulações quentes; Recomendada a aplicação de um <i>primer</i> de silicone para melhorar a aderência.</p> <p><u>Substrato</u>: aqueles sujeitos a temperaturas superiores a 180°C até 550°C, concreto, tijolos, cerâmica, pastilhas não vitrificadas, telhas e pedras.</p>	<p>Mono ou bicomponente; Resistentes a temperaturas de até 600°C; Permite troca gasosa; Impede a absorção de água; Baixa resistência química; Forma camada invisível; Por meio do microagulhamento confere dureza; Boa aderência e flexibilidade.</p>
EPÓXI	Orgânico	Revestimento sanitário	Mono ou Bicomponente;

para cozinhas, câmaras frigoríficas, matadouros, laboratórios, hospitais e salas cirúrgicas; Garagens, indústrias e oficinas; Equipamentos industriais e estruturas metálicas	Alta dureza; Impermeabilidade; Alta flexibilidade; Boa aderência ao substrato; Resistência a ácidos, álcalis, abrasão, a solventes, a impactos e a altas temperaturas; Baixa resistência a intempéries.
---	--

Substrato: Praticamente todos, inclusive azulejos assentados

Fonte: Elaborada pela autora (2020)

CAPÍTULO 3
OS SISTEMAS DE REVESTIMENTO DO
PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO:
PRÁTICA



Callister Jr. (2008) afirma que a análise científica de materiais pode ser definida como a compreensão por cientistas, das relações entre seus elementos estruturais e suas propriedades. A identificação das características dos materiais e todo avanço em sua compreensão são, frequentemente, o precursor de um progresso gradual de alguma tecnologia (CALLISTER Jr., 2008). A análise científica de materiais é uma vertente da ciência e engenharia de materiais.

A “ciência de materiais” envolve a investigação das relações que existem entre as estruturas e as propriedades dos materiais. Em contraste, a “engenharia de materiais” consiste, com base nessas correlações estrutura-propriedade, no projeto ou na engenharia da estrutura de um material para produzir um conjunto predeterminado de propriedades. [...] A estrutura de um material se refere, em geral, ao arranjo dos seus componentes internos. A estrutura subatômica envolve os elétrons no interior de átomos individuais e as interações com seus núcleos. No nível atômico, a estrutura engloba a organização dos átomos ou das moléculas, uns em relação aos outros. O próximo reino estrutural com maiores dimensões, o qual contém grandes grupos de átomos que estão normalmente conglomerados, é chamado de “microscópico”, significando aquele que está sujeito a uma observação direta através de algum tipo de microscópio. Finalmente, os elementos estruturais que podem ser vistos a olho nu são chamados de “macroscópicos”. Todas as propriedades importantes dos materiais sólidos podem ser agrupadas em seis categorias diferentes: mecânica, elétrica, térmica, magnética, óptica e deteriorativa. Para cada uma dessas categorias existe um tipo característico de estímulo que é capaz de provocar diferentes respostas. As propriedades mecânicas relacionam a deformação a uma carga ou força aplicada: exemplos incluem o módulo de elasticidade e a resistência. Para as propriedades elétricas, tais como a condutividade elétrica e a constante dielétrica, o estímulo é um campo elétrico. O comportamento térmico dos sólidos pode ser representado em termos da capacidade calorífica e da condutividade térmica. As propriedades magnéticas demonstram a resposta de um material à aplicação de um campo magnético. Para as propriedades ópticas, o estímulo é a radiação eletromagnética ou radiação luminosa; o índice de refração e a refletividade são propriedades ópticas representativas. Finalmente, as características deteriorativas se relacionam à reatividade química dos materiais. (CALLISTER Jr., 2008, pp. 2-3).

A ciência da conservação utiliza as ferramentas e métodos das ciências naturais e biológicas, para contribuir com a compreensão da natureza física e histórica do patrimônio cultural (Quadro 21) (ROSADO, 2011). A análise científica da obra de arte está inserida na ciência do patrimônio e é indispensável para a execução de trabalhos de conservação-restauração (SOUZA, 1996).

A análise científica de obras de arte, no que se refere à sua composição material e tecnologia de execução, é fator primordial para

efetuarem-se trabalhos de conservação/restauração, além de ser uma fonte preciosa para o conhecimento de dados relativos à história da arte, etnografia e da cultura como um todo. (SOUZA, 1996, p.4).

Quadro 21 - Orientações metodológicas da ciência da conservação

PESQUISA LABORATORIAL	DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO	GERENCIAMENTO: MONITORAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL
<p>Estudo da história, da tecnologia e dos materiais constituintes dos objetos artísticos para possível datação; verificação de origem e atribuição; melhoramento ou descobrimento de novas técnicas e materiais que podem ser usados na conservação e restauração.</p>	<p>Análise do material degradado da obra e interpretação da evolução da alteração que a degradação está promovendo.</p>	<p>Avalia as melhores condições ambientais para o acondicionamento e exposição, específicas para cada tipologia de obra de arte.</p>

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Rosado (2011)

Nas últimas décadas, a Ciência da Conservação forjou suas bases de conhecimento metodológico e epistemológico baseada em noções advindas de outras áreas de conhecimento; mais do que nenhum outro campo é uma ciência que se alimenta das descobertas e procedimentos de outras áreas, ao mesmo tempo que elabora teorias e métodos aplicáveis apenas na sua prática. No entanto, mais do que nunca, não são apenas as práticas de laboratório que ditam seus caminhos: pretende-se conhecer e reconhecer-se como ciência, demanda compreender sua construção epistemológica tanto quanto suas operações estruturais. (FRONER, 2001, p. 115).

O profissional responsável por estas análises é o cientista da conservação. O termo foi definido no seminário internacional “*University postgraduate curricula for conservation scientists*”¹¹⁰ realizado em Bolonha em 1999.

Um(a) cientista com formação em ciências naturais, físicas ou aplicadas e com conhecimento adicional em conservação (ética, história, valores culturais, história da arte técnica, técnicas e práticas de conservação do passado e do presente e outros aspectos científicos específicos) que lhe permitem contribuir para estudo e conservação do patrimônio cultural em uma equipe interdisciplinar.

¹¹⁰ O seminário internacional “*University postgraduate curricula for conservation scientists*” foi realizado pelo Centro Internacional para o Estudo da Preservação e Restauração do Patrimônio Cultural (ICCROM). O documento resultante desde seminário está disponível em: <<https://www.iccrom.org/it/publication/university-postgraduate-curricula-conservation-scientists-proceedings-international>>. Acesso em 19 out. 2020.

(ICCROM¹¹¹ *apud* GONÇALVES, 2020).

Em 2006, o Comitê de Ciência e Tecnologia do Parlamento Britânico instituiu o termo “*Heritage Science*”, ampliando o espectro de atuação da ciência da conservação (GONÇALVES, 2020).

A Ciência do Patrimônio é um campo de trabalho que faz a ligação entre as Ciências Humanas e Naturais. Ele amplia a compreensão e valorização do Patrimônio Cultural por parte das pessoas independentemente da sua idade, e é um daqueles temas híbridos que envolve as pessoas com essas disciplinas. Seja por meio do uso ou do desenvolvimento científico que auxilia a entender, gerenciar e comunicar a História, expressa através de paisagens, edifícios e artefatos a Ciência do Patrimônio incentiva a colaboração e o reforço mútuo entre as Ciências Humanas e Naturais. (NHSS STEERING GROUP, 2010, tradução de Gonçalves (2020)).

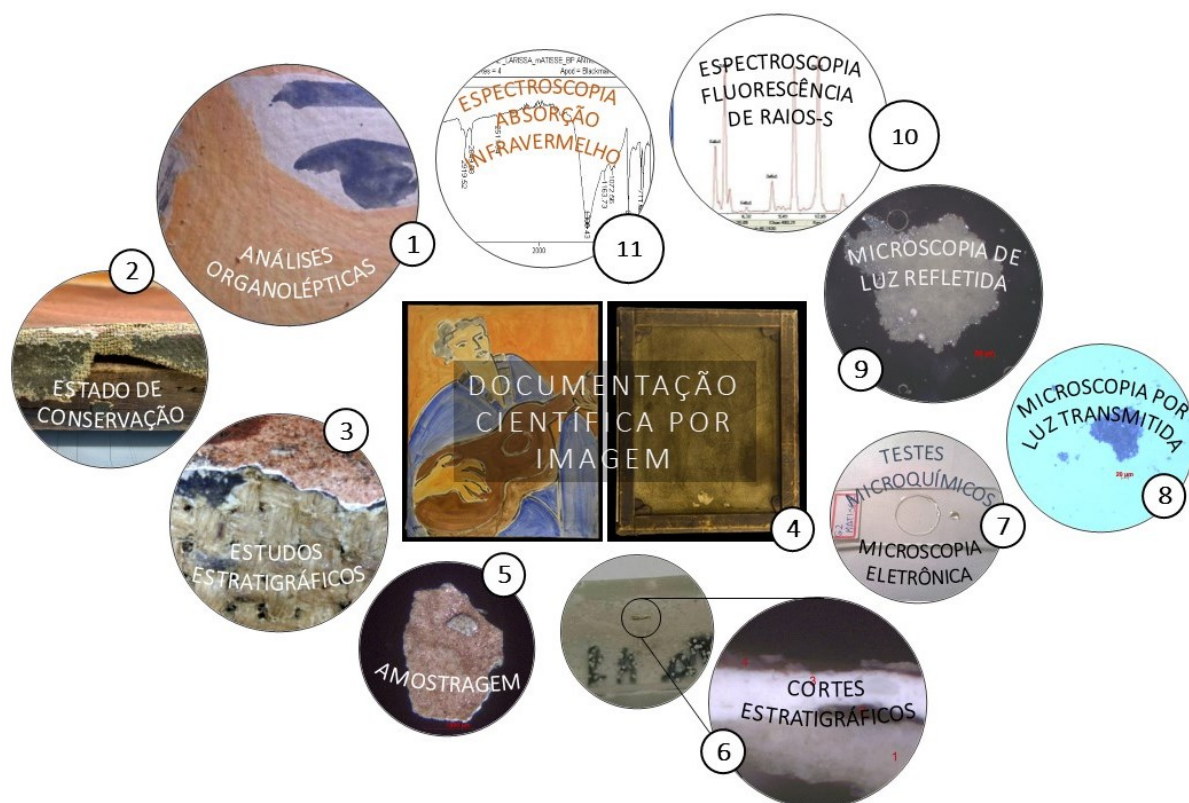
A compreensão dos materiais nesta dissertação envolve os métodos da “análise científica de obra de arte” (Figura 45), pois: (i) considera o patrimônio cultural edificado como uma obra de arte; (ii) prioriza as análises não destrutivas e, no caso de amostragem, retira fragmentos nas menores dimensões possíveis; (iii) se baseia nos conhecimentos adquiridos pela autora em sua trajetória acadêmica; (iv) considera a expertise do orientador e coorientadora com a metodologia; (v) utiliza a infraestrutura do LACICOR-CECOR-EBA-UFMG para realização dos exames; (vi) utiliza o banco de dados do Projeto “Arte Concreta no Brasil” e colabora com o projeto “A história das tintas modernas no Brasil”. Cabe destacar que este e qualquer projeto que envolva o patrimônio cultural são elaborados e desenvolvidos por uma equipe interdisciplinar.

Devemos ressaltar, entretanto, que o trabalho de análise de materiais constitutivos de obras de arte é, na maioria das vezes, um trabalho de equipe, no qual diversos profissionais contribuem com sua especialidade para a obtenção dos resultados para os quais foram utilizados dados algumas vezes obtidos de forma isolada. São poucos os laboratórios e museus que possuem profissionais capazes de analisar em conjunto o amplo espectro de resultados obtidos em análises de pigmentos, aglutinantes, radiografias, reflectografias no infravermelho, etc. É muito importante [...] que o profissional tenha um conhecimento das técnicas pictóricas, de produtos naturais, análise instrumental, história da arte, e que tenha também um conhecimento prático dos materiais com que trabalha e busca identificar, porque se

¹¹¹ International Centre for the Study of the Preservation - ICCROM. University Postgraduate Curricula for Conservation Scientists: proceedings of the international seminar bologna, Italy, 26-27 november 1999. Roma: Iccrom, 2000. 164 p. Disponível em: file:///D:/Users/Thais/Documents/Mestrado_PPACPS/DISSERTACAO/Bibliografia/_UTILIZADA/1999_postgraduate_curricula_bologna_77203_light.pdf. Acesso em: 19 out. 2020.

estes requisitos não forem preenchidos, corre-se o risco deste profissional ficar se autoiludindo com resultados e análises mal elaboradas, as quais estarão completamente fora da realidade, apesar de parecerem embasadas cientificamente. (SOUZA, 1996, p.26).

Figura 45 – Etapas usuais da Análise Científica da Obra de Arte



Legenda: A numeração corresponde à sequência cronológica de etapas adotada pela Disciplina “Análise Científica da Obra de Arte”, ministrada pelo Prof. Dr. Luiz Souza no Curso de Graduação em Conservação-Restauração de Bens Culturais Móveis da UFMG

Fonte: Elaborada pela autora (2020)

Figueiredo Junior (2012) destaca os objetivos da análise de materiais, no estudo científico de obras de arte:

- Conhecimento do estado de conservação da obra: compreensão dos materiais constituintes e, em caso de degradação, identificação dos agentes causadores;
- Propostas de intervenção: análise dos materiais constituintes para determinar intervenções anteriores e materiais deteriorados;
- Conhecimento da técnica do artista: para reconhecer intervenções posteriores;
- Autenticidade de obras: por meio do cruzamento de informações históricas, dos materiais empregados pelo artista, com os materiais analisados.

A análise científica da obra de arte inserida como metodologia de trabalho deve ser

cautelosamente elaborada. A ciência fornece a estrutura e propriedade dos materiais, mas cabe ao pesquisador, limitado pela infraestrutura e verba disponíveis, determinar o caminho a ser percorrido pela análise. Este caminho gera ou foi gerado por perguntas para as quais, na maioria dos casos, existe um teste para sua validação. Portanto, é essencial para a escolha dos testes e exames que fornecerão a resposta adequada, estabelecer a hipótese, definir o porquê da análise, os resultados esperados e os objetivos a serem alcançados. A análise correta e o uso adequado da ciência estão na validação da hipótese e não na proliferação de dados sem propósito.

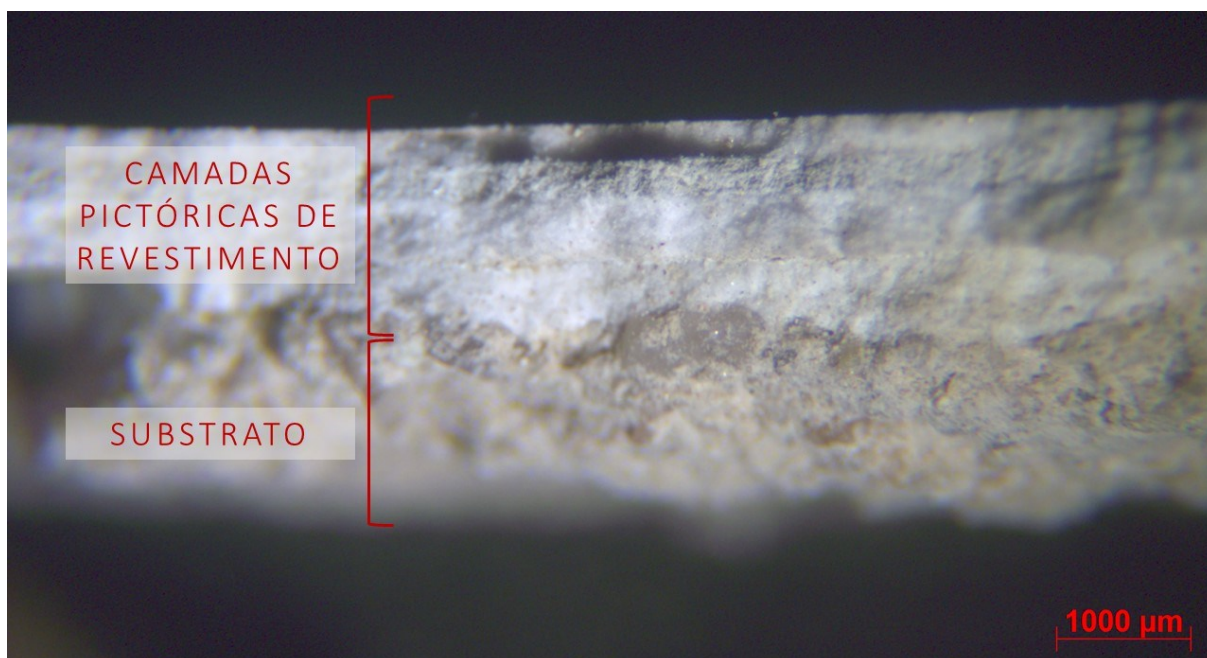
3.1 A análise científica de camadas pictóricas de revestimento

O termo “camadas pictóricas de revestimento” foi elaborado pela autora baseado na bibliografia de referência. Souza (1996) define a “camada pictórica”, no contexto das artes plásticas, como a camada de tinta que contém cargas, materiais coloridos (pigmento e/ou corante) e aglutinante (elemento que determina a técnica da pintura). O termo foi baseado na definição de Souza (1996) acrescido ao fator protetivo das tintas em edificações. As camadas pictóricas de revestimento consistem no conjunto formado pela camada mais interna do primeiro sistema de pintura, associado às demais camadas de tinta de acabamento e eventuais massas de nivelamento que a sucedem (Figura 46). O primeiro sistema de pintura é aquele justaposto ao sistema de revestimento da edificação, ou seja, é o sistema de pintura mais antigo da edificação.

A nomenclatura foi desenvolvida para se adequar ao objeto de estudo. Analisando pelo viés dos bens culturais móveis e integrados, as camadas pictóricas de revestimento, podem ser entendidas como as repinturas. Pelo viés da construção civil, as camadas pictóricas de revestimento, se assemelham à pintura de manutenção em edificações. Mesmo transitando entre ambos os universos, e podendo ser definida pelos conceitos apresentados, o termo foi desenvolvido para salientar o pressuposto elementar da compatibilidade físico-química dos revestimentos. A permanência e as características de envelhecimento dos bens culturais materiais são altamente influenciadas pelo ambiente no qual estes são conservados. A importância do conhecimento das técnicas e materiais utilizados na construção de obras de arte ou de valor histórico ou cultural reside no fato de que, somente a partir deste conhecimento poderemos caracterizar o desenvolvimento da tecnologia de produção das obras e as características dos diversos estilos ou períodos históricos. Além disso, através do conhecimento de seus materiais constituintes, pode-se elaborar uma estratégia de conservação preventiva das obras, pois

sem o conhecimento de seus materiais constituintes é praticamente impossível o estudo das causas e processos de degradação. (SOUZA, 1996, p.10).

Figura 46 - Fragmento da amostra AM3549T sob microscópio estereoscópico, com aumento de 20x



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2019)

A análise científica de obras de arte também é encontrada, na literatura de referência, com a denominação de exames científicos ou exames globais. Independente da nomenclatura, o objetivo da análise é identificar os materiais constituintes por meio da resposta a um estímulo determinado (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012). Os estímulos são os ensaios físico-químicos ou de imagem. Tais ensaios se dividem em destrutivos e não-destrutivos. “Nos ensaios destrutivos o material analisado sofre alterações em sua constituição, transformando-se em outro material; nos ensaios não destrutivos o material não sofre alteração em sua constituição.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p.167). “Os exames chamados de não destrutivos servem para um estudo direto na obra, sem retirada de amostras, baseado na utilização de radiações eletromagnéticas como radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, raios X etc.” (ROSADO, 2011, pp.96-97).

As teorias da conservação-restauração defendem a integridade da obra, porém, em algumas análises é necessário desprender uma pequena fração de sua materialidade. Uma destas análises é a identificação da composição química e estrutural de certos componentes. Para avaliar camadas abaixo da superfície, como alguns exames não

são seletivos, é necessário retirar um fragmento e realizar a separação de suas camadas. A amostragem é, portanto, um exame destrutivo.

Apesar da nomenclatura pejorativa, a amostragem em obras de arte utiliza fragmentos de pequenas dimensões, denominados de microamostras. O prefixo *micro* se refere ao fator de 10^{-6} (μ) do Sistema Internacional de Medidas, caracterizando amostras menores do que 1,0 milímetros (ROSADO, 2011). Um fragmento bem selecionado pode conter várias camadas, aumentando a quantidade de dados sobre diferentes materiais. Além disso, um mesmo fragmento pode ser utilizado em diferentes exames, ou seja, nem todo exame destrutivo elimina a amostra.

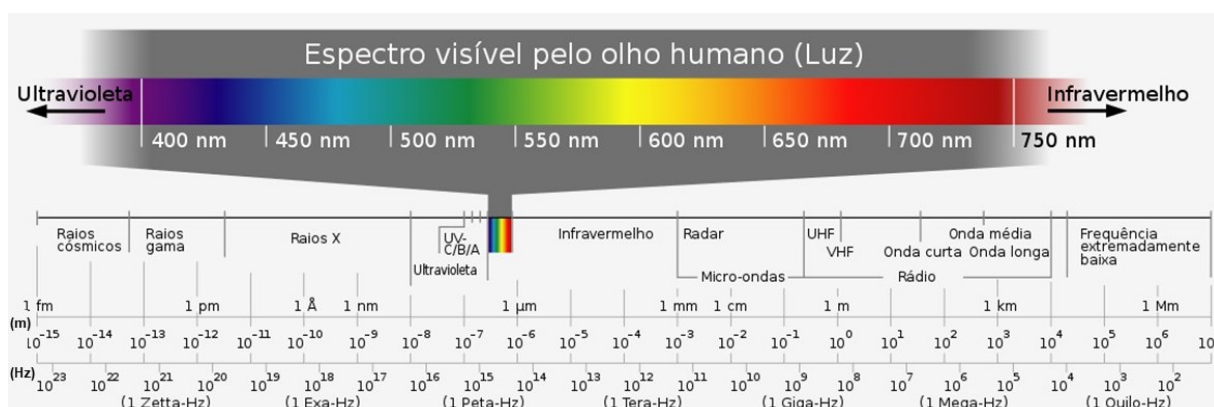
Rosado (2011) destaca a importância de um planejamento estratégico para a realização destas análises. É fundamental esclarecer os objetivos da pesquisa, os exames necessários e exequíveis para a obtenção das respostas. Dados ou análises sobressalentes não caracterizam um bom projeto.

A análise científica das camadas pictóricas de revestimento desta dissertação envolve exames in situ e em laboratório registrados por meio da documentação científica por imagem, detalhados no item 4.1 O edifício da Secretaria de Transportes e Obras Públicas: Estudo de caso.

3.1.1 Técnicas de análise nas regiões do espectro eletromagnético

A radiação é um conjunto de ondas eletromagnéticas caracterizadas por determinado comprimento de onda (λ) e frequência (f), formando o espectro eletromagnético (Figura 47). Ele contém faixas com energia variável, podendo apresentar cargas elétrica e magnética (FIOCRUZ, 2020). A radiação pode ser gerada por fontes naturais ou artificiais.

Figura 47 - Espectro Eletromagnético

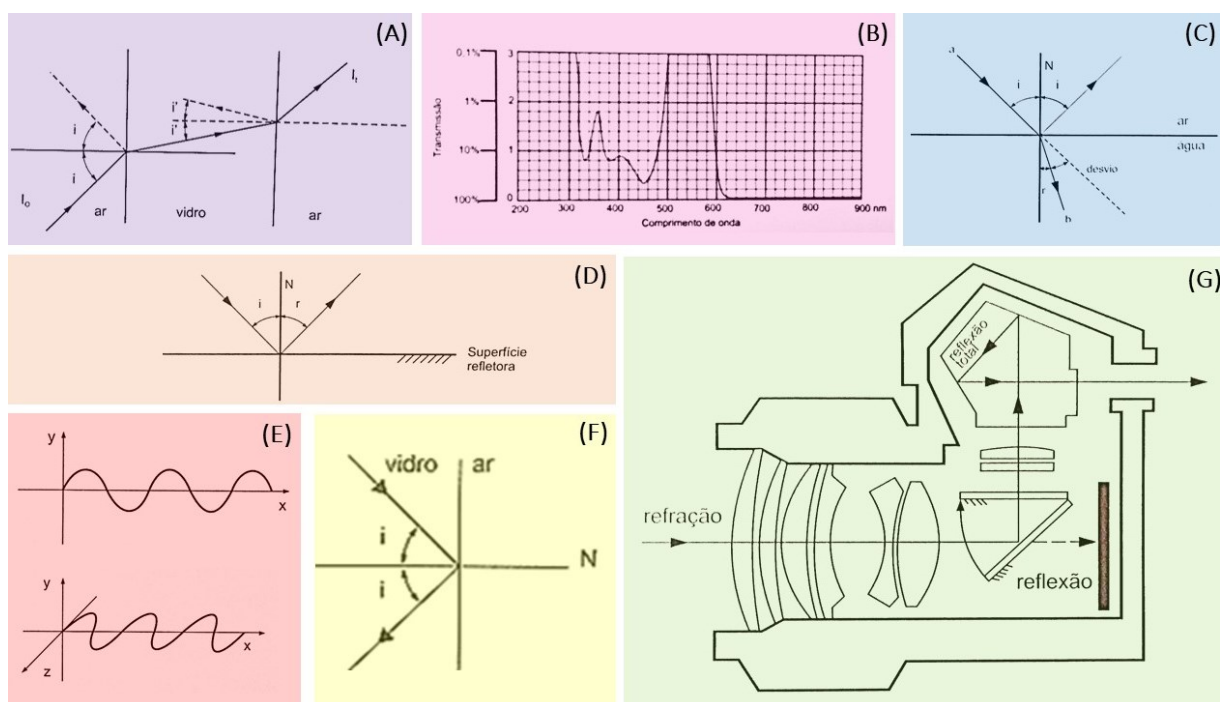


Legenda: (m) Unidade de medida da variável “Comprimento de Onda”
(Hz) Unidade de medida da variável “Frequência”

Fonte: Wikimedia Commons (2005)

A luz do dia é composta por um amplo espectro de energia, caracterizado por diversas faixas de radiação. Quando esta radiação incide na atmosfera, ela sofre variações dependendo de características sazonais, diárias ou horárias. Estas oscilações alteram a qualidade da luz e influenciam os processos de captura de imagem, como por exemplo a reprodutibilidade da cor. As alterações sofridas pela luz estão relacionadas às suas propriedades (Figura 48) - transmissão, absorção, reflexão, refração, reflexão total e polarização. As propriedades da luz são utilizadas em processos físicos, como a construção de câmeras fotográficas (Figura 48 G), ou químicos como as técnicas de caracterização de materiais (Figura 49).

Figura 48 – Interação da radiação com a matéria

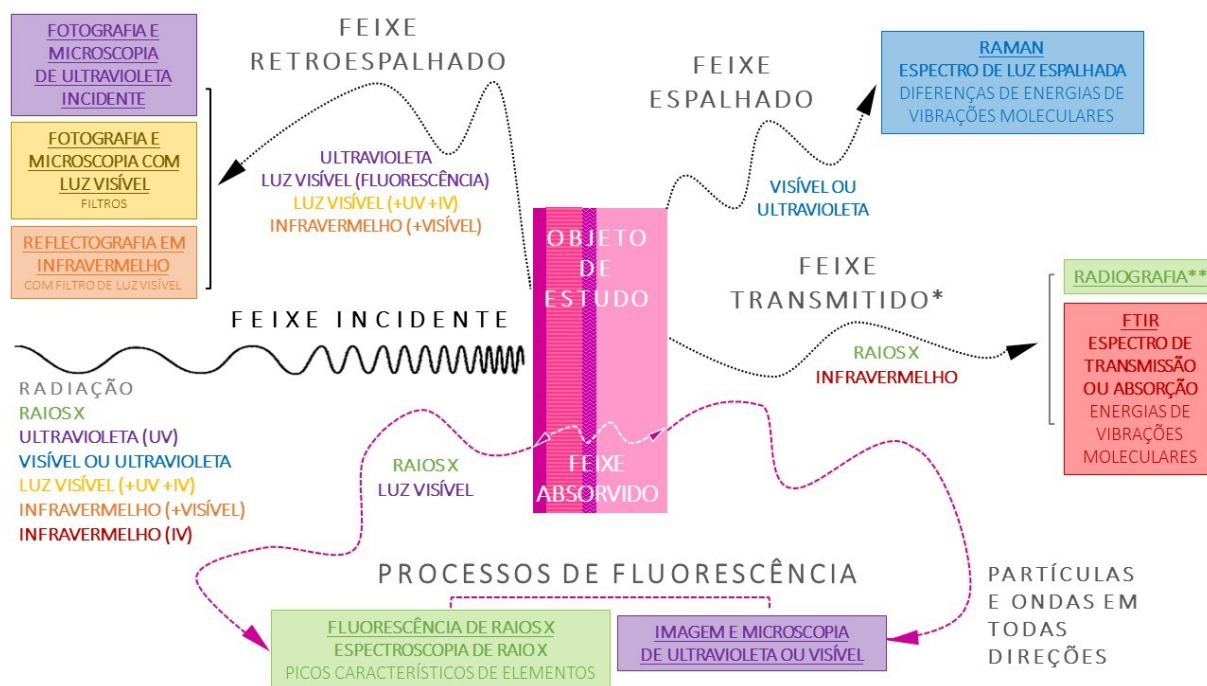


Legenda: (A) Luz sendo transmitida através de uma placa de vidro imersa no ar;
(B) Curva de transmissão de um filtro magenta;
(C) Refração de um raio de luz ao passar do ar para água;
(D) Reflexão da luz: ângulo de reflexão (r) é igual ao ângulo de incidência (i);
(E) Onda vibrando nos planos (xy) e (xz);
(F) Reflexão total da luz ao atingir a superfície de separação entre vidro e ar;
(G) Corte de uma câmera reflex mostrando a refração na objetiva, reflexão no espelho basculante e reflexão total no prisma.

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Trigo (2015)

Algumas propriedades da luz estão envolvidas no processo fotográfico. A transmissão (Figura 48 A) está relacionada com a passagem da luz pelo vidro e depende da cor da luz; esta propriedade é fundamental no projeto e construção de objetivas (lentes para câmeras fotográficas). A absorção (Figura 48 B) depende da cor da luz e é caracterizada pela retenção de parte da luz ao atingir determinada superfície; esta propriedade é utilizada no projeto e construção de filtros para objetivas. A reflexão (Figura 48 D) é o rebatimento do feixe de luz sobre uma superfície no qual o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão; esta propriedade está presente em todas as etapas da fotografia (Figura 48 G). A refração (Figura 48 C) é observada quando a luz atravessa materiais diferentes, sofrendo alteração em sua velocidade; esta propriedade é importante no projeto e construção de objetivas (Figura 48 G), pois pode reduzir o contraste e a qualidade da imagem formada. A reflexão total (Figura 48 F) está associada à refração. Ocorre quando a luz atinge, sob determinados ângulos, a reflexão total sobre a superfície (Figura 48 G). A polarização (Figura 48 E) é o fenômeno de orientação da luz; após a passagem por um filtro, ela vibra em um plano específico e deixa de se comportar como uma onda eletromagnética transversal.

Figura 49 - Técnicas de caracterização de materiais utilizando radiações



Legenda: * Em tintas de alvenaria não há análise com feixe transmitido;
 ** Em tintas de alvenaria, a radiografia não é um exame comumente utilizado dado a espessura das paredes

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Neiva (2011)

A radiação eletromagnética é capturada por uma estreita faixa do olho humano, limitada entre 400nm (violeta) e 700nm (vermelho), denominada de região do visível (Figura 47). As outras faixas de radiação do espectro, mesmo não visíveis, são utilizadas para diversos fins no cotidiano.

Seja um feixe incidente de uma dada radiação. Ao interagir com o objeto, parte do feixe é absorvido, parte é transmitida, parte é espalhada, parte é retroespalhada. E, por efeito de incidência, o objeto também emitirá ondas em todas as direções. As interações entre o feixe incidente e o objeto de estudo dependem de vários fatores: feixe (natureza, ângulo de incidência e perfil de energia) e objeto (elementos, compostos - moléculas, cristais, amorfos - distribuição espacial, geometria, temperatura, pressão, etc.). (NEIVA, 2011).

A análise científica da obra de arte utiliza várias faixas de radiação para obter respostas quanto às propriedades do material em estudo (Quadro 22). “Como cada onda possui uma diferente energia, elas irão estimular diferentes propriedades físicas nas substâncias como o salto de elétrons ou a vibração de ligações.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p. 194) (Figura 50).

Quadro 22 - Principais propriedades e características das regiões do espectro eletromagnético utilizado na conservação-restauração

REGIÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	PROPRIEDADE(S)	CARACTERÍSTICAS
RAIOS-GAMA	Estudo estrutural, químico e magnético da matéria condensada	Espectroscopia Mössbauer; O Efeito Mössbauer consiste na absorção e reemissão dos raios gama por átomos do mesmo elemento do emissor, ou seja, a possibilidade de ocorrer emissão e absorção de raios gama sem recuo (ou fluorescência de raios gama); Identificam-se assim diferenças do ambiente químico entre os átomos daquele elemento na fonte e na amostra; A fonte mais frequentemente utilizada é de cobalto.
RAIOS-X	Transições eletromagnéticas em camadas internas; Identificam elementos independentemente	Fontes naturais ou artificiais: elementos radioativos; Radiação mais energética; O nível de penetração depende das propriedades físicas (densidade e espessura) do material analisado; Utilizado para identificação de átomos: cada átomo emite uma fluorescência diferente, quando as transições eletrônicas de elétrons internos, emitem os

	<p>de suas eventuais ligações químicas.</p>	<p>raios x;</p> <p>Na leitura de uma radiografia as áreas mais densas aparecem mais claras¹¹²;</p> <p>Utilizado para identificar materiais e técnicas de uma obra de arte;</p> <p>Aplicado em exames técnicos de pinturas e escultas para avaliar materiais, técnicas e o estado de conservação (indica a localização, extensão e natureza dos danos, intervenções anteriores e infestação de pragas).</p>
<p>ULTRAVIOLETA</p>	<p>Transcrições eletromagnéticas em camadas externas, elétrons de valência e de ligação</p>	<p>Fonte natural: sol</p> <p>Fontes artificiais: lâmpadas fluorescentes especiais, lâmpadas de vapor de mercúrio e diodos emissores de luz;</p> <p>A banda ultravioleta mais utilizada no exame de obras de arte é 360nm, perto do visível;</p> <p>A fluorescência ocorre com frequência em materiais orgânicos e é um fenômeno raro em materiais inorgânicos;</p> <p>Materiais incididos por radiações ultravioletas pode refleti-las ou absorvê-las de diferentes formas, em função das suas composições moleculares;</p> <p>Fluorescência¹¹³ padronizada para determinados pigmentos, vernizes e óleos.</p> <p>Resultados diferentes em espectroscopia atômica¹¹⁴ (orbitais externos característicos de elementos ou íons) e em espectroscopia molecular¹¹⁵ (orbitais covalentes</p>

¹¹² “Os raios X penetram nos materiais de baixa densidade com relativa facilidade e são absorvidos por materiais de alta densidade. Portanto as áreas mais claras representam os locais onde os raios X foram absorvidos, e, as áreas escuras indicam sua passagem.” (LIZUN, 2011).

¹¹³ “A fluorescência do ultravioleta é a emissão, de luz visível, observada quando o elétron de um átomo ou molécula, que ficou excitado à um nível maior de energia através da radiação ultravioleta, volta ao seu estado fundamental, emitindo um fóton com a energia associada à diferença entre os estados.” (COSENTINO, 2015, p.58, tradução nossa).

¹¹⁴ “As espectrometrias atômicas seriam as que identificam elementos, ou seja, átomos ou íons. Para elas, podemos distinguir duas situações. Na primeira, as energias envolvidas na caracterização corresponderiam a níveis eletrônicos internos, não afetados por ligações químicas. Assim, a identificação dos elementos ocorreria independentemente de eles estarem ligados ou não. Na segunda situação, as energias corresponderiam a níveis eletrônicos mais externos, que seriam afetados por uma ligação química covalente, ou pela formação de bandas. Neste caso, para identificação dos elementos presentes, é necessária uma etapa inicial de obtenção de íons ou átomos isolados, através de chamas, arcos, plasmas, bombardeamento iônico, etc. [...] Em algumas técnicas, o aquecimento é utilizado apenas para provocar a dissociação, mas os átomos e íons da amostra são submetidos a um feixe de radiação, medindo-se a absorção ou a emissões decorrentes.” (NEIVA, 2010, pp.35-36).

¹¹⁵ “As espectrometrias moleculares, por sua vez, analisariam os compostos propriamente ditos,

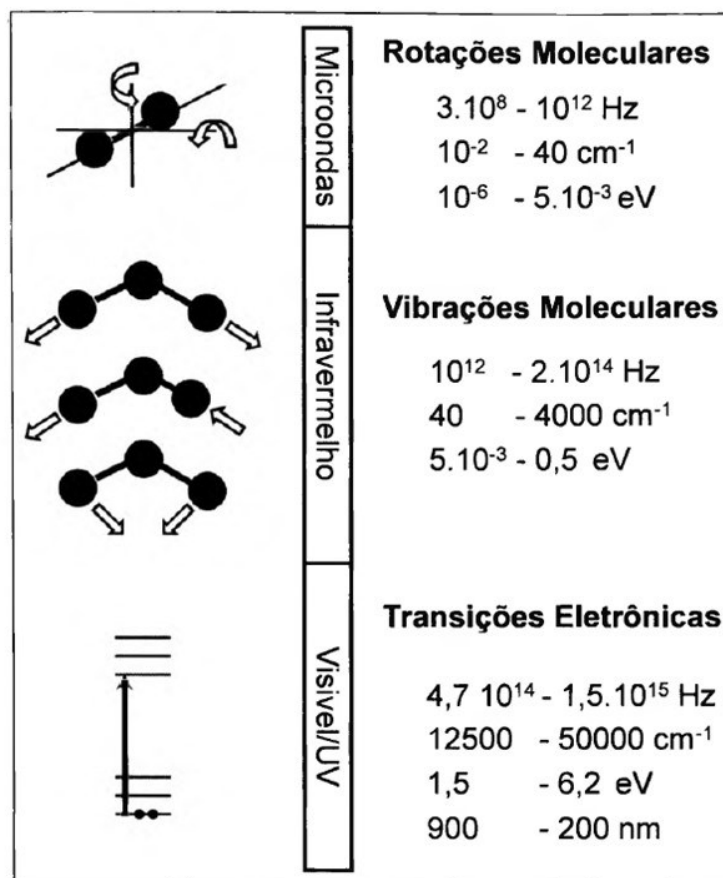
		característicos de cada ligação).
VISÍVEL	Cor; brilho; <i>Habitus</i> ; Morfologia; Pleocrismo ¹¹⁶ ; Extinção Transições eletromagnéticas em camadas externas, elétrons de valência e de ligação	Fonte natural: sol Fontes artificiais: lâmpadas incandescentes, fluorescentes e de LED; A direção em que a luz incide sobre os objetos pode revelar características técnicas peculiares e informações sobre conservação. Resultados diferentes em espectroscopia atômica (orbitais externos característicos de elementos ou íons) e em espectroscopia molecular (orbitais covalentes característicos de cada ligação).
INFRAVERMELHO	Vibrações ou transições moleculares; Utilizados em espectroscopia molecular	Fonte natural: sol Fontes artificiais: lâmpada de tungstênio ou halogênio; A análise é feita pela comparação do espectro da amostra com um espectro-padrão ou de referência; Vinculação das vibrações de átomos ao tipo de ligação, baseado na quantidade de energia absorvida; Detecta ligações químicas e não de compostos químicos; Muito utilizado para detectar materiais à base de carbono de alta absorção (grafite, carvão, tinta); Os fatores que determinam a permeabilidade da radiação infravermelha através das camadas de tinta, são: a absorção e reflexão de retorno para a câmera pelo carbono presente na camada inferior, espessura da camada de pintura, composição química, tipo de base de preparação, aglutinante de óleo e água.

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Figueiredo Júnior (2012), Cosentino (2015), Lizun (2011) e Neiva (2010)

eventualmente após solubilização em uma solução, e buscariam essencialmente informações sobre as ligações covalentes, os compostos ou os radicais, e não sobre os elementos ou íons. Para quem trabalha com materiais metálicos ou iônicos, as espectroscopias moleculares não se aplicam. Entretanto, diversas das técnicas aplicadas a estes materiais não identificam apenas os elementos, mas também seu estado de valência (como no caso de espectroscopia Auger, XPS, Mössbauer), ou a configuração de sua vizinhança em uma estrutura metálica (como no caso da espectroscopia Mössbauer).” (NEIVA, 2010, p.36).

¹¹⁶ “Pleocroísmo é o fenômeno que certos minerais anisotrópicos, transparentes e coloridos apresentam, de absorverem a luz de maneira seletiva segundo suas diferentes direções de vibração (direções da indicatriz). Desta forma, quando um mineral é pleocróico, girando-se a platina do microscópio, ele muda de cor. Quando a direção de vibração para a qual se verifica a máxima absorção, ficar paralela a direção de vibração do polarizador inferior, a cor do mineral será escura. Por consequência, quando a direção de vibração do polarizador inferior for paralela a direção de vibração para a qual se observa a menor absorção, a cor exibida pelo mineral será clara.” (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS, 2020).

Figura 50 - Espectro de radiação eletromagnética e técnicas espectroscópicas associadas a cada região espectral, definidas em diferentes unidades de energia



Fonte: Faria; Afonso; Edwards, 2002, p.251

Na análise científica da obra de arte existem propriedades que podem ser identificadas a olho nu - como a fluorescência do ultravioleta - e aquelas que necessitam de instrumentos analíticos (Quadro 23). Figueiredo Júnior (2012) descreve um instrumento analítico como o conjunto dos seguintes componentes: porta amostras (recebe o material analisado); analisador (responsável por estimular ou captar certa propriedade física); detector (transformação da propriedade detectada em um sinal); registrador (transformação do sinal em dados). Neiva (2010) apresenta as principais técnicas analíticas para identificação de propriedades dos materiais:

- Análises químicas elementares: apresentam os teores de elementos químicos, ou seja, as composições elementares;
- Análises moleculares: fornecem informações para identificação de moléculas, mediante a identificação das energias vibracionais características das ligações químicas ou da energia de orbitais moleculares;

- Análises cristalográficas: geram informações sobre a estrutura cristalina¹¹⁷;
- Microscopias: proporcionam informações da microestrutura, ou seja, o arranjo espacial dos componentes microscópios; estão baseadas na interação da luz ou de elétrons com a matéria.

Quadro 23 - Principais métodos espectroscópicos utilizados em Conservação-Restauração

REGIÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	MÉTODO(S) ANALÍTICO(S)	ALGUMAS INFORMAÇÕES PARA O CONSERVADOR-RESTAURADOR
RAIOS-X	Difração de raios-X; Fluorescência de raios X; Radiografia	Identifica mudanças na composição material; Exibe pinturas ocultas e áreas pintadas sob a camada visível; Identificação de pigmentos; Identificação de metais; Identificação de materiais pétreos; Composição interna de esculturas em madeira e telas; Identificação de produtos de corrosão em metais.
ULTRAVIOLETA / VISÍVEL	Espectroscopia eletrônica (ultravioleta-visível)	Muito utilizada na análise de pinturas; Identificação de corantes e pigmentos orgânicos; Caracterização de vernizes envelhecidos ¹¹⁸ ; Verificar o andamento da limpeza da superfície ou tratamento de remoção de verniz; Inspeccionar o objeto após o tratamento de restauração.
VISÍVEL	Microscopia de luz polarizada (microscopia ótica); Metalografia; Corte microscópio (corte estratigráfico)	Constituição dos pigmentos; Sequência estratigráfica de amostras de pintura; Identificação de substratos pétreos; Identificação de fibras de tecido e papel; Estrutura de ligas metálicas.

¹¹⁷ “As estruturas cristalinas e as estruturas amorfas são as categorias de arranjo, de átomos ou moléculas, em um sólido. Quando as substâncias assumem arranjos regulares, repetitivos e geométricos são chamadas de estruturas cristalinas. Quando as substâncias se solidificam em arranjos aleatórios, são denominados de estruturas amorfas. Apesar de ambas as categorias incluírem importantes exemplos, conhece-se muito mais sobre materiais cristalinos, porque seus arranjos regulares e periódicos podem ser estudados bem mais facilmente com as ferramentas experimentais disponíveis.” (BROWN; HOLME, 2009).

¹¹⁸ “Pinturas muito antigas ou retoques executados no passado, quando examinados com a luz ultravioleta, podem ser difíceis de distinguir; pois tendem a ficar fluorescentes após oitenta ou cem anos. A fluorescência uniforme da camada pictórica não deve excluir as intervenções anteriores. Um exame radiográfico adicional pode adicionar informações técnicas mais conclusivas sobre a pintura.” (LIZUN, 2011, tradução nossa).

<p>INFRAVERMELHO</p>	<p>Espectroscopia de absorção no infravermelho; Espectroscopia RAMAN</p>	<p>Identificação, de forma não destrutiva, dos materiais abaixo da camada de tinta; Constituição de pigmentos ou corantes; Identificação de classes de aglutinantes, vernizes, consolidantes e adesivos; Identificação de alguns substratos pétreos; Identificação de fibras de tecido e papel.</p>
----------------------	--	---

Fonte: Figueiredo Júnior (2012) com adaptações da autora extraídas de Lizun (2011)

A espectroscopia¹¹⁹ analisa os fenômenos relacionados à interação da matéria com a radiação eletromagnética. “É a principal classe de métodos analíticos instrumentais e se baseia na interação da energia radiante com a matéria.” (WUNDERLICH, 2009, p.928). Os fenômenos espectroscópicos são estudados por meio da técnica denominada espectrometria. Os espectrômetros são instrumentos analíticos que registram espectros de energia nos exames denominados espectroscopias (Figura 49). Neiva (2010) define as espectroscopias como espectros de determinada intensidade (emissão, absorção, espalhamento etc.) em função da energia aplicada.

As técnicas espectrométricas permitem a identificação e a quantificação de elementos ou de grupos moleculares, bem como, eventualmente, de características mais finas das configurações eletrônicas ou nucleares. Com grande número de técnicas, elas se baseiam na emissão ou absorção de radiação eletromagnética correspondente a variações energéticas características dos átomos, dos íons e das ligações químicas sob estudo. Estas variações estão associadas a um conjunto de níveis energéticos discretos, ou seja, quantizados, em que estes átomos ou sistemas podem existir. Para o átomo ou sistema passar para um nível energético mais elevado - um estado dito excitado -, ele absorve radiação com energia correspondente a esta diferença. Quando o átomo ou sistema passa de um estado excitado para um nível mais baixo, ele emite radiação com energia correspondente a esta diferença. No caso de espectroscopias por absorção de radiação, apenas a própria radiação utilizada está envolvida no processo. Exemplos importantes são as espectroscopias de absorção de IR e UV. No caso das espectroscopias por emissão de radiação, a obtenção do estado excitado pode se dar de diferentes modos: incidência de radiação; incidência de elétrons; incidência de íons; incidência de radiação nuclear; aquecimento, arco elétrico, plasma etc. (NEIVA, 2010, pp. 33-34).

¹¹⁹ “A espectroscopia é um tipo de classificação de técnica de análise baseado na obtenção de espectros que apresentem alguma intensidade – emissão, absorção, espalhamento, etc. – em função da energia aplicada.” (NEIVA, 2010).

3.2 Exames Globais *in situ*

Alguns exames científicos podem ser realizados em campo. Eles utilizam os sentidos humanos ou são auxiliados por equipamentos portáteis, que funcionam em várias faixas de radiação eletromagnética. Toda análise científica de bens culturais tem início com os exames globais *in situ*, responsáveis pela identificação e descrição do objeto e seu ambiente de entorno. A principal característica destes exames é o potencial “não destrutivo”. “Cientistas especializados em conservação-restauração buscam otimizar os resultados das análises combinando diferentes técnicas instrumentais, adaptadas às características físicas das obras, respeitando, concomitantemente, seus significados simbólicos.” (ROSADO, 2011, pp.97-98).

O efeito matriz¹²⁰ dessas medições locais (devido ao fato de que os sinais são coletados no modo de retroespalhamento ou refletância de sistemas heterogêneos e muitas vezes em camadas) deve ser avaliado cuidadosamente para se obter resultados confiáveis a partir das caracterizações espectrais (MILIANI et al., 2007)¹²¹. Outros problemas enfrentados pelos métodos instrumentais portáteis referem-se, por exemplo, ao ruído de fundo ocasionado pelas vibrações, aos efeitos dos elementos existentes no ar circundante e aos possíveis efeitos causados pela constituição do material sob estudo. A calibração ou métodos de correção desses equipamentos são empregados para minimizar ou evitar tais problemas. (ROSADO, 2011, p. 111).

Os exames *in situ* aplicados às camadas pictóricas de revestimento do patrimônio cultural edificado, são as análises organolépticas, a fluorescência de radiação ultravioleta e a espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDXRF). O primeiro exame desse conjunto consiste nas análises organolépticas, realizadas com os sentidos humanos - olfato, visão, paladar e tato. A simplicidade deste exame não reduz sua relevância. Esta análise permite a identificação de cor, brilho, opacidade, transparência, odor e textura. A identificação do sabor, por meio do paladar, não é recomendada; pois existe a possibilidade da presença de materiais contaminantes utilizados na manufatura. Os exames *in situ* podem identificar o estado de conservação, os materiais utilizados e a técnica aplicada. Todas são análises

¹²⁰ “Efeito combinado exercido pelos vários componentes da matriz sobre as medidas de análise.” (ROSADO, 2011, p.111).

¹²¹ MILIANI, Costanza; ROSI, Francesca; BURNSTOCK, Aviva; BRUNETTI, Brunetto Giovanni; SGAMELLOTTI, Antonio. **Non-invasive in situ investigations versus micro-sampling: a comparative study on a Renoirs painting.** In: Applied Physics a Materials Science and Processing. V. 89, n. 4. Germany, 2007. p.849-856.

acuradas que dependem da experiência do avaliador.

Uma análise organoléptica mais precisa é realizada com auxílio de uma lupa de mão ou lupa de cabeça. Mesmo um pequeno aumento pode revelar sutilezas e relevos imperceptíveis a olho nu. Outra variação possível é a alteração da faixa de radiação aplicada, possibilitando a diferenciação entre materiais através de sua fluorescência. “A fonte de radiação ultravioleta [...] pode ser usada para caracterizar materiais de pintura; para avaliar o atual estado de conservação e histórico de intervenções anteriores de uma obra de arte e identificar retoques na arte policromada.”¹²² (COSENTINO, 2015, p.54).

A fluorescência ultravioleta descreve a emissão de luz visível observada quando, um elétron de uma molécula ou átomo, que ficou excitado a um estado de maior energia pela radiação ultravioleta, retorna ao seu estado fundamental, emitindo um fóton com energia associada à diferença entre os dois estados. A emissão induzida em obras de arte policromada depende de muitos fatores: o comprimento de onda e largura de banda da fonte de ultravioleta; os materiais constituintes da pintura (pigmentos, tintas, ligantes, vernizes); como todos esses materiais interagem com uns aos outros e, adicionalmente, como eles envelheceram.¹²³ (COSENTINO, 2015, p.58).

Um material incidido sob radiação ultravioleta pode gerar a fluorescência de alguns elementos, enfatizando a diferença entre eles. Essa distinção pode ser útil no processo de retirada de amostras. A fluorescência pode, inclusive, sugerir áreas de intervenção. A interpretação da fluorescência deve ser minuciosa, pois a radiação emitida pode interagir com materiais circundantes, gerando os fenômenos ópticos de absorção e espalhamento (COSENTINO, 2015).

A intensidade e os matizes de cor da emissão fluorescente de uma obra dependem de vários fatores, a saber: do tipo de fonte de luz ultravioleta utilizada, da camada de verniz (se houver), da composição química dos pigmentos e corantes, do aglutinante empregado e do grau de interação que se estabelece entre eles com o passar do tempo. Portanto, na interpretação dos resultados desse exame, deve-

¹²² Tradução nossa do original: “*The UV radiation sources [...] can be used to characterize painting materials; to evaluate the current state of conservation and prior treatment history of an artwork; and to identify retouches on polychrome art.*” (COSENTINO, 2015, p.54).

¹²³ Tradução nossa do original: “*UV fluorescence describes the emission of visible light observed when an electron of a molecule or atom that has been excited to a higher energy state by UV radiation relaxes to its ground state, emitting a photon with energy associated to the difference between the two states. The emission induced on polychrome artworks depends on many factors: the wavelength and bandwidth of the UV source, the painting materials (pigments, dyes, binders, varnishes) and how all of these materials interact with each other and, additionally, how they have aged.*” (COSENTINO, 2015, p.58).

se ter em conta as seguintes premissas: o envelhecimento químico de um material desencadeia processos de oxidação e polimerização que podem modificar a sua fluorescência; os compostos orgânicos apresentam, em geral, uma fluorescência mais intensa que a dos compostos inorgânicos; existem pigmentos fluorescentes e outros que atuam como inibidores ou indutores de fluorescência em determinados aglutinantes; a intensidade da fluorescência depende da espessura do estrato e, por último, a apreciação da fluorescência de um material é melhor se o seu entorno não for fluorescente. (ROSADO, 2011, p.103).

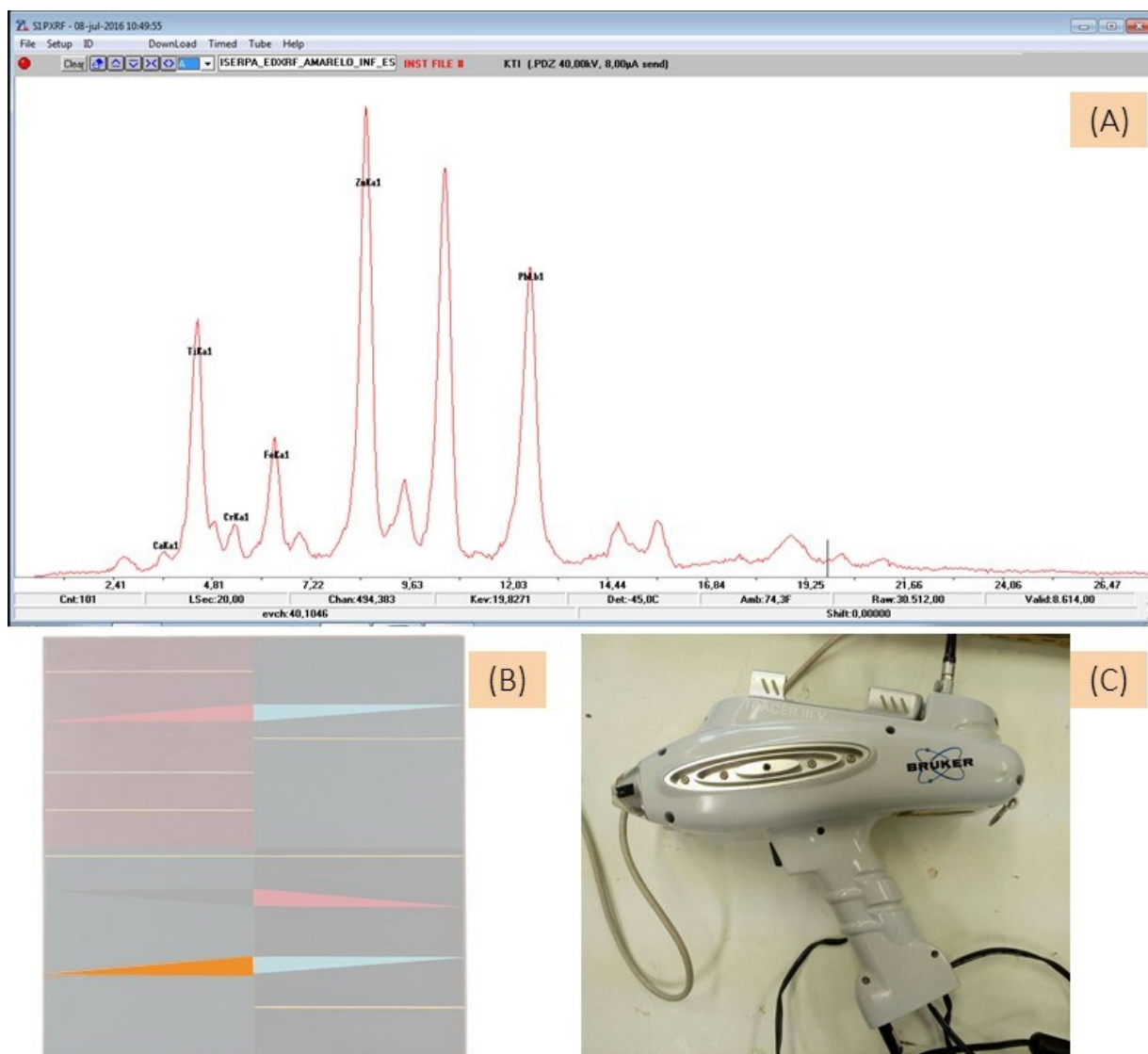
Outro exame realizado *in situ* é a espectroscopia de fluorescência de raios X, realizada com equipamento portátil de fluorescência de raios x (Figura 51). Este equipamento é denominado de PXRF (*Portable X-Ray Fluorescence*), entretanto é mais conhecido como EDXRF (*Energy Dispersive X-Ray Fluorescence*); indicando o sistema de detecção por energia dispersiva. “A técnica consiste em ‘provocar’ transições eletrônicas para que ocorra a emissão de raios X característicos¹²⁴; separar os raios X característicos, ou por seu comprimento de onda ou por sua energia, e medi-los.” (PARREIRA, 2006, p.3).

O resultado desta análise é um espectro, um gráfico qualitativo e quantitativo, dos elementos químicos de elevado número atômico presentes na área estudada. O espectro resultante do exame é a sobreposição dos espectros padrões, gerados pela energia emitida dos átomos excitados (ROSADO, 2011).

Em espectrômetros EDXRF, a ampola de raios X que atua como fonte, irradia uma amostra diretamente, e a fluorescência proveniente da amostra é medida com um detector de energia dispersiva. Esse detector é capaz de medir as energias diferentes da radiação característica que vem diretamente da amostra. O detector pode separar a radiação da amostra na radiação de diferentes elementos presentes na amostra. Essa separação é chamada de dispersão. (MALVERN PANALYTICAL LTD, 2020).

¹²⁴ “Os raios X formam parte do espectro eletromagnético, com comprimentos de onda que variam da ordem de 10 nm a 0,01 nm (0,124-124 keV), tendo sua origem em dois processos físicos distintos: ou pela desaceleração de um feixe de elétrons de alta energia, em tubos de raios X (tubos de raios catódicos), onde parte ou toda a energia cinética dos elétrons é convertida em raios X (radiação de “Bremsstrahlung”), ou pela transição de elétrons entre as camadas mais internas dos átomos. Os raios X produzidos pela desaceleração de um feixe de elétrons formam um espectro contínuo de distribuição de energia, que está diretamente associado com a alta tensão aplicada ao tubo, ao passo que os raios X originados pela transição de elétrons formam um espectro discreto de distribuição de energia e está diretamente associada ao número atômico do elemento (raios X característicos).” (PARREIRA, 2006, p.2).

Figura 51 - Exame de Fluorescência de raios X por dispersão em energia



Legenda: (A) Espectro de EDX-RF da cor amarela em destaque (B).
 (B) Obra "Quadrados com Ritmos Resultantes" (Figura 23) com destaque para a cor analisada;
 (C) Espectrômetro de Fluorescência de raios X do LACICOR;

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020), Fotografia de Thais Costa

Quando há possibilidade de intervenção no bem podem ser realizados estudos estratigráficos. Conceitualmente, os estudos estratigráficos são análises quanto a forma de camadas. Figueiredo Júnior (2012) destaca três formas de aparecimento de camadas no patrimônio cultural: (i) em pinturas e policromias pela adição sucessiva de camadas de tinta e/ou vernizes; (ii) em processos de degradação, onde diferentes camadas de materiais são formadas sobre o material original; (iii) em processos de intervenção com camadas de tinta na forma de repinturas ou materiais protetores. Nas

camadas provenientes de processos de degradação, destacam-se a patina e as sujidades. A patina é a alteração da camada mais externa de um bem, formando uma camada de material degradado (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012). As sujidades são camadas formadas pela deposição de materiais externos à obra, como fuligem e gordura.

O estudo estratigráfico é um dos métodos de exame padrão que fornecem informações muito precisas sobre a complexidade das camadas de tinta que compõem uma pintura ou acabamento decorativo. É o principal método para avaliar a extensão e a condição de diferentes camadas de pintura. Os estudos estratigráficos podem revelar a forma como as camadas de tinta são aplicadas e, conseqüentemente, nos contam como o artista ou pintor, trabalhou.¹²⁵ (LIZUN, 2011).

Os estudos estratigráficos realizados *in situ* são as janelas de prospecção. Elas consistem no estudo de áreas de perda – áreas previamente abertas pela deterioração do material - ou prospecção na superfície em análise. As prospecções são realizadas a partir da abertura de orifícios, com instrumentos pontiagudos (bisturis) e auxílio de lentes de aumento¹²⁶ (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012). Os locais abertos podem se limitar aos orifícios, ou serem expandidos a formas retangulares de variadas dimensões, denominadas de janelas. “As janelas possuem a desvantagem de não permitir se enxergar camadas muito finas devido aos baixos aumentos (40 a 50 vezes) que se podem obter com as lupas e microscópios estereoscópicos.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, pp. 173-174).

Análises não destrutivas *in situ* podem não ser suficientes para identificar os materiais com a profundidade ou exatidão demandada pela pesquisa. Nestes casos,

¹²⁵ Tradução nossa do original: “Stratigraphic studies is one of the standard examination methods that provides very precise information about the complexity of paint layers that make up a painting or decorative finish. It is the key method to assess the extent and condition of different painting layers. Stratigraphic studies can reveal the way the paint layers are applied and consequently, they tell us how the artist worked.” (LIZUN, 2011).

¹²⁶ “As lentes de aumento podem ser microscópios estereoscópicos ou lupas binoculares. Microscópio é um sistema formado, no mínimo, por um conjunto de lentes de aumento: a objetiva (lente próxima ao objeto de estudo) e a ocular (lente próxima aos olhos). O microscópio estereoscópico é um microscópio formado por um par de objetivas e um par de oculares. O termo estereoscópico vem do fato de que os olhos enxergam em angulações diferentes os objetos. A imagem obtida pelo olho esquerdo é ligeiramente diferente da imagem obtida pelo olho direito. O cérebro reúne as duas imagens em uma imagem estereoscópica, ou seja, tridimensional. Ao possuir um par de objetivas e um par de oculares, esse microscópio permite que tenhamos uma visão estereoscópica do objeto estudado. Lupas binoculares são um par de lentes de aumento, comumente unidas numa armação quase semelhante aos óculos.” (FIGUEIRERO JÚNIOR, 2012, p.170).

recomenda-se a coleta de amostras para realização de exames laboratoriais complementares. “É importante saber que não é possível responder a todas as questões da investigação com um único método de análise, mas sim por meio da combinação de métodos e informações recolhidas sobre o bem.” (KANAN, 2008, p. 37).

3.3 Documentação científica por imagem

A documentação científica por imagem é definida por Leão (2015) como conjunto de imagens de caráter técnico-científico de bens culturais que serão estudados, registrados e passaram e/ou passarão por processos de intervenção. O termo é direcionado para o registro do patrimônio cultural. É utilizado por profissionais das áreas de Conservação-Restauração, Arquivologia, Museologia, Geologia e outras.

De forma específica e de maneira resumida, as imagens podem auxiliar os profissionais da área de Conservação-Restauração, basicamente de duas maneiras: como documento (arquivo) do objeto em estudo/restauro em diferentes etapas de intervenção e como ferramenta diagnóstica a respeito do estado de conservação, facilitando o trabalho dos profissionais e elucidando dúvidas construtivas, estéticas, técnicas, históricas e diversas outras. (LEÃO, 2015, p. 141).

Cosentino (2015) destaca que dados extraídos de imagens são qualitativas e podem não ser conclusivas. Entretanto, seu uso para conservação-restauração tem aumentado pela simplicidade e facilidade de acesso. Como se trata de um processo fotográfico é indispensável o conhecimento de técnicas de fotografia e processamento de imagem (LEÃO, 2015). O processo de captura de imagens para este fim utiliza fontes de radiação em todo o espectro eletromagnético.

A fotografia com iluminação ultravioleta, por sua vez, permite a diferenciação de materiais por meio da fluorescência e fosforescência provocadas por esta radiação. A fotografia sensível ao infravermelho, finalmente, permite a diferenciação de materiais por meio de sua refletividade nesta faixa do espectro. Além disso, devido à elevada penetração desta radiação (em comparação à da luz visível), ela permite a observação de camadas subjacentes à camada externa do objeto sob análise, fato muito utilizado na análise de pinturas. (NEIVA, 2010, p. 58)

Os sensores de câmeras digitais são calibrados para capturarem na região do visível, proporcionando a mesma sensibilidade do olho humano. A variação da fonte de luz e sua captura com filtros especiais, possibilita a observação de aspectos peculiares de uma obra de arte.

As imagens como documento tem por principal objetivo registrar o bem cultural em seu estado e características atuais, sendo utilizada para tal a Luz Visível, podendo esta também servir como imagem diagnóstica. Já para imagens prioritariamente diagnósticas, são utilizadas diferentes fontes de luz e energia para sua geração, sendo as mais conhecidas e utilizadas: Fluorescência de Ultravioleta, Infravermelho, Falsa Cor de Infravermelho, *Reflectance Transfotom Imaging* [RTI] e Radiografia X. (LEÃO, 2015, p.142).

A cor é um elemento fundamental para a Conservação-Restauração do patrimônio cultural. A documentação científica por imagem deve garantir a reprodutibilidade destas cores¹²⁷ nas fotografias. Portanto, durante a captura das imagens a iluminação do objeto deve ser adequada. “A maneira criteriosa de determinar a composição espectral de uma fonte de luz, isto é, de conhecer sua cor, é por meio do conceito de temperatura de cor.” (TRIGO, 2015, p.28). No Sistema internacional de unidades (SI) a temperatura termodinâmica é mensurada pela unidade Kelvin (K) (Figura 52 B).

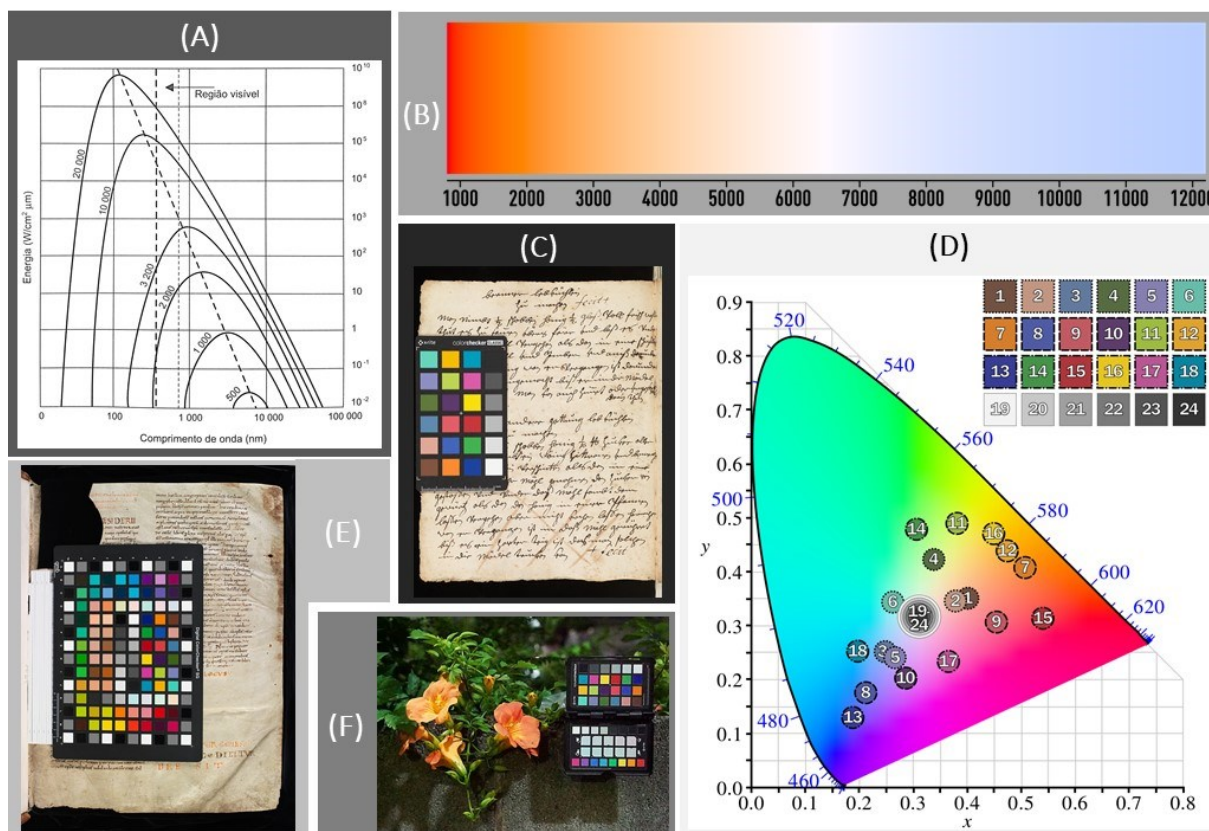
Qualquer corpo aquecido emite certa quantidade de radiação eletromagnética, eventualmente luz visível, de forma tal que se pode relacionar essa emissão com sua temperatura. [...] A temperatura é medida em Kelvin (K) – não se diz grau Kelvin – e pode ser obtida a partir da temperatura Celsius (C) pela equação: $T(K) = T(C) + 273$. (TRIGO, 2015, pp.28-29).

O físico Max Planck (1858-1947) foi o primeiro a estabelecer a relação entre a temperatura dos corpos e o comprimento de onda, originando o gráfico conhecido como curva de emissão de um corpo negro (Figura 52 A) (TRIGO, 2015). “Neste gráfico, a quantidade de energia emitida (altura da curva) e o comprimento de onda máximo ($\lambda_{\text{máx.}}$) são dependentes da temperatura do corpo emissor.” (TRIGO, 2015, p.29). As cores também podem ser representadas por um diagrama cromático¹²⁸ (Figura 52 D) definido por coordenadas de cromaticidade, obtidas por funções de correspondência de cores.

¹²⁷ “O índice de reprodução de cor IRC ou, do original, CRI (*Color Rendering Index*) é um número adimensional (de 1 a 100) que compara a qualidade da reprodução de cores de uma fonte de luz com a de um iluminante CIE padrão de mesma cor (na realidade com coordenadas de cromaticidade similares às da fonte).” (BOQUIMPANI, 2011, p. 22). “A CIE (*Commission Internationale de l’Eclairage*) especificou iluminantes pela distribuição espectral do fluxo radiante em forma de tabela, para diferentes comprimentos de onda.” (BOQUIMPANI, 2011, p. 10). “Para definição do CRI é escolhido um arranjo padrão de oito ou de quatorze amostras-padrão de cor e para cada uma é calculado um índice a partir da diferença de cromaticidade entre as radiações refletidas pela amostra, quando iluminada pela fonte e pelo iluminante padrão. O CRI é a média aritmética dos índices.” (BOQUIMPANI, 2011, pp.23).

¹²⁸ Para informações detalhadas quanto as funções de correspondência de cores e o gráfico de cromaticidade do CIE de 1931, consultar <https://rip94550.wordpress.com/2009/10/18/color-the-1931-cie-color-matching-functions-and-chromaticity-chart/>. Acesso em: 20 out. 2020.

Figura 52 - Representações de cores



- Legenda:
- (A) Curva de distribuição de energia para um corpo negro a diferentes temperaturas (K);
 - (B) Temperaturas de cor de corpo negro entre 800K e 12.200K;
 - (C) Fotografia de obra de arte com cartela de referência cromática *ColorChecker Classic* com 24 amostras de cores;
 - (D) Localizações nominais das cores *ColorChecker Classic* com 24 amostras de cores em um Diagrama Cromático;
 - (E) Fotografia de natureza com cartela de referência cromática *ColorChecker Passport* com 40 amostras de cores;
 - (F) Fotografia de obra de arte com cartela de referência cromática *ColorChecker* com 140 amostras de cores.

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de: (A) Trigo (2015); (B) Wikimedia Commons (2015); (C) Wikimedia Commons (2020a); (D) Wikimedia Commons (2009); (E) Wikimedia Commons (2014); (F) Wikimedia Commons (2020b)

Com a fonte de luz adequada, a confiabilidade da cor do objeto é obtida por meio da calibração da câmera fotográfica e do uso de cartela de referência cromática. A cartela de referência cromática é uma placa, ou estojo, composta por um conjunto de seções coloridas (Figura 52 C, E, F). Tais seções são quadrados, elaborados com cores sólidas, que garantem a exata reflexão de luz daquela cor. As cores presentes na cartela representam as cores dos objetos naturais.

É fundamental observar que, se a temperatura do corpo emissor é mais baixa (menor temperatura de cor), o valor de $\lambda_{\text{máx.}}$ é maior, o que corresponde a uma emissão mais acentuada de vermelho. Quando a temperatura da fonte de luz é mais alta (maior temperatura de cor), o pico da emissão vai corresponder a um $\lambda_{\text{máx.}}$ menor, o que acarreta uma emissão mais intensa de luz azul. (TRIGO, 2015, pp.29-30).

A cartela de referência cromática é utilizada no processamento computacional das imagens. Ela é a referência para ajuste da temperatura de cor da fonte e exposição fotográfica - quantidade de luz no objeto (LEÃO, 2015). A documentação científica por imagem (Figura 53) envolve um conjunto de técnicas, tecnologias e metodologias direcionadas à finalidade das imagens e composição material dos objetos (Quadro 24). Elas podem ser realizadas *in loco* ou em laboratório (também denominado de estúdio). Esta variação depende de disponibilidade de equipamentos portáteis, dimensões do objeto e preferências do proprietário da obra. As imagens geradas com o uso de radiações eletromagnéticas compõem os exames globais.

Figura 53 – Imagens da documentação científica por imagem da pintura "Hymeneus travestido assistindo a uma dança em honra a Príapo"¹²⁹



¹²⁹ A pintura "Hymeneus travestido assistindo a uma dança em honra a Príapo", foi elaborada entre

- Legenda: (A) Fotografia da pintura em luz visível antes da restauração;
 (B) Fotografia da pintura em luz visível, após a restauração;
 (C) Fotografia da pintura em falsa cor de infravermelho;
 (D) Fotografia da pintura em radiografia x;
 (E) Fotografia da pintura de fluorescência de ultravioleta.

Fonte: Acervo LACICOR/iLAB/CECOR (2009), Fotografias de Alexandre Leão (2009)

Quadro 24 – Principais técnicas de captura de imagens de bens culturais

TÉCNICA	CARACTERÍSTICAS
FOTOGRAFIA COM LUZ VISÍVEL	Imagem geral do objeto com uso de sistemas de gerenciamento de cores; Equipamento fotográfico de qualidade; Uso de cartela de referência cromática e referência dimensional; Registro completo (frente, verso, lados, topo, fundo); Uso de fontes de luz com elevado Índice de Reprodução de Cor (IRC); Alinhamento e nivelamento entre obra e o equipamento.
MACRO-FOTOGRAFIA	Imagem ampliada de uma pequena área; Equipamento fotográfico de qualidade; Uso de cartela de referência cromática e referência dimensional; Fonte de luz contínua ou flash.
LUZ RASANTE ou LUZ TANGENCIAL	Imagem de todo objeto ou de parte dele; Fonte de luz posicionada em determinado ângulo para gerar sombras; Resultados melhores com fonte de luz pontual; Garantia da mesma quantidade de luz em toda área fotografada; Necessita de ajuste computacional.
LUZ TRANSMITIDA ou LUZ REVERSA	Fonte de luz posicionada atrás do objeto com a luz passando através dele; Imagem resultante depende da densidade dos materiais; Técnica mais utilizada em suportes como papéis e telas (tecido); A imagem final pode ser colorida ou monocromática.
FOTOGRAFIA DE FLUORESCÊNCIA DE	Avalia camadas superficiais do objeto; Análise em torno da fluorescência ou absorção dos materiais em função da energia emitida pela fonte; Resultados melhores com uso de filtro na frente da objetiva ¹³¹ ;

1634-1635, em óleo sobre tela, por Nicolas Poussin. Dimensões 166,5cm x 373cm X 6,5cm. As imagens se referem ao processo de restauração da obra realizado pelo Museu de Arte de São Paulo (MASP) com a colaboração de professores e pesquisadores do Laboratório de Ciência da Conservação (LACICOR) e o Laboratório de Documentação Científica por Imagem (iLAB) da Escola de Belas Artes da UFMG no ano de 2009.

¹³¹ “A imagem poderá ficar com tons violeta/azuis em função da sensibilidade do sensor das câmeras digitais, da qualidade ótica da objetiva e da característica espectral da fonte de luz, que geralmente emite determinada energia também na faixa do visível com tons violeta/azuis. Para evitar a incidência dessa energia visível na imagem, é recomendado o uso de filtros na frente da objetiva que eliminem essa faixa do espectro, filtrando energias abaixo de 400nm a 415nm, deixando passar energias acima

ULTRAVIOLETA¹³⁰	A intensidade da fonte de energia é proporcional ao tamanho do objeto; Alinhamento e nivelamento entre obra e o equipamento; A imagem final pode ser colorida ou monocromática.
FOTOGRAFIA DE INFRAVERMELHO	Geram imagens das camadas subjacentes e não visíveis a olho nu; A grafite é um forte absorvedor de radiação infravermelha; Imagem obtida por meio de câmera fotográfica digital modificada ou câmeras desenvolvidas para este fim (reflectografia de infravermelho); Uso de fonte de luz na faixa do infravermelho, normalmente lâmpadas halógenas (tungstênio); Necessita de ajuste computacional.
IMAGEM DE FALSA COR DO INFRAVERMELHO	Utilizada para identificação de pigmentos em obras de arte para análise de áreas com repinturas; Gerada pela sobreposição da fotografia de luz visível com gerenciamento de cores com a fotografia de luz infravermelha já processada; No processamento da imagem resultante o canal azul da imagem de luz visível é substituído pelo canal vermelho da imagem de infravermelho.
RADIOGRAFIA (RAIOS X)	Possibilita acesso a informações relacionadas à estrutura tridimensional de um objeto; Verificação de técnica de construção, estado de conservação interno, desenhos subjacentes e camadas de tinta em pinturas; Necessita de equipamentos, metodologia detalhada, proteção para a equipe e operador específico treinado; Qualidade da imagem depende da penetração da radiação e sistema de captura; O sistema de captura pode ser analógico (processamento químico) ou digital (Radiografia Computadorizada e Radiografia Digital Direta).

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Leão (2015)

dessa frequência. Quando a imagem fotográfica da fluorescência não sofre essa filtragem, a imagem final poderá ter muita influência dos tons violetas/azuis a ponto de prejudicar a correta interpretação por parte do profissional interessado.” (LEÃO, 2015, p.148).

¹³⁰ “Existem duas maneiras de usar a radiação ultravioleta para tirar fotografias de obras de arte: fotografia ultravioleta refletida e fotografia de fluorescência de ultravioleta. Na fotografia de ultravioleta refletida a superfície da camada de pintura é iluminada diretamente por lâmpadas emissoras de ultravioleta (fontes de radiação). A radiação é parcialmente absorvida e refletida pela camada de pintura. Um filtro de bloqueio de luz visível, transmissor de ultravioleta, é colocado na lente da câmera, permitindo a passagem apenas do ultravioleta refletido. O filtro absorve toda a luz visível. Esta técnica permite que o conservador-restaurador examine a condição da camada de verniz, no caso de pinturas, ou detecte o crescimento de fungos. Na fotografia de fluorescência de ultravioleta o filtro é colocado na frente da fonte ultravioleta para absorver todo o espectro visível da radiação, permitindo que apenas o ultravioleta desejado passe e alcance o objeto. A camada de pintura absorve a radiação ultravioleta invisível para o olho humano e os materiais reativos excitados na camada de pintura emitem a fluorescência que esta no espectro visível. Um segundo filtro de corte do ultravioleta é colocado na frente da lente da câmera para permitir que apenas a fluorescência visível desejada seja gravada pela câmera. [...] A fluorescência ocorre com frequência em materiais orgânicos, sendo um fenômeno raro em materiais inorgânicos.” (LIZUN, 2011, tradução nossa).

3.4 Retirada de amostras

A amostragem é necessária quando os exames não-destrutivos são insuficientes para identificar a composição ou comportamento de determinado constituinte. Como ela implica na remoção de material - mesmo que muito pequena - deve ser indispensável para a completude das análises e alcance dos objetivos propostos. O processo de retirada de amostras (Figura 54) é o início do procedimento para exames destrutivos. Esse método deve dispor de autorização do proprietário, representante legal ou instituição protetora do bem.

Figura 54 - Processo de retirada de amostras de tinta em uma parede



Legenda: Área de acesso restrito do Museu de Arte da Pampulha (Belo Horizonte, MG). Atividade de campo da disciplina “Tintas modernas na região de Belo Horizonte (1940 - 1960)”, ministrada pelo Prof. Dr. Luiz Antônio Cruz Souza e Profa. Dra. Alessandra Rosado, no segundo semestre de 2018, pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da UFMG

Fonte: Elaborada pela autora, Fotografias de Daniele Ferreira (2018)

Uma das primeiras etapas na sistemática de análises de materiais pictóricos é a retirada de amostras. Previamente à retirada de amostras é muito importante que os objetivos para os quais a amostragem vai ser efetuada sejam bem estabelecidos, seja no caso de um estudo como este que desenvolvemos, onde buscamos sistematizar o conhecimento sobre os materiais e técnicas das esculturas e retábulos [...] ou mesmo quando restauradores necessitam de esclarecer dúvidas sobre determinados materiais e/ou técnicas utilizados em alguma obra específica. (SOUZA, 1996, p.40).

Figueiredo Júnior (2012) descreve os três critérios básicos que devem guiar o

conservador-restaurador no processo de amostragem: (i) documentação e registro do bem e dos locais amostrados, preferencialmente por meio da documentação científica por imagem; (ii) quantidade mínima possível de amostra, nas menores dimensões possíveis¹³²; (iii) local representativo e minimamente intrusivo. O local amostrado deve ser representativo, mas sem prejudicar a aparência geral do bem. A verificação da representatividade é alcançada com a clareza dos objetivos da análise, associados ao levantamento histórico e material da edificação.

Souza (1996) e Figueiredo Júnior (2012) recomendam a amostragem em áreas de perdas, áreas de difícil visada de um observador comum e áreas de baixo interesse. É indispensável identificar os locais de intervenções posteriores, evitando interpretações equivocadas do material analisado.

Recomenda-se o registro da localização da amostragem em relação ao todo, utilizando fotografias ou esboços. A sequência fotográfica - antes e após a remoção - é indispensável neste método. Ela é um documento do processo de análise científica porque auxilia na catalogação da amostra (banco de dados), guarda características visuais dos fragmentos e contribui para a compreensão de alguns resultados.

A validade de todas as etapas subsequentes de análises depende da qualidade das amostras e do grau de representatividade que elas possuem da estrutura do material sob investigação. Por isso, a retirada das mesmas deve ser feita de modo que garanta a manutenção de suas propriedades e a sua não contaminação. Um dos passos mais importantes de qualquer análise é, portanto, a remoção, armazenamento e o preparo de uma amostra. (ROSADO, 2011, p. 112).

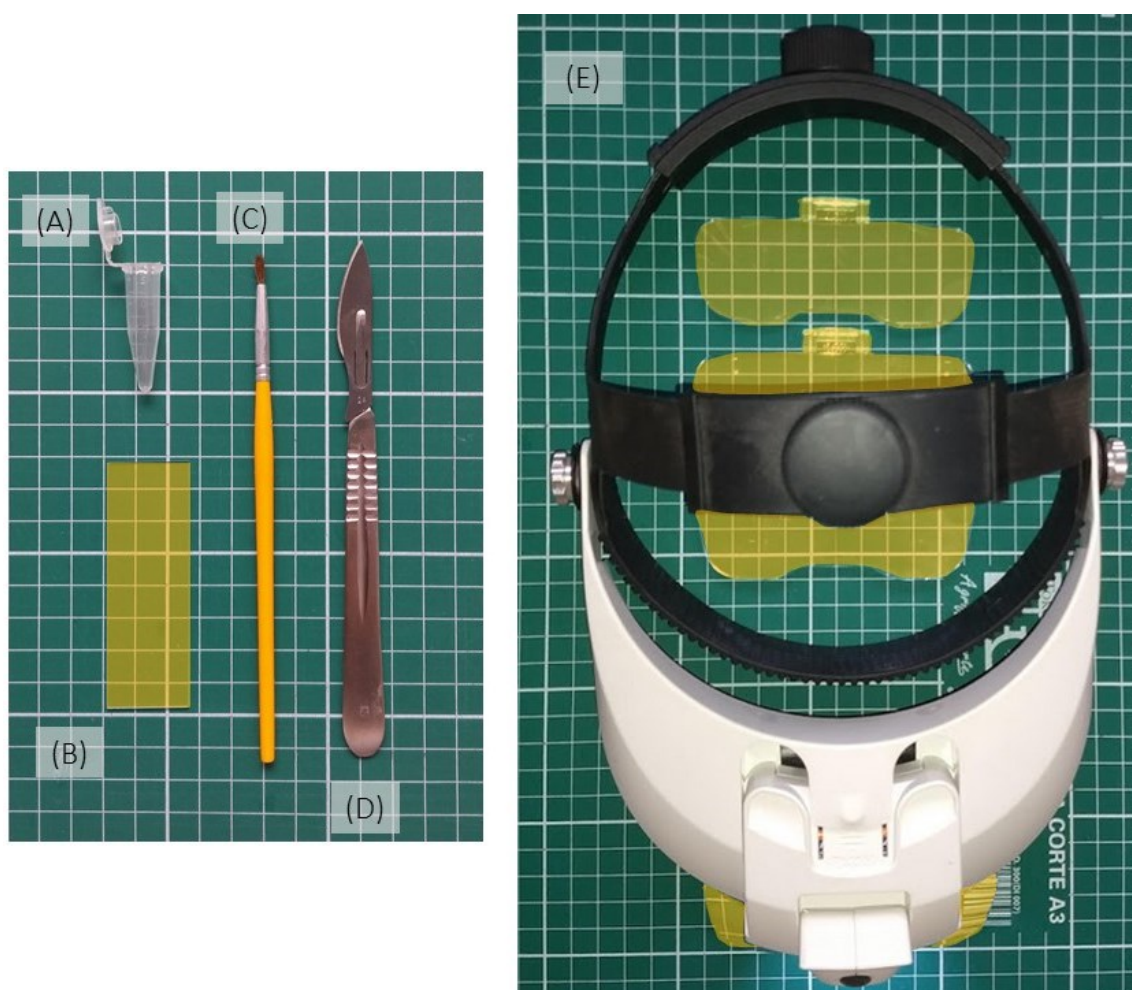
Em análises de camadas aparentes o material removido pode ser o pó proveniente da camada superficial raspada. Quando o foco da análise são as sequências de camadas, ou componentes interiores, é necessário remover um fragmento. Rosado (2011) recomenda a remoção de amostras utilizando lupa de cabeça. Souza (1996) e Figueiredo Júnior (2012) destacam que, independentemente da geometria do material amostrado, tal remoção necessita de um conjunto básico de instrumentos (Figura 55):

- Lentes de aumento: lupa de cabeça, microscópio estereoscópico analógico ou digital;

¹³² A menor dimensão possível de uma amostra deve considerar as dimensões mínimas suportadas pelos equipamentos laboratoriais disponíveis, o tipo e a quantidade de exames pretendidas com o(s) fragmento(s).

- Instrumentos para remoção dos fragmentos: bisturis com dimensões e formatos de ponta variados;
- Superfície para coleta do material: lâmina de vidro ou pedaço de papel rígido e limpo;
- Equipamento para transferir, da superfície para o armazenamento, os fragmentos coletados: pincel de ponta fina e cerdas macias;
- Local para armazenamento dos fragmentos: recipiente limpo, constituído por material não reativo, com dimensões compatíveis as da amostra e identificado (normalmente uma numeração, mesmo que provisória); é recorrente o uso de tubos de *Eppendorf* ou sacos plásticos lacráveis;
- Material para anotações: preferencialmente cadernos em detrimento de folhas avulsas; apresenta a relação entre a identificação do fragmento (numeração) e o local de remoção, suas características organolépticas e impressões iniciais durante a retirada.

Figura 55 - Instrumentos utilizados para remoção de amostras



Legenda: Os objetos de vidro apresentam filtro, na cor amarela, para facilitar sua visualização;
(A) Tubo de *Eppendorf* (armazenamento);
(B) Lâmina de vidro (transporte);
(C) Pincel Tigre Pintore 266, formato redondo, número 4, ponta com pelo de pônei, fabricado no Brasil (transporte);
(D) Bisturi modelo ABC Stainless L 40-P4, número 0026, lâmina descartável de aço carbono Advantive, número 24 (remoção);
(E) Lupa de cabeça (remoção).

Fonte: Fotografia de Thais Costa (2020)

Em casos particulares pode ser necessário o uso de outras ferramentas cirúrgicas (Figura 68). Após a remoção é aconselhável verificar, a olho nu ou com auxílio de microscópio estereoscópico, se o material contém as camadas pretendidas.

3.5 Exames globais em laboratório

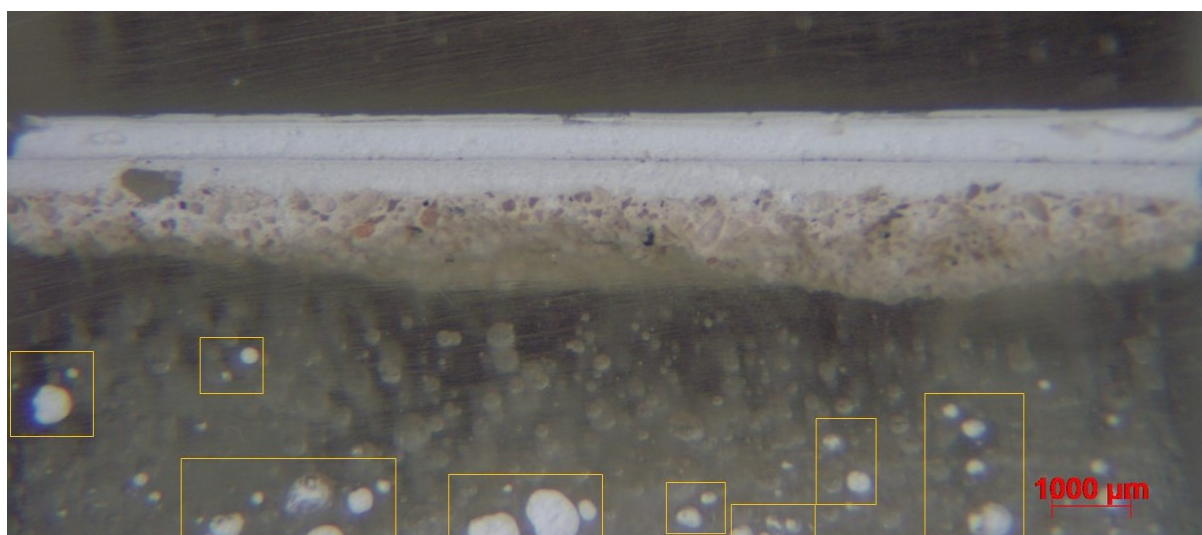
A primeira atividade realizada no laboratório é o processamento dos dados prévios, como aqueles coletados em campo, identificados na bibliografia consultada, obtidos pelos responsáveis/proprietários do bem etc. Desta estruturação preliminar segue-se a catalogação dos fragmentos amostrados. Esta atividade é norteadada pela documentação científica por imagem, conforme os protocolos do laboratório ou instituição reguladora. Figueiredo Júnior (2012) lista as informações básicas contidas em uma catalogação: identificação do objeto analisado (fotografias ou croquis); local no qual foi realizada a amostragem (fotografias ou croquis); identificação da amostra (número provisório ou permanente), tipo de material artístico; características físicas; objetivo da amostragem e possíveis substâncias constituintes.

No laboratório o uso da microscopia óptica é indispensável para a análise detalhada das camadas de revestimento pictórico (SOUZA, 1996). A microscopia óptica possibilita a observação de propriedades ópticas e morfológicas de materiais, por meio do microscópio estereoscópico, do microscópio de luz polarizada e do microscópio de fluorescência de ultravioleta. Estas informações associadas às demais informações coletadas e resultados obtidos das análises realizadas, compõem o banco de dados (ROSADO, 2011).

Os exames globais em laboratório se dividem em estudos estratigráficos, métodos analíticos e instrumentais. Os estudos estratigráficos em laboratório consistem nos cortes estratigráficos (Figura 56) elaborados com fragmentos. Eles devem ser

amostras representativas do bem, imobilizados em um meio sólido transparente, no qual é possível verificar sua seção transversal. “A imobilização da amostra em meio sólido permite que a mesma seja manipulada em microscópios que alcançam grandes aumentos (100 a 1.000 vezes) permitindo-se enxergar camadas não visíveis em baixos aumentos.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p. 174). Este exame permite a observação das camadas, destacando a sequência executiva, a espessura, a coloração e a textura (SOUZA, 1996). A dimensão dos fragmentos deve ser a mínima possível para a análise, sem extrapolar as dimensões do “porta amostras” do microscópio ou instrumento analítico utilizado

Figura 56 - Corte estratigráfico da amostra AM_3546T, visto sob microscópio estereoscópico com aumento de 6,7x



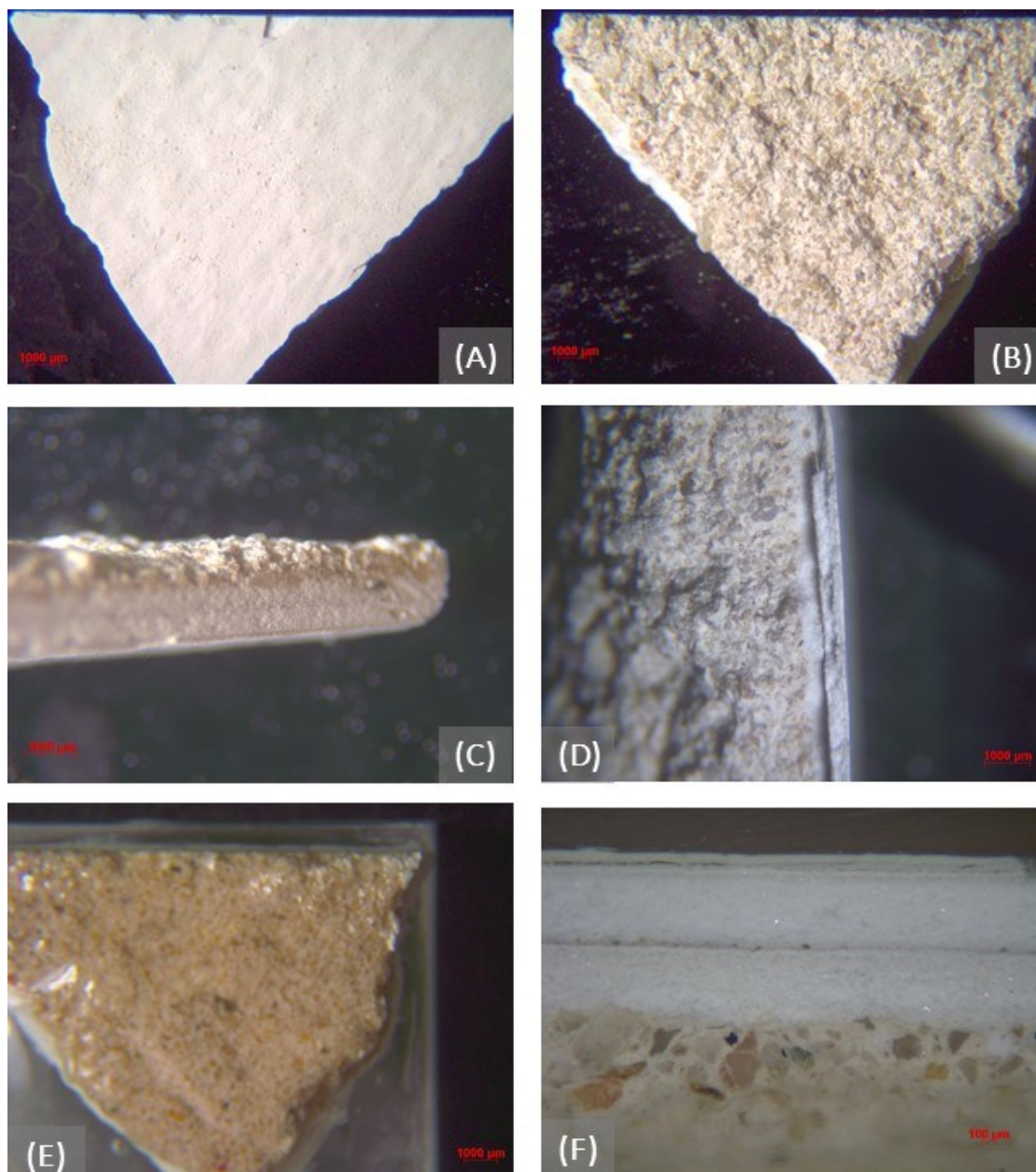
Legenda: Destaque (quadrados amarelos) para as bolhas de ar, resultantes da polimerização da resina, que se tornam brancas com o depósito de resíduos do polimento (material pulverulento).

Fonte: Acervo LACICOR/CECOR (2019) com marcações da autora para fins didáticos

Cada laboratório define o meio sólido e o procedimento para elaboração de cortes estratigráficos (Figura 57). Os meios sólidos mais utilizados são resinas epoxídicas, acrílicas ou poliésteres (ROSADO, 2011). No LACICOR o processo é iniciado pela documentação científica do fragmento (Figura 57), utilizando a microfotografia em microscópio estereoscópico nas posições frente, verso e, se possível, laterais. Paralelamente identificam-se os aspectos morfológicos do fragmento. Na análise preliminar do fragmento amostrado é possível, com auxílio da microscopia óptica, identificar suas camadas constituintes (Figura 57 C e Figura 57 D). Após esta análise

descritiva os fragmentos são encaminhados para a montagem de corte estratigráficos.

Figura 57 - Procedimento para montagem do corte estratigráfico da amostra AM_3546T visto sob o microscópio estereoscópico



- Legenda:
- (A) Frente do fragmento da amostra AM_3546T, camada pictórica, cor rosa claro (aumento de 6,7x);
 - (B) Verso do fragmento da amostra AM_3546T, sistema de revestimento, argamassa (aumento de 6,7x);
 - (C) Lateral do fragmento da amostra AM_3546T, seção transversal do fragmento, camadas do sistema de revestimento pictórico (aumento de 12x);
 - (D) Lateral do fragmento da amostra AM_3546T, seção transversal do fragmento, camadas do sistema de revestimento (aumento de 18x);
 - (E) Montagem do corte estratigráfico do fragmento da amostra AM_3546T, camada pictórica colada sob bloco de resina com auxílio de cola acrílica (aumento de 6,7x);

(F) Corte estratigráfico da amostra AM_3546T, presença de nove camadas de coloração e aspecto variado (aumento de 40x)

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2019).

O procedimento para imobilização do fragmento consiste em sua adesão, aplicando uma cola acrílica, a um bloco de resina acrílica previamente elaborado. No laboratório a metodologia de praxe consiste na fixação da camada mais exterior à cola, mantendo o substrato aparente (Figura 57 E). O conjunto é posicionado em um molde, para o preenchimento com resina, a fim de formar um cubo. Após a polimerização da resina, este cubo é polido no sentido perpendicular ao maior comprimento do fragmento até o aparecimento da seção transversal. O processo de polimento deve ser cuidadoso, verificando-se, sistematicamente, se a profundidade alcançada é compatível com a sequência estratigráfica a ser estudada. Os cortes estratigráficos são documentados e catalogados pelo laboratório. As últimas atividades realizadas em laboratório são o processamento de dados das análises e a gestão dos resultados (ROSADO, 2011).

Os métodos analíticos empregados pela ciência da conservação se baseiam em técnicas de caracterização, utilizando a interação de ondas e partículas com a matéria (item 3.1.1 e Quadro 25). Learner (2004) destaca que a maioria destas técnicas foi desenvolvida para materiais tradicionais, que apresentam como aglutinantes óleos vegetais, têmpera de ovo e resinas naturais. A identificação de aglutinantes sintéticos demanda algumas adaptações. “A Seção Científica do Departamento de Conservação do *Tate Gallery* desenvolveu duas técnicas para criar diferenciação entre os vários tipos de meios sintéticos aglutinantes: Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Pirólise acoplada a cromatografia¹³³ gás-líquido e espectrometria de massa (Py-GC/MS).”¹³⁴ (CROOK; LEARNER, 2000, pp. 32-33). Assim, os principais métodos analíticos utilizados para identificação de tintas modernas nas camadas pictóricas de revestimento, são:

¹³³ “Cromatografia é o nome dado a uma série particular de técnicas de separação de grande eficácia. Essa técnica foi primeiro utilizada para separação de compostos coloridos, de onde deriva seu nome. No entanto, atualmente, as técnicas estão desenvolvidas para separação também de compostos incolores, inclusive gases.” (WUNDERLICH, 2009, p.933).

¹³⁴ Tradução nossa do original: “*The Scientific Section of the Tate Gallery Conservation Department has developed two techniques for differentiating between the various types of synthetic binding media: Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry (Py-GC-MS).*” (CROOK; LEARNER, 2000, pp. 32-33).

- Pirólise acoplada a cromatografia gás-líquido e espectrometria de massa (Py-GC/MS);
- Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR);
- Espectrometria de massa determinado por temperatura direta (DTMS);

Quadro 25 - Principais métodos analíticos correntemente utilizados para a identificação dos materiais constitutivos de obras de arte

TÉCNICA ANALÍTICA	APLICAÇÕES	PREPARAÇÃO DA AMOSTRA
<p>MICROSCOPIA DE LUZ POLARIZADA</p>	<p>Identificação dos materiais baseados em suas propriedades óticas.</p> <p>“No exame de uma dispersão de pigmentos ou fragmentos de pintura por microscopia de luz polarizada, o analista deve seguir uma ordem (esquema micro analítico para identificação) para a análise de diversas propriedades para cada pigmento componente da dispersão. As seguintes propriedades devem ser observadas (FELLER, 1986):</p> <p>1 - Propriedades morfológicas: A. Homogeneidade; B. Tamanho; C. Forma; D. Característica superficial da estrutura; E: Estado de agregação; F: Forma cristalina e sistema</p> <p>2 - Propriedades ópticas: A. Cor por luz transmitida e refletida; B. Pleocroísmo; C. Índice de refração; D. Birrefringência; E. Extinção; F. Sinal óptico de alongação; G. Figuras de interferência.” (SOUZA, 1996, p.29).</p>	<p><u>Dispersão</u>: “suspensão das partículas do pigmento num meio resinoso, de índice de refração conhecido, preparada na forma de um filme numa lâmina para microscopia.” (SOUZA, 1996, p.43).</p> <p><u>Corte estratigráfico</u>: a microamostra é englobada em um bloco de resina (epoxidica, acrílica ou poliéster) que, após polimerizada, é lixada expondo a seção transversal da amostra.</p> <p>“Pigmentos, metais, materiais pétreos, vidros, fibras têxteis e papel são materiais que podem ser identificados por esta técnica utilizando microamostras. Por sua vez aglutinantes, vernizes, adesivos, ceras, colas e resinas, com raras exceções, podem ser identificados.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p.198).</p>
<p>MICROSCÓPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA</p>	<p>Análises químicas elementares em zonas cujo tamanho seja na ordem de micrometros.</p> <p>Produz uma imagem de alta resolução, permitindo uma avaliação da topografia da superfície da amostra com grande profundidade de campo.</p>	<p><u>Corte estratigráfico</u>: como as amostras devem ser condutoras de eletricidade, os cortes estratigráficos são recobertos por uma camada delgada de ouro ou grafite que as fazem condutoras.</p> <p><u>Microamostras</u></p>

ESPECTROSCOPIA ELETRÔNICA ULTRAVIOLETA- VISÍVEL	<p>Determinação quantitativa de alguns compostos orgânicos e inorgânicos (WUNDERLICH, 2009, p.942). “Estudo de resinas empregadas como vernizes e na identificação de corantes.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p.198). Exemplos: quantificação de resina fenólica; quantificação de teor de melamina; quantificação de dióxido de titânio; quantificação de cobre; quantificação de ferro; determinação do tamanho de partícula; demanda química de oxigênio (WUNDERLICH, 2009, p.931).</p>	<p><u>Microamostras e solventes</u> Amostras orgânicas: devem ser diluídas em solvente neutro; Amostras inorgânicas: são criados compostos coloridos por meio da formação de seus complexos solúveis (WUNDERLICH, 2009, p.931).</p>
ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA (AA)	<p>Determinação quantitativa de elementos metálicos (WUNDERLICH, 2009, p.942). Quantificação do elemento presente na amostra por meio da medição da energia absorvida (WUNDERLICH, 2009, p.932). Exemplos: tintas, pigmentos, catalizadores, estabilizadores, efluentes (WUNDERLICH, 2009, p.933).</p>	<p><u>Amostras</u> que contenham elementos metálicos; Amostras devem ser introduzidas como líquidos (WUNDERLICH, 2009, p.933).</p>
ESPECTROMETRIA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (NMR)	<p>Elucidação da estrutura molecular de compostos orgânicos (WUNDERLICH, 2009, p.942). Análise de polímeros/resinas: acrílica, poliéster, poliuretana, fenólica, epóxi, melamina, hidrocarbonetos, plastificantes, surfactantes (WUNDERLICH, 2009, p.933). Espectrometria de absorção que gera o espectro de NMR (frequência dos picos de absorção x intensidade) (WUNDERLICH, 2009, p.933).</p>	<p><u>Amostras</u> em estado físico líquido ou sólido; com boa solubilidade em solvente para NMR.</p>
ESPECTROMETRIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	<p>Informações sobre grupos funcionais e estruturas de compostos orgânicos e inorgânicos (WUNDERLICH, 2009, p.942). Exemplos: resinas, pigmentos, cargas, solventes e aditivos</p>	<p><u>Microamostras:</u> Amostras previamente selecionadas são colocadas sob uma janela de diamante que é sobreposta e parafusada por uma outra janela de diamante. A pressão exercida pelas janelas na amostra é suficiente para transformá-la em um filme. Esse conjunto é levado ao espectrômetro para obtenção do espectro da amostra. Com os acessórios necessários podem ser analisadas amostras nos estados: sólido, líquido ou</p>

		gasoso (WUNDERLICH, 2009, p.929).
ESPECTROSCOPIA RAMAN	“Identificação de moléculas baseada nas energias vibracionais características das ligações químicas.” (NEIVA, 2012, p. 4).	<u>Corte estratigráfico</u> <u>Microamostras</u>
ENERGIA DISPERSIVA DE ESPECTROSCOPIA DE RAIOS-X	Denominado de: <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (EDS) - Espectroscopia por energia dispersiva – ou Microsonda Eletrônica; Análise elementar ou caracterização química de uma amostra; “O modo de energia dispersiva significa que todas as fluorescências emitidas são analisadas. Existe o modo sem dispersão de energia <i>Wavelength Dispersive Spectroscopy</i> (WDS) - Espectroscopia por comprimento de onda dispersivo – no qual se seleciona a fluorescência a ser analisada.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p.202).	<u>Corte estratigráfico</u> <u>Microamostras</u>
DIFRAÇÃO DE RAIOS-X	Informação sobre substâncias; Análises composicional de materiais cristalinos (pigmentos sintéticos, alguns pigmentos orgânicos, como o índigo, produtos da corrosão do metal e outros componentes químicos).	<u>Corte estratigráfico</u> <u>Microamostras</u>
FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X	Informações sobre elementos constituintes; Identifica átomos com número atômico maior do que 23.	<u>Microamostras</u>
CROMATOGRAFIA GÁS LÍQUIDO	Técnica de separação de substâncias através de um meio; Identificação de materiais orgânicos (aglutinantes, óleos, ceras, resinas naturais e betumes); Também se aplica para determinação dos açúcares constituintes principais dos amidos e gomas.	<u>Microamostras</u>
PIRÓLISE ACOPLADA A CROMATOGRAFIA GASOSA E A ESPECTROMETRIA DE MASSAS (PY-GC/MS)	A técnica é eficiente na identificação dos diferentes polímeros acrílicos e vinílicos usados nos materiais pictóricos artísticos (SCHOSSLER, 2001).	<u>Microamostras</u>

CROMATOGRAFIA GASOSA (GC)	Separação e quantificação de compostos voláteis ou volatilizáveis (WUNDERLICH, 2009, p.942). Aplicação: análise quantitativa de misturas complexas de solventes em: tintas, resinas, thinners, banhos cataforéticos; análise de ácidos graxos e polióis; pirólise (determinação monomérica de um polímero) (WUNDERLICH, 2009, p.934).	<u>Amostras</u> voláteis ou volatilizáveis após um processo de derivação ou ainda pela pirólise de polímeros (WUNDERLICH, 2009, p.934).
CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA PERFORMANCE (HPLC)	Separação e identificação de compostos de baixo peso molecular, não voláteis e semi-voláteis (WUNDERLICH, 2009, p.942). Aplicação: determinação quantitativa de: isocianatos, anidrido trimelítico, hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, absorvedores UV; Identificação de: ácido graxos, plastificantes, resinas epóxi (WUNDERLICH, 2009, p.937).	<u>Amostras</u> totalmente solúveis na fase móvel e de preferência não voláteis (WUNDERLICH, 2009, p.937).
CROMATOGRAFIA DE PERMEAÇÃO EM GEL (GPC)	Determinação da distribuição de peso molecular e média dos tamanhos das moléculas dos polímeros; separação de misturas complexas de polímeros e aditivos (WUNDERLICH, 2009, p.942). Aplicação: média de peso molecular e distribuição de peso molecular de polímeros para: pesquisa, controle de qualidade, separação preparativa e isolamento para outras análises (sistemas multicomponentes) (WUNDERLICH, 2009, p.939).	<u>Amostras</u> totalmente solúveis na fase móvel.
TESTES MICROQUÍMICOS	Caracterização de espécies químicas por meio de reações de precipitação, complexação e formação de compostos com reagentes específicos (observadas ao microscópio ou em lupa binocular).	<u>Microamostras</u>

<p>TESTES DE SOLUBILIDADE</p>	<p>Testes físicos e químicos, realizados com auxílio de lentes de aumento, que permitem a identificação de um determinado composto por meio de sua solubilidade em um segundo composto de polaridade conhecida; Aplicado em aglutinantes orgânicos, pois os pigmentos possuem baixa solubilidade; Estágios de solubilidade: dissolver, inchar, humectar.</p>	<p><u>Microamostras e solventes</u></p>
<p>CALORIMETRIA DIFERENCIAL (DSC)</p>	<p>Medição das transformações física ou químicas que envolvem a absorção ou liberação de calor (WUNDERLICH, 2009, p.942). Aplicações: Obtenção da temperatura de transição: <i>glass transition</i> (Tg), cristalização (Tc), fusão (Tf), cura e decomposição; Medidas quantitativas: calor específico (Cp), calor de fusão, calor de cristalização, calor de reação, energia de ativação (WUNDERLICH, 2009, p.940).</p>	<p><u>Amostras</u> em estado físico líquido ou sólido</p>
<p>ANÁLISE TERMOMECAICA (TMA)</p>	<p>Medição de propriedades por meio da correlação da variação de temperatura (ou tempo) e da deformação (movimento), produzindo um gráfico característico (WUNDERLICH, 2009, p.941). Aplicação: coberturas (incluindo tintas ou substratos): polímeros, plásticos e resinas (WUNDERLICH, 2009, p.941).</p>	<p><u>Amostras</u> em estado físico sólido na forma de filmes, pós ou fibras.</p>
<p>ANÁLISE TERMOGRAVI-MÉTRICA (TGA)</p>	<p>Medição da alteração de massa na amostra como função de temperatura (WUNDERLICH, 2009, p.942). Aplicação: amostras líquidas ou sólidas pouco voláteis.</p>	<p><u>Amostras</u> em estado físico líquido ou sólido</p>

Fonte: Elaborado pela autora, baseado em WUNDERLICH (2009), FIGUEIREDO JÚNIOR (2012), FELLER (1986)¹³⁵ *apud* SOUZA (1996) e McCRONE (1982)¹³⁶ *apud* SOUZA (1996);

¹³⁵ FELLER, R. L. (editor), **Artist's Pigments**, A Handbook of their History and Characteristics; Washington: National Gallery of Art, p.285-97, 1986.

¹³⁶ McCRONE, William C.. **The Microscopical Identification of Artist's Pigments**. Journal of the International Institute for Conservation - Canadian Group, v.7, n. 1&2 p.11-34, 1982.

DERRICK (1999), SCHOSSLER (2001); SALA (2008)¹³⁷ *apud* ROSADO (2011)

3.1.1.1 Exames para identificação de resinas sintéticas

A caracterização de tintas para uso imobiliário compõe um segmento da engenharia de materiais vinculado à indústria química de tintas, que é comum ao patrimônio cultural edificado. Há normativas brasileiras para tintas de construção civil, caracterização de tintas em estado líquido e na forma de película aplicada (APÊNDICE 1 REFERÊNCIAS NORMATIVAS VIGENTES DE TINTAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL). Porém não existem especificações nacionais para a identificação de tintas aplicadas, principalmente em bens do patrimônio cultural edificado.

As tintas industriais não são o foco desta dissertação, mas, dado o desenvolvimento do campo, podem elucidar uma nova abordagem para as tintas imobiliárias. Gnecco (2009) apresenta os principais ensaios em tintas industriais e de manutenção industrial:

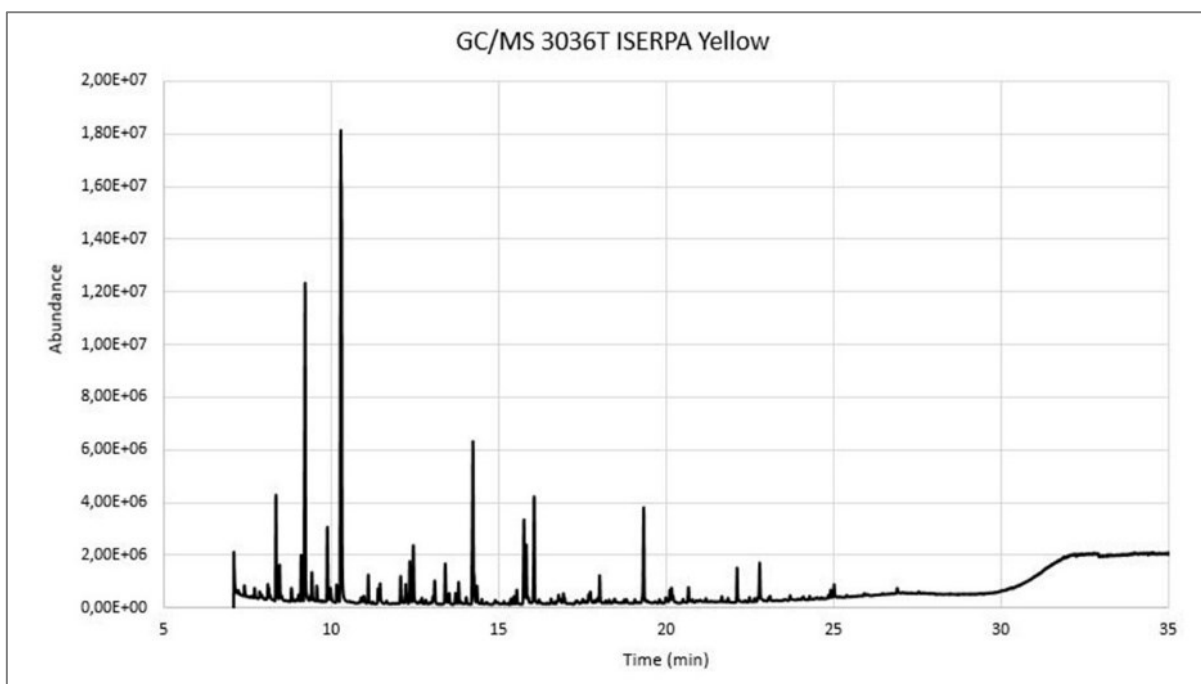
- Ensaio de identificação da composição de tinta líquida: Sólidos por massa ou matéria não volátil, sólidos por volume, teor de pigmento;
- Ensaio para caracterização com tinta líquida: Massa específica, finura de moagem, poder de cobertura, viscosidade no Copo Ford n° 4, viscosidade no viscosímetro Stormer, tempo de secagem ou de cura, ponto de fulgor (*Flash Point*), medidas de espessura do filme úmido;
- Ensaio para caracterização com tinta seca: Preparação de corpos de prova, medidas de espessura do filme seco não destrutivo (imã permanente, aparelho magnético, corrente de fuga), aderência (cortes em grade e em X), dureza Sward-Rocker, Dureza Koenig, abrasão a úmido, flexibilidade no mandril cilíndrico ou cônico, impacto, brilho, cor, sistema Munsell;
- Ensaio de exposição com tinta seca: Névoa salina (*salt spray*), umidade, umidade e anidrido sulfuroso, intemperismo artificial e imersões.

Learner (2004) lista cronologicamente os métodos para identificação de resinas tradicionais: (i) cromatografia gasosa (GC) acoplada com espectrometria de massa (GC-MS) (Figura 58); (ii) Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de

¹³⁷ SALA, Oswaldo. **Fundamentos da espectroscopia Raman e no infravermelho**. São Paulo: UNESP, 2008.

Fourier (FTIR) e (iii) espectrometria de massa determinada por temperatura direta (DTMS). A aplicação destes métodos em resinas sintéticas requer algumas modificações, como o acoplamento de um sistema de pirólise à GC-MS. A FTIR não demanda alterações no método. A DTMS ainda é um equipamento pouco acessível e apresenta técnica onerosa.

Figura 58 - Exemplo de espectro de Py-GC-MS



Legenda: Espectro de Py-GC-MS da cor amarela em destaque na Figura 51 – B

Fonte: Acervo LACICOR/CECOR (2018)

A identificação das resinas constituintes das tintas modernas pode ocorrer com exames *in situ* e em laboratório. Caso a instituição possua o equipamento portátil, o FTIR pode ser realizado *in situ*. A Py-GC-MS e a DTMS (Quadro 26) são restritas ao laboratório, pois necessitam de equipamentos robustos e alcançam elevadas temperaturas.

GC, GC-MS, FTIR e DTMS podem ser aplicáveis à análise de pintura assim que um novo conjunto de padrões for medido. FTIR e os instrumentos de DTMS não requerem modificações adicionais, mas os sistemas GC e GC-MS não são adequados para todos os materiais sintéticos devido a seus altos pesos moleculares (ou seja, eles são não voláteis e frequentemente insolúveis em solventes), além da incapacidade de extrair componentes diagnósticos de uma matriz polimérica. No entanto, esses materiais poliméricos podem ser efetivamente divididos em fragmentos voláteis por meio da pirólise - calor na ausência de oxigênio - e os fragmentos podem ser separados

e identificados por GC ou GC-MS.¹³⁸ (LEARNER, 2004, pp.30-31).

Quadro 26 - Visão geral de métodos analíticos para identificação de tintas modernas

TÉCNICA	PIRÓLISE EM COMBINAÇÃO COM CROMATOGRAFIA GASOSA E ESPECTROMETRIA DE MASSA (PY-GC-MS)	ESPECTROMETRIA DE MASSA DETERMINADO POR TEMPERATURA DIRETA (DTMS)
METODOLOGIA	<p>A amostra de tinta é pirolisada, ou seja, submetida a temperaturas suficientemente altas (entre 500°C e 700°C) no interior de uma câmara livre de oxigênio. As moléculas constituintes da tinta são quebradas em fragmentos menores.</p> <p>Estes produtos voláteis da pirólise são introduzidos diretamente em um cromatógrafo de gás para separação e detecção.</p> <p>O pirograma resultante contém picos identificáveis, em tempos de retenção característicos, de vários componentes da amostra em análise.</p> <p>Adicionando um espectrômetro de massa a este sistema é possível obter um espectro de massa para cada pico, podendo confirmar sua identidade com quase 100% de precisão.</p>	<p>DTMS é uma forma de espectrometria de massa de pirólise (Py-MS) em que os produtos da pirólise são introduzidos diretamente na fonte de íons de um espectrômetro de massa, com o recurso adicional de uma rampa de temperatura na sonda de pirólise.</p> <p>Isso permite que os componentes de uma mistura tenham diferentes temperaturas de pirólise para serem separadas no estágio de aquecimento.</p>
VANTAGENS	<p>Técnica mais acessível quanto a aquisição de equipamentos e viabilidade técnica.</p>	<p>Identifica produtos de pirólise de maior peso molecular e polaridade ou baixa estabilidade.</p> <p>No caso das tintas, além do meio de ligação, alguns pigmentos inorgânicos podem ser identificados.</p> <p>Apresenta taxa de análise rápida (a maioria das execuções leva alguns segundos) e aumento na eficiência da transferência dos produtos no segmento analítico.</p>

¹³⁸ Tradução nossa do original: "GC, GC-MS, FTIR, and DTMS may be applicable to modern paint analysis once a new set of standards has been measured. FTIR and DTMS instruments require no further modifications, but GC and GC-MS systems are not suited to all these synthetic materials because of their high molecular weights (i.e., they are nonvolatile and frequently insoluble in solvents) and the inability to extract diagnostic components from the polymer matrix. Nevertheless, these polymeric materials can be effectively broken down into volatile fragments through pyrolysis—heat in the absence of oxygen — and the fragments can be separated and identified by GC or GC-MS." (LEARNER, 2004, pp.30-31).

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Learner (2004)

A radiação infravermelha é a fonte de energia para análises de microamostras empregando a Espectrometria no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Espectroscopia RAMAN. As informações obtidas utilizando a radiação infravermelha variam conforme a região do espectro. “A área mais estudada é a área do infravermelho médio. Nela se situam principalmente as ligações covalentes. Praticamente todos os compostos orgânicos possuem ligações covalentes. Os aglutinantes como óleo, as têmperas [...], as resinas [...] e os tecidos.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p.196).

Do ponto de vista de aplicação, como também de instrumentação, o espectro no infravermelho é convenientemente dividido em infravermelho próximo (*near infrared*, NIR, de 780 a 2500 nm), médio (*mid infrared*, MID, de 2500 a 50000 nm) e distante (*far infrared*, FAR, de 50000 a 106 nm). (RAIMUNDO JUNIOR; SILVA; PIMENTEL, 2009, p.1636).

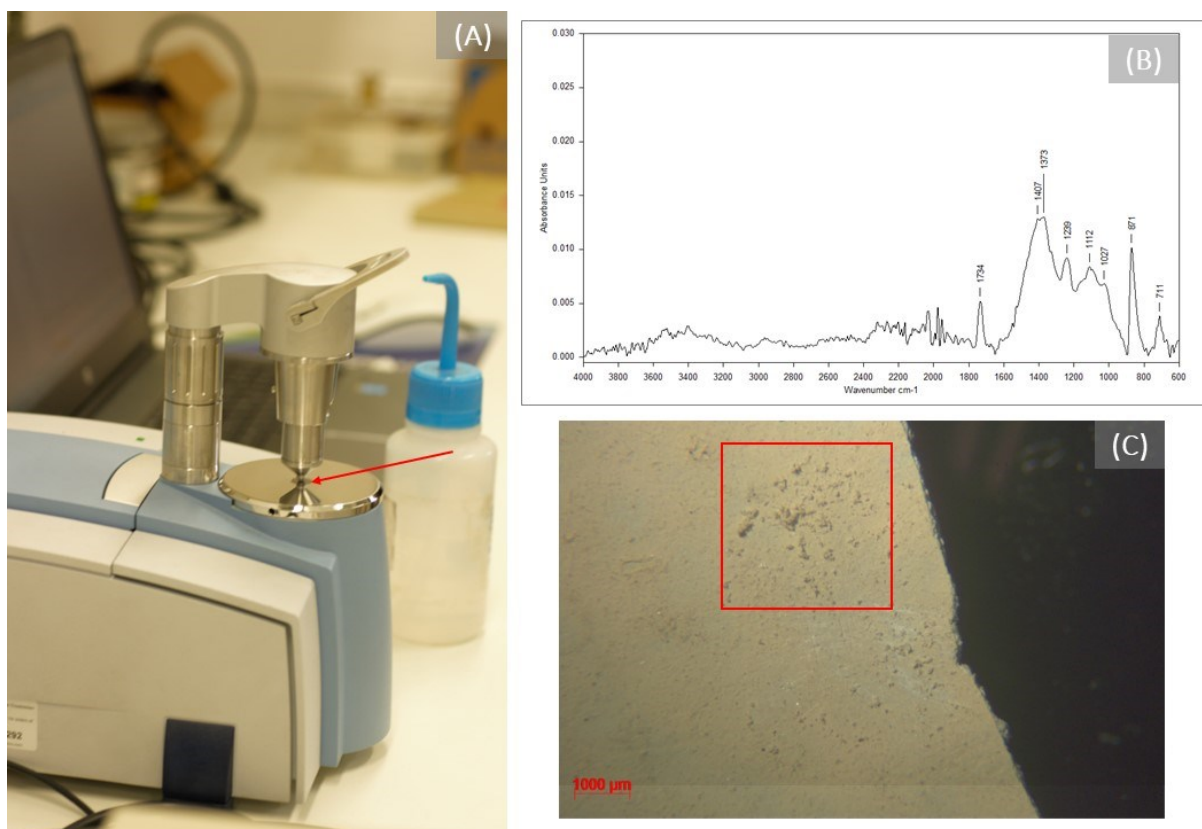
A FTIR é uma ferramenta de análise de materiais orgânicos e inorgânicos, utilizando o espectrômetro de infravermelho com dados tratados pelo processo matemático da transformada de Fourier. “A espectroscopia de absorção na Região do Infravermelho (IV) é baseada no princípio de que átomos vibrando em torno de suas ligações químicas podem absorver fótons na região do infravermelho no espectro, pois as energias associadas ao movimento de vibração são da mesma frequência do IV.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p.195). Cada movimento da molécula possui um valor associado de energia que depende do tipo de movimento, do tipo de ligação e dos átomos envolvidos (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012). Utilizando este princípio, a técnica do FTIR identifica as vibrações das ligações químicas de um material, baseada em sua ressonância nas frequências do infravermelho (LEARNER, 2004).

Um espectroscópio de absorção no infravermelho incide sobre as moléculas radiação de infravermelho em várias frequências (medidas na grandeza de números de onda, cm^{-1}) e registra para quais valores houve absorção de energia em função de um movimento específico (a energia absorvida é dada em uma unidade chamada transmitância¹³⁹, T%). O gráfico onde fica registrado o valor de frequência e a energia absorvida é chamado de espectro de absorção no infravermelho. (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p.196).

¹³⁹ “Transmitância é definida por $(I/I_0 \times 100)$, sendo I feixe transmitido e I_0 o feixe incidente sobre a amostra. A transmitância nos diz a porcentagem de energia transmitida pela amostra.” (FIGUEIREDO JÚNIOR, 2012, p.196).

O processo da FTIR consiste na seleção de uma microamostra do fragmento em análise e sua disposição no porta amostras do espectrômetro (Figura 59 A). A microamostra pode consistir em fragmentos ou material raspado (pó) (Figura 59 C), que são prensados para a transformação em um filme (ROSADO, 2011).

Figura 59 - Etapas do exame de Espectrometria no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)



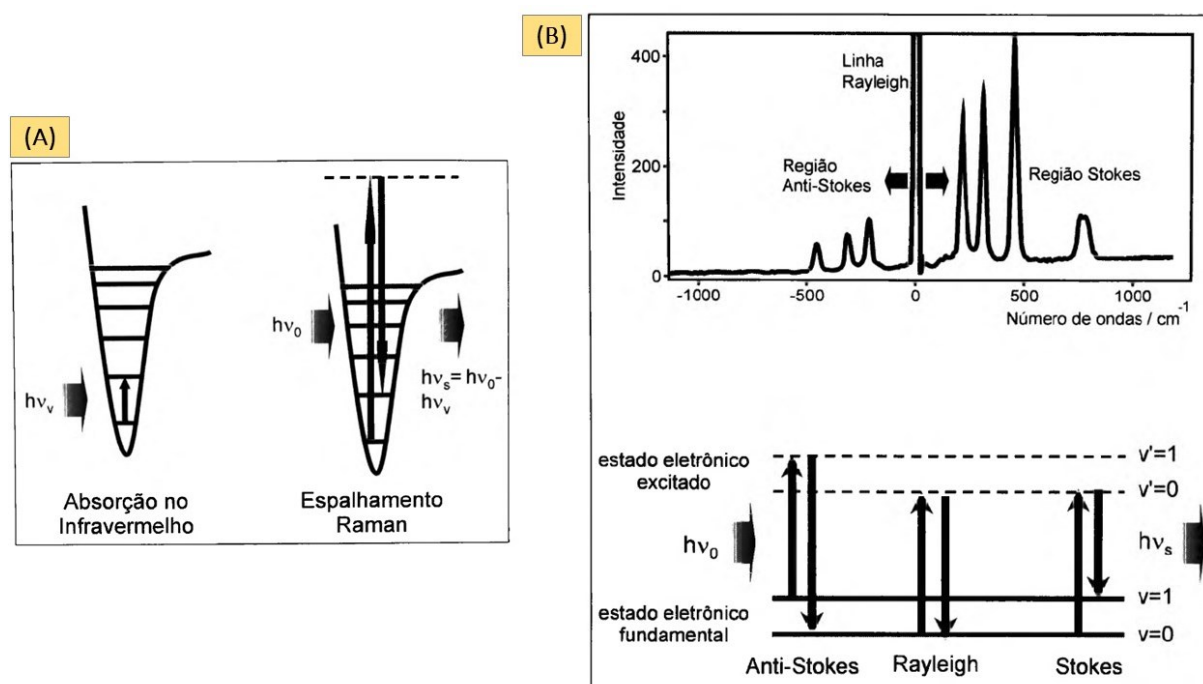
Legenda: (A) Espectrômetro de infravermelho e seu computador anexo, destaque para o “porta amostra” (seta vermelha), Fotografia de Thais Costa;
 (B) Espectro de absorvância do material raspado da camada pictórica mais externa da amostra AM_3549T;
 (C) Fragmento da amostra AM_3549T visto sob microscópio estereoscópico (aumento 18x), destaque para o material raspado da camada pictórica rosa claro

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

O produto deste exame é um espectro limpo e específico da amostra, que é comparado com o espectro padrão de materiais orgânicos e inorgânicos (Figura 59 B). Esta comparação é feita por meio dos picos característicos de absorvância em determinado comprimento de onda, identificando o composto químico (SOUZA, 1996, pp. 37-38). Esta identificação colabora, ou esclarece, as inferências realizadas nos exames anteriores.

A Espectroscopia Raman (Figura 60), ou espalhamento Raman, gera um espectro vibracional¹⁴⁰ da amostra sob radiação infravermelha. Ela se assemelha à espectroscopia no infravermelho pela fonte de radiação, mas se diferencia pela propriedade óptica analisada.

Figura 60 - Ilustração da metodologia da Espectroscopia Raman



Legenda: (A) A absorção de determinados componentes da radiação no infravermelho dá origem às bandas observadas no espectro, que são características de vibrações específicas em moléculas ou íons. Na espectroscopia Raman informações semelhantes são obtidas por meio do espalhamento de luz e não da sua absorção; neste caso o fóton incidente ($h\nu_0$) é destruído e um fóton espalhado ($h\nu_s$) é criado.

(B) A radiação espalhada pode ter energia igual ou diferente da radiação incidente. Se for igual, a diferença de energia entre elas é zero e no espectro Raman esse tipo de Radiação aparece como uma linha intensa em 0 cm^{-1} (linha Rayleigh). Se for diferente, tanto pode ser maior quanto menor, dando origem às regiões anti-Stokes e Stokes do espectro, respectivamente. As intensidades das bandas na região anti-Stokes dependem do número de moléculas no estado vibracionalmente excitado ($v=1$).

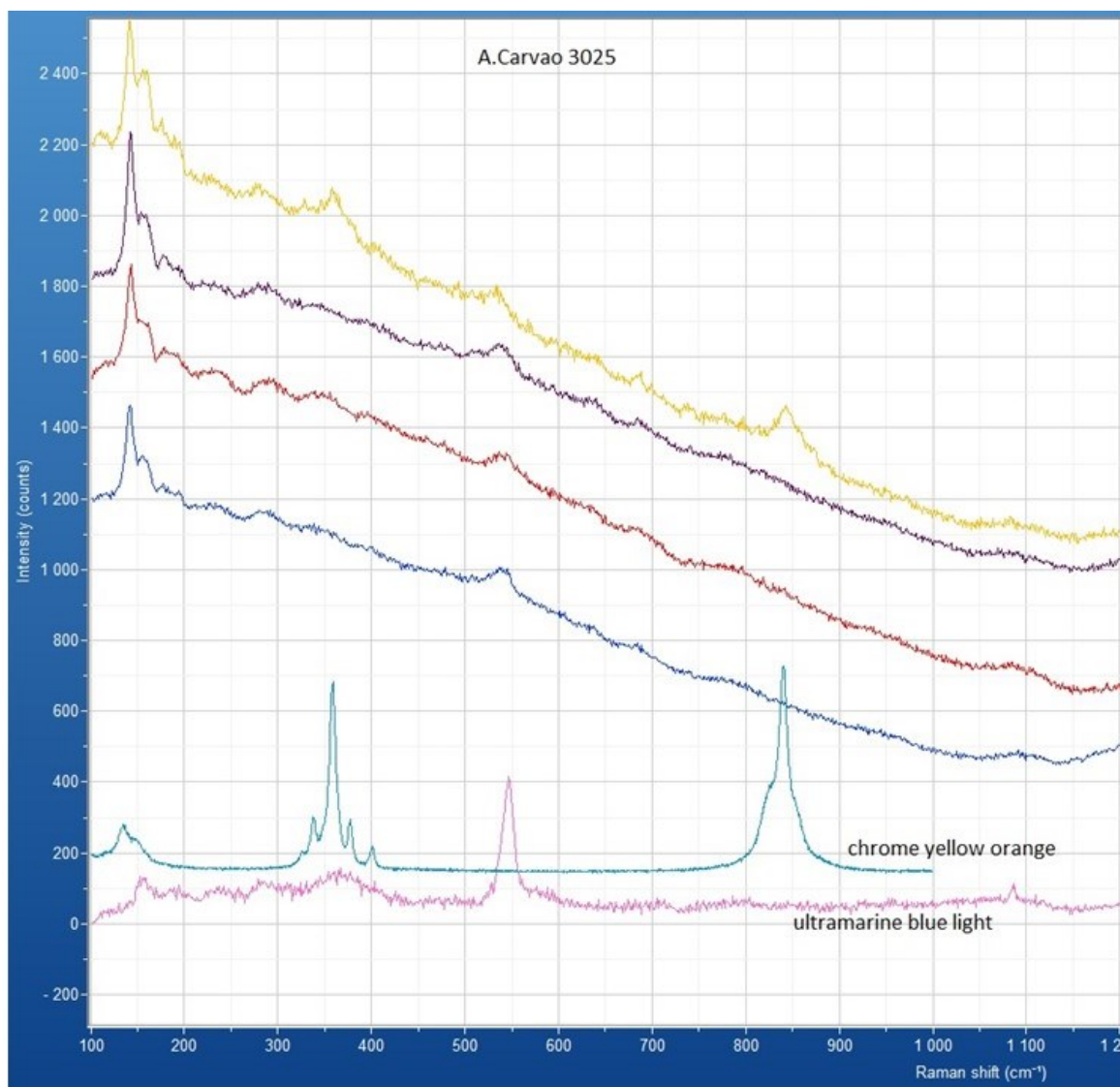
Fonte: Faria, Afonso e Edwards (2002)

A espectroscopia Raman resulta do processo de difusão, ou espalhamento, da

¹⁴⁰ "As espectroscopias de infravermelho e a Raman medem os níveis de energia vibratória associados às ligações químicas na amostra através da interação da radiação eletromagnética com o movimento vibracional dos núcleos, o que gera o espectro vibracional." (SANTOS; MENEZES; ELLENA; ANDRADE, 2019, p.490).

radiação; enquanto a espectroscopia no infravermelho apresenta os resultados de absorção (Figura 61). Segundo Faria, Afonso e Edwards (2002) a espectroscopia Raman e o FTIR são técnicas complementares de fenômenos diferentes (espalhamento e absorção), pois, juntas abrangem uma larga banda do espectro - compostos orgânicos e inorgânicos.

Figura 61 - Exemplos de espectros Raman



Legenda: Os espectros de cor amarela, roxa, vermelha e azul são de pigmentos de uma obra de Aloiso Carvão. Há presença de dois espectros de referência dos pigmentos: Amarelo de Cromo (*chrome yellow orange*) na cor verde e Azul Ultramar (*ultramarine blue light*) na cor rosa. O espectro de cor amarela indica evidências (picos) da presença de pigmentos amarelo de cromo e azul de ultramar.

Fonte: Acervo LACICOR/CECOR (2018)

Ao contrário da Espectroscopia FTIR, que investiga mudanças nos momentos dipolares, a Raman investiga as mudanças na

polarizabilidade das ligações moleculares. A interação da luz com uma molécula pode induzir à deformação de sua nuvem de elétrons. Sabe-se que essa deformação é uma mudança na polarizabilidade. As ligações moleculares têm transições de energia específicas nas quais ocorre uma mudança na polarizabilidade, dando origem aos modos ativos em Raman. (METTLER TOLEDO, 2020).

O princípio da Espectroscopia Raman¹⁴¹ (Figura 61) permite o reconhecimento da assinatura vibracional de uma molécula, identificando sua composição e interação com os elementos do entorno (METTLER TOLEDO, 2020). Ela é um registro da intensidade da radiação espalhada pela amostra, em função da energia da radiação na mesma escala do espectro de absorção no infravermelho (FARIA; AFONSO; EDWARDS, 2002, p.252). “A energia da radiação espalhada não é fornecida em números absolutos, mas sim como a diferença (ΔE_v) entre a energia da radiação incidente (E_i) e a espalhada ($E_i - E_e = \Delta E_v$), muitas vezes chamada de deslocamento Raman (*Raman shift*).” (FARIA; AFONSO; EDWARDS, 2002, p.252).

O processo de difusão Raman, conforme descrito pela mecânica quântica, se dá quando os fótons interagem com uma molécula que pode evoluir para um estado virtual, de maior energia. A partir desse estado de maior energia, podem ocorrer resultados diferentes. Um desses resultados seria o relaxamento da molécula até um nível de energia vibracional que é diferente do nível de energia do seu estado inicial, produzindo um fóton de energia diferente. A diferença entre a energia do fóton incidente e a energia do fóton propagado é chamada de deslocamento Raman. (METTLER TOLEDO, 2020).

Mettler Toledo (2020) ressalta que a fonte é monocromática, normalmente proveniente de diodos de laser, produzindo radiação a 785nm. Esta restrição de banda colabora com a redução da fluorescência de moléculas orgânicas em radiações de comprimento de onda baixo (METTLER TOLEDO, 2020).

Como a presente dissertação integra o projeto de pesquisa “*History of Modern House Paints in Brazil*” e considerando a parceria entre os laboratórios envolvidos, as amostras selecionadas do estudo de caso seriam analisadas no Departamento de Ciência do *Getty Conservation Institute (GCI)*. Entretanto, eventos climáticos ocorridos

¹⁴¹ “Quando a luz interage com as moléculas de um gás, líquido ou sólido, a maior parte dos fótons é dispersa ou propagada com a mesma energia que os fótons incidentes. Esse fenômeno é descrito como difusão elástica ou difusão Rayleigh. Uma pequena parte desses fótons, cerca de 1 fóton em 10 milhões, é propagada em uma frequência diferente da frequência do fóton incidente. Esse processo é chamado de difusão inelástica ou efeito Raman, em homenagem a Sir C.V. Raman, que descobriu o fenômeno e ganhou o Prêmio Nobel em Física em 1930 pelo seu trabalho.” (METTLER TOLEDO, 2020).

na sede do GCI em Los Angeles (California) no segundo semestre de 2019 e os desdobramentos da pandemia do COVID-19 no início de 2020 impediram a concretização desses exames.

A caracterização das tintas modernas neste trabalho se restringiu aos equipamentos disponíveis no LACICOR-CECOR-EBA-UFMG, apresentados no item 4.4 - Estudo de caso: Exames globais em laboratório. O Departamento de Química, o Departamento de Física e o Centro de Microscopia da UFMG possuem equipamentos para a realização de exames complementares, entretanto a suspensão das atividades acadêmicas, em 18 de março de 2020, impediu a continuidade dessas análises.

CAPÍTULO 4

OS SISTEMAS DE REVESTIMENTO DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO: ESTUDO DE CASO



4.1 O edifício da Secretaria de Transportes e Obras Públicas: Estudo de caso

O estudo de caso da pesquisa é o edifício sede da antiga Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas (SETOP). Localizado na Praça da Liberdade (Figura 2), na cidade de Belo Horizonte, esse edifício compunha o então centro cívico da administração do Estado de Minas Gerais (OLHAR HISTÓRICO, 2020). A edificação foi projetada para receber a Secretaria de Agricultura de Minas Gerais (Figura 62) e fundada em 12 de dezembro de 1897, simultaneamente a inauguração oficial da Cidade de Minas - a Nova Capital do Estado.

Figura 62 - O edifício da Secretaria de Estado de Transporte e Obras Públicas através do tempo



Legenda: (A) Fotografia da Antiga Secretaria de Viação e Obras Públicas. Foto: Acervo IEPHA/MG (1910);
(B) Fotografia da futura sede da Casa do Patrimônio Cultural. Foto: Acervo IEPHA/MG (2014)

Fonte: IEPHA/MG (2020a)

O projeto de autoria do arquiteto¹⁴² José de Magalhães (ANEXO 6 DICIONÁRIO BIBLIOGRÁFICO DE CONSTRUTORES E ARTISTAS DE BELO HORIZONTE 1894-1940) teve sua construção empreendida pela Comissão Construtora da Nova Capital (C.C.N.C) e executada por José Francisco Condença (ANEXO 6 DICIONÁRIO

¹⁴² “A acepção ‘arquiteto’ merece reservas; muitos que se diziam portadores do título não o eram realmente e se matriculavam como desenhistas [...] Deve-se ter em mente a importância relativa do diploma como comprovante profissional, naquele momento, no Brasil. O próprio José de Magalhães, engenheiro-geógrafo pela Politécnica do Rio, embora tenha permanecido anos na *École des Beaux-Arts* de Paris, não obteve diploma — o que não impediu que assumisse os projetos mais importantes da Nova Capital. E ele não é um caso isolado.” (SALGUEIRO, 1997, pp.23-24)

BIBLIOGRÁFICO DE CONSTRUTORES E ARTISTAS DE BELO HORIZONTE 1894-1940) entre os anos de 1895 e 1897 (IEPHA/MG, 1998a). A edificação em arquitetura eclética e influência neoclássica reflete a linguagem de seu tempo, seja pela opção do estilo, seja pelo uso de materiais novos.

Na adaptação dos materiais às condições locais ou às situações específicas de construção/reconstrução, subentendem-se dados para uma história da técnica e da arqueologia industrial no País. Arrolam-se, nesse sentido, fábricas de ladrilhos, de cerâmicas e/ou de “pedras plásticas”, construções das primeiras pontes e obras de concreto armado. Os recursos dos canteiros de obras, as tradições diversas de ocupação do espaço urbano confrontados em Belo Horizonte certamente introduziram diferenças nas “maneiras de fazer”. Sabemos que a arquitetura é uma prática que depende das variações dos procedimentos tecnológicos, dos limites do orçamento e da mão-de-obra envolvida. A materialidade das formas contém as realidades e os conflitos que as erguem. Leem-se em Camarate as queixas de José de Magalhães sobre a “estética barata” que presidia as obras de Belo Horizonte, dado o emprego de materiais como o estuque, “simulando” o mármore e a pedra, em vez dos “processos modernos de construir”, ou seja, as “elegantes, leves e racionais construções de ferro e tijolo”.¹⁴³ Declarações que mostram também a distância entre as intenções dos construtores e as condições práticas da construção, dado a considerar na história da arquitetura brasileira. (SALGUEIRO, 1997, p.25).

Na inauguração a edificação apresentava três pavimentos e abrigava as seguintes instituições: 1º Pavimento – Prefeitura; 2º Pavimento – Secretaria de Agricultura; 3º Pavimento – Repartição de terras e colonização. Tais pavimentos são conectados por uma escada metálica no vão central (Figura 63 B). “Do hall, sai uma escadaria de ferro fundido pela companhia belga *Societé Des Acieries de Bruges* (Figura 62 A). É um trabalho artístico que foi montado em um sistema inovador para a época, o Joly¹⁴⁴, que permite a sustentação do próprio peso.” (OLHAR DIGITAL, 2020). Entre os anos de 1924 e 1925 foram inseridos o quarto pavimento, o corpo posterior da edificação e

¹⁴³ Cf. crônicas de 1894 publicadas na Revista do Arquivo Público Mineiro, ano XXXVI, p. 104, 133 e 195, 1985.

¹⁴⁴ “Um típico produto do auge da revolução industrial do século XIX, o sistema Joly ajudou a consolidar o conceito de arquitetura industrial. Trata-se da confecção de partes e estruturas construtivas desmontáveis em ferro fundido, principalmente escadarias e seus acessórios. O avanço da metalurgia, da extração do ferro e da produção em massa devido aos avanços técnicos, as estruturas metálicas passaram a compor escadarias, cúpulas, vigas e até mesmo edifícios inteiros como o famoso Palácio de Cristal de Londres. O Sistema Joly, para a época, era prático, rápido e eficiente, pois aumentava a velocidade das construções, tanto que levou um prêmio numa grande exposição universal de Londres em meados do século XIX. As escadas em sistema Joly ainda possuíam outra vantagem sobre as convencionais escadas de madeira; em caso de incêndio, sua estrutura metálica permanecia de pé mesmo sob chamas, aumentando a segurança dos edifícios.” (MIRAR COM LUPA, 2012).

seis vãos no 1° e 2° pavimentos (IEPHA/MG, 1998a). O edifício foi novamente ampliado, entre os anos de 1929 e 1934, recebendo seu último andar (5° andar). Este conjunto de ampliações conformou um pátio central (Figura 63 C) na edificação (Figura 63 D) (IEPHA/MG, 2020b). O edifício foi reconhecido como patrimônio cultural edificado por meio do tombamento pelo estado, em 1977, e pelo município, em 1994.

Figura 63 - Interior da edificação estudo de caso



Legenda: (A) Escadaria de ferro fundido, patamar entre o 1° e 2° pavimentos;
 (B) Revestimento pictórico, patamar entre o 2° e 3° pavimentos;
 (C) Pátio interno;
 (D) Corredores laterais do pátio interno.

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Google Street View (2017).

O tombamento do Conjunto Arquitetônico e Paisagístico da Praça da Liberdade que compreende seus jardins, alamedas, lagos, hermas, fontes e monumentos, bem como os prédios das Secretarias de Estado da Fazenda, **Obras Públicas (antiga Sec. da Agricultura)**, Educação (antiga Sec. do Interior), Segurança Pública e Interior e Justiça, pelo seu aspecto externo, incluindo as fachadas e seu interior, com decorações, escadarias monumentais, pinturas de tetos, painéis, vitrais e os prédios dos Palácios da Liberdade e dos Despachos de acordo com a demarcação feita na planta que determina a área de tombamento, foi aprovado pelo Decreto nº. 18.531, de 02 de junho de 1977, sendo então determinada sua inscrição no Livro de Tombo nº. I, do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico; no Livro de Tombo nº. II, do Tombo de Belas Artes e no Livro de Tombo nº. III, do Tombo Histórico, das obras de Arte Históricas e dos Documentos Paleográficos ou Bibliográficos. Inclusos no traçado do perímetro de tombamento encontram-se, o alinhamento do prédio de nº. 263 da rua lateral leste da própria Praça da Liberdade conhecido como Palácio Cristo Rei, o Solar Narbona, o Palacete Dantas, o SERVAS, a residência nº. 2.287 da rua da Bahia, a Praça José Mendes Júnior

defronte ao Palácio dos Despachos, o antigo anexo da Secretaria de Educação e o prédio do setor de empréstimo da Biblioteca Pública Luiz de Bessa. Grande parte deste conjunto recebe também tombamento municipal desde o ano de 1994 integrando o Conjunto Urbano da Praça da Liberdade, Av. João Pinheiro e Adjacências. (IEPHA/MG, 2014, p.51, Grifo Nosso).

A edificação popularmente conhecida como “Prédio Verde” (Figura 64) já hospedou diversas repartições públicas. Atualmente passa por intervenções¹⁴⁵ em seu interior para se adequar à nova função de “Casa do Patrimônio Cultural de Minas Gerais”, tornando-se um centro de referência do Patrimônio Cultural do estado. “O edifício abrigará a sede do IEPHA-MG, com biblioteca, ateliê de restauro aberto, espaço expositivo e espaços para salvaguarda do patrimônio cultural por meio de ações com coletivos de cultura e comunidades tradicionais.” (CIRCUITO LIBERDADE, 2020).

Será implantado um sistema para atendimento às prefeituras dos municípios mineiros em projetos ligados à Cultura e ao Patrimônio. O espaço também sediará conselhos e comissões para ações de salvaguarda de manifestações da cultura popular e de comunidades quilombolas, indígenas, ribeirinhas, de congadeiros, folias de reis, benzedeadas, queijeiros, etc. e abrigará ainda a coordenação do Circuito Liberdade. (CIRCUITO LIBERDADE, 2020).

A documentação histórica vincula os revestimentos pictóricos originais do edifício aos pintores Frederico A. Steckel e Manoel da Costa Azevedo (ANEXO 6 DICIONÁRIO BIBLIOGRÁFICO DE CONSTRUTORES E ARTISTAS DE BELO HORIZONTE 1894-1940). “A decoração do edifício, devida ao hábil pincel do sr. Frederico Steckel é rematado em estuque¹⁴⁶ e a sua decoração é belíssima e bem assim a dos demais

¹⁴⁵ Durante o desenvolvimento desta dissertação foram realizadas inúmeras tentativas, sem sucesso, de acesso ao referido projeto de intervenção. Algumas intervenções realizadas na edificação foram apresentadas no portal de notícias da instituição: “Para instalar a sede do Instituto no Prédio Verde, foram realizadas intervenções nos terceiro, quarto e quinto andares e parte do subsolo do edifício. Esta etapa da obra de conservação e adequação do prédio da antiga Secretaria de Viação e Obras Públicas incluiu os serviços referentes à execução de novas instalações elétricas e de cabeamento estruturado, instalação de prevenção e combate a incêndio. Uma nova escada de acesso do subsolo ao terceiro pavimento foi construída, além de recomposição de laje e de prospecções estruturais. Trabalho de recuperação de piso em taco, recomposição de reboco e pintura também foram realizados.” (IEPHA/MG, 2020a). O site da instituição apresenta o Edital de Licitação para “Execução de serviços de preparação das alvenarias das fachadas e das esquadrias para recebimento das pinturas a serem executadas através do Convênio firmado entre o IEPHA/MG e Coral, no Programa Tudo de Cor, no antigo prédio da Secretaria de Viação e Obras Públicas do Estado de Minas Gerais – SETOP, que abrigará a Casa do Patrimônio” (ANEXO 7 PROJETO EXECUTIVO DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO SETOP).

¹⁴⁶ “Genericamente dá-se o nome de estuque toda argamassa de revestimento que depois de seca adquire grande dureza e resistência ao tempo. Existem várias modalidades estuques, para variadas finalidades e hoje em dia o termo não designa com precisão a exata ou a correta função daquela argamassa. [...] Com o estuque são feitos altos e baixos relevos, ornatos, cornijas, florões, etc., a mão

comodos [sic] sobressahindo-se [sic] a da sala do secretário, directorias [sic], vestíbulo e escadaria.” (IEPHA/MG, 1998a).

Figura 64 - Fachadas do edifício estudo de caso



Legenda: (A) Fachadas Lateral Esquerda (Rua Gonçalves Dias) e Frontal (Praça da Liberdade);
 (B) Fachadas Frontal (Praça da Liberdade) e Lateral Direita (Lindeiro ao Centro Cultural do Banco do Brasil – CCBB);
 (C) Fachadas Posterior (Rua Sergipe) e Lateral Esquerda (Rua Gonçalves Dias);
 (D) Fachadas Lateral Direita (Lindeiro ao CCBB) e Fachadas Posterior (Rua Sergipe)

livre ou com auxílio de moldes ou formas. Na obtenção dos estuques são empregados vários materiais, principalmente o pó de mármore, a areia, a cal, o cimento, o gesso a greda, etc., além da água necessária e, algumas vezes, da cola.” (LE MOS; CORONA, 2017, p.208). “Greda é carbonato de cálcio amorfo, muito friável, que, quando em relativo estado de pureza, é branco e, por isso, também chamado greda branca ou CRÉ. Normalmente a greda apresenta cor amarela esverdeada e consistência macia e pastosa. É usada para tirar nódoas de gordura e manchas ocasionais na madeira.” (LE MOS; CORONA, 2017, p.245).

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Google Maps (2017)

Alcunhado como Prédio Verde, o edifício abrigou até 2013 a sede administrativa do IEPHA-MG. [...] O prédio já abrigou diferentes repartições públicas: foi sede da Copasa, Secretarias de Ciência e Tecnologia, Turismo, Comunicação Social e Transporte e Obras Públicas, o que o fez também ser denominado como Edifício Setop. Outra de suas denominações é dada justamente pela cor. Com a nova especificação de cores estabelecida em 1988, o prédio deixou de ser o “cinza chapado” passando a ser conhecido como o “Prédio Verde” da Praça da Liberdade. (IEPHA/MG, 2020a).

O estudo de caso foi selecionado por representar uma edificação original da implantação da capital de Minas Gerais, construída pela C.C.N.C.. Ele alcançou a contemporaneidade mantendo, mesmo que encoberto, o sistema de revestimento pictórico original em alguns ambientes. A coloração do sistema de revestimento do edifício foi motivo de investigação na década de 1980. Durante um processo de intervenção na edificação neste período, Askar (1988) analisou as cores pelas quais o prédio já foi pintado.

Não foi encontrada nenhuma descrição sobre a cor original da Secretaria.

Sabe-se que as cores originais das edificações eram renovadas, e quase sempre repetidas em tons mais escuros para adaptar-se à sujeira sobreposta. Hoje [1988] a Secretaria encontra-se pintada de um inexpressivo cinza chapado.

Na retirada de material para verificação a “olho nu” das diversas camadas e respectivas cores pelas quais já passou a Secretaria, notou-se como cor original das fachadas principal e laterais um tom verde bastante esmaecido. Na fachada posterior, um tom de amarelo também desbotado.

Em depoimento oral o Arquiteto Professor Luciano Péret, estudioso da arquitetura dos primórdios da Capital, diz que a cor original da Secretaria de Obras era um “verde oliva oleado” usado nas fachadas principal e laterais, e um “amarelo claro, caiado” na fachada posterior. Ambas as cores eram “chapadas”. Existia o hábito em Belo Horizonte de “olear as casas” seguindo técnica passada pelos estucadores de origem italiana e espanhola.

Entende-se que a arquitetura eclética, da qual a Secretaria é um típico exemplar, deve ver hoje uma nova leitura de sua cor, visando a revitalização dos seus elementos neo-clássicos [*sic*]. (ASKAR, 1988, pp.3-4).

No final da década de 1980 a especificação de pintura para o edifício SETOP foi elaborada considerando a análise de Askar (1988) e a interpretação dos técnicos do IEPHA/MG. Esta discussão sobre a especificação do sistema de revestimento está arquivada na instituição como uma sequência de comunicações oficiais. “A definição

das novas cores foi concluída após pesquisas no IEPHA/MG; no Arquivo Público de Minas Gerais e reunião com os arquitetos Evandro Rocha Mendes e Weber Guimarães do IEPHA/MG”. (IEPHA/MG, 1998b).

Baseado na documentação analisada, acredita-se que as intervenções foram fragmentadas por andares e setores, ocorrendo ao longo da década de 1990 (IEPHA/MG, 1998a). Pela mesma razão, pressupõem-se que o mesmo tratamento superficial foi dado a elementos construtivos iguais. A compilação destas informações está no APÊNDICE 2 MATERIAIS UTILIZADOS NO SISTEMA DE PINTURA DO EDIFÍCIO ESTUDO DE CASO.

4.2 Estudo de caso: Exames globais *in situ*

A visita de campo à edificação estudo de caso ocorreu em outubro de 2019. A inspeção e todos os procedimentos derivados foram realizados com a anuência do IEPHA/MG e acompanhados por técnicos da instituição. Dentre os possíveis exames *in situ* (0 3.2 Exames Globais *in situ*) foram executados a documentação científica por imagem, as análises organolépticas e os estudos estratigráficos.

Na data da visita os equipamentos de análise portáteis do laboratório estavam em manutenção. Não foi possível realizar uma nova inspeção para utilização destes instrumentos pois o período demandado para a manutenção era longo, a evolução das intervenções em curso no interior da edificação (Figura 65) impediria a entrada em alguns ambientes, a disponibilidade da equipe técnica da instituição era limitada e a pandemia do COVID-19 estabeleceu medidas de isolamento social e restrição de público em ambientes.

A documentação científica por imagem se restringiu à fotografia com luz visível. As amplas dimensões dos ambientes e de seus vãos impossibilitaram o bloqueio da iluminação natural, para realização da fotografia de fluorescência de ultravioleta. No laboratório, alguns fragmentos amostrados estabilizados na forma de corte estratigráfico foram observados sob radiação ultravioleta no microscópio estereoscópico.

A avaliação pela análise organoléptica é realizada tanto nos fragmentos, quanto na superfície amostrada. Considerando as dimensões da edificação, as análises organolépticas se restringiram aos locais de amostragem. Estas áreas foram

analisadas com auxílio de uma lupa de cabeça, sob iluminação natural.

Figura 65 - Detalhe de intervenções no interior da edificação



Fonte: Fotografias de Thais Costa (2019)

A descrição detalhada da camada mais externa do revestimento, associada à sua documentação fotográfica, é indispensável para a orientação do fragmento amostrado. Deve-se ter muita clareza quanto a ordenação cronológica das camadas, tais como a primeira, a mais interna, a mais externa, a visível etc. Estes dados viabilizam o desenvolvimento das análises laboratoriais, principalmente, na elaboração do corte estratigráfico. A nomenclatura para orientação do fragmento deve ser estabelecida pelo laboratório ou instituição.

O exame organoléptico dos fragmentos retirados possibilita a identificação de textura, brilho, coloração e poder de cobertura (transparência/opacidade) das tintas. Com o desenvolvimento da pesquisa e a conclusão dos exames científicos, estas características podem auxiliar no reconhecimento precoce do tipo de aglutinante utilizado. Por questões didáticas a descrição das superfícies amostradas é apresentada adiante, associada aos exames científicos em laboratório (4.4 Estudo de caso: Exames globais em laboratório e Documentação científica por imagem).

Alguns estudos estratigráficos identificados *in situ* foram realizados por profissionais do IEPHA/MG e não pela autora. As janelas de prospecção (Figura 66) presentes em muitos ambientes integram o material técnico para as intervenções na edificação.

Figura 66 - Destaques dos estudos estratigráficos no segundo pavimento



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de Google Street View (2017)

Durante a realização da pesquisa não foi possível ter acesso às interpretações destes estudos estratigráficos, eles se encontravam em processo de avaliação pelo corpo técnico do IEPHA/MG. Por outro lado, a pesquisa nos acervos documentais da mesma instituição revelou estudos estratigráficos realizados na década de 1980, para identificação de pinturas parietais no hall (IEPHA/MG, 2003d) (APÊNDICE 3 ESTUDOS ESTRATIGRÁFICOS SETOP EM 1998). Estes estudos auxiliarão na interpretação dos resultados alcançados. Como os exames *in situ* não foram suficientes para alcançar os objetivos propostos por este trabalho, a continuidade das análises demanda a retirada de amostras.

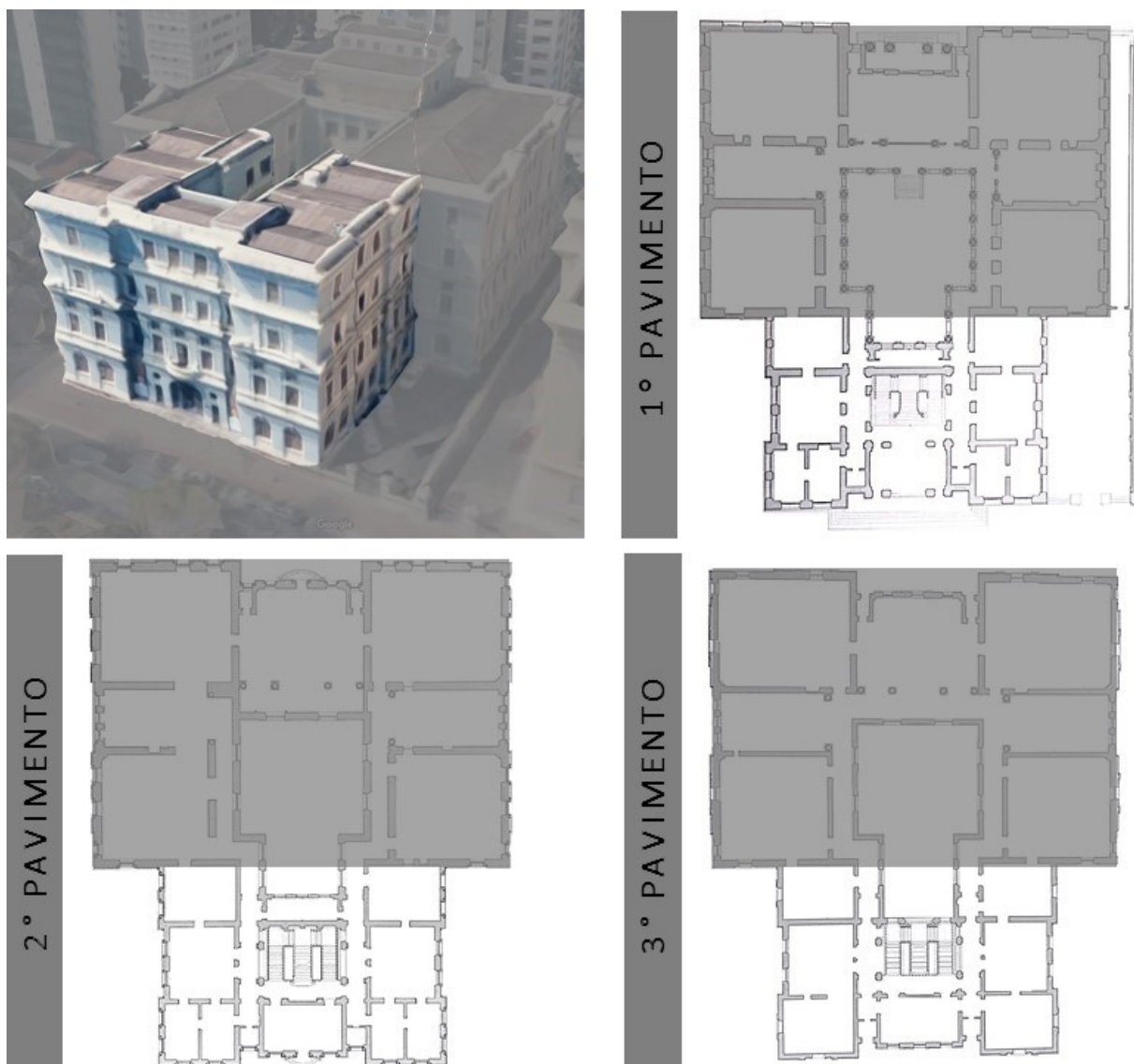
4.3 Estudo de caso: Retirada de amostras

A seleção dos locais amostrados foi norteada pela documentação histórica e arquitetônica consultada. Para ser representativa e atender aos objetivos propostos pela pesquisa, a amostragem deve se concentrar em ambientes internos e fachadas contidas no volume inaugural da edificação (Figura 67).

Os volumes do edifício construídos pela C.C.N.C. compreendem a fachada principal do primeiro ao terceiro pavimento, interligados pela escada metálica (Figura 63 A). Essa limitação física garante uma amostra expressiva do período pesquisado. Os fragmentos devem conter camadas de revestimento pictórico desde a inauguração da

nova capital até a contemporaneidade, ou seja, incluindo as tintas modernas.

Figura 67 – Imagens, em 3D e planta, destacando os ambientes construídos pela C.C.N.C



Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos de: Google Maps (2021) - Visualização em 3D e Acervo GDI (2019) – Plantas baixas dos pavimentos

Durante a visita o tráfego intenso de pessoas e materiais na edificação (referentes às intervenções) dificultou o acesso pleno a área previamente selecionada. Poucas amostras foram retiradas da região delimitada. Considerando o caráter acadêmico do estudo e aproveitando a sequência executiva das atividades da reforma, a representante da instituição autorizou a retirada de fragmentos em maiores dimensões. Tais fragmentos puderam ser retirados de locais que apresentavam perda de camadas de revestimento pictórico. Embora estes fragmentos não contenham a camada pictórica inaugural da edificação, eles ilustram as intervenções realizadas até

a contemporaneidade - notadamente com tintas modernas (APÊNDICE 2 MATERIAIS UTILIZADOS NO SISTEMA DE PINTURA DO EDIFÍCIO ESTUDO DE CASO). Além disso, as frações de maiores dimensões podem ser utilizadas para validação da metodologia de análise das amostras.

Para a retirada das amostras - conjunto de camadas pictóricas de revestimento - foi necessário utilizar uma ampla gama de ferramentas (Figura 68) com a finalidade de abrir sulcos, delimitar a área amostrada, penetrar pela profundidade do revestimento e trabalhar como alavanca para remoção do bloco. Mesmo com toda perícia e atenção este é um processo complexo, pois está associado as especificidades do sistema de revestimento endurecido. As possíveis diferenças entre as características físico-químicas das tintas, a presença de massa de nivelamento e o processo de envelhecimento do conjunto podem gerar camadas muito ou pouco aderidas entre si. As camadas muito aderidas imprimem certa dificuldade, ou até impossibilidade, de separação durante as análises laboratoriais. As camadas pouco aderidas, por sua vez, são o prenúncio de patologias construtivas e colaboram para a fratura do bloco no momento da amostragem.

Garantida a integridade do fragmento, outro aspecto relevante consiste em suas dimensões. Os fragmentos amostrados devem possuir as dimensões mínimas necessárias para as análises subsequentes. Ainda considerando a edificação um bem do patrimônio cultural, as dimensões devem ser as menores possíveis. Avaliando as dimensões relativas entre um bem móvel e um imóvel, conclui-se que a amostragem não deve se restringir a microamostras. As medidas dos fragmentos devem ser pequenas o suficiente para serem analisadas pelo porta amostras dos equipamentos e grande o bastante para apresentarem todas as camadas em análise. Após a retirada do fragmento é indispensável verificar, preferencialmente com auxílio de uma lupa de cabeça, se o bloco possui todo o sistema de pintura (Figura 11).

O processo de amostragem deve ser registrado com todo rigor utilizando a documentação científica por imagem. Recomenda-se o uso de uma escala numérica associada à um cartão de cinzas para facilitar a calibração da câmera fotográfica. O emprego de um tripé para suportar a câmera - levemente afastado da área de amostragem - facilita a obtenção de fotografias e enquadramentos precisos dos momentos antes e após a retirada da amostra.

Figura 68 – Ferramentas complementares utilizadas para remoção das camadas pictóricas de revestimento



- Legenda:
- (A) Pinça n° 2;
 - (B) Espátula Golgran n° 70 (163-M);
 - (C) Sonda Golgran Exploradora n°47 (188P);
 - (D) Esculpidor Golgra Evans n° 5 (192-M);
 - (E) Escavador Golgran Duplo n° 11 ½ (194-M);
 - (F) Esculpidor Golgran n° 3s (202-M);
 - (G) Espátula Golgran n° 7 (202-M)

Fonte: Fotografia de Thais Costa (2020)

O conjunto de amostras da edificação inclui 12 (doze) fragmentos retirados das áreas de interesse entre os três pavimentos (Figura 69). A remoção dos fragmentos foi documentada e realizada com auxílio de ferramentas (Figura 68). Eles foram transferidos para lâminas de vidro e armazenados em tubos de *Eppendorf* ou sacos

de plástico, em função de suas dimensões (Figura 55).

4.4 Estudo de caso: Exames globais em laboratório e Documentação científica por imagem

No LACICOR-EBA-UFMG os fragmentos amostrados foram documentados e catalogados. Os dados coletados em campo foram inseridos no “Caderno de amostras” (meio físico) e no “Banco de Dados” (meio digital). Neste processo os fragmentos receberam a identificação oficial, baseada na sequência numérica das amostras catalogadas no laboratório (Figura 69).

Figura 69 - Identificação da localização física dos fragmentos e destaque para os fragmentos selecionados



Legenda: As áreas em cinza nas plantas baixas destacam o primeiro volume construído da edificação, ou seja, o volume de interesse para a análise.

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo GDI (2019) - Plantas baixas dos pavimentos; Fotografias de Thais Costa (2019)

As doze amostras coletadas são: AM3539T, AM3540T, AM3541T, AM3542T, AM3543T, AM3544T, AM3545T, AM3546T, AM3547T, AM3548T, AM3549T e

AM3550T. Como alguns fragmentos representam o mesmo revestimento, no mesmo ambiente (Figura 69), a sequência dos exames laboratoriais foi realizada com a amostra mais íntegra deste conjunto. As cinco amostras selecionadas são: AM3540T, AM3542T, AM3546T, AM3549T e AM3550T (Figura 69).

Os exames globais em laboratório foram realizados durante o segundo semestre de 2019 e o primeiro semestre de 2020 pela equipe do LACICOR. Neste intervalo a equipe era composta pela autora, os técnicos do laboratório Selma Otília G. Rocha e José Raimundo Castro Filho, o M.Sc. em Química Analítica Vítor Paixão Amaral, a estudante de graduação em Conservação-Restauração de Bens Culturais Móveis Mariana Souza Barros Onofri; sob orientação do Prof. Dr. Luiz Souza e Profa. Dra. Alessandra Rosado.

A microscopia¹⁴⁷ óptica foi utilizada para observação detalhada e descrição dos fragmentos amostrados, refinando as análises organolépticas *in situ*. Esta observação foi realizada com incidência de radiação visível e ultravioleta. Com os fragmentos inseridos e descritos no banco de dados, o primeiro exame realizado foi o corte estratigráfico. Este exame reproduz o local amostrado e guia os exames subsequentes. Outra vantagem é a preservação da sequência original de camadas, possibilitando o estudo por outros pesquisadores. Os cortes estratigráficos recebem uma identificação específica e permanecem depositados no acervo do LACICOR-EBA-UFG.

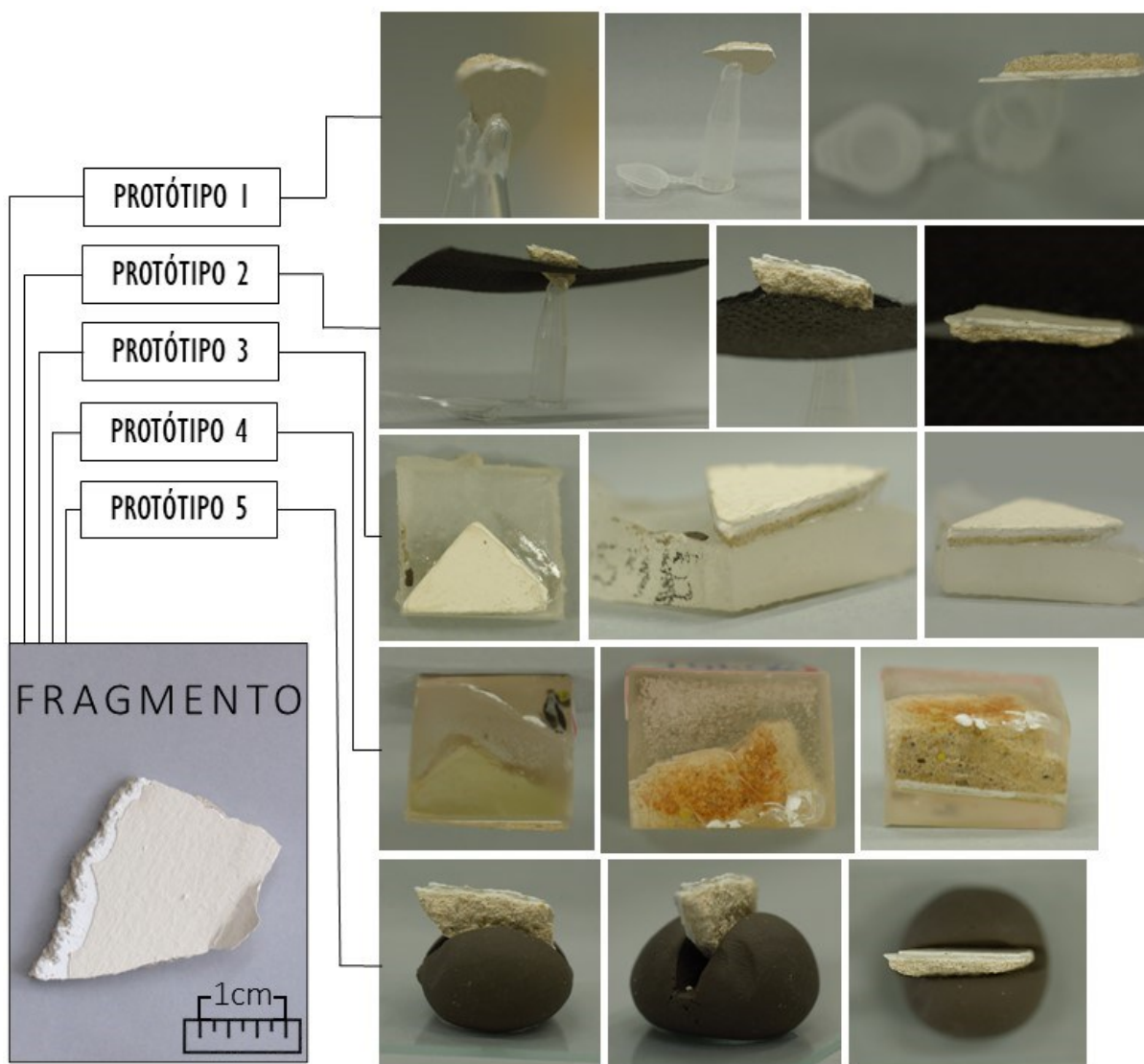
A rotina de análises do LACICOR avalia microamostras de bens culturais móveis e, como descrito, os fragmentos coletados na edificação são maiores do que esse padrão. Diante desta diferença geométrica e aproveitando o viés acadêmico deste conjunto de amostras, a equipe do LACICOR propôs novas abordagens metodológicas para a documentação da sequência estratigráfica dos fragmentos de sistemas de revestimento.

A metodologia se baseou na elaboração de protótipos para estudos estratigráficos. Os modelos foram desenvolvidos para preservar a sequência estratigráfica e possibilitar o acesso a maior área possível das camadas. Com esse propósito foi

¹⁴⁷ “A microscopia é um tipo de classificação de técnica de análise baseado na formação de imagens.” (NEIVA, 2010).

utilizado um fragmento representativo de grandes dimensões, retirado da amostra AM3545T (Figura 70).

Figura 70 - Protótipos dos estudos estratigráficos



Fonte: Elaborado pela autora com fotografias de Thais Costa (2019)

O fragmento foi polido longitudinalmente e transversalmente. O polimento longitudinal reduziu sua espessura, ou seja, diminuiu a altura do substrato de argamassa que não é foco da análise. O polimento transversal nivelou a sequência de camadas, facilitando a observação e manipulação. Todo o procedimento foi realizado com auxílio de um microscópio estereoscópico, dado o grau de detalhe e escala de observação. Esta especificidade garantiu a integridade e representatividade do fragmento que foi seccionado em três partes, viabilizando a elaboração dos protótipos (Figura 70):

- Protótipo 1: parte do fragmento apoiada em um Tubo *Eppendorf* invertido, com a extremidade (ponta fina) seccionada;
- Protótipo 2: parte do fragmento apoiada em um Tubo *Eppendorf* invertido, com a extremidade seccionada, embutida em uma seção retangular de tecido não tecido (TNT) preto de elevada gramatura;
- Protótipo 3: parte do fragmento parcialmente embutida, fixada sob resina utilizando cola acrílica (Peroxido De Benzoila e Metil Metacrilato);
- Protótipo 4: parte do fragmento completamente embutida conforme metodologia tradicional (0 3.5 Exames globais em laboratório);
- Protótipo 5: parte do fragmento apoiada em massa de modelar esférica com abertura longitudinal.

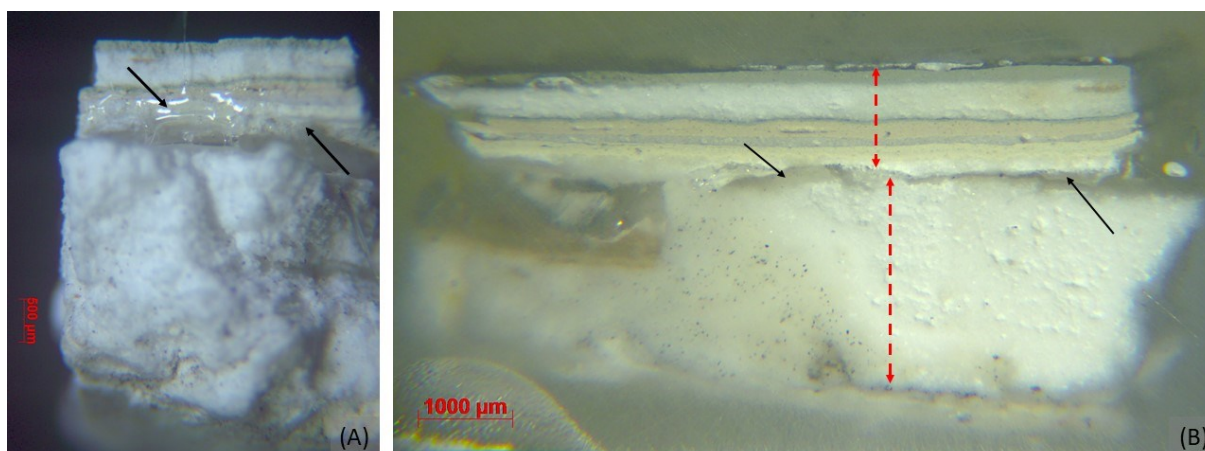
As três partes do fragmento geraram os cinco protótipos fotografados. Foi utilizado o mesmo fragmento nos protótipos onde não há fixação permanente da amostra, ou seja, nos protótipos 1, 2 e 5. Após uma avaliação inicial a equipe selecionou os protótipos 3 e 4, pois mantêm o fragmento fixo para as análises subsequentes. O protótipo 3, estabilizado na resina, possibilita a remoção de frações de cada camada pictórica para a realização de outros exames. Ele ainda permite a abertura de micro janelas de prospecção para o estudo estratigráfico. O protótipo 4 segue a metodologia tradicional de montagem de um corte estratigráfico. A vantagem deste modelo é o arquivamento da seção transversal completa para futuras consultas. A desvantagem é a impossibilidade de remover frações de camadas, por menores que sejam, para a realização de outros exames.

Após um debate em equipe a metodologia selecionada para o desenvolvimento desta pesquisa foi a tradicional, representada pelo protótipo 4. Esta seleção foi possível pois havia outros fragmentos, do mesmo local amostrado, para a realização dos demais exames. Caso exista a necessidade de exames subsequentes e a quantidade de amostras seja limitada, a equipe recomenda o uso dos protótipos 3 ou 5. Com eles e, obrigatoriamente, um microscópio estereoscópico é possível realizar a documentação da seção transversal e remover micro fragmentos para os demais exames.

A sequência dos exames requer o fracionamento das camadas. Este processo exige lentes de aumento e extremo zelo, pois alguns fragmentos podem possuir camadas com espessuras muito diferentes. Esta desproporção pode prejudicar a manutenção da coesão do conjunto durante o procedimento para segmentação das amostras. A

amostra AM_3540T é um exemplo desta situação (Figura 71). A camada mais inferior possui uma largura superior ao conjunto das demais camadas (Figura 71 B). Esta desproporção causou a ruptura do conjunto durante a estratificação do fragmento. A solução adotada pela equipe foi a junção com cola acrílica (Figura 71 A). Realizou-se a união das seções com auxílio de ferramentas para manipulação, sob o microscópio estereoscópico. A cola acrílica apresentou um resultado surpreendente para esta solução, sendo recomendada para situações semelhantes.

Figura 71 – Fragmento sem coesão entre camadas, aderido com cola acrílica



Legenda: (A) Seção Transversal do fragmento após união com a cola acrílica (indicada com as setas pretas), Amostra AM_3540T, aumento de 30x;
(B) Corte Estratigráfico da Amostra AM_3540T, destaque para a cola acrílica (indicada com as setas pretas) e largura relativa entre as camadas (indicadas com as setas vermelhas tracejadas), aumento 20x.

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

O prosseguimento dos exames consiste na elaboração do corte estratigráfico das amostras selecionadas (Figura 69). Este exame estabelece os estudos estratigráficos e possibilita uma análise minuciosa das camadas encontradas. A metodologia estabelecida pelo LACICOR para montagem de cortes estratigráficos recomenda:

- Observação da sequência estratigráfica por todas as faces do fragmento utilizando o microscópio estereoscópico;
- Fixação da camada mais externa do fragmento (camada visível durante a amostragem) no bloco acrílico;
- Registro fotográfico da montagem do corte, destacando o bloco aderido ao fragmento;

- Numeração das camadas em ordem crescente de profundidade – a camada mais interna recebe a menor numeração;
- Descrição visual das camadas sob o microscópio estereoscópico.

Os cortes estratigráficos foram documentados por fotomicrografia com a câmera fotográfica “AxioCam ICc3 Zeiss” e software “Axiovision LE” acoplados aos microscópios “Olympus BX 50” e “Olympus SZ40”, pertencentes ao LACICOR-EBA-UFMG. As dimensões variadas entre as amostras demandaram o uso de dois microscópios, de acordo com a capacidade de aumento de suas objetivas. A documentação foi realizada sob radiação visível e ultravioleta (Figura 72). O microscópio Olympus BHZ com fonte ultravioleta não foi utilizado em função das grandes dimensões das amostras. As maiores objetivas do equipamento foram insuficientes para a visualização e registro completo do corte estratigráfico.

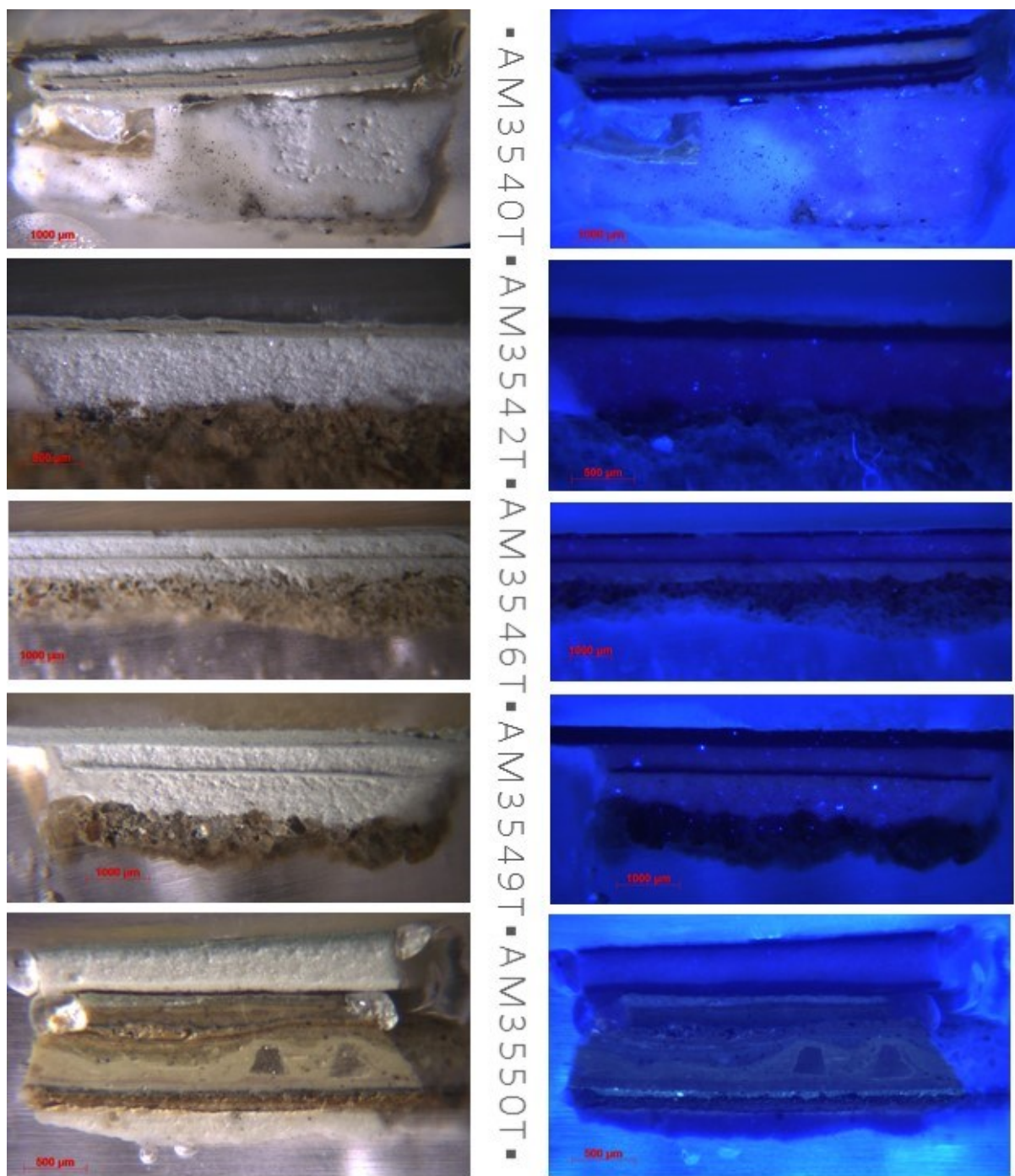
A documentação das amostras sob radiação ultravioleta foi realizada com uma lâmpada ultravioleta iluminando os fragmentos. Para esse registro foi necessário preparar o ambiente removendo todos os materiais que poderiam fluorescer no entorno, gerando interferências que prejudicam a leitura da amostra. A equipe também protegeu os olhos e o corpo durante a exposição à radiação ultravioleta. Esta defesa é realizada com materiais específicos que bloqueiam a radiação, como óculos e tecidos (luvas e camisas).

A alteração da fonte de luz evidenciou a diferença entre a composição de camadas (Figura 72) destacada pela absorção - ou não - da radiação. Nesta etapa a variação no espectro de radiação colaborou com o mapeamento das camadas em cada fragmento. Portanto, a lâmpada ultravioleta é indispensável para uso em campo e em laboratório.

A interpretação da fluorescência dos cortes estratigráficos não pôde ser realizada no laboratório em consequência da suspensão das atividades na UFMG. O registro das fluorescências ficou insatisfatório em função das limitações técnicas do equipamento. Como as imagens obtidas não ficaram suficientemente nítidas, não é possível realizar investigações mais profundas quanto aos elementos constituintes das amostras.

Figura 72 - Detalhes dos cortes estratigráficos das amostras AM3540T, AM3542T, AM3546T, AM3549T e AM3550T sob radiação visível e ultravioleta, com auxílio do microscópio

estereoscópico



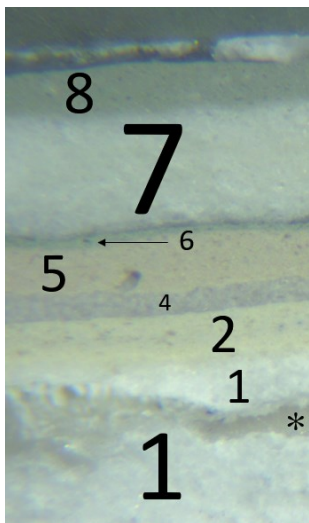
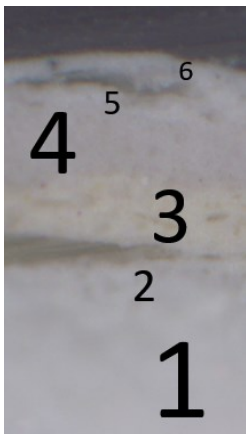
Legenda: A identificação das camadas está descrita no Quadro 27;
 Corte estratigráfico AM3540T, aumento 20x;
 Corte estratigráfico AM3542T, aumento 50x;
 Corte estratigráfico AM3546T, aumento 18x;
 Corte estratigráfico AM3549T, aumento 25x;
 Corte estratigráfico AM3550T, aumento 50x;

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

A descrição da coloração das camadas vista no microscópio (Quadro 27) se faz

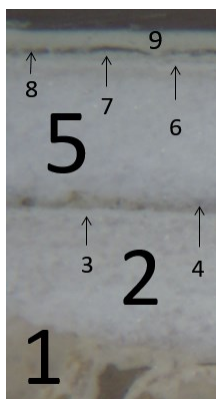
necessária, independente da qualidade dos equipamentos de captura utilizados, devido à dificuldade de reprodução exata da cor por impressão em meio físico ou visualização em meio digital. Os cortes estratigráficos foram fotomicrografados em detalhe para a identificação e numeração de suas camadas pictóricas (Figura 73).

Quadro 27 - Descrição quantitativa e qualitativa das camadas pictóricas de revestimento amostradas, a partir do microscópio estereoscópico

AMOSTRA	CAMADA	COLORAÇÃO	DESCRIÇÃO
AM 3540T 	1	BRANCA	Levemente porosa, opaca
	*	COLA ACRÍLICA	Lisa, leve brilho
	2	AMARELO CLARO	Presença de pequenos grãos, opaca
	3	AMARELO CLARO	Fina, tom escuro, ocorre somente em parte do fragmento, opaca
	4	CINZA	Fina, opaca
	5	ROSA CLARO	Presença de pequenos grãos, opaca
	6	VERDE CLARO	Possível impregnação de sujidades negras, muito fina, opaca
	7	BRANCO e MARROM	Em três tonalidades com fração marrom, opaca, porosa
	8	VERDE ESCURO	Pontos brancos (possivelmente pó do processo de polimento) e pretos (possivelmente fuligem ou sujidades negras), opaca
AM 3542T 	1	BRANCA	Uniforme, levemente porosa, opaca
	2	BRANCA	Presença de pequenos grãos, opaca
	3	MARROM CLARO	Presença de pequenos grãos, opaca
	4	ROSA	Presença de pequenos grãos, opaca
	5	BRANCA	Muito fina, presença de grãos, opaca, presença de bolsões de ar acima da camada
	6	BRANCA	Muito fina, extremamente coesa, opaca, presença de bolsões de ar

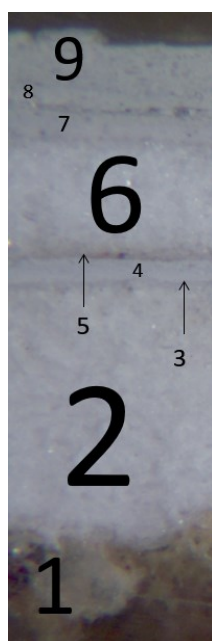
abaixo da camada

AM 3546T



1	ARGAMASSA	Sistema de revestimento, presença de grandes grãos em diferentes tonalidades
2	BRANCA	Larga, opaca com grãos brilhantes
3	BRANCA	Linha, tom claro, uniforme
4	CINZA	Fina, presença de grãos escuros
5	BRANCA	Larga, opaca com grãos brilhantes
6	BRANCA	Linha, tom claro, uniforme
7	VERDE	Linha, tom claro, uniforme
8	MARROM	Linha, uniforme, ocorre em parte do fragmento
9	BRANCA	Uniforme, opaca

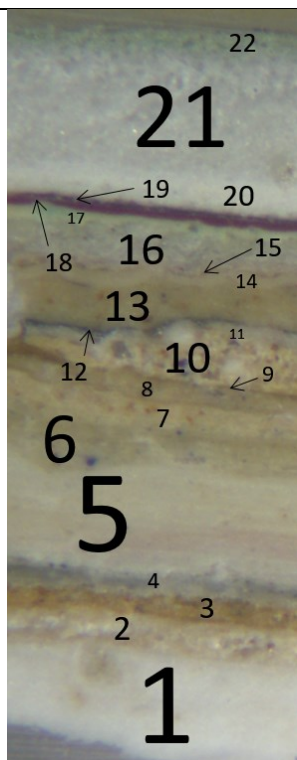
AM 3549T



1	ARGAMASSA	Sistema de revestimento, presença de grandes grãos em diferentes tonalidades
2	BRANCA	Larga, opaca com grãos brilhantes
3	MARROM	Linha, uniforme
4	CINZA	Fina, uniforme, opaca
5	MARROM	Linha, uniforme
6	BRANCA	Larga, opaca com grãos brilhantes
7	MARROM CLARO	Fina, opaca com presença de grãos
8	CINZA	Fina, opaca com presença de grãos, ocorre em parte do fragmento
9	ROSA	Opaca, com presença de grãos

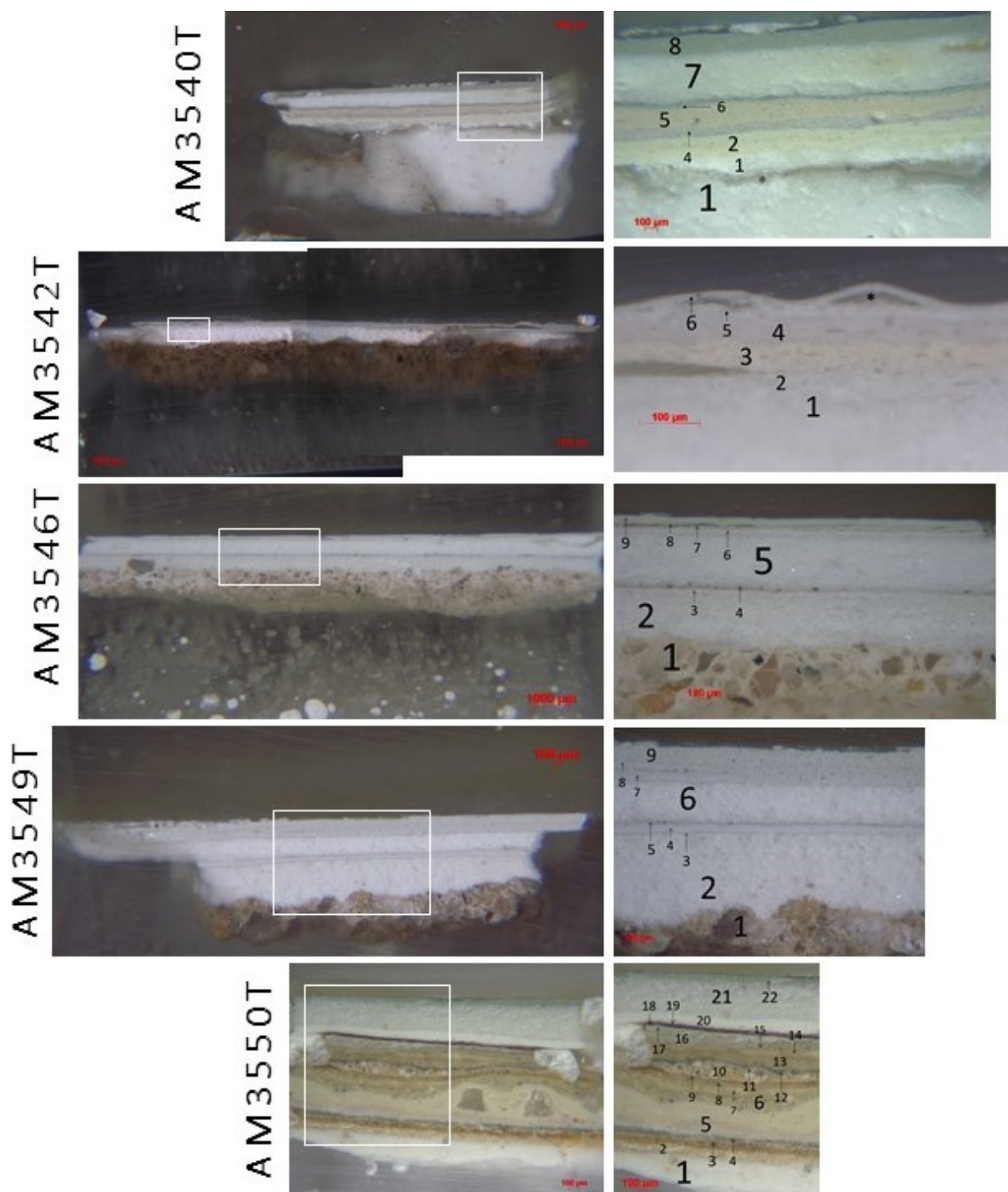
AM 3550T

1	BRANCA	Larga, opaca, uniforme
2	MARROM CLARO	Fina, presença de grãos
3	MARROM	Fina, presença de grãos



4	CINZA	Fina, uniforme, opaca
5	AMARELO CLARO	Largura variável, tom claro, presença de grãos com dimensões e brilho variado
6	MARROM ESCURO	Largura variável, tom escuro, presença de grãos, opaca
7	AMARELA	Largura variável, presença de grãos escuros, opaca
8	MARROM	Fina, tom claro, presença de grãos escuros
9	MARROM	Linha, tom escuro, opaca
10	AMARELA	Largura variável, presença de grãos escuros, opaca
11	BRANCA	Fina, opaca, presença de grãos
12	PRATEADA	Linha, muito brilhante
13	AMARELO ESCURO	Largura variável, tom escuro, uniforme, opaca
14	MARRO CLARO	Fina, tom claro, uniforme, opaca
15	MARROM	Linha, tom claro, uniforme, opaca
16	COLA ACRÍLICA	Lisa, leve brilho
17	VERDE	Fina, uniforme, opaca
18	VERMELHA	Fina, uniforme, opaca
19	MARROM	Linha, tom escuro, opaca, possível deposição de fuligem ou sujidades negras
20	BRANCA	Tom claro, uniforme, opaca
21	BRANCA	Larga, opaca com grãos brilhantes
22	VERDE	Fina, presença de grãos e possível deposição de fuligem ou sujidades negras

Figura 73 - Cortes estratigráficos e numeração das camadas das amostras AM3540T, AM3542T, AM3546T, AM3549T e AM3550T sob microscópio estereoscópico



Legenda: As imagens da primeira coluna apresentam a visualização completa do corte estratigráfico. A segunda coluna apresenta a área destacada na primeira (retângulo branco) indicando a numeração das camadas;
 Corte estratigráfico AM3540T, coluna 1 aumento 18x, coluna 2 aumento 60x;
 Corte estratigráfico AM3542T, coluna 1 aumento 12x, coluna 2 aumento 110x;
 Corte estratigráfico AM3546T, coluna 1 aumento 6,7x, coluna 2 aumento 40x;
 Corte estratigráfico AM3549T, coluna 1 aumento 12x, coluna 2 aumento 40x;
 Corte estratigráfico AM3550T, coluna 1 aumento 40x, coluna 2 aumento 40x.

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

Após a identificação das camadas constituintes de cada fragmento, a sequência dos exames em laboratório consiste na análise de sua composição química. Este exame está embasado na Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) utilizando o "Espectrômetro ALPHA FT IR Platinum ATR". Considerando os objetivos desta pesquisa, a interpretação dos dados deve levar a identificação dos aglutinantes.

A identificação do aglutinante de uma amostra de tinta pelo FTIR é frequentemente problemática devido à presença de componentes adicionais na formulação. Cada um deles também pode adsorver radiação infravermelha em certos pontos do espectro. Os espectros de FTIR de tintas são, portanto, combinações geralmente complicadas dos espectros de cada um de seus componentes individuais. No entanto, esta técnica foi usada com sucesso em tintas tradicionais, comparando partes de seus espectros com aqueles dos aglutinantes e pigmentos prováveis. A única modificação necessária para tornar o FTIR uma técnica mais adequada para análise de tinta moderna, é a obtenção de uma série de novos espectros padrões, de todos os aglutinantes sintéticos, pigmentos modernos e aditivos.¹⁴⁸ (LEARNER, 2004, p.81).

O método de análise da FTIR utiliza o corte estratigráfico como referência para seleção de material. Com este referencial os fragmentos restantes dos locais amostrados selecionados foram observados utilizando a microscopia ótica e as camadas de interesse foram identificadas. Após a compatibilização visual das camadas nos fragmentos, seguiu-se para a extração do material de análise. Este material - as microamostras - são raspadas ou desprendidas com auxílio de ferramentas (Figura 68), principalmente aquelas de ponta fina. Este procedimento é minucioso e manual, sendo indispensável sua realização sob o microscópio estereoscópico. Esta sequência metodológica visou minimizar a contaminação entre camadas.

Avaliando os fragmentos, algumas camadas apresentaram grande aderência entre si.

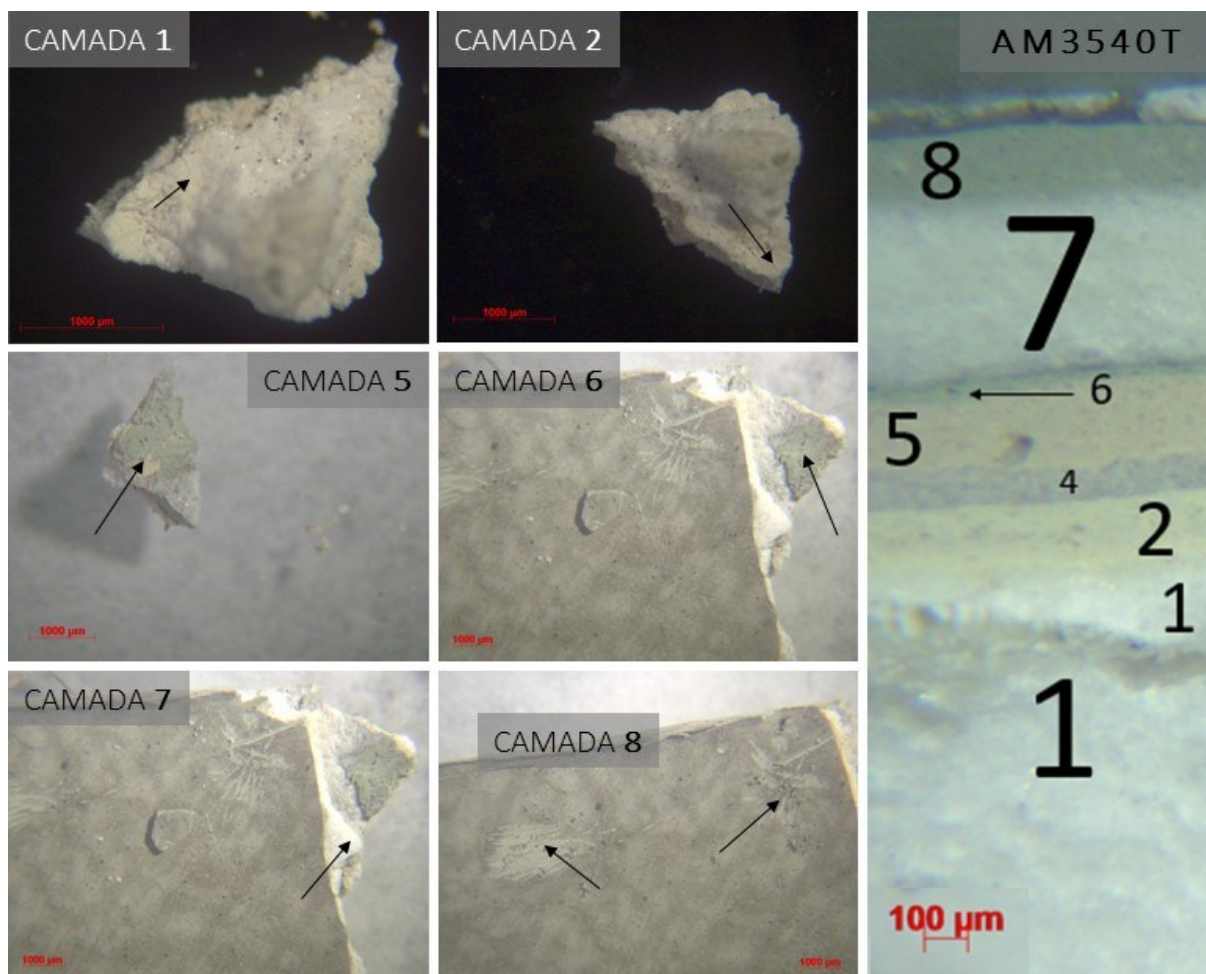
¹⁴⁸ Tradução nossa do original: "The identification of a binding medium from a paint sample is often problematic with FTIR due to the presence of additional components in the formulation, each of which might also adsorb IR radiation at certain points in the spectrum. FTIR spectra from paints are therefore usually complicated blends of the spectra from each of their individual components. Nevertheless, the technique has been used successfully on traditional paints, by comparing parts of their spectra to those of the likely binders and pigments. The only modification needed to make FTIR a more suitable technique for modern paint analysis is the collection of a range of new standard spectra from all the synthetic binders and modern pigments and extenders." (LEARNER, 2004, p.81).

Por esta razão, o exame foi realizado nas camadas relevantes e de fácil desprendimento nas amostras selecionadas. A expertise da equipe e o rigor acadêmico do LACICOR possibilitaram o registro fotográfico durante a separação de camadas (Figura 74, Figura 75, Figura 76, Figura 77, Figura 78). Não foi possível, por limitações técnicas, realizar a caracterização de todas as camadas identificadas.

As microamostras geraram os espectros (Figura 79, Figura 80, Figura 81, Figura 82, Figura 83) cuja comparação com picos de referência indicaram alguns dos componentes do sistema de revestimento. “O espectro de FTIR consiste em um gráfico da intensidade da absorção de cada frequência de radiação infravermelha média (eixo vertical) em relação à faixa de frequência (eixo horizontal). A escala de frequência é normalmente traçada como número de onda (cm^{-1}).”¹⁴⁹ (LEARNER, 2004, p.81).

¹⁴⁹ Tradução nossa do original: “*FTIR spectra consist of a plot of the intensity of the absorption of each frequency of mid-IR radiation (vertical axis) against the frequency range (horizontal axis). The frequency scale is normally plotted as wavenumber (cm^{-1}).*” (LEARNER, 2004, p.81).

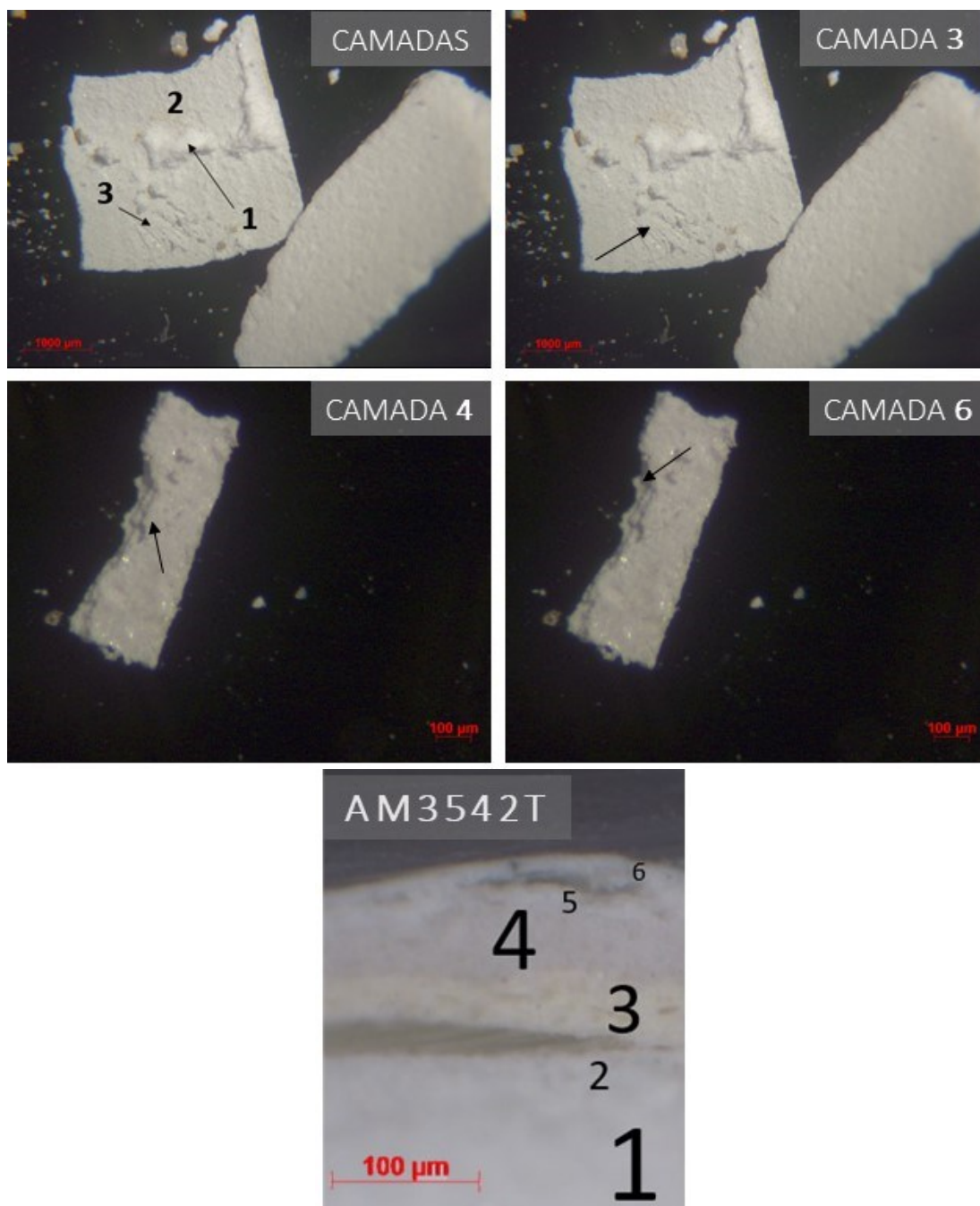
Figura 74 - Microfotografias dos fragmentos utilizados no FTIR da amostra AM3540T



- Legenda:
- Verso de fragmento da área amostrada AM3540T, indicação da CAMADA 1, cor branca;
 - Verso de fragmento da área amostrada AM3540T, indicação da CAMADA 2, cor amarelo claro;
 - Detalhe do corte estratigráfico da amostra AM3540T com numeração das camadas;
 - Frente de fragmento da área amostrada AM3540T, indicação da CAMADA 5, cor rosa claro;
 - Frente de fragmento da área amostrada AM3540T, indicação da CAMADA 6, cor verde claro;
 - Frente de fragmento da área amostrada AM3540T, indicação da CAMADA 7, cores branca e marrom;
 - Frente de fragmento da área amostrada AM3540T, raspagem, indicação da CAMADA 8, cor verde escuro;

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

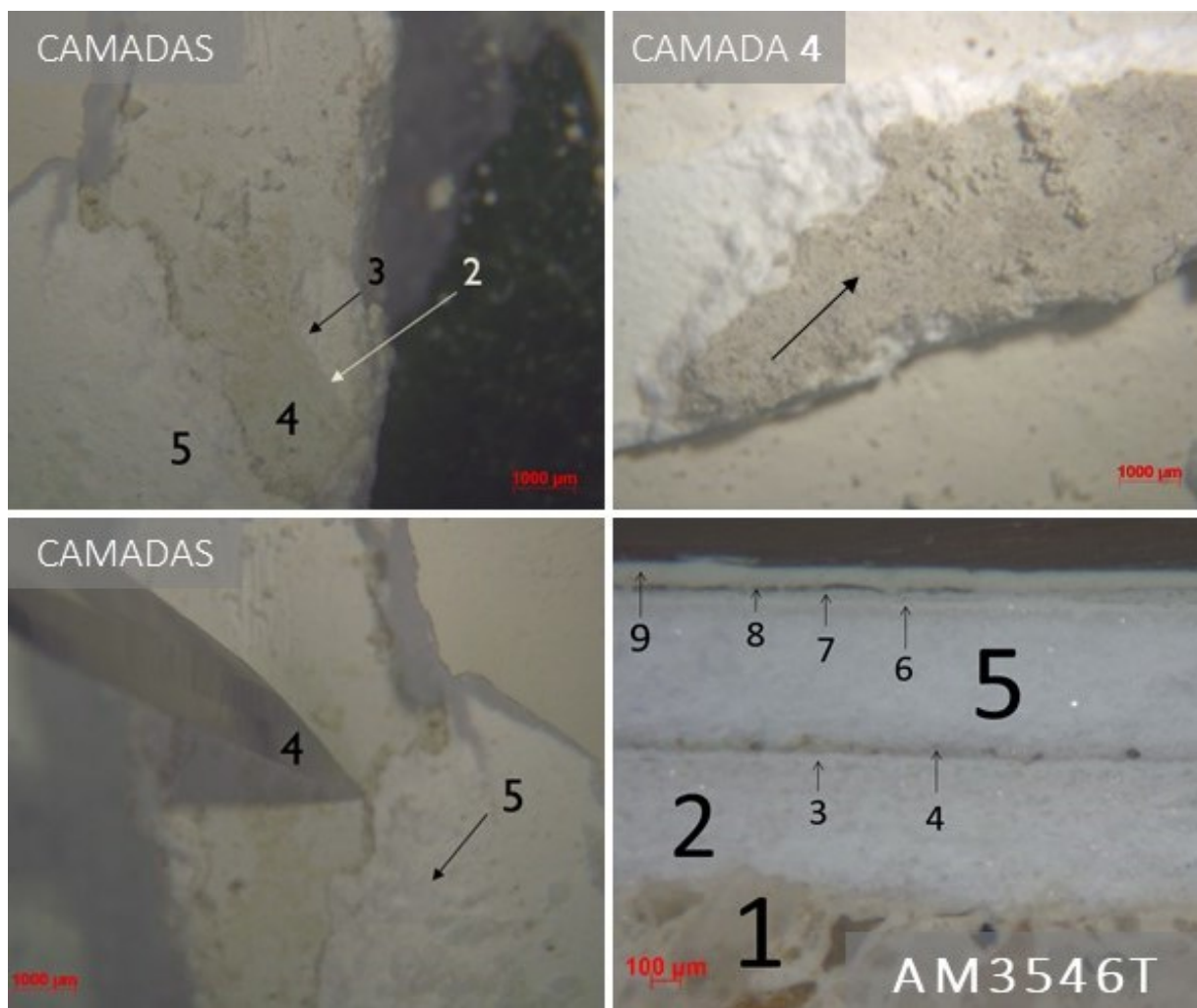
Figura 75 - Microfotografias dos fragmentos utilizados no FTIR da amostra AM3542T



- Legenda:
- Verso de fragmento da área amostrada AM3542T, indicação das CAMADAS: 1, 2, 3, cores: branca, branca, marrom claro;
 - Verso de fragmento da área amostrada AM3542T, indicação da CAMADA 3, cor marrom claro;
 - Detalhe do corte estratigráfico da amostra AM3542T com numeração das camadas;
 - Verso de fragmento da área amostrada AM3542T, indicação da CAMADA 4, cor rosa;
 - Verso de fragmento da área amostrada AM3542T, indicação da CAMADA 6, cor branca;

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

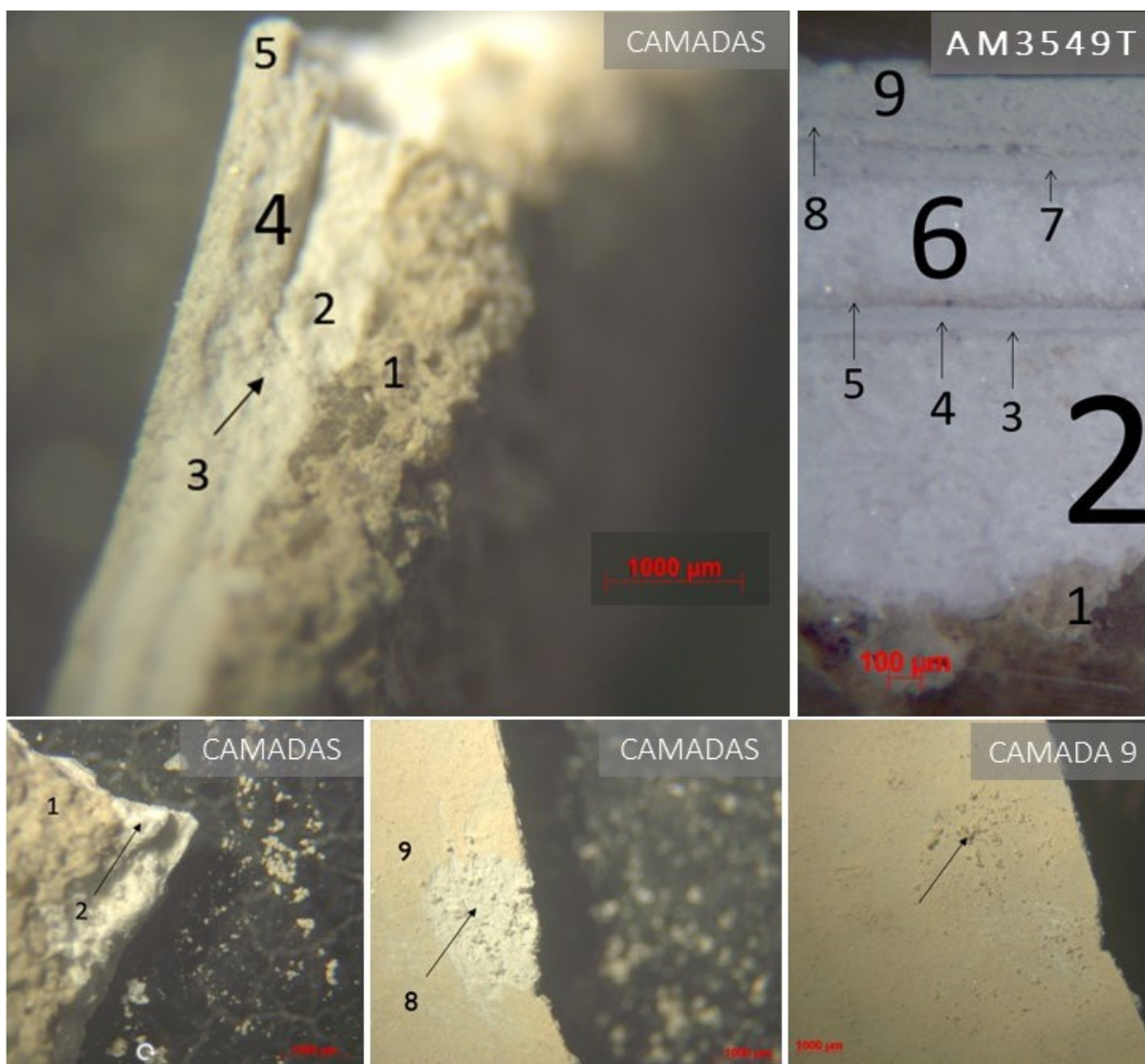
Figura 76 - Microfotografias dos fragmentos utilizados no FTIR da amostra AM3546T



Legenda: Verso de fragmento da área amostrada AM3546T, indicação das CAMADAS: 2, 3, 4, 5, cores: branca, branca, cinza, branca;
 Verso de fragmento da área amostrada AM3546T, indicação da CAMADA 4, cor cinza;
 Verso de fragmento da área amostrada AM3546T, indicação das CAMADAS: 4, 5, cores: cinza, branca;
 Detalhe do corte estratigráfico da amostra AM3546T com numeração das camadas;

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

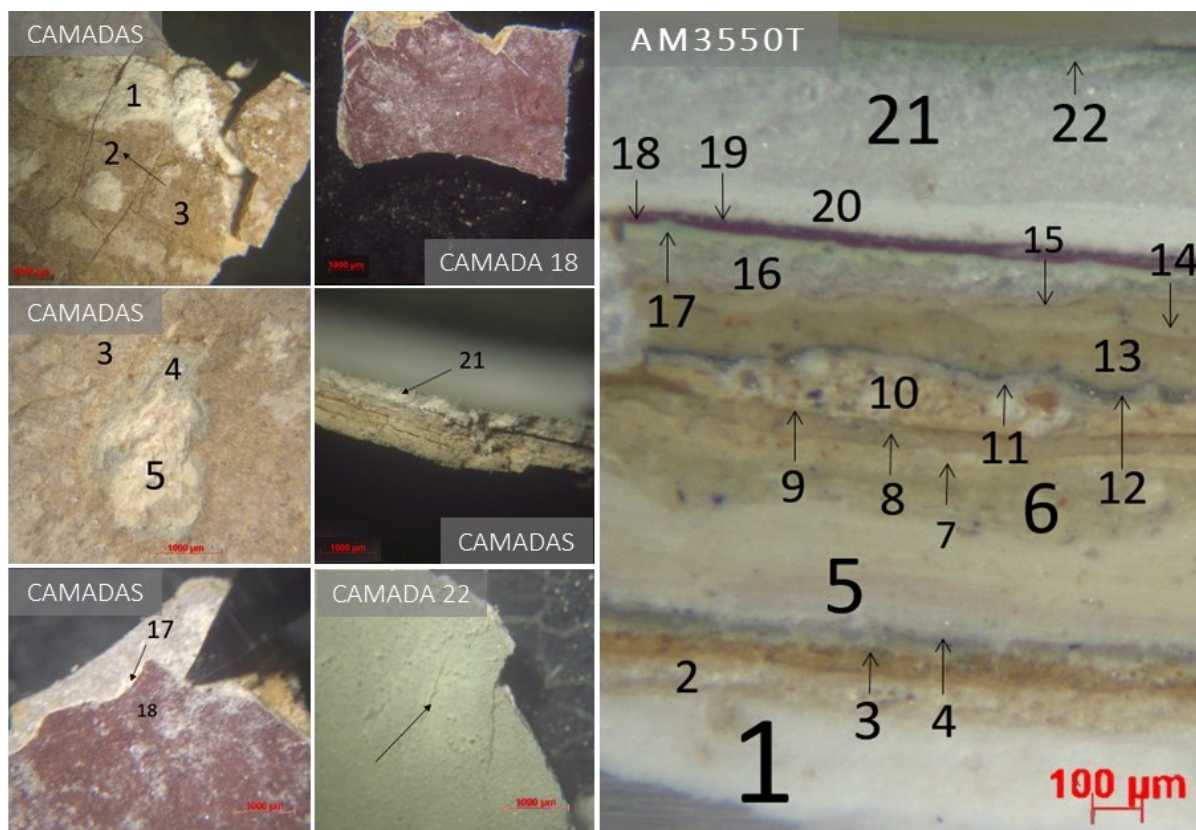
Figura 77 - Microfotografias dos fragmentos utilizados no FTIR da amostra AM3549T



Legenda: Verso de fragmento da área amostrada AM3549T, indicação das CAMADAS: 1, 2, 3, 4, 5, cores: argamassa, branca, marrom, cinza, marrom;
 Frente de fragmento da área amostrada AM3549T, indicação da CAMADA 9, cor rosa;
 Detalhe do corte estratigráfico da amostra AM3549T com numeração das camadas;
 Verso de fragmento da área amostrada AM3549T, indicação das CAMADAS: 1, 2, cores: argamassa, branca;
 Frente de fragmento da área amostrada AM3549T, indicação das CAMADAS: 8, 9, cores: cinza, rosa;

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

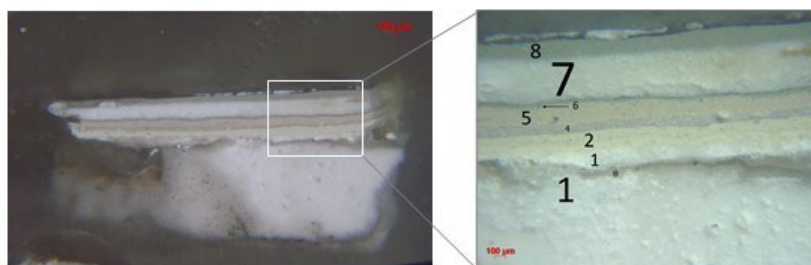
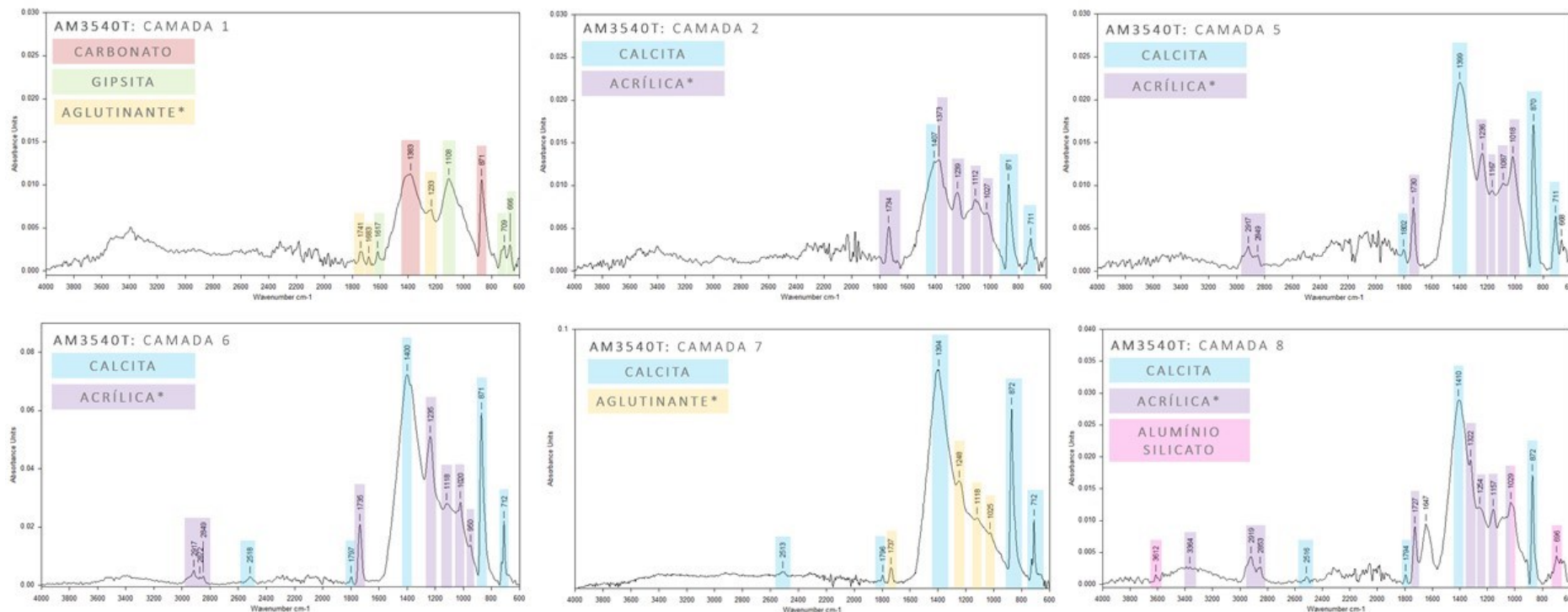
Figura 78 - Microfotografias dos fragmentos utilizados no FTIR da amostra AM3550T



Legenda: Verso de fragmento da área amostrada AM3550T, indicação das CAMADAS: 1, 2, 3, cores: branca, marrom claro, marrom;
 Frente de fragmento da área amostrada AM3550T, indicação da CAMADA 18, cor vermelha;
 Detalhe do corte estratigráfico da amostra AM3550T com numeração das camadas;
 Verso de fragmento da área amostrada AM3550T, indicação das CAMADAS: 3, 4, 5, cores: marrom, cinza, amarelo claro;
 Lateral de fragmento da área amostrada AM3550T, indicação das CAMADAS: 20, 21, cores: branca, branca;
 Frente de fragmento da área amostrada AM3550T, indicação das CAMADAS: 17, 18, cores: verde, vermelha;
 Frente de fragmento da área amostrada AM3550T, indicação da CAMADA 22, raspagem, cor verde;

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

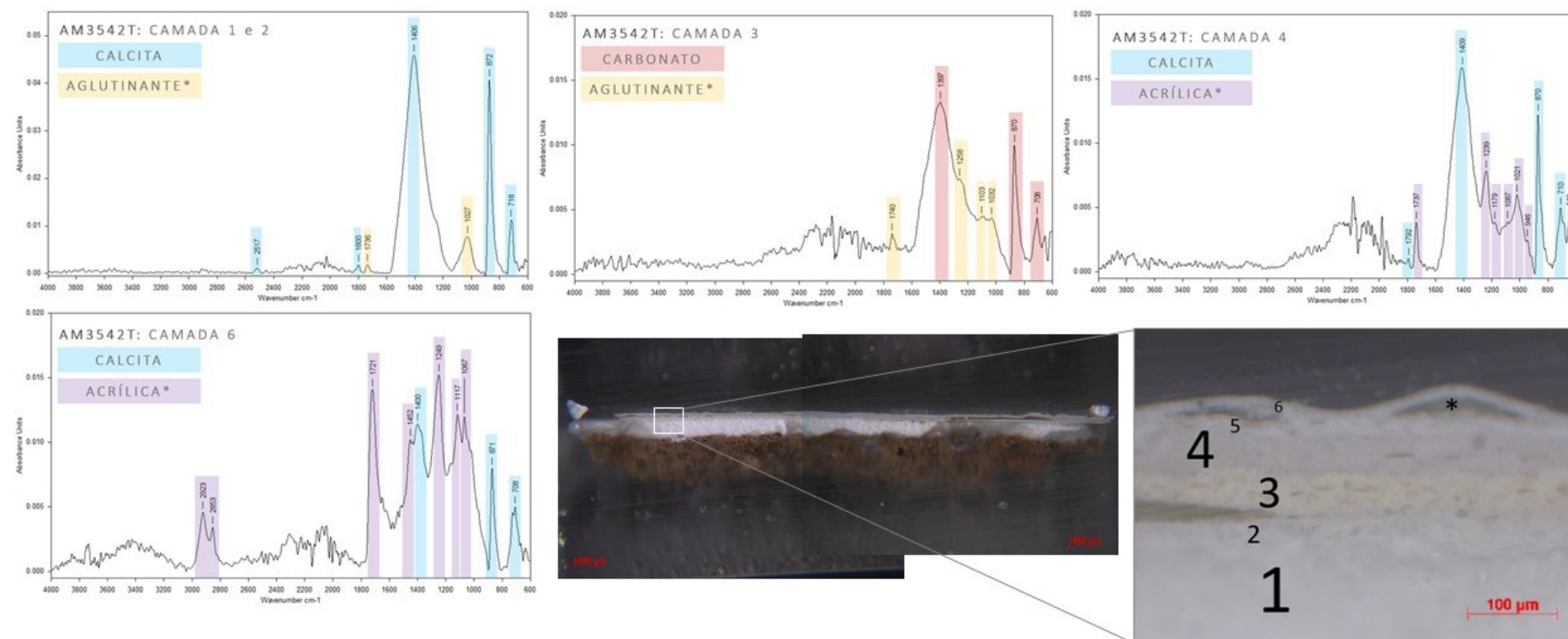
Figura 79 - Espectros de FTIR da amostra AM3540T



Legenda: Espectros de FTIR das camadas: 1, 2, 5, 6, 7 e 8. Conforme corte estratigráfico e numeração da amostra AM3540T

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

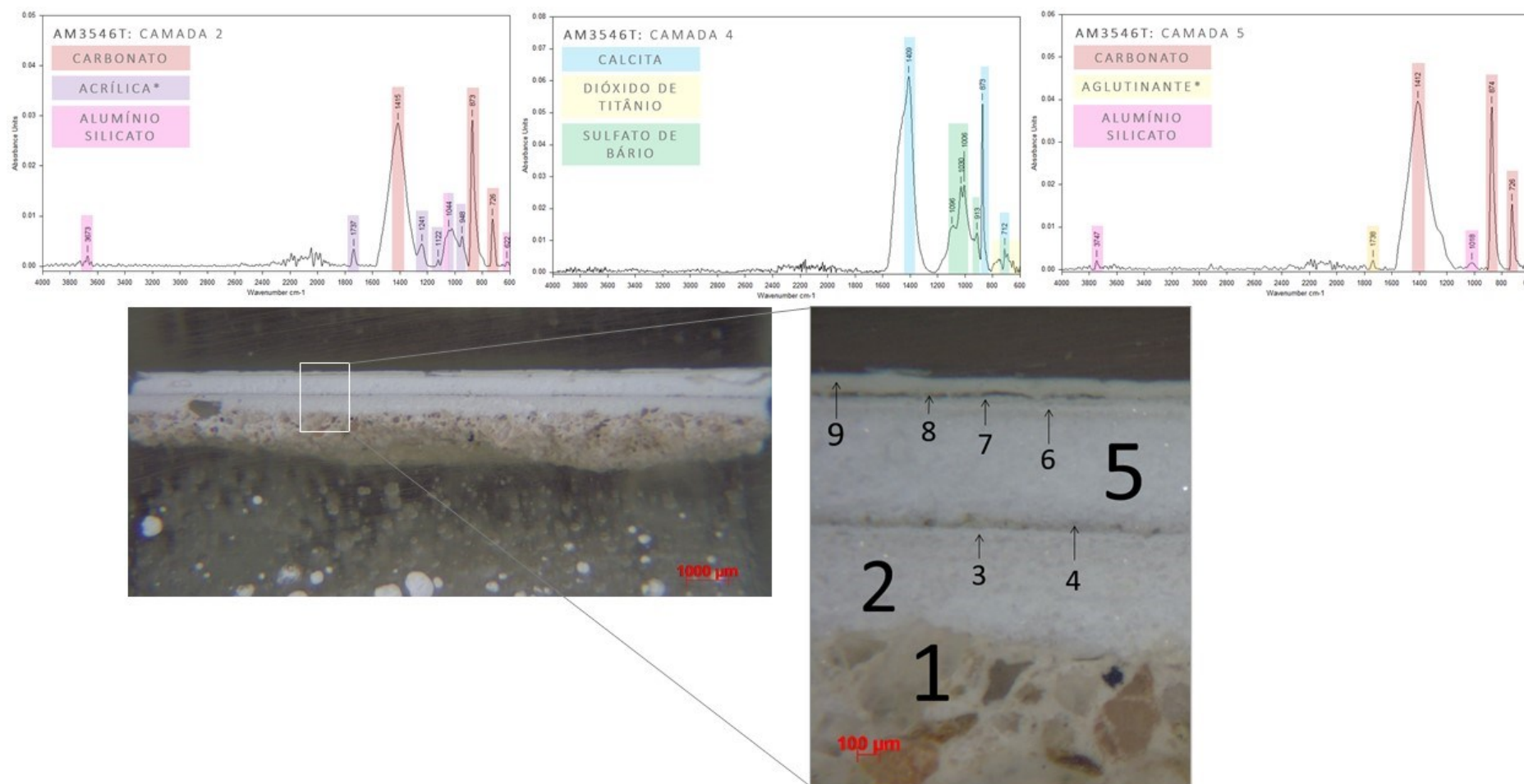
Figura 80 - Espectros de FTIR da amostra AM3542T



Legenda: Espectros de FTIR das camadas: 1, 2, 3, 4 e 6. Conforme corte estratigráfico e numeração da amostra AM3542T

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

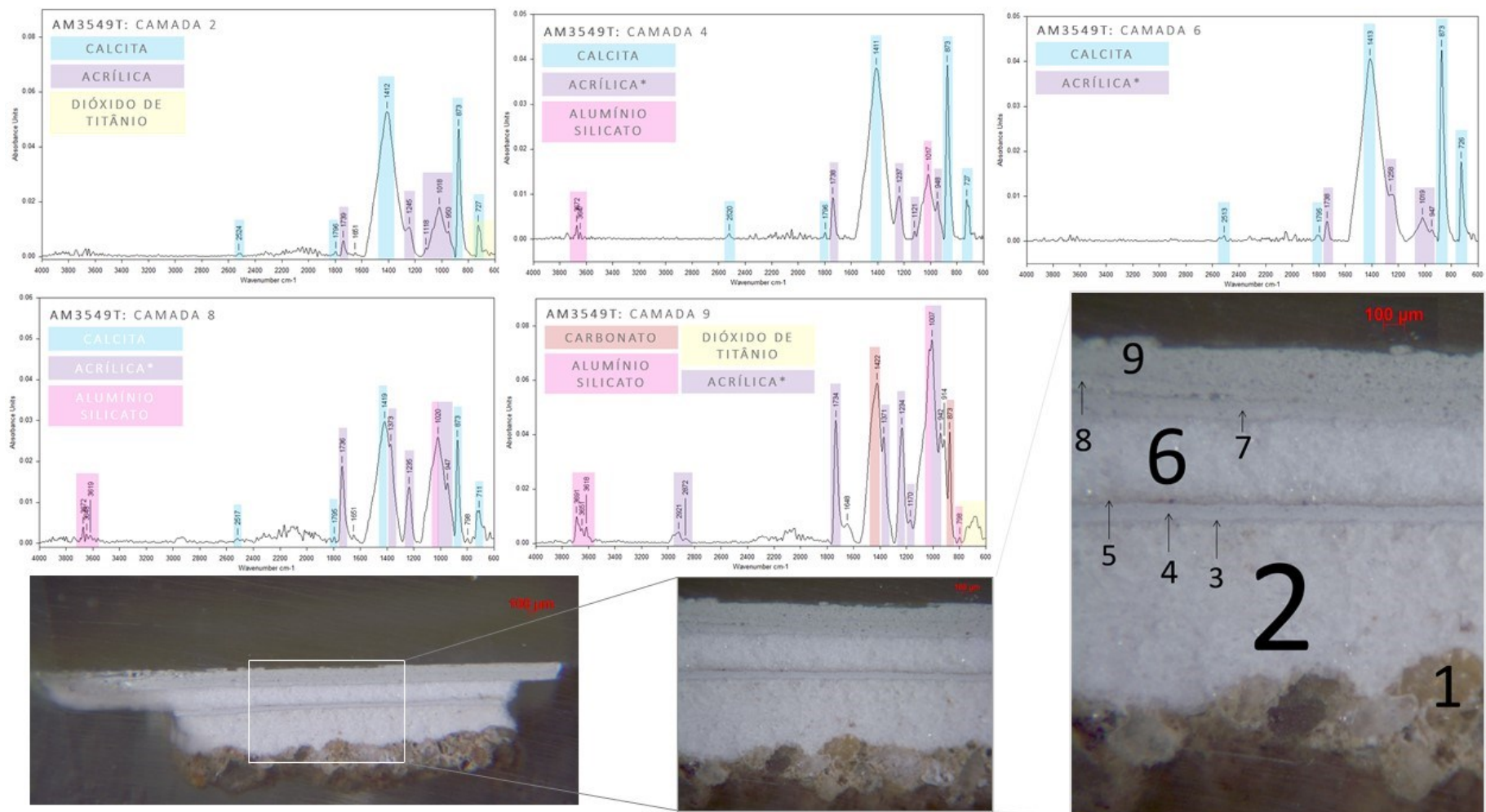
Figura 81 - Espectros de FTIR da amostra AM3546T



Legenda: Espectros de FTIR das camadas: 2, 4 e 5. Conforme corte estratigráfico e numeração da amostra AM3546T

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

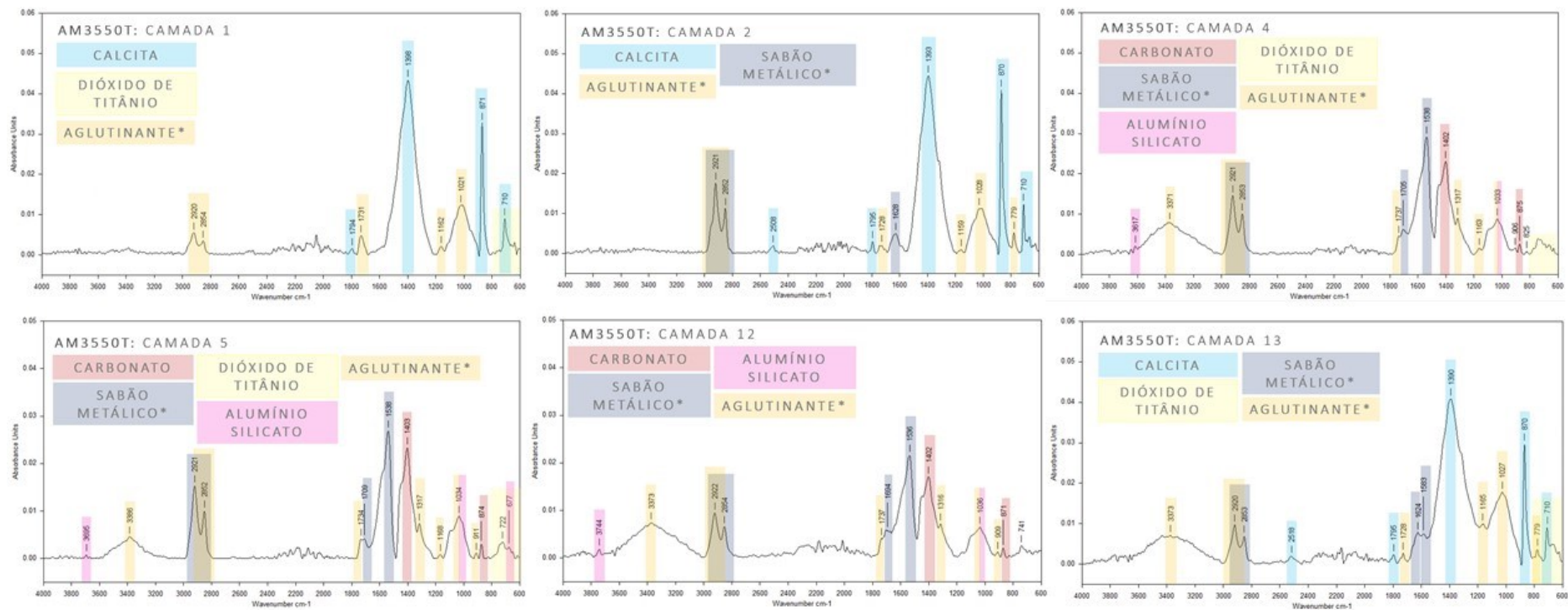
Figura 82 - Espectros de FTIR da amostra AM3549T

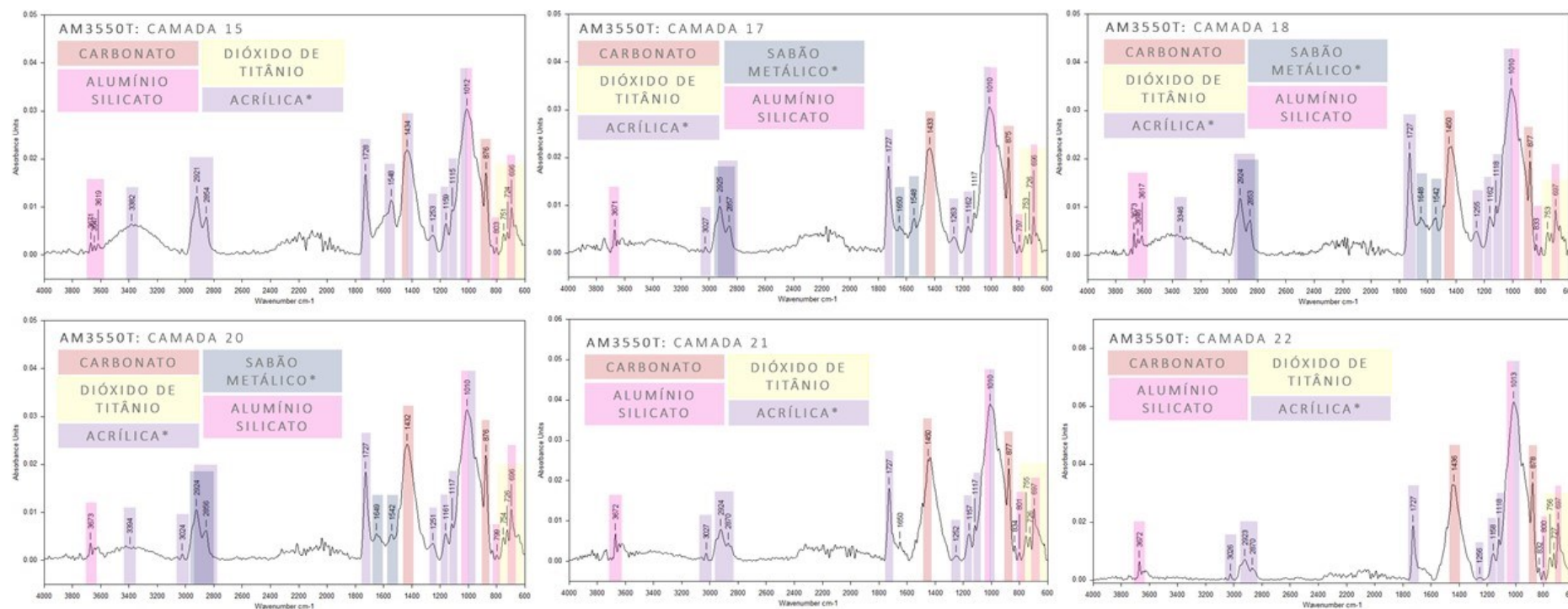


Legenda: Espectros de FTIR das camadas: 2, 4, 6, 8 e 9. Conforme corte estratigráfico e numeração da amostra AM3549T

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

Figura 83 - Espectros de FTIR da amostra AM3550T





Legenda: Espectros de FTIR das camadas: 1, 2, 4, 5, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 21 e 22. Conforme corte estratigráfico e numeração da amostra AM3550T

Fonte: Elaborada pela autora com dados extraídos do Acervo LACICOR/CECOR (2020)

Os espectros (Figura 79, Figura 80, Figura 81, Figura 82, Figura 83) das camadas apresentam bandas que indicam a presença das seguintes substâncias:

- **Carbonatos:** são todos os minerais que contêm o grupo $(\text{CO}_3)^{2-}$ onde os oxigênios não são compartilhados entre os grupos aniônicos e os triângulos de carbono-oxigênio; devem ser considerados unidades estruturais separadas. Muitas das propriedades destes minerais são derivadas deste grupo estrutural. Os carbonatos são divididos em grupos, agrupando as espécies mais relevantes (calcita, magnesita, dolomita, aragonita e malaquita) (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP, 2021):
 - **Magnesita** – MgCO_3 – carbonato de magnésio formado principalmente da alteração de rochas ricas em magnésio pela ação de fluidos hidrotermais. No passado foi a fonte principal do magnésio metálico com grande importância industrial. Atualmente é usada primariamente para a obtenção de óxido de magnésio. Possui uso para revestimento de fornalhas na fabricação de tijolos e fonte de magnésia na indústria química (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP, 2021).
 - **Dolomita** – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – é um dos principais minerais carbonáticos. Ocorre como alteração do calcário, com a substituição parcial de cálcio por magnésio. Apresenta vários usos, destacando-se como agregado na construção civil (pedra de construção ou ornamental), fabricação de cimentos, magnésia, revestimentos refratários e processos básicos de fabricação de aço (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP, 2021).
 - **Aragonita** – CaCO_3 – é um polimorfo de alta pressão da calcita. Pode ser usada na mesma medida que a calcita (para fabricação de cimentos e correção de pH em solos ácidos), porém seu uso na indústria não é relevante em função de sua menor ocorrência em relação à calcita. Por seu hábito (forma do cristal e seu estado de agregação) pode ter uso na ornamentação como um mineral gemológico de coleção (gema). É utilizado na manufatura de medidores de pressão piezoelétricos (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP, 2021).
 - **Malaquita** – $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ – é um dos minerais de cobre mais bem distribuídos no planeta Terra. Como é formada na alteração das jazidas de cobre é frequentemente associada à azurita, que apresenta

propriedades físicas similares. Possui grande importância comercial devido a sua beleza (utilizada em ornamentações) e a sua cor (fabricação de pigmento verde) (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP, 2021).

- [Calcita](#) – CaCO_3 – é um dos principais minerais formadores de rochas (o principal carbonato) e por muitas vezes o predominante em rochas sedimentares (calcários), rochas metamórficas (mármore) e rochas ígneas (carbonatitos). Tem uso na indústria da construção para fabricação de cimentos, cal e argamassa; além de ser corretor de pH de solos ácidos (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP, 2021).
- [Gipsita](#) – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – a gipsita ou gipso é um sulfato de cálcio hidratado amplamente distribuído. É gerado a partir da precipitação de sais em processos de evaporação de massas de água isoladas. Os subprodutos da gipsita são usados para alguns fins ornamentais e em diversas áreas industriais, como a produção do gesso e fertilizantes (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP, 2021). A gipsita também é um indicativo da presença de crostas negras. A crosta negra é uma camada aderida ao substrato que se desenvolve principalmente em ambientes urbanos, geralmente em áreas abrigadas da ação direta da chuva ou de escoamento de água (V. VERGÈS-BELMIN, 2008, p.42). Crostas negras são formadas a partir de precipitações inorgânicas, sendo a mais comum a gipsita, seguida da poeira, pólen e cinza ou resíduo resultante da queima de combustíveis fósseis (SILVA; SILVA, 2021). A crosta negra também é um indicador da presença de elementos derivados da queima de combustíveis fósseis.
- [Aglutinante](#): elemento de junção entre materiais (para mais informações consultar 2.3.1 Resina);
- [Acrílica](#): Resina acrílica componente da tinta acrílica (para mais informações consultar 2.5.6 Resinas acrílicas);
- [Alumínio Silicato](#) – $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ – é um argilomineral. Um mineral inorgânico, argiloso, constituído de silicatos de alumínio hidratados de granulação fina. As argilas podem apresentar mistura com outros minerais como o feldspato, o quartzo, os carbonatos e as micas (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP, 2021). Apresenta-se na forma cristalina lamelar de superfície irregular, sendo

extraído de jazidas e beneficiado conforme a aplicação desejada: tintas, borrachas, cerâmicas, colas, adesivos, como veículos para líquidos ativos (inseticidas e outros), abrasivo leve, fabricação de sabões, cimento portland branco, carga de gesso para paredes, adsorvente de toxinas do aparelho digestivo (na medicina). Na indústria de tintas é uma carga utilizada em todos os sistemas, pois: confere um acabamento superficial mais uniforme (devido à sua morfologia lamelar); possibilita boa cobertura; melhora a aderência entre as partículas e o polímero melhorando a resistência à lavabilidade (capacidade de adsorção); proporciona flexibilidade e resistência maior à sedimentação garantindo uma melhor estabilidade ao sistema (MINÉRIOS OURO BRANCO, 2021).

- [Dióxido de Titânio](#) – TiO_2 – pigmento sintético de coloração branca (para mais informações consultar 2.3.2 Pigmento).
- [Sulfato de Bário](#) – BaSO_4 – ou barita é um sulfato de alta densidade e baixa absorção. Em maior proporção, a barita é usada como lama pesada na indústria do petróleo (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP, 2021). É a principal fonte de bário para a produção de substâncias químicas utilizadas na fabricação de cosméticos, papel, tecidos e tintas radiológicas médicas e como pigmento de tintas (MINÉRIOS OURO BRANCO, 2021).
- [Sabão metálico](#) – $\text{R-COO}^- \text{M}^+$ – é um sal produto de ácidos graxos de cadeias longas e de um óxido metálico. Conhecidos como estearatos metálicos, podem ser produzidos por diversos métodos de síntese, como processos de precipitação e fusão. São empregados em diversos setores, principalmente: construção civil (agente hidrofóbico); pintura/acabamento (agente de acabamento mate e abrasivo); lubrificação (espessante para a produção de lubrificantes e graxas lubrificantes); indústria da borracha (auxiliar de vulcanização, agente de liberação e lubrificante); indústria do papel (lubrificante e agente de liberação para lixa, quelante para pigmentos); setor de metalurgia (lubrificante e agente de liberação para metalurgia dos pós, trefilação e estiramento de tubos); papelaria (lubrificantes para lápis) e argila para modelar em diversas formas físicas (BAERLOCHER GMBH, 2021).

Os materiais identificados com um asterisco (*) nos espectros demandam a realização da Pirólise em combinação com cromatografia gasosa e espectrometria de massa (Py-

GC/MS) para sua confirmação. A sequência destes exames não pôde ser realizada em função da suspensão das atividades acadêmicas na UFMG.

4.5 Análise dos resultados

Foi solicitado e autorizado pelo IEPHA/MG o acesso ao projeto de restauração do edifício estudo de caso, bem como ao projeto das adequações que estavam em curso. Entretanto, tal autorização coincidiu com o início das medidas estruturais de prevenção, enfrentamento e contenção da propagação do novo coronavírus, que incluíram a "suspensão, por 30 dias (prazo prorrogável), do atendimento presencial ao público externo e atividades de pesquisa na sede do IEPHA/MG" (IEPHA/MG, 2020c e IEPHA/MG, 2020d). Diante da impossibilidade de acesso aos projetos de intervenção da edificação, os exames globais apresentados foram comparados com o material documental do acervo do IEPHA/MG, com destaque para as especificações de pintura (APÊNDICE 1 REFERÊNCIAS NORMATIVAS VIGENTES DE TINTAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL e APÊNDICE 2 MATERIAIS UTILIZADOS NO SISTEMA DE PINTURA DO EDIFÍCIO ESTUDO DE CASO).

Os estudos estratigráficos verificados *in situ* e os documentados pelo APÊNDICE 3 ESTUDOS ESTRATIGRÁFICOS SETOP EM 1998 apresentam relação com os cortes estratigráficos (Figura 73) elaborados com as amostras coletadas. Os exames globais indicam a presença de camadas de tinta e sistemas de nivelamento. Estas camadas tendem a apresentar os mesmos materiais constituintes em função da formulação química original ou da migração de elementos entre camadas. A diferenciação entre elas deriva de coloração, dimensões e percentual de determinados materiais.

Os sistemas de nivelamento, em sua maioria, são brancos com porcentagem maior de cargas. Quando a coloração da tinta é branca a diferenciação aparece no percentual de pigmentos presentes. As espessuras das camadas de tinta tendem a ser finas e uniformes em toda a extensão das superfícies. Os sistemas de nivelamento podem ser as massas ou o revestimento em gesso (pasta). Eles devem possuir a espessura suficiente para o nivelamento e prumo da superfície, resultando em uma seção transversal de espessura variável. A aplicação inadequada destes materiais – em camadas espessas – ainda que visando a correção de nivelamento, tende a gerar patologias construtivas.

Learner (2004) destaca que a técnica da FTIR é quantitativa, portanto, o foco da análise são os componentes principais das tintas modernas. Tais componentes são determinados por seus picos de absorção característicos (bandas). Vinculando as substâncias identificadas nos exames de FTIR à documentação arquivada de intervenções na edificação, constata-se a semelhança entre os materiais. O aglutinante com a caracterização confirmada é a resina acrílica. Learner (2004) identifica os picos específicos da resina acrílica¹⁵⁰ por meio da atribuição do tipo de ligação:

- C-H estiramento (*stretching*): 2800-3100 cm⁻¹ e 1300-1500 cm⁻¹
- C=O estiramento (*stretching*): 1700-1750 cm⁻¹
- C=O estiramento (*stretching*): 1700-1750 cm⁻¹
- C-H flexão (*bend*): 1300-1500 cm⁻¹
- C-O estiramento (*stretching*) e C-C estiramento (*stretching*): 900-1300 cm⁻¹
- C-O estiramento (*stretching*) e C-C vibrações internas (skeletal vibrations): 900-1250 cm⁻¹
- Abertura de anel aromático (*aromatic ring breathing*) 1450-1650 cm⁻¹
- C-H balanço (rocking): 600-900 cm⁻¹

Como não existem amostras de todos os ambientes do edifício, será considerado - com base em Askar (1988) - que os mesmos elementos construtivos apresentam o mesmo sistema de pintura. Assim, as amostras AM3540T e AM3550T representam exemplares do sistema de pintura exterior e as amostras AM3542T, AM3546T e AM3549T representam exemplares do sistema de pintura interno. A caracterização da resina resultante dos exames globais (Figura 79, Figura 80, Figura 81, Figura 82, Figura 83) coincide com as especificações de pintura da instituição:

- Sistema de pintura exterior:
 - pintura original, fachadas nas cores verde e amarelo (apenas fachada posterior) (ASKAR, 1988);
 - pintura em 1988 na cor cinza chapado (ASKAR, 1988);

¹⁵⁰ Learner (2004) utilizou como referências: soluções acrílicas (Paraloide F-10 - polímero p*n*BMA, Paraloide B-67 - polímero p*B*BMA e Paraloide B-72 - copolímero pEMA-MA); emulsões acrílicas (Primal AC-634 - copolímero p(EA-MMA) e Primal AC-235 - copolímero p(*n*BA-MMA)) e copolímeros de estireno-acrílico (termopolímero p(*n*BMA-2EHA-estireno)).

- especificação para pintura do tipo látex na cor verde (ASKAR, 1988);
- especificação para sistema de pintura - massa corrida acrílica e tinta acrílica fosca (IEPHA/MG, 1998d);
- medição de serviços com selador, tinta látex 100% acrílica com acabamento semibrilho (IEPHA/MG, 2003a);
- medição de serviços com massa corrida acrílica, tinta acrílica fosca e fundo preparador de paredes (IEPHA/MG, 2003b);
- Sistema de pintura interno:
 - pintura em 1998 em tinta látex na cor pérola (ASKAR, 1988);
 - medição de serviços com massa PVA e tinta látex e “metalatex” (IEPHA/MG, 1998c);
 - especificação para sistema de pintura com a Tinta Coral Plus (1050), Tinta acrílica fosca, *color service* (IEPHA/MG, 1998d);
 - medição de serviços com tinta látex (IEPHA/MG, 2003a).

A bibliografia consultada não apresenta o detalhamento destas escolhas. A seleção destes produtos não é acompanhada por argumentos ou embasamento técnico que justifique à compatibilidade entre os materiais existentes e os novos sugeridos. Isso demonstra a desconsideração pela composição material (caracterização físico-química) em detrimento da apreciação estética (representada pela cor).

A prática recorrente para a identificação do sistema de pintura de um ambiente interno ou externo consiste na pintura de faixas paralelas, em cores diferentes, para a seleção da cor mais adequada ao ambiente e a preferência do proprietário (Figura 84). Essa prática não é errada, mas desconsidera a especificação das propriedades da tinta.

Tal recusa é reafirmada na ambiguidade conceitual da seleção do sistema de nivelamento: a massa acrílica é uma dispersão de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico; a massa corrida é uma dispersão de polímeros vinílicos (poliacetato de vinila ou PVAc). A denominação “massa corrida acrílica” não existe comercialmente (ANEXO 3 PRINCIPAIS PRODUTOS UTILIZADOS PARA PINTURA DE EDIFÍCIOS). Este equívoco não gerou patologias registradas no acervo da instituição. Entretanto, as correspondências e ofícios dos técnicos do IEPHA/MG no início da década de 1980 indicam uma patologia pontual no sistema de revestimento da fachada.

A empreiteira Arquel Ltda. recebeu a pintura externa da edificação estudo de caso

(denominada de SETOP) em 07 de agosto de 1980, com um prazo de 360 dias para conclusão do serviço (IEPHA/MG, 1981). Durante sua execução, fiscais da própria SETOP e da Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado de Minas Gerais (CODEURB) acionaram a empreiteira, repetidamente, para solucionar permanentemente o problema de descascamento da pintura. O problema começou durante a execução do serviço e mesmo após nove correções, a pintura continuava a desprender (Figura 85). Foi solicitada uma reunião entre os representantes da empreiteira e da “Tintas Ipiranga” visando uma solução definitiva (Figura 86). O problema identificado pelo representante da indústria de tintas foi a aplicação de um material inadequado (massa PVA) pela empreiteira Arquel Ltda., considerando o substrato e o entorno da edificação (Figura 86).

Uma questão de primordial importância a ser levada em conta em intervenções em edifícios de interesse histórico é o tratamento das superfícies. A abordagem desse problema depende da proposta de restauração como um todo, resultante de análises pormenorizadas do edifício ou conjunto de edifícios e do ambiente em que estão inseridos. Todas as decisões relativas às ações a serem desenvolvidas, incluindo-se o tratamento de superfícies, deveriam, de forma articulada, derivar dessa análise, seguindo os princípios basilares que regem a restauração. O tratamento de superfícies deve ser encarado dentro desse processo e deve ser reconhecido com o status de um verdadeiro problema da restauração, ou seja, problema também histórico-crítico, e não decisão baseada unicamente em critérios técnicos, e muito menos, como simples questão de gostou ou de moda.

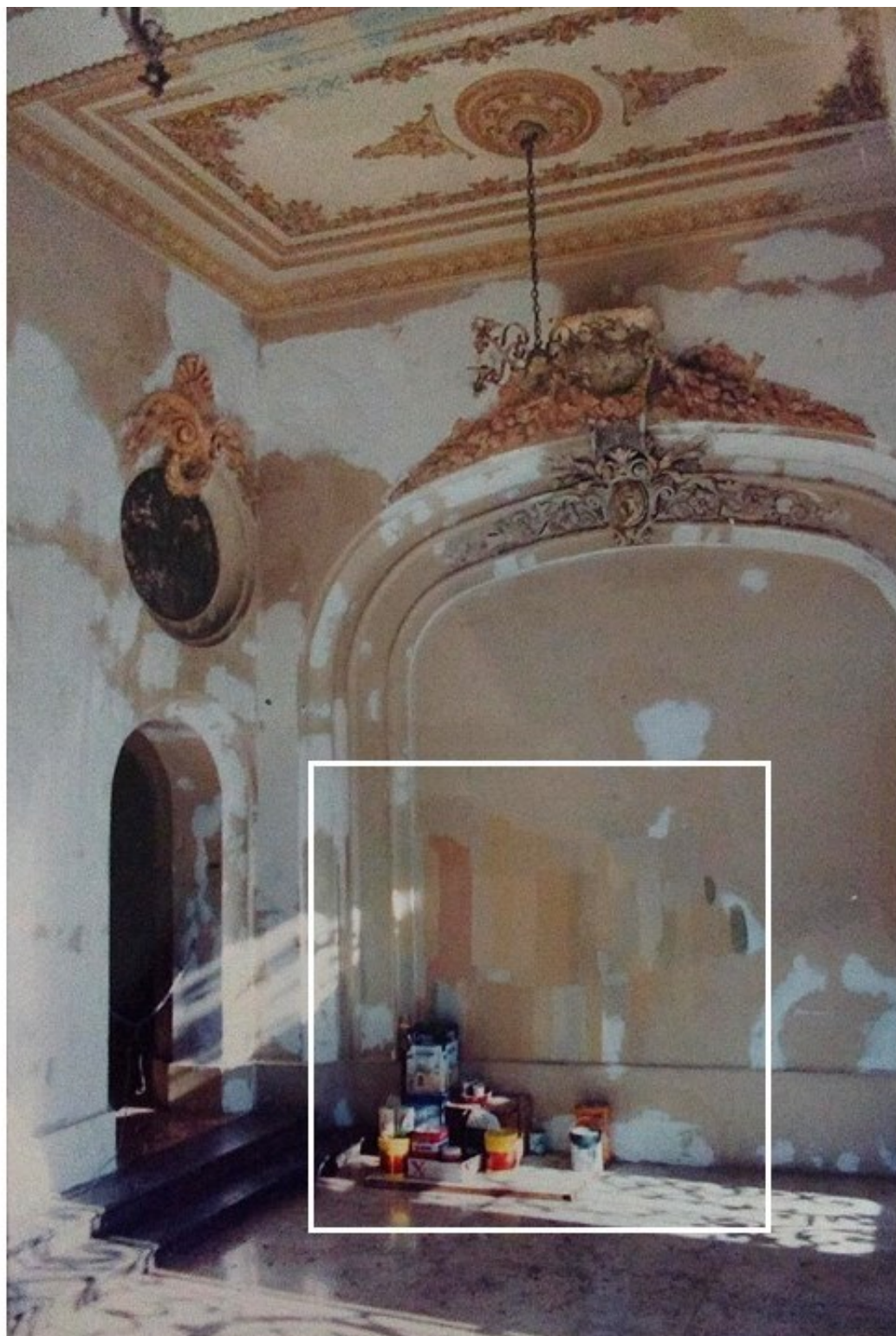
[...]

No entanto, em muitas intervenções, o tratamento das superfícies não tem sido encarado dessa forma, predominando repintes aleatórios, substituições e refazimentos *ex officio*, sem nenhum tipo de reflexão sobre o estado em que estão as superfícies nem sobre seu papel como testemunho privilegiado do transcurso de uma obra no tempo, ou seja, como documento histórico e como palco de transformações figurativas. Na maioria das vezes, nem mesmo se cogita a utilização de técnicas para consolidar e tratar o já existente e o que transparece é apenas a preocupação com a imagem, a aparência. (KÜHL, 2008, p. 229).

A análise científica das camadas de revestimento pictórico parece ser incomum nos processos de intervenção sob o patrimônio cultural edificado. Por esta razão, os fragmentos amostrados são exemplos para o levantamento de parâmetros desta abordagem científica ainda em processo de consolidação. A autora e a equipe envolvida nesta pesquisa têm ciência de que este número de amostras não é suficiente para a caracterização de todas as intervenções sofridas pela edificação e que podem existir tratamentos realizados que não foram documentados. Destaca-se

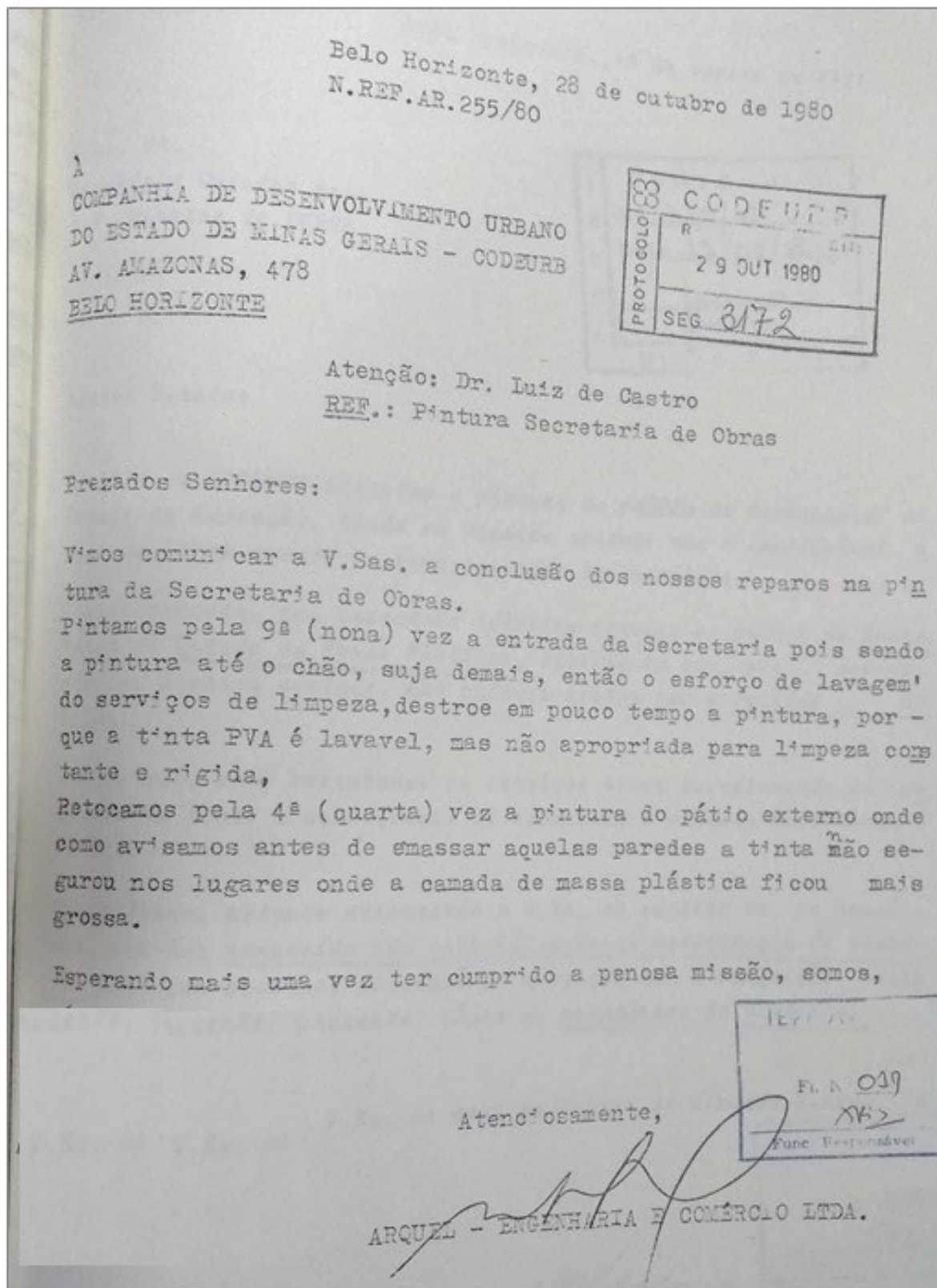
neste estudo o caráter didático e expositivo desta contribuição para abordagem das tintas modernas e seu uso no patrimônio cultural edificado.


Figura 84 - Vista do Hall em setembro de 1998



Fonte: Acervo GDI – IEPHAMG (2003d)

Figura 85 - Documentação indicando problemas do sistema de pintura




COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
NOTIFICAÇÕES Nº _____

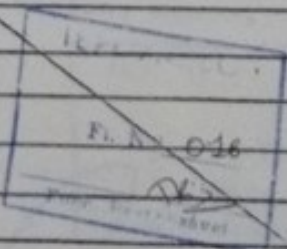
RA: _____
 NÍCIO: _____
 SPONSÁVEL: ABRIL LTDA
 TIPO DE SERVIÇO: ESCLARECIMENTO INTIMAÇÃO INSTRUÇÃO RECLAMAÇÃO

OBJETO:

Em face de continuar descolando a pintura da fachada principal e em pontos do pátio interno, solicito vossas urgentes providências, para ser o default.

Como já tenho observado a V.Sa., é necessário acurado estudo de problema afim de ser dada solução definitiva e não paliativas já feitas tantas vezes. D


Deverão ser ouvidos técnicos especializados, antes de ser atacado o reparo, e a fiscalização está a vossa disposição para estar presente a essas entendimentos.



CLIENTE 13/19/81 EM 11 / 02 / 19 81

Fonte: Acervo DGI – IEPHA/MG (1981)

Figura 86 - Documentação com indicação do problema e solução para o sistema de pintura

 **TINTAS YPIRANGA S. A.**

ADMINISTRAÇÃO CENTRAL
Rua General Bruce, 320 - São Cristóvão
Caixa Postal 23.050; CEP 20923, Rio de Janeiro, RJ - Brasil
End. Tel: "YPIRANGA" - Telex 21600 - Telefone Geral 264-7112

FABRICAS: Leopoldina - Rio de Janeiro, RJ
SBC - São Bernardo do Campo, SP

Belo Horizonte, 09 de abril de 1981.

A
ARQUEL ENGENHARIA COMÉRCIO LTDA.
Rua Timbiras, n. 2809
BELO HORIZONTE. capital

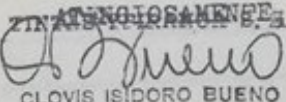
Prezados Senhores

ATENÇÃO DR. MARCOS

REF/ SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS/MG

Com referência a pintura da obra acima, temos a informar que aplicação da MASSA PVA, na parte externa foi incorreta. Referido produto quando aplicado parte externa, exposta à ação dos raios solares e das intempéries perdem em curto espaço de tempo, a elasticidade, a aderência e tendem a rachar com a conseguinte separação das películas dos produtos aplicados sobre a mesma.

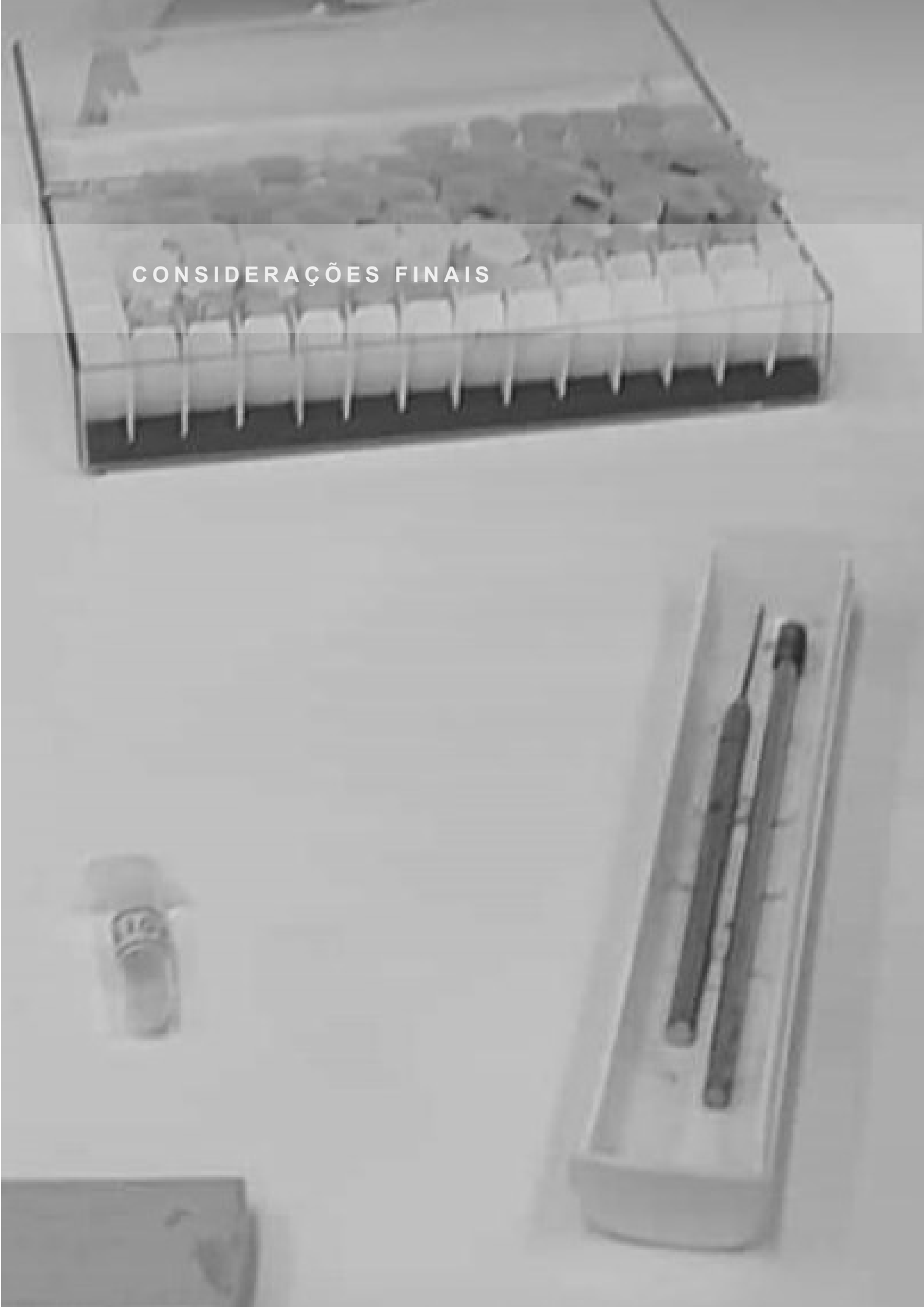
Sugerimos o seguinte:
Nas partes afetadas, descascar e rebocar novamente, aplicando após VERNIZ NEUTREX 92180 diluído a 100% c/ SOLVITE 95220 e posteriormente o acabamento com LATEX SUPER CONCRETINA LINHA 100, ou LATEX DECORTINT LINHA 3700. Favôr observar pagina 7 do Folheto anexo.
Colocamo-nos a inteira disposição de V.S, para quaisquer duvidas a respeito.


CLOVIS ISIDORO BUENO
Gerente Filial - BH

cib.

Fonte: Acervo DGI - IEPHA/MG (1981)

CONSIDERAÇÕES FINAIS



Esta dissertação consiste na apresentação de uma nova abordagem para o tratamento das camadas pictóricas de revestimento em diversos bens do patrimônio cultural edificado. Ela não tem a pretensão de esgotar o tema, mas de disseminá-lo, sobretudo, ao público profissional e acadêmico. A extensa revisão de bibliografia em língua portuguesa com explicações claras e ilustradas, garante a acessibilidade do conteúdo. Os objetivos propostos foram alcançados e a hipótese inicial consolidada. Ressaltando êxito na salvaguarda do patrimônio cultural mediante a associação entre a universidade e suas instituições protetoras.

As tintas não são apenas cores! As camadas pictóricas devem ser compreendidas como a porção final do sistema de revestimento – e não apenas como um componente colorido. A tinta deve ser especificada por suas características físico-químicas e não exclusivamente estéticas. A pintura entendida como um revestimento meramente estético, apenas vinculado a cor, é a raiz de muitas patologias do patrimônio cultural edificado. Nos processos de restauração de diversos bens do patrimônio cultural edificado, o conhecimento detalhado de materiais, e particularmente de tintas, possibilita estabelecer a relação entre estas camadas e seus processos de deterioração.

Um desafio verificado por esta pesquisa é a falta de divulgação das propostas e projetos de intervenções no patrimônio cultural edificado. A limitação da circulação destas informações pode contribuir para a ocorrência de erros conceituais que seriam evitáveis – além de impedir a ampla divulgação de conhecimento sobre técnicas e métodos tradicionais. Tal combinação restringe o pleno entendimento do viés material de um bem, tanto pelos profissionais envolvidos na sua conservação quanto pela respectiva sociedade.

O uso de tintas pode ser datado se seus componentes e propriedades físico-químicas forem compatibilizados com o desenvolvimento das tintas no Brasil e no mundo. A bibliografia indica a presença de algumas substâncias como marcadores temporais vinculados a história do uso de tintas. Um exemplo é a alteração da matéria prima (pigmento branco) para a fabricação de tintas no Brasil durante o século XX. A possibilidade de datação de revestimentos auxilia na descrição de um histórico de intervenções da edificação a partir de seus materiais.

A compreensão do revestimento pictórico de uma edificação possibilita a identificação

da necessidade de remoção de camadas superiores ou, contrariamente, pode evidenciar estas camadas como protetoras de uma camada pictórica relevante inferior. Nos casos em que for comprovada a necessidade de remoção da camada pictórica, as informações sobre as propriedades físico-químicas das tintas auxiliam na tomada de decisão quanto aos melhores métodos e materiais para o procedimento. As informações sobre as propriedades das tintas aplicadas também podem ser utilizadas nos processos de manutenção da edificação, reduzindo o risco de patologias.

O sistema de pintura requer manutenção como qualquer elemento construtivo de uma edificação tradicional ou contemporânea. A falta de normativas, informações técnicas ou cadernos metodológicos pode ser um gargalo no que tange à conservação do patrimônio cultural edificado. Entretanto, o reconhecimento desta limitação é o primeiro passo para seu desenvolvimento. O conteúdo elaborado deve ser interdisciplinar e abranger todos os profissionais envolvidos na salvaguarda do patrimônio cultural.

Os exames científicos apresentados para a caracterização das tintas são análises que demandam mais tempo, mais investimentos, equipamentos específicos e um corpo técnico especializado. Contudo, o resultado garante a certeza da constituição físico-química das camadas de revestimento pictórico. Por este percurso, a cor torna-se um elemento secundário, igualmente mensurável, mas não dominante nos processos de intervenção. Esse conjunto de dados torna-se material de uso histórico e artístico para as intervenções passadas e futuras de uma edificação.

O estudo de caso revelou que os estudos estratigráficos *in situ* são documentações insuficientes para a caracterização dos sistemas de revestimento pictórico. Este fato é comprovado pela recorrência de janelas de prospecção, em um mesmo ambiente, em um intervalo de 40 anos. Se o primeiro estudo fosse completo - com a realização de exames globais, documentado pela análise científica e analisado por profissionais interdisciplinares - ele não necessitaria de ser refeito. Possivelmente, o gasto adicional de um estudo completo equivaleria aos novos gastos com análises repetidas e insuficientes. Com este rigor técnico-científico as informações sobre determinado bem – seja ele uma obra de arte, um edifício, um ambiente ou um material – estariam sempre disponíveis para consulta, podendo ser utilizadas por profissionais ou pesquisadores. Este conhecimento amplo e detalhado sobre materiais constituintes

evita patologias, por compatibilidade física ou química, como as verificadas em campo.

Esta dissertação é um desdobramento do projeto de pesquisa “*History of Modern House Paints in Brazil*” e deriva da troca de conhecimento entre as equipes participantes. A autora pretende dar continuidade à análise das camadas pictóricas de revestimento, detalhando as propostas de intervenção em bens do patrimônio cultural edificado e, principalmente, aqueles referentes à edificação estudo de caso. Estas investigações dependem do retorno completo de setores e atividades afetados pela pandemia na cidade de Belo Horizonte e na Universidade Federal de Minas Gerais. Tais pesquisas serão realizadas em fontes de pesquisa primárias, plataformas referenciais e acervo de instituições de salvaguarda.

O desenvolvimento desta análise tem por finalidade verificar a profundidade da prática de intervenções sobre as camadas pictóricas de revestimento no Brasil. A expectativa é averiguar a profundidade do tratamento - se limita a realização de prospecção direcionadas a descrição das cores das camadas pictóricas ou investiga a composição do material por meio de exames científicos. Este estudo será posteriormente publicado e vinculado a esta dissertação. Com estas considerações pretende-se consolidar e vincular a cor e a materialidade das camadas pictóricas de revestimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ABRAFATI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS. **A Indústria de Tintas no Brasil: cem anos de cor & história.** São Paulo: CI-A Cultural, 1989. 119 p. Coordenação geral e redação: Carlos Queiroz Telles; Editor Mario Ernesto Humberg.

ALMEIDA, Gerson de. Pigmentos Orgânicos. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia.** 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 11. p. 366-386.

ARGAN, Guilio Carlo. **Arte Moderna.** São Paulo: Companhia das Letras, 1992. Tradução de Denise Bottmann e Frederico Carotti.

ASKAR, Jorge Abdo. Consultoria prestada à TECPLAN Engenharia LTDA. para definição das cores da Secretaria de Estado de Obras Públicas: 08 a 22 de dezembro de 1988. In: IEPHA/MG (Instituto Do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais). **Conservação/Restauração – Obras:** relatório de fiscalização 1988-1997. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1998. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

ASSIS, Wilson Alves de; ALMEIDA, Gerson de. Pigmentos Inorgânicos. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia.** 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 10. p. 340-365.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.453:** Cal virgem para construção civil - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2003a. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.172:** Aglomerantes de origem mineral - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1990. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.175:** Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b. 4 p.

BAERLOCHER GMBH. Sabões metálicos. Disponível em: <https://www.baerlocher.com.br/produtos/saboes-metalicos/>. Acesso em: 14 set. 2021.

BARBOSA, Joao Henrique Ribeiro. **Arte construtiva brasileira:** o uso de materiais pictóricos industriais pelos artistas nas décadas de 1950 e 1960. 2017. Dissertação (Mestrado em Artes) - Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-ARTJTM>>. Acesso em: 19, jun 2020.

BARBOSA, João Henrique Ribeiro; SOUZA, Luiz A. C.. O uso experimental e inovador de tintas modernas pelo artista Ivan Serpa em obras do começo da década de 1950. **Revista Interdisciplinar Internacional de Artes Visuais:** Art&Sensorium, Paraná, v. 6, n. 2, p. 115-130, ago. 2019. Disponível em: <http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/sensorium/article/view/3128>. Acesso em: 03 mar. 2021.

BAUER, E. Sistemas de revestimento de argamassa – Generalidades. In: BAUER, E. (Cord.). **Revestimentos de argamassa:** características e peculiaridades. Brasília, SINDUSCON-DF, 2005. Cap. 1. p. 7-14.

BEZERRA, Ana Luísa Furquim. **As cores das fachadas de edificações históricas pintadas a cal**. 2010. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/93795/290636.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 maio 2021.

BOQUIMPANI, Felipe dos Santos. **Caracterização das interações entre pigmentos artísticos e fontes de luz**. 2011. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/p/augusto.neiva/TCC/arquivos/1320068780.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2020.

BROWN, Lawrence S.; HOLME, Thomas A.. **Química geral aplicada à engenharia**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. Tradução de Maria Lúcia Godinho de Oliveira Revisão técnica de Robson Mendes Matos.

CALLISTER Jr., Willian D.. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2008. Tradução de Sérgio Murilo Stamile Soares.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 26. p. 863-904.

CASTELLO BRANCO, Maria Alice Honório Sanna Castello. **A experimentação das vanguardas brasileiras no pós-guerra: conceito e materialidade**. 2019. Tese (Doutorado em Artes) - Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/31856>>. Acesso em 19, jun 2020.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BORRACHA. **Resinas Fenólicas**. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/materias-primas/agentes-de-vulcanizacao/resinas-fenolicas/>. Acesso em: 03 set. 2020.

CINCOTTO, Maria Alba; QUARCIONI, Valdecir Ângelo; JOHN, Vanderley Moacyr. Cal na Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 22.1. p. 695-725.

CIRCUITO LIBERDADE (Belo Horizonte). **Casa do Patrimônio Cultural**. 2020. Disponível em: <http://www.circuitoliberaldade.mg.gov.br/pt-br/espacos-br/casa-do-patrimonio-cultural-de-minas-gerais>. Acesso em: 03 fev. 2020.

COSENTINO, Antonino. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. **Conservar Patrimônio**, [S.L.], v. 21, p. 53-62, out. 2015. Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal. <http://dx.doi.org/10.14568/cp2015006>. Disponível em: <http://revista.arp.org.pt/en/artigos/2015006.html>. Acesso em: 22 out. 2020.

CROOK, Jo; LEARNER, Tom. **The impact of modern paints**. Londres: Tate Gallery Publishing Ltd, 2000. 192 p. (Tate Gallery Publishing).

DERRICK, Michele R; STULIK, Dusan; LANDRY; James M. **Infrared Spectroscopy in Conservation Science**. Scientific Tools for conservation. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1999.

DEUTSCH, Paul; FAZENDA, Jorge M. R.; FILHO, Constantino T.. Óleos glicéridos, resinas alquídicas e poliésteres. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 3. p. 154-191.

DEUTSCH, Paul; RODRIGUES, José Carlos. Resinas celulósicas, hidrocarbônicas, borracha clorada e de silicone. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 9. p. 312-336.

DINIZ, Francisco D.. Aplicações Arquitetônicas. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 18. p. 618-636.

DOMINGUES, Ivan. Entrevista: humanidade inquieta. **UFMG Diversa: Faces do conhecimento**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, 2003. Disponível em: <https://www.ufmg.br/diversa/2/entrevista.htm>. Acesso em: 22 maio 2021. Entrevista concedida a Marcelo Terça-Nada!.

DOW BRASIL S.A.; THE DOW CHEMICAL COMPANY; DOW EUROPE GMBH. Solventes. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 15. p. 498-518. Autores: Julio C. Natalense (DOW BRASIL S.A.); Ann Wright (THE DOW CHEMICAL COMPANY); Jim Mertens (THE DOW CHEMICAL COMPANY); Jim Steinbrunner (THE DOW CHEMICAL COMPANY); Leslie Saskshaug (THE DOW CHEMICAL COMPANY); Rodolfo Bayona Plata (THE DOW CHEMICAL COMPANY); Daniel Zweifel (DOW EUROPE GMBH); Dan Thanh Nguyen Phuc (DOW EUROPE GMBH).

FARIA, Dalva Lúcia A. de; AFONSO, Marisa C.; EDWARDS, Howell G. M.. Espectroscopia Raman: uma nova luz no estudo de bens culturais. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo, n. 12, p. 249-267, 18 dez. 2002. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revmae/article/view/109452>. Acesso em: 05 dez. 2019.

FARIAS, Márcio Muniz de; PALMEIRA, Ennio Marques. Agregados para a Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 16. p. 481-523.

FAZENDA, Jorge M. R.. **Jorge Fazenda**: inédito. São Paulo: ABRAFATI, 2019. Entrevista concedida a André Luiz Guedes Martins.

FAZENDA, Jorge M. R.. Polimerização: considerações teóricas. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI,

2009. Cap. 2. p. 13-68.

FAZENDA, Jorge M. R.; FILHO, Constantino T.. Resinas Acrílicas e emulsões vinílicas e acrílicas. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009a. Cap. 4. p. 194-230.

FAZENDA, Jorge M. R.; FILHO, Constantino T.. Resinas Epoxídicas. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009b. Cap. 6. p. 248-277.

FAZENDA, Jorge M. R.; FILHO, Constantino T.. Resinas Poliuretânicas. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009c. Cap. 5. p. 232-245.

FIGUEIREDO JUNIOR, João Cura D’Ars de. **Química aplicada à conservação e restauração de Bens Culturais**: Uma Introdução. Belo Horizonte: São Jerônimo, 2012.

FIOCRUZ. **Radiação**. Disponível em: http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html. Acesso em: 18 out. 2020.

FIORITO, Antonio J.S.I. . **Manual de argamassas e revestimentos**: estudos e procedimentos de execução. 2 ed. São Paulo: PINI, 2009.

FRONER, Yacy Ara. **Os domínios da memória**: um estudo sobre a construção do pensamento preservacionista nos campi a Museologia, Arqueologia e Ciência da Conservação. 2001. 461 f. Tese (Doutorado) - Curso de História, Programa de Pós-Graduação do Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

GALVÃO JUNIOR, José Leme. **O adobe e as arquiteturas**. s.d. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Adobe_e_as_Arquiteturas.PDF>. Acesso em: 14 maio 2018.

GNECCO, Celso. Ensaio para determinação da composição e caracterização de tintas. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 27. p. 944-1004.

GNECCO, Celso; MARIANO, Roberto, FERNANDES, Fernando. Pintura de Manutenção Industrial. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 22. p. 734-800.

GOMES, Abdias Magalhães. **Caracterização de argamassas tradicionais utilizadas nos revestimentos exteriores dos edifícios**. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1995.

GONÇALVES, Willi de Barros. **Ciência do Patrimônio**. 2020. Definição da

ANTECIPA. Disponível em: <http://lacicor.eba.ufmg.br/antecipa/index.php/ciencia-do-patrimonio/>. Acesso em: 19 out. 2020.

GOOGLE ARTS & CULTURE (org.). **Hubert van Eyck**. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/>. Acesso em: 04 ago. 2020.

GOOGLE MAPS. **Praça da Liberdade**. 2017. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Pra%C3%A7a+da+Liberdade+-+Savassi,+Belo+Horizonte+-+MG,+30140-010/@-19.9328452,-43.9407659,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xa699dc33844e8d:0x25c3ee8734f393f9!8m2!3d-19.9328452!4d-43.9385772>. Acesso em: 26 nov. 2020.

GOOGLE MAPS. **Praça da Liberdade**. 2021. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Pra%C3%A7a+da+Liberdade+-+Savassi,+Belo+Horizonte+-+MG,+30140-010/@-19.9297682,-43.9372976,313a,35y,194.2h,43.89t/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xa699dc33844e8d:0x25c3ee8734f393f9!8m2!3d-19.9328452!4d-43.9385772>. Acesso em: 26 nov. 2020.

GOOGLE STREET VIEW. **Prédio Verde**: Casa do Patrimônio Cultural de Minas Gerais. 2017. Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-19.9315457,-43.937099,3a,75y,109.68h,96.28t/data=!3m6!1e1!3m4!1sAF1QipPZsm2Tb8Wc7QOd2nb6wvt260eVDEgGxGKg-BBa!2e10!7i10000!8i5000>. Acesso em: 30 nov. 2020. Olhar Histórico - Nadar 360, Street View - nov. 2017.

GORNINSKI, Jane Proszek; KAZMIERCZAK, Claudio de Souza. Microestrutura dos Polímeros. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 12 p. 351-375.

GUEDES, Milber Fernandes. **Caderno de Encargos**. 4. ed. São Paulo: Pini, 2004.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 27. p. 905-944.

IEPHA/MG. “Correção de Pintura”. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração - Obras**: Documentos do arquivo central. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1981. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. **Conheça a história do prédio que abriga a futura sede da Casa do Patrimônio Cultural de MG**: Notícias. 2020a. Disponível em: <http://www.iepha.mg.gov.br/index.php/noticias-menu/536-conheca-a-historia-do-predio-que-abriga-a-futura-sede-da-casa-do-patrimonio-cultural-de-mg>. Acesso em: 03 jan. 2021.

IEPHA/MG. **Conservação/Restauração - Obras**: Relatório de fiscalização 1988-1997. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1998a. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. **iepha-MG celebra seus 49 anos com retorno à Praça da Liberdade:** notícias. Notícias. 2020b. Disponível em: <http://www.iepha.mg.gov.br/index.php/noticias-menu/546-iepha-mg-celebra-seus-49-anos-com-retorno-a-praca-da-liberdade>. Acesso em: 03 jan. 2021.

IEPHA/MG. Informe Histórico. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração - Obras:** Relatório de fiscalização 1988-1997. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1998b. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Monumento SETOP : CONTRATADA: D'MARTINO CONSTRUTORA : OBRA/SERVIÇO : RESTAURAÇÃO E REFORMA DO 4º E 5º ANDARES DA SETOP : MEDIÇÃO DE SERVIÇOS: MÊS BASE – AGOSTO/97 : DATA: 28/07/97 À 31/08/97. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração – Obras:** relatório de fiscalização 1988-1997. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1998c. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Monumento SETOP - FACHADAS: CONTRATADA: PERFIL ENGENHARIA LTDA. : OBRA/SERVIÇO : RESTAURAÇÃO E PINTURA EXTERNA DA FACHADA : PERÍODO: 01/05/98 À 31/05/98.. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração - Obras:** Relatório de fiscalização 1998-2002. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2003b. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Monumento SETOP - FACHADAS : OBRA/SERVIÇO : RESTAURAÇÃO E PINTURA EXTERNA DA FACHADA : ORÇAMENTO. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração – Obras:** relatório de fiscalização 1988-1997. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1998d. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Monumento SETOP 1º E 5º ANDARES: CONTRATADA: D'MARTINO CONSTRUTORA : OBRA/SERVIÇO : OBRAS COMPLEMENTARES DA SETOP - 1º E 5º ANDARES : PERÍODO: 01/04/98 À 30/04/98.. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração - Obras:** Relatório de fiscalização 1998-2002. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2003a. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. **Notícias:** Atividades presenciais do Iepha-MG serão retomadas de forma gradual. 2020. Disponível em: <http://www.iepha.mg.gov.br/index.php/noticias-menu/549-atividades-presenciais-do-iepha-mg-serao-retomadas-de-forma-gradual>. Acesso em: 30 out. 2020d.

IEPHA/MG. **Notícias:** Secult adota medidas de prevenção e enfrentamento ao coronavírus. 2020. Disponível em: <http://www.iepha.mg.gov.br/index.php/noticias-menu/490-secult-adota-medidas-de-prevencao-e-enfrentamento-ao-coronavirus>. Acesso em: 20 mar. 2020c.

IEPHA/MG. Prospecção Hall Principal.. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração - Obras:** Relatório de fiscalização 1998-2002. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2003d.

Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Relatório de obra nº 2.. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração - Obras**: Relatório de fiscalização 1998-2002. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2003c. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – USP. **Seção de Materiais Didáticos**. Instituto de Geociências – USP. 2021. Elaborado pela Equipe Técnica da Seção e COLABORADORES; Materiais usados nas aulas práticas oferecidas pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP). Disponível em: <https://didatico.igc.usp.br/>. Acesso em: 04 dez. 2020.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS - UNESP. **Como eu faço para ...: A fórmula pleocróica**. Colaboração de Fábio Braz Machado. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/petrologia/nardy/pleocroismo.html>. Acesso em: 17 out. 2020.

INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Guia dos Bens Tombados**: Volume I. Belo Horizonte: Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais, 2014. 2v.

IPHAN. **Acervos e Publicações**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/617>. Acesso em: 21 out. 2020.

ISAIA, Geraldo Cochella. A Ciência e a Engenharia de Materiais de Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 1. p. 1-36.

JANKOVSKI, Beatriz Lara de Paula. **Análise de risco de processo da reação exotérmica de resina fenólica tipo Resol**. 2016. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Processos Industriais, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: http://cassiopea.ipt.br/teses/2016_PI_Beatriz_Lara.pdf. Acesso em: 03 set. 2020.

JOHN, Valerdey M.; CINCOTTO, Maria Alba. Gesso de Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 22.2. p. 727-760.

KAIRALLA, Ricardo Bernado; MACHADO, Jonatas Rodrigues. Princípios de Formulação. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas**: Ciência e Tecnologia. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 16. p. 534-567.

KANAN, Maria Isabel. **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal**. Brasília, DF : Iphan / Programa Monumenta, 2008. 172 p. (Cadernos Técnicos; 8).

KÜHL, Beatriz Mugayar. **Preservação do Patrimônio Arquitetônico da Industrialização**: Problemas Teóricos de Restauo. 2 Ed. Cotia, SP: Ateliê Editorial,

2008. 325 p.

LEÃO, Alexandre Cruz. Documentação científica por imagem de bens culturais: competências, desafios, técnicas e tecnologias. In: ROSADO, Alessandra (Org.); GONÇALVES, Willi de Barros (Org.). **Ciências do Patrimônio: Horizontes Transdisciplinares**. 1. Ed. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Cultura de Minas Gerais, Arquivo Público Mineiro, 2015.

LEARNER, Thomas J. S. **Analysis of Modern Paints**. 1. ed. Los Angeles: Getty Publications, 2004. 210 p. (Research in conservation).

LEMOS, Carlos A. C.; CORONA, Eduardo (1921-2001). **Dicionário da Arquitetura Brasileira**. 2. ed. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2017. 512 p. (Coleção RG facsimile,3).

LEONARDI, Jéssica Gabriela; AZEVEDO, Bruna Marcacini; ROMANO, Luis Henrique. **Revista Saúde em Foco / UNISEPE – União das Instituições de Serviços, Ensino e Pesquisa.**, Amparo, anual, v.10, n.1, p.17-30, dez 2018. ISSN on line: 2236-0123. Disponível em: < https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/003_avaliao%C3%A7%C3%B5es_extras_insatur%C3%A7%C3%B5es_de_azeites.pdf>. Acesso em 19 set. 2020.

LIZUN, Damian. **Scientific analysis**. 2011. Disponível em: <http://fineartconservation.ie/scientific-analysis-4-4-41.html>. Acesso em: 18 out. 2020.

LOH, Kai. Tintas na Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 44. p. 1465-1504.

MALVERN PANALYTICAL LTD. **Fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDXRF)**. 2020. Malvern Panalytical Ltd é uma Spectris empresa. Disponível em: <https://www.malvernpanalytical.com/br/products/technology/xray-analysis/x-ray-fluorescence/energy-dispersive-x-ray-fluorescence>. Acesso em: 17 nov. 2020.

MARQUES, Francisco Pedro Ferreira Maria. **Tecnologias de aplicação de pinturas e patologias em paredes de alvenaria e elementos de betão**. 2013. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Técnico Lisboa, Lisboa, 2013. Acesso em 22 ago. 2020. Disponível em: < https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiE39q-h_7rAhWkHlKGHd0VAMUQFjAEegQIAhAB&url=https%3A%2F%2Ffenix.tecnico.ulisboa.pt%2FdownloadFile%2F395145483178%2FDisserta%25C3%25A7%25C3%25A3o.pdf&usq=AOvVaw3AIAf2_buocRx6iw9-bETk>.

METTLER TOLEDO. **Espectroscopia Raman**: espectroscopia raman. Espectroscopia Raman. Disponível em: https://www.mt.com/br/pt/home/applications/L1_AutoChem_Applications/Raman-Spectroscopy.html. Acesso em: 19 dez. 2020.

MINÉRIOS OURO BRANCO. **Silicato de Alumínio**: silicato de alumínio em pó - $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Silicato de Alumínio em Pó - $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. 2021. Disponível em: <http://www.ourobranco.com.br/silicato-de-aluminio.php>. Acesso em: 04 dez. 2020.

MIRANDA, Marcos Paulo de Souza; ARAÚJO, Guilherme Maciel; ASKAR, Jorge Abdo (org.). **Mestres E Conselheiros**: Manual De Atuação Dos Agentes Do Patrimônio Cultural. Belo Horizonte: IEDS, 2009. 217 p. Disponível em: https://patrimoniocultural.blog.br/wp-content/uploads/2016/09/manual_agentes.pdf. Acesso em: 06 maio 2021.

MIRAR COM LUPA. **Sistema Joly**: revolução industrial, revolução construtiva. Revolução industrial, revolução construtiva. 2012. Minúcias da História e da Arquitetura no Prédio Rosa; Autor: Cláudio. Disponível em: <http://mirarcomplupa.blogspot.com/2012/10/sistema-joly-revolucao-industrial.html>. Acesso em: 18 out. 2020.

NEIVA, Augusto Camara. **Apostila do curso “Princípios da caracterização de materiais por espectroscopia, difração e imagem”** (PQI-5841): Parte 1 – Princípios gerais; Parte 2 – Caracterização de bens culturais. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2010. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/p/augusto.neiva/download/apostila1.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

NEIVA, Augusto Camara. Técnicas de Caracterização com Radiações e Partículas: esquemas, critérios e exemplos. In: CABENS, 2011. **Apresentação de slides**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2011. p. 1-57. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/p/augusto.neiva/apresentacoes/cabens-fechamento-neiva.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2020.

NHSS STEERING GROUP. **Our vision and strategy for heritage science**. 2010. Disponível em: http://www.heritagescienceforum.org.uk/documents/nhss_vision_strategy_web.pdf. Acesso em: 19 out. 2020. Tradução de Willi de Barros Gonçalves.

OLHAR HISTÓRICO. **Patrimônios de Belo Horizonte**: secretaria de viação e obras públicas. Secretaria de Viação e Obras Públicas. Disponível em: <http://www.olharhistorico.com.br/secretaria-viacao-obras-publicas.php>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PAES, Isaura Nazaré Lobato; GONÇALVES, Sérgio Ricardo de Castro. Dos momentos iniciais pós-aplicação ao desenvolvimento da aderência. In: BAUER, E. (Cord.). **Revestimentos de argamassa**: características e peculiaridades. Brasília, SINDUSCON-DF, 2005. Cap. 6. p. 42-50.

PARREIRA, Paulo Sérgio. Metodologia de EDXRF e aplicações com um sistema portátil. **LFNATEC**: Publicação Técnica do Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Londrina, v. 10, n. 1, p. 1-17, jun. 2006. ISSN 2178-4507. Disponível em: <http://www.uel.br/grupos/gfna/metodoedxrf.pdf>. Acesso em: 28 set. 2020.

PATTON, W. J. **Materiais de Construção**. São Paulo: Editora da Universidade de

São Paulo, 1978.

PILATO, L. et al. **Phenolic Resins: A Century of Progress**. Berlin: Springer, 2010.
PIZZI, A.; MITTAL, K. L.; MOYERS, R. E. **Handbook of Adhesive Technology**. [s.l.] Marcel Dekker, 2003.

PILZ, Cláudia Ferrari. **Influência das propriedades da resina nas propriedades de uma tinta base água**. 2004. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia, Área de Concentração Ciência dos Materiais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/141264/000473025.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 ago. 2020.

POLITO, Giulliano. **Principais Sistemas de Pinturas e suas Patologias**. Belo Horizonte: UFMG/EE/DEMC, 2006. 66 p. Apostila de Pintura, Disciplina Tecnologia de Materiais III, Departamento de Materiais e Construção, Escola de Engenharia.

RAIMUNDO JUNIOR, Kássio M. G. Lima e Ivo M.; SILVA, Andréa Monteiro S.; PIMENTEL, Maria Fernanda. **SENSORES ÓPTICOS COM DETECÇÃO NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO E MÉDIO**. **Química Nova**: Química Nova, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1635-1643, 03 jul. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n6/47.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.

REALIDADE. São Paulo: Editora Abril, n. 00036, mar. 1969. Disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=213659&pesq=%22TINTA%20YPIRANGA%22&pasta=ano%20196&pagfis=6093>. Acesso em: 18 jan. 2021.

REVISTA DO BNDE (org.). **Mercado brasileiro de litopônio**. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13943/1/Mercado%20brasileiro%20de%20litop%C3%B4nio.pdf>. Acesso em: 12 set. 2020.

RIBEIRO, Carmem Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**. 2. ed. Belo: UFMG/Escola de Engenharia da UFMG, 2003. 101 p.

ROCHA, Aurélio Nazaré; KAIRALLA, Ricardo Bernardo; FERRACIOLI, Antonio Carlos; ALFINITO FILHO, Carlindo. Aditivos. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 13. p. 436-487.

RODÁ, Claudio Dulcinotti. **Tintas naturais para edificações: componentes e técnicas de aplicação**. 2006. 249 f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Área de concentração: Tecnologia em Construção de Edifícios, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: http://cassiopea.ipt.br/teses/2006_HAB_Claudio_Roda.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

ROSA, Agnus Rogério. **Materiais de Revestimento**: Mestrado em Construção Civil. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2019. Notas de aula.

ROSADO, Alessandra. **História da Arte Técnica**: um olhar contemporâneo sobre a práxis das Ciências Humanas e Naturais no estudo de pinturas sobre tela e madeira. 2011. 289 f. Tese (Doutorado) - Curso de Artes, Programa de Pós-graduação em Artes da Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SALGUEIRO, Heliana Angotti. PREFÁCIO: as vidas no espaço da cidade. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Dicionário biográfico de construtores e artistas de Belo Horizonte**: 1894/1940. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1997. p. 13-27.

SANTOS, Adriele R.; MENEZES, Denise B.; ELLENA, Javier; ANDRADE, Marcelo B.. APLICAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA RAMAN NA CARACTERIZAÇÃO DE MINERAIS PERTENCENTES A UMA GEOCOLEÇÃO. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 5, p. 489-496, 18 abr. 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v42n5/0100-4042-qn-42-05-0489.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.

SCHOSSLER, Patrícia. **Caracterização química de materiais pictóricos artísticos**: acrílicos e vinílicos. Dissertação (Mestrado em Química) – Departamento de Química -ICEX, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

SILVA, André Luiz Carvalho da; SILVA, Maria Augusta Martins da. **Produtos do intemperismo e avaliação do nível de deterioração em rochas ornamentais de construções e monumentos históricos na cidade de Niterói (Brasil)**. Acervo do Observatorio Geográfico de América Latina. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Geomorfologia/19.pdf>. Acesso em: 16 maio 2021

SILVA, Mayra Martins. **Tintas à base de cal e argila para utilização como material de restauro compatível com o revestimento de edificações do século XVIII**. 2015. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015. Disponível em: https://ppgau.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/documentos/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Mayra.pdf. Acesso em: 07 maio 2021.

SOUZA, Luiz Antônio Cruz. **Evolução da Tecnologia de Policromia nas Esculturas em Minas Gerais no Século XVIII**: O interior inacabado da Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição, em Catas Altas do Mato Dentro, um monumento exemplar. 1996. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências - Química, Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

SPIRIDON, Petronela; SANDU, Ion; STRATULAT, Lacramioara. The Conscious Deterioration And Degradation Of The Cultural Heritage. **International Journal Of Conservation Science**, Iasi, v. 8, n. 1, p. 81-88, mar. 2011. Trimestral. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/314116898_The_conscious_deterioration_and_degradation_of_the_cultural_heritage. Acesso em: 26 nov. 2020.

STANDEVEN, Harriet A. L.. **House Paints**, 1900-1960: History and Use. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2011. 174 p. (Research in Conservation).

TOFANI, Frederico de Paula. **Restauração, Reabilitação e Requalificação do Patrimônio Cultural Edificado: Teorias e Práticas Contemporâneas**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2019. 634 p. (Material didático da disciplina, Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável).

TORRACA, Giorgio. **Lectures on Materials Science for Architectural Conservation**. 1 ed. United States: The Getty Conservation Institute, 2009.

CIRCUITO LIBERDADE (Belo Horizonte). **Casa do Patrimônio Cultural**. 2020. Disponível em: <http://www.circuitoliberalde.mg.gov.br/pt-br/espacos-br/casa-do-patrimonio-cultural-de-minas-gerais>. Acesso em: 03 fev. 2020.

TRIGO, Thales. **Equipamento Fotográfico: Teoria e Prática**. 6. ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2015. 275 p.

UEMOTO, Kai Loh. **Projeto, execução e inspeção de pinturas**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2002. Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras.

V. VERGÈS-BELMIN (ed.). **Glossário ilustrado das formas de deterioração da pedra**: versão inglês-português. Portugal: ICOMOS – ISCS, 2008. Tradução portuguesa da versão inglês-francês de 2008 por José Delgado Rodrigues e Maria João Revez.. Disponível em: https://www.icomos.pt/images/pdfs/Glossario_Pedra_Icomos.pdf. Acesso em: 16 maio 2021.

VASCONCELLOS, Silvio de. **Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos**. 5. ed. Belo Horizonte: Rona Editora, 1979. 186 p. (Série Patrimônio Cultural; 2).

VEIGA, Maria do Rosário; TAVARES, Martha. Características Das Paredes Antigas: Requisitos dos revestimentos por pintura. In: A Indústria das tintas no início do século XXI, 1., 2002, Lisboa. **Actas do Encontro**. Lisboa: APTETI, 2002. p. 1-16. Disponível em: http://conservarcal.Inec.pt/pdfs/RVMT_APTETI.pdf. Acesso em: 07 maio 2021.

WEIMER, Günter. **Arquitetura Popular Brasileira**. 2 ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2012, 333 p. (Raízes).

WIKIMEDIA COMMONS (org.). **Espectro eletromagnético**. 2005. Original Horst Frank, with some modifications by Jailbird. Tradución da versión de Alebergen. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum_.pt.svg. Acesso em: 20 out. 2020.

WIKIMEDIA COMMONS (org.). **File**: Basel, Pharmazie-Historisches Museum der Universität Basel, Cod. H137, QP card on page – “Mägte Büchlin Maria Iselin” in the collection “Collectanea Recepte”.JPG. 2020a. Photo author Mr.Nostalgic. Description: In the “Mägte Büchlin”, Maria Iselin collected (culinary) recipes. It contains the first known recipe for “Basler Läcklerli”, 1694, Unknown author. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Basel,_Pharmazie-

Historisches_Museum_der_Universit%C3%A4t_Basel,_Cod._H137,_QP_card_on_page_%E2%80%93_%E2%80%9CM%C3%A4gte_B%C3%BChlin_Maria_Iselin%E2%80%9D_in_the_collection_%E2%80%9CCollectanea_Rezепte%E2%80%9D.JPG . Acesso em: 20 out. 2020.

WIKIMEDIA COMMONS (org.). **File:** Bern, Burgerbibliothek, Cod. A 9, Digital Colorchecker – Biblia latina (Vulgata.jpg. 2020b. Photo author Mr.Nostalgic. Description: Monumental one-volume Bible that shows Spanish tradition and is related to the so-called 'Theodulf Bibles'. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bern,_Burgerbibliothek,_Cod._A_9,_Digital_Colorchecker_%E2%80%93_Biblia_latina_\(Vulgata.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bern,_Burgerbibliothek,_Cod._A_9,_Digital_Colorchecker_%E2%80%93_Biblia_latina_(Vulgata.JPG) . Acesso em: 20 out. 2020.

WIKIMEDIA COMMONS (org.). **File:** CIE1931xy ColorChecker SMIL.svg. 2009. Photo author Cmglee. Description: Nominal locations of ColorChecker colours in CIE 1931 xy chromaticity diagram. Hover over a swatch to highlight it and click it to select or deselect it. CIE diagram is from http://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIE1931xy_blank.svg and ColorChecker data is from <http://www.poynton.com/notes/color/GretagMacbeth-ColorChecker.html>. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CIE1931xy_ColorChecker_SMIL.svg . Acesso em: 20 out. 2020.

WIKIMEDIA COMMONS (org.). **File:** Color temperature black body 800-12200K.svg. 2015. Photo author Bhutajata. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Color_temperature_black_body_800-12200K.svg. Acesso em: 20 out. 2020.

WIKIMEDIA COMMONS (org.). **File:** Plant flowers and a X-rite ColorChecker Passport.jpg. 2014. Photo author Yuki Hayashi from TOKYO, JAPAN. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plant_flowers_and_a_X-rite_ColorChecker_Passport.jpg . Acesso em: 20 out. 2020.

WUNDERLICH, Miriam. A análise instrumental na indústria de tintas. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas:** Ciência e Tecnologia. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 26. p. 928-942.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

REFERÊNCIAS NORMATIVAS VIGENTES DE TINTAS
PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

APÊNDICE 2

MATERIAIS UTILIZADOS NO SISTEMA DE PINTURA DO
EDIFÍCIO ESTUDO DE CASO

APÊNDICE 3

ESTUDOS ESTRATIGRÁFICOS SETOP EM 1998

APÊNDICE 1

REFERÊNCIAS NORMATIVAS VIGENTES DE TINTAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Elaborado pela autora, extraído de ABNT (2021)

NORMA	TÍTULO	OBJETIVO
ABNT NBR NM 2:2000	Cimento, concreto e agregados - Terminologia - Lista de termos	Esta Norma apresenta os termos fundamentais e gerais utilizados na área de cimentos, concretos e agregados nos idiomas: português, espanhol e inglês.
ABNT NBR NM 66:1998	Agregados - Constituintes mineralógicos dos agregados naturais - Terminologia	Definir os termos empregados na descrição dos constituintes mineralógicos dos agregados naturais utilizados no concreto.
ABNT NBR 9935:2011	Agregados – Terminologia	Esta Norma define os termos relativos a agregados empregados em concreto e argamassa de cimento Portland.
ABNT NBR 11172:1990	Aglomerantes de origem mineral - Terminologia	Esta Norma define os termos empregados para aglomerantes de origem mineral, abrangendo, apenas, os quimicamente ativos.
ABNT NBR 11702:2019	Tintas para construção civil - Tintas, vernizes, texturas e complementos para edificações não industriais - Classificação e requisitos	Esta Norma estabelece a classificação e os requisitos dos tipos de produtos empregados nas pinturas de edificações não industriais.
ABNT NBR 12554:2013	Tintas para edificações não industriais — Terminologia	Esta Norma define os termos aplicáveis às tintas para construções não industriais.
ABNT NBR 13245:2011	Tintas para construção civil — Execução de pinturas em edificações não industriais — Preparação de superfície	Esta Norma fornece as diretrizes para a execução de pinturas em edificações não industriais, aplicadas aos diversos substratos, indicando os sistemas de pintura adequados.
ABNT NBR 13529:2013	Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia	Esta Norma define os termos relativos a revestimentos de paredes e tetos em argamassas inorgânicas à base de cimento, cal, ou ambos, e a materiais e

ABNT NBR 13749:2013	Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação	instrumentos auxiliares de aplicação.
ABNT NBR 13749:2013 Ementa 1:2013	Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Especificação	Esta Norma fixa as condições exigíveis para o recebimento de revestimento de argamassa inorgânicas aplicadas sobre paredes e tetos de edificações. Esta Norma aplica-se ao revestimento de elementos constituídos por concreto e alvenarias.
ABNT NBR 14940:2018	Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação da resistência à abrasão úmida	Esta Norma estabelece o método para determinação da resistência à abrasão úmida em película seca de tinta, visando avaliar o desempenho de tintas para edificações não industriais, classificadas conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 14941:2020	Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação da resistência de tintas, vernizes e complementos ao crescimento de fungos em placas de Petri sem lixiviação	Esta Norma descreve o método para determinação da resistência de películas não lixiviadas de produtos classificados conforme a ABNT NBR 11702 ao crescimento de fungos, em placas de Petri, durante 14 dias.
ABNT NBR 14942:2019	Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação do poder de cobertura de tinta seca	Esta Norma especifica um método para determinação do poder de cobertura e rendimento teórico de uma película seca de tinta, visando avaliar o desempenho de tintas para construção civil, classificadas conforme a ABNT NBR 11702. Entretanto, o rendimento prático pode variar em função do método de aplicação, diluição, geometria da estrutura, rugosidade, cor, absorção da superfície e espessura da camada de tinta depositada.
ABNT NBR 14942:2016 Emenda 1:2019	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta seca	Esta Emenda 1, de 26.09.2019, em conjunto com a ABNT NBR 14942:2016, equivale à ABNT NBR 14942:2019
ABNT NBR 14943:2018	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não	Esta Norma estabelece um método para determinação do poder de cobertura de uma película úmida de tinta, visando

	industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida	avaliar o desempenho de tintas para construção civil, classificadas de acordo com a ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 14944:2017	Tintas para construção civil - Determinação da porosidade em película de tinta para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais	Esta Norma especifica o método para determinação da porosidade em uma película seca de tinta, visando avaliar o desempenho de tintas para construção civil.
ABNT NBR 14946:2017	Tintas para construção civil - Avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da dureza König	Esta Norma estabelece o método para determinação da dureza König de películas de tintas, vernizes e seus complementos, visando avaliar o desempenho de tintas para construção civil, por meio do amortecimento das oscilações do pêndulo König.
ABNT NBR 15077:2004	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da cor e da diferença de cor por medida instrumental	Esta Norma estabelece o método para determinação da cor ou da diferença de cor entre superfícies pintadas, não fluorescentes, através da medida instrumental, visando avaliar o desempenho de tintas para construção civil, classificadas conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 15078:2004 Versão Corrigida:2006	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva	Esta Norma estabelece o método para determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva de película seca de tinta, visando avaliar o desempenho de tintas para construção civil, classificadas conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 15078:2004 Errata 1:2005	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva	Esta Errata 1 de 30.12.2005 corrige a ABNT NBR 15078:2004.
ABNT NBR 15079-1:2019	Tintas para construção civil - Requisitos mínimos de desempenho Parte 1: Tinta látex fosca nas cores claras	Esta Norma estabelece os requisitos mínimos de desempenho para os níveis econômico, standard e premium das tintas látex foscas nas cores claras, quando utilizadas como acabamento em paredes, muros ou fachadas de edificações não industriais. Esta Norma estabelece também os requisitos mínimos para o menor nível de desempenho de uma tinta látex e tinta látex econômica,

		quando utilizada como acabamento de edificações não industriais, independentemente do tipo de acabamento proporcionado.
ABNT NBR 15079-2:2019	Tintas para construção civil - Requisitos mínimos de desempenho Parte 2: Tintas látex semiacetinada, acetinada e semibrilho nas cores claras	Esta Norma estabelece os requisitos mínimos de desempenho para os níveis standard e premium das tintas látex semiacetinada, acetinada e semibrilho nas cores claras, quando utilizadas como acabamento em paredes, muros ou fachadas de edificações não industriais.
ABNT NBR 15156:2015	Pintura industrial - Terminologia	Esta Norma define os termos e definições relacionados à pintura industrial.
ABNT NBR 15299:2015	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação de brilho	Esta Norma especifica um método de ensaio para determinação do brilho em películas de tinta, esmalte e verniz, visando avaliar o desempenho de tintas e vernizes para construção civil, classificados conforme ABNT NBR 11702, com base na medida fotoelétrica da reflexão da luz, incidente nos ângulos de 20°, 60° e 85°, diretamente nas superfícies das películas.
ABNT NBR 15299:2012 Emenda 1:2015	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação de brilho	Esta Emenda 1 de 15.12.2015, em conjunto com a ABNT NBR 15299:2012, equivale à ABNT NBR 15299:2015.
ABNT NBR 15301:2005	Tinta para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência de tintas e complementos ao crescimento de fungos em câmara tropical	Esta Norma estabelece o método para determinação da resistência ao crescimento de fungos sobre tintas, vernizes e complementos em substrato inerte, através da exposição em câmara tropical, visando avaliar o desempenho destes materiais para construção civil, classificados conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 15302:2005	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do grau de calcinação	Esta Norma estabelece o método para determinação do grau de calcinação de película de tinta, visando avaliar o desempenho de tintas para construção civil, classificadas conforme ABNT NBR 11702, após terem sido submetidas ao envelhecimento acelerado e/ou natural.

ABNT NBR 15303:2018	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da absorção de água de massa niveladora	Esta Norma estabelece o método para determinação da absorção de água de massa niveladora classificada conforme ABNT NBR 11702:2011, 4.7.1 e 4.7.2 com base na medição da quantidade de água absorvida durante um período de tempo predeterminado.
ABNT NBR 15303:2016 Emenda 1:2018	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da absorção de água de massa niveladora	Esta Emenda 1, de 20.07.2018, em conjunto com a ABNT NBR 15303:2016, equivale à ABNT NBR 15303:2018.
ABNT NBR 15304:2005	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Avaliação de manchamento por água	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Avaliação de manchamento por água
ABNT NBR 15311:2016 (EM REVISÃO)	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do tempo de secagem de tintas e vernizes por medida instrumental	Esta Norma descreve o método para determinação do tempo de secagem de tintas e vernizes por medida instrumental, visando avaliar o desempenho de tintas para construção civil, classificadas conforme ABNT NBR 11702:2010, 4.2.1 e 4.3.1.
ABNT NBR 15312:2005	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão de massa niveladora	Esta Norma estabelece o método para determinação da resistência à abrasão de massa niveladora, classificada conforme 4.5.1 e 4.5.2 da ABNT NBR 11702:1992, visando avaliar seu desempenho, com base na medição da quantidade de massa niveladora seca desbastada durante um número predeterminado de ciclos de lixamento.
ABNT NBR 15313:2013	Tintas para construção civil — Procedimento básico para lavagem, preparo e esterilização de materiais utilizados em análises microbiológicas	Esta Norma estabelece os procedimentos a serem seguidos para descontaminar, lavar, esterilizar e preparar as vidrarias e os diferentes materiais utilizados na realização de ensaios microbiológicos, em tintas para construção civil.
ABNT NBR 15314:2005	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder	Esta Norma estabelece o método para determinação do poder de cobertura de uma película de tinta seca obtida por extensão por medida instrumental, visando

	de cobertura em película de tinta seca obtida por extensão	avaliar o desempenho de tintas para construção civil, classificadas conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 15315:2005 (EM REVISÃO)	Tintas para construção civil - Método de ensaio de tintas para edificações não industriais - Determinação do teor de sólidos	Esta Norma estabelece o método para determinação do teor de sólidos em tintas, vernizes e seus complementos, classificados conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 15348:2006	Tintas para construção civil - Massa niveladora monocomponentes à base de dispersão aquosa para alvenaria- Requisitos	Esta Norma estabelece os requisitos mínimos para massa niveladora monocomponentes à base de dispersão aquosa para alvenaria.
ABNT NBR 15380:2015	Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Resistência à radiação UV e à condensação de água pelo ensaio acelerado	Esta Norma estabelece o método para simular, de modo acelerado em laboratório, a deterioração causada por chuva, por orvalho e pela radiação ultravioleta que compõe a luz solar, em películas de tintas e vernizes classificadas conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 15381:2006	Tintas para construção civil - Edificações não industriais - Determinação do grau de empolamento	Esta Norma descreve o método para determinação do grau de empolamento formado em uma película de tinta ou verniz, classificada conforme ABNT NBR 11702 e submetida ao envelhecimento acelerado, natural, resistência à umidade e/ou resistência à névoa salina.
ABNT NBR 15382:2017	Tintas para construção civil - Determinação da massa específica de tintas para edificações não industriais	Esta Norma estabelece o método para determinação da massa específica de tintas para edificações não industriais classificadas conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 15458:2007	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Avaliação microbiológica de tintas, vernizes, complementos, matérias-primas e instalações	Esta Norma descreve o método para avaliar o grau de contaminação microbiológica de tintas para construção civil, vernizes e complementos, classificados, conforme ABNT NBR 11702, além de matérias-primas e instalações relacionadas.
ABNT NBR 15494:2015	Tintas para construção civil - Requisitos de desempenho de tintas para edificações não industriais - Tinta brilhante à base de solvente com secagem oxidativa	Esta Norma estabelece os requisitos de desempenho das tintas brilhantes à base de solvente, com secagem ao ar, quando utilizadas como acabamento de edificações não industriais.
ABNT NBR 15821:2010	Tintas para construção civil — Método para avaliação de	Esta Norma especifica um método para determinar o grau de resistência ao

	desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação do grau de resistência de tintas, vernizes e complementos, em emulsão na embalagem ao ataque de microorganismos	crescimento de microorganismos na embalagem (teste de desafio) em tintas, vernizes e complementos, para construção civil, classificados conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 15987:2020	Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação da resistência de tintas, vernizes e complementos ao crescimento de fungos em placas de Petri com lixiviação	Esta Norma descreve o método para determinação da resistência de películas lixiviadas, de produtos classificados conforme a ABNT NBR 11702, ao crescimento de fungos, em placa de Petri, durante 14 dias.
ABNT NBR 16211:2019	Tintas para construção civil - Verniz brilhante à base de solvente monocomponente - Requisitos de desempenho de tintas para edificações não industriais	Esta Norma estabelece os requisitos de desempenho dos vernizes sintéticos brilhantes à base de solvente, quando utilizados como acabamento de edificações não industriais.
ABNT NBR 16388:2015	Tintas para construção civil — Método de ensaio de tintas para edificações não industriais — Determinação do teor de compostos orgânicos voláteis (VOC) por cromatografia e gravimetria	Esta Norma especifica os métodos cromatográfico (Método de ensaio A) e gravimétrico (Método de ensaio B) para a determinação do teor de compostos orgânicos voláteis em tintas e vernizes
ABNT NBR 16407:2015	Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação do teor de chumbo	Esta Norma descreve o método para determinação do teor de chumbo por espectroscopia de absorção atômica ou por espectrometria de emissão por plasma indutivamente acoplado em tintas, vernizes e correlatos classificados conforme ABNT NBR 11702.
ABNT NBR 16445:2016	Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Detecção de bactérias redutoras de sulfato em tintas, vernizes e complementos	Esta Norma descreve um método de detecção semiquantitativa da contaminação por bactérias redutoras de sulfato, visando avaliar a qualidade microbiológica e biodeterioração de tintas, classificados conforme ABNT NBR 11702, assim como vernizes e complementos.
ABNT NBR 16747:2020	Inspeção predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento	Esta Norma fornece diretrizes, conceitos, terminologia e procedimentos relativos à inspeção predial, visando uniformizar metodologia, estabelecendo métodos e etapas mínimas da atividade. Esta Norma se aplica às edificações de qualquer

tipologia, públicas ou privadas, para avaliação global da edificação, fundamentalmente através de exames sensoriais por profissional habilitado.

Fonte: ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT Catálogo**. 2020. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 04 jan. 2021.

APÊNDICE 2

MATERIAIS UTILIZADOS NO SISTEMA DE PINTURA DO EDIFÍCIO ESTUDO DE CASO

Elaborado pela autora, com dados extraídos de Askar (1988), IEPHA/MG (1998c), IEPHA/MG (1998d), IEPHA/MG (2003a), IEPHA/MG (2003b), IEPHA/MG (2003c).

ÁREA	PINTURA ORIGINAL ASKAR (1988)	PINTURA EM 1988 ASKAR (1988)	ESPECIFICAÇÃO DE PINTURA ASKAR (1988)	MEDIÇÃO DE SERVIÇOS IEPHA/MG (1998c)	ORÇAMENTO IEPHA/MG (1998d)	MEDIÇÃO DE SERVIÇOS IEPHA/MG (2003a)	MEDIÇÃO DE SERVIÇOS IEPHA/MG (2003b)	RELATÓRIO DE OBRAS IEPHA/MG (2003c)
FACHADAS EXTERNAS	FACHADA PRINCIPAL E LATERAIS verde oliva oleado FACHADA POSTERIOR amarelo claro, caiado	inexpressivo cinza chapado	22 - Verde musgo Suvinil látex (2250)		PAREDES EXTERNAS massa corrida acrílica, tinta acrílica fosca	PAREDES EXTERNAS Líquido selador, tinta látex 100% acrílica acabamento semibrilho	PAREDES EXTERNAS massa corrida acrílica, tinta acrílica fosca, fundo preparador (algumas áreas)	FACHADAS CORREDORES PÁTIO INTERNO massa acrílica, fundo preparador de parede, tinta acrílica Nova Cor e Suvinil

ESQUADRIAS EM MADEIRA	<p>EXTERNAS 0134 - Tabaco - 0215 Suvinil esmalte sintético (2450)</p> <p>INTERNAS 0219 - Marfim Suvinil esmalte sintético</p>	<p>INTERNAS Remoção de pintura existente danificada; massa a óleo; tinta esmalte sintético</p>	<p>EXTERNAS Remoção de pintura existente, emassamento, tinta de fundo, tinta esmalte sintético</p>	<p>ATELIER SEA Emassamento, tinta de fundo, esmalte sintético</p> <p>Massa a óleo, remoção de pintura existente, tinta esmalte sintético</p>	<p>EXTERNAS Emassamento, remoção pintura existente, tinta de fundo, tinta esmalte sintético</p>	<p>Esmalte tabaco, esmalte mineral</p>
ESQUADRIAS METÁLICAS	<p>Grafite escuro – 2660-0331 Suvinil esmalte sintético (2450)</p>	<p>Remoção de pintura existente danificada, tinta esmalte sintético</p>	<p>Remoção de pintura existente danificada, zarcão, tinta esmalte sintético</p>		<p>EXTERNAS Remoção pintura existente, zarcão, tinta esmalte sintético</p>	<p>Esmalte tabaco, esmalte mineral</p>

AMBIENTES INTERNOS

38 - Pérola Suvinil látex (2250)	PAREDES INTERNAS massa PVA; tinta metalatex	FORROS, CIMALHAS, CAPÍTEIS DE COLUNAS (A) 1089P	PAREDE ATELIER SEA tinta látex	RODAPÉ esmalte marrom barroco
PÁTIO INTERNO 22 - Verde musgo Suvinil látex (2250)	TETO Remoção de massa PVA; tinta látex	FUSTE DE COLUNAS PAREDES DE CIRCULAÇÃO (A) 1776P	TETO ATELIER SEA tinta látex	
ORNATOS, FRISOS, BALAÚSTRES E COLUNAS 38 - Pérola Suvinil látex (2250)	RODAPÉ tinta óleo	MOLDURAS JANELAS, CONTORNO DE PORTAS (A) 1782M	RODAPÉ tinta óleo	
		ANTE SALA PRESIDÊNCIA (A) 1205M		
		AMBIENTES DE TRABALHO (A) 1725P		
		PAREDES INTERNAS SANITÁRIOS Tinta látex fosca Coralatex, branca neve		
		PORTAS DA CIRCULAÇÃO Coralit Acetinado 1782M		
		RODAPÉS, JANELAS EXTERNAS E PARA PATIO INTERNO (sic) Coralit Acetinado 828 Tabaco		

Legenda: (A) Tinta Coral Plus (1050), Tinta acrílica fosca, color service

Fonte:

ASKAR, Jorge Abdo. Consultoria prestada à TECPLAN Engenharia LTDA. para definição das cores da Secretaria de Estado de Obras

Públicas: 08 a 22 de dezembro de 1988. In: IEPHA/MG (Instituto Do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais).
Conservação/Restauração – Obras: relatório de fiscalização 1988-1997. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1998. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Monumento SETOP : CONTRATADA: D'MARTINO CONSTRUTORA : OBRA/SERVIÇO : RESTAURAÇÃO E REFORMA DO 4° E 5° ANDARES DA SETOP : MEDIÇÃO DE SERVIÇOS: MÊS BASE – AGOSTO/97 : DATA: 28/07/97 À 31/08/97. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração – Obras:** relatório de fiscalização 1988-1997. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1998c. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Monumento SETOP - FACHADAS : OBRA/SERVIÇO : RESTAURAÇÃO E PINTURA EXTERNA DA FACHADA : ORÇAMENTO. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração – Obras:** relatório de fiscalização 1988-1997. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1998d. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Monumento SETOP 1° E 5° ANDARES: CONTRATADA: D'MARTINO CONSTRUTORA : OBRA/SERVIÇO : OBRAS COMPLEMENTARES DA SETOP - 1° E 5° ANDARES : PERÍODO: 01/04/98 À 30/04/98.. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração - Obras:** Relatório de fiscalização 1998-2002. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2003a. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Monumento SETOP - FACHADAS: CONTRATADA: PERFIL ENGENHARIA LTDA. : OBRA/SERVIÇO : RESTAURAÇÃO E PINTURA EXTERNA DA FACHADA : PERÍODO: 01/05/98 À 31/05/98.. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração - Obras:** Relatório de fiscalização 1998-2002. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2003b. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

IEPHA/MG. Relatório de obra nº 2.. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS.
Conservação/Restauração - Obras: Relatório de fiscalização 1998-2002. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2003c. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

APÊNDICE 3

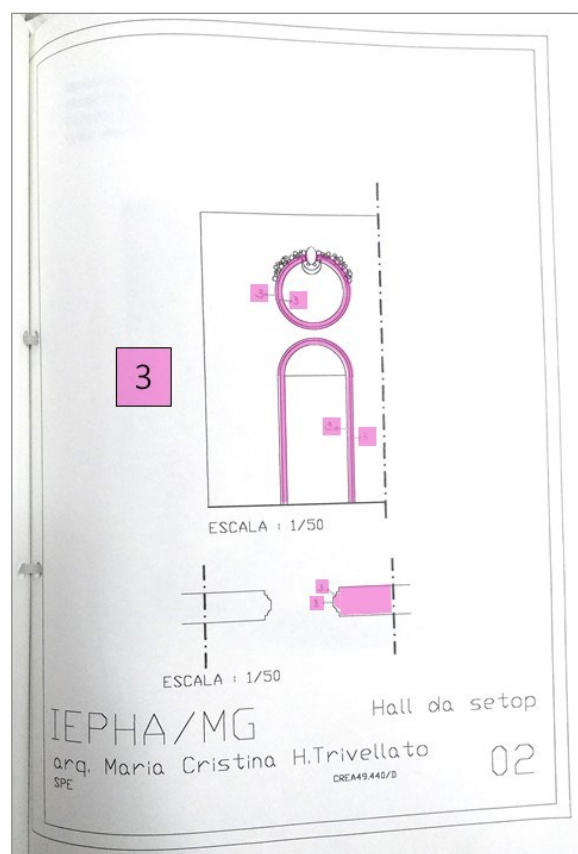
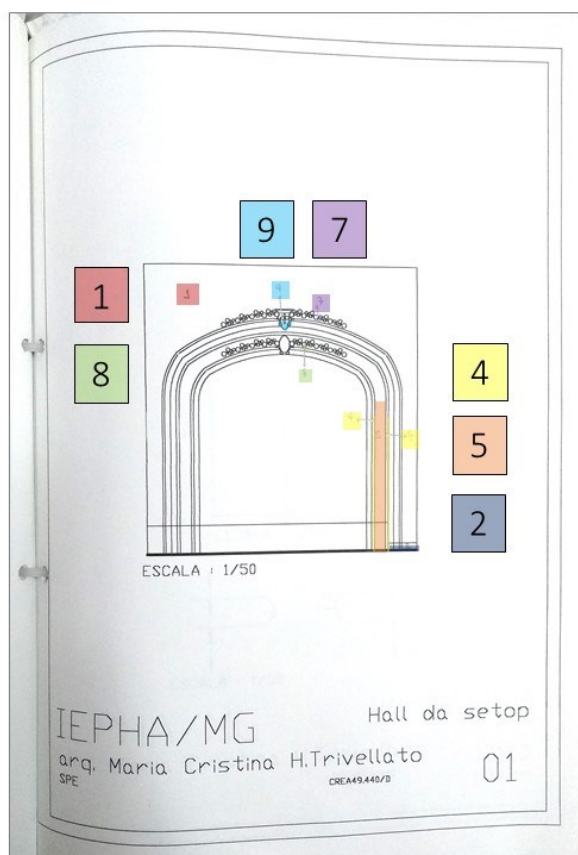
ESTUDOS ESTRATIGRÁFICOS SETOP EM 1998

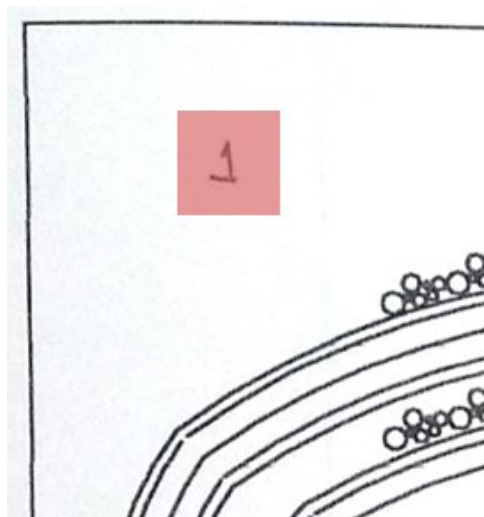
Transcrito pela autora, extraído IEPHA/MG (2003d)

Monumento: Secretaria de Estado e Obras Públicas/SETOP-MG

Município: Belo Horizonte

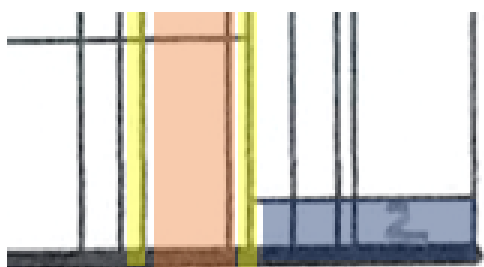
Data: setembro/98



LOCAL
DESCRIÇÃO

1. ALVENARIA

1. Base de Preparação
2. Marrom – cor aproximada S101 – Suvinil Selfcolor
3. Verde escuro
4. Verde claro
5. Marmorizado: fundo em tons de bege e pinceladas em tons terra
6. Pérola
7. Massa
8. Areia (pintura atual)

No hall da escada a primeira camada de tinta apresenta barrado, h=143cm do piso na cor aproximada N120 – Suvinil Selfcolor e fita na cor aproximada N101 com pinceladas da cor M134 – Suvinil Selfcolor. Acima do barrado a cor é a mesma encontrada no hall principal – S101

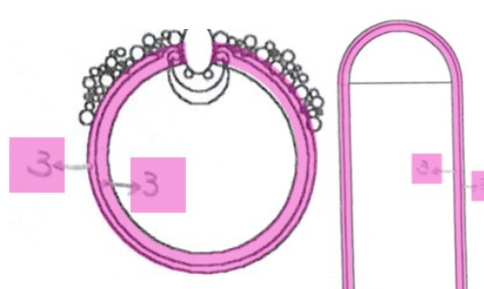

2. RODAPÉ

1. Base de Preparação
2. Marrom – cor aproximada M120 – Suvinil Selfcolor
3. Verde escuro
4. Verde claro
5. Massa
6. Marrom
7. Massa

OBS: Deverão ser realizadas mais prospecções para verificar a existência de pintura decorativa nestes 2 tons de verde

8. Cinza platina – Suvinil – tinta esmalte sintético brilhante
9. Areia (pintura atual)

OBS: No hall da escada a única camada (pintura atual) é na cor marfim – tinta esmalte sintético brilhante


3. ARCOS

1. Base de Preparação
2. Marrom – cor aproximada S101 – Suvinil Selfcolor
3. Verde escuro
4. Vermelho cerâmica
5. Marmorizado: Fundo verde claro e pinceladas em verde escuro
6. Pérola

-
- 7. Massa
 - 8. Areia (pintura atual)

4. MOLDURAS DA ALVENARIA



- 1. Base de preparo
- 2. Marrom S101
- 3. Verde escuro
- 4. Vermelho cerâmica
- 5. Marmorizado: Fundo verde claro e pinceladas em verde escuro
- 6. Pérola
- 7. Massa
- 8. Areia (pintura atual)



5. ALVENARIA ENTRE AS ALVENARIA

- 1. Base de preparo
- 2. Vermelho cerâmica
- 3. Verde claro
- 4. Marmorizado: Fundo em tons de bege e pinceladas em tons terra
- 5. Pérola
- 6. Massa
- 7. Areia (pintura atual)

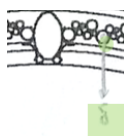
ORNATOS

Foram removidas as camadas de tintas dos ornatos, restando apenas alguns pontos para identificação.

Em algumas áreas prospectadas encontramos a seguinte estratigrafia

7. FRUTAS

- 1. Base de preparação em tons de ocre
- 2. Pinceladas de vinho / tons avermelhados
- 3. Bege rosado
- 4. Verde com dourado (oxidado em alguns pontos)



8. FLORÕES

- 1. Base de preparação em tons de ocre
 - 2. Bege rosado
-

-
- 3. Verde com dourado (oxidado em alguns pontos)
 - 4. Marrom



9. MÍSCULA

Encontra-se só no reboco, apresentando em algumas áreas camadas de tinta avermelhada.

Fonte: IEPHA/MG. Prospecção Hall Principal.. In: INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. **Conservação/Restauração - Obras**: Relatório de fiscalização 1998-2002. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 2003d. Acervo Gerência de Documentação e Informação.

ANEXOS

ANEXO 1

O CICLO DA CAL

ANEXO 2

AMBIENTES E RESINAS

ANEXO 3

PRINCIPAIS PRODUTOS UTILIZADOS PARA PINTURA
DE EDIFÍCIOS

ANEXO 4

SISTEMAS DE PINTURAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

ANEXO 5

PATOLOGIAS EM SISTEMAS DE PINTURAS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL

ANEXO 6

DICIONÁRIO BIBLIOGRÁFICO DE CONSTRUTORES E
ARTISTAS DE BELO HORIZONTE 1894-1940

AZEVEDO, Manoel da Costa

CONDEÇA, José Francisco

MAGALHÃES, José de

STECKEL, Frederico Antônio

ANEXO 7

PROJETO EXECUTIVO DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO
SETOP

ANEXO 1

O CICLO DA CAL REAÇÕES QUÍMICAS NA PRODUÇÃO E DURANTE SEU ENDURECIMENTO

Reproduzido pela autora, extraído de Cincotto, Quarcioni, John (2007)

O processo produtivo de inicia com a transformação das rochas carbonáticas mineradas, os calcários e dolomitos, em óxidos (cal virgem) e anidrido carbônico. Essa etapa é realizada em um forno a uma temperatura de calcinação entre 900°C e 1.100°C, consumindo uma quantidade de energia $Q_{1,2}$ e liberando o CO_2 presente no carbonato, e também o resultante da oxidação do combustível.

A energia que os óxidos acumulam é elevada, o que os torna instáveis, reagindo espontaneamente com água ou com a umidade do ar formando os hidróxidos (cal hidratada). Essa reação de hidratação se dá com liberação de energia Q_1 , na forma de calor de hidratação, e provoca um aumento de volume (expansão) significativo. O aumento de volume provoca uma desagregação, responsável pela elevada área específica que a cal hidratada apresenta.

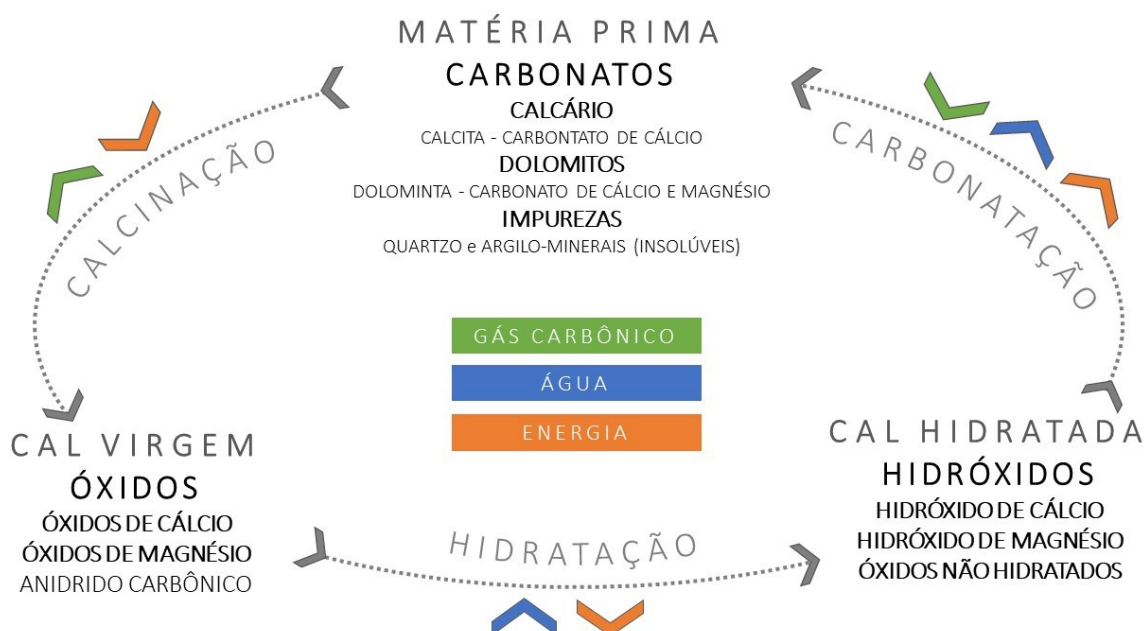
A energia Q_2 , contida nos hidróxidos é ainda elevada, reagindo espontaneamente como anidrido carbônico (CO_2) presente no ar, gerando carbonato, produto mais estável e que fecha o ciclo. Nesse processo, cristais de carbonato formado ligam-se mais fortemente com os agregados e entre si.

A cal hidratada é, pois, produzida em duas etapas: a primeira é a calcinação da matéria prima, e a segunda, a hidratação da cal virgem. No emprego como aglomerante, é suspensa em meio aquoso e, ao longo do tempo, após evaporação da água em que foi misturada, endurece em presença de umidade, por reação com anidrido carbônico do ar que penetra nos vazios deixados pela água que evapora. A Figura 1 ilustra esse ciclo.

Nos dois primeiros passos, situa-se a produção, cuja qualidade é responsabilidade do fabricante; no terceiro, têm-se a utilização e a aplicação, cuja responsabilidade é do construtor. Tomando-se como exemplo o seu emprego em argamassas de reboco, no

seu preparo, cal e areia são amassadas com água suficiente para uma consistência e trabalhabilidade adequadas à aplicação. No endurecimento, a água de amassamento é evaporada. Esta evaporação fornece uma consolidação inicial e libera os poros para a penetração do CO_2 . Esse gás reage com óxido substituindo a água de hidratação ao longo do tempo e regenerando o carbonato. Esse processo inicia-se na superfície e penetra pela rede de poros formada pela evaporação da água. Desde que o endurecimento é, principalmente, devido a à carbonatação dos hidróxidos, a melhor cal é a que foi bem calcinada e produzida a partir de matéria prima rica em carbonatos.

Figura 1 - Ciclo de transformação da matéria prima e da cal



A presença de óxidos não hidratados na cal, seja por deficiência da hidratação, seja por supercalcinação, que venham a se hidratar após o endurecimento da argamassa, apresentará o fenômeno patológico de expansão, com efeitos diferentes para o óxido de cálcio e óxido de magnésio.

Fonte: CINCOTTO, Maria Alba; QUARCIONI, Valdecir Ângelo; JOHN, Vanderley Moacyr. Cal na Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 22.1. p. 695-725

ANEXO 2

AMBIENTES E RESINAS

Reproduzido pela autora, extraído de Uemoto (2002)

RECOMENDAÇÕES PARA A ESPECIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PINTURA

Embora a pintura seja a última etapa de uma obra, ela deve ser considerada desde a definição do projeto do edifício. As condições gerais do meio ambiente e as de uso são os principais fatores que determinam a escolha do sistema de pintura. A especificação do sistema de pintura deve ser iniciada caracterizando-se o meio ambiente e o tipo de substrato.

Classificação do ambiente

Segundo as diretrizes da Norma BS 6150, a definição "meio ambiente" refere-se à atmosfera e às condições de uso ou serviço às quais será exposta a superfície pintada.

O ambiente deve ser classificado tendo em vista o regime de chuvas e o grau de agressividade da atmosfera ao redor da superfície do edifício. O meio ambiente é subdividido em ambiente interno e externo, com diferentes níveis de agressividade.

O ambiente interno deve ser caracterizado conforme o tipo de ocupação, como área seca ou úmida, e o externo, caracterizado conforme o grau de agressividade atmosférica e condições climáticas. a falta de dados referentes às características do meio ambiente, esse nível pode ser obtido a partir da análise do aspecto apresentado pelas superfícies pintadas de edifícios vizinhos.

As Tabelas 2 e 3 auxiliam a classificação do ambiente em razão do regime de chuvas e da agressividade atmosférica, e, com base nessas classificações e uso da Tabela 4, obter-se-á o nível de agressividade do ambiente.

CLASSIFICAÇÃO	REGIME ANUAL DE CHUVAS	EXEMPLO DE CIDADES BRASILEIRAS
Baixo	Mais de 6 meses secos	Teresina, Fortaleza
Médio	De 4 a 5 meses secos	Belo Horizonte, Cuiabá, Goiânia
Elevado	Até 3 meses secos	Belém, Manaus, Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre, Curitiba, Florianópolis, Salvador

Tabela 2 – Classificação de acordo com o regime de chuvas

CLASSIFICAÇÃO	ATMOSFERA
Baixa	Área não industrial (rural e urbana)
Média	Área semi-industrial
Elevada	Área industrial e marítima

Tabela 3 – Classificação do ambiente quanto à agressividade da atmosfera local

GRAU DE AGRESSIVIDADE	AMBIENTE EXTERNO	AMBIENTE INTERNO
Fraco	Área afastada da orla marítima (mais de 10 km), não industrial e com regime de chuva médio	Ambientes secos, bem ventilados, de edifícios residenciais e comerciais
Moderado	1 Área próxima à orla marítima, urbana ou semi-industrial, com regime de chuva médio	Ambiente com possibilidade de condensação de umidade, como cozinhas e banheiros, ou com pouca necessidade de limpeza de superfície
	2 Área afastada da orla marítima, urbana ou semi-industrial, com poluição atmosférica média, mas afastada de fontes de poluição	
Intenso	1 Área dentro da orla marítima (até 3 km), não industrial, com regime de chuva intenso	Ambiente frequentemente submetido à umidade e condensação elevada ou com necessidade de limpeza frequente das superfícies
	2 Área industrial, com poluição	

	atmosférica elevada	
Muito intenso	Área dentro da orla marítima (até 3 km) e com elevada poluição atmosférica	Ambiente industrial e/ou com umidade e condensação elevadas

Tabela 4 – Classificação do grau de agressividade (adaptada da Norma BS 6150)

Frequentemente, mais de um sistema de pintura pode estar dentro das exigências quanto ao grau de agressividade do meio ambiente. Neste caso, a seleção deve ser realizada levando-se em conta o custo, o tempo de vida útil, a frequência de manutenção, a disponibilidade do produto e o efeito estético desejado.

DESCRIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE SUBSTRATOS

Os tipos de superfícies mais comuns encontrados nas edificações são alvenarias revestidas com argamassa de cimento e/ou cal, concreto, madeira e metais ferrosos e não ferrosos. Os sistemas de pintura existentes não são compatíveis com todos os tipos de superfícies e, portanto, devem ser especificados levando-se em conta a existência ou não de incompatibilidades. Cada uma dessas superfícies possui características próprias de sua natureza, as quais influem no desempenho da tinta aplicada.

Substratos Minerais Porosos

Referem-se a todos os tipos de superfícies minerais porosos de ambientes internos e externos, constituídas por materiais à base de cimento ou cal, tais como: argamassa de cimento, de cal e mista, gesso, reboco, massa fina, concreto, alvenaria etc.

Características de substratos à base de cimento e/ou cal

Quando recém-executado, apresenta umidade e alcalinidade elevadas, condições impróprias para aplicação de quase todos os tipos de pintura. possuem elevada porosidade e rugosidade, que podem ser regularizadas com massa niveladora.

Os sais presentes nestes substratos em presença de água solubilizam-se, e durante a secagem do substrato a solução salina migra para a superfície formando depósito de sais brancos. Quando a tinta e seus complementos são ataque alcalino, eflorescências (depósito de sais brancos » etc.

Seleção da tinta de acabamento para substratos à base de cimento ou cal

A seleção da tinta para substratos à base de cimento ou cal deve ser realizada com

base na Tabela 5 após a classificação do grau de agressividade de ambientes, obtida a partir da Tabela Superfícies expostas em poluídas ou em contato com agentes químicos na forma gasosa, líquida ou sólida devem ser protegidas com (Ex.: clorada, poliuretana, resina epóxi, resinas vinílicas etc.)

Condições dos substratos minerais porosos para receber pintura

- **Tintas à base de aglomerantes inorgânicos:** A aplicação de tinta à base de cimento ou cal pode ser realizada em substratos constantemente úmidos ou malcurados (recém-executados).
- **Tintas à base de resinas sintéticas ou tintas a óleo:** A aplicação destes tipos de tinta só deve ser realizada quando o substrato estiver seco e curado. Superfícies recém-executadas, em condições favoráveis de secagem, devem aguardar no mínimo 30 dias para receber a pintura. Em períodos não chuvosos a secagem de um substrato é de aproximadamente uma semana para cada 5mm de espessura de camada (BS 6150). Na secagem e/ou cura do substrato, durante os períodos de chuva, recomenda-se cobrir as superfícies mais expostas, por exemplo, o topo da platibanda de prédios, com filme de polietileno, colocado somente durante a chuva. Devido à incompatibilidade da tinta a óleo com substratos alcalinos, a aplicação deste produto só deve ser realizada sobre a superfície previamente tratada com tinta de fundo.

TIPO DE AMBIENTE	GRAU DE AGRESSIVIDADE		TIPOS DE SISTEMAS DE PINTURA											
			Acrílico			Vinílico		Esmalte			Silicone		Cal	Cimento
			T	B	F	B	F	B	F	A	A	S		
EXTERNO	Fraco		R	R	R	②	②	R	R	R	R	R	②	R
	Moderado	1	R	R	②	-	-	R	②	R	R	R	②	R
		2	R	R	②	-	-	R	R	R	R	R	-	-
	Intenso	1	R	②	-	-	-	②	-	-	R	R	②	R
		2	R	②	-	-	-	②	-	-	R	R	-	-
Muito intenso		②	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	
INTERNO	Fraco		R	R	R	R	R	R	R	-	-	-	R	

	Moderado	R	-	-	-	-	R	R	R	-	-	-	R
	Intenso	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	R

Tabela 5 – Sistemas de acabamento para substratos à base de cimento ou cal

LEGENDA:

R	Recomendável
T	Texturizado
A	Acetinado
B	Brilhante
F	Fosco
②	Recomendável para até dois pavimentos

Substratos De Madeira E De Seus Derivados

Referem-se a todos os tipos de superfícies, internas e externas, constituídos por madeiras, tais como: portas, janelas, paredes de casas de madeira etc.

Características da madeira

Possui estrutura celular e apresenta baixa estabilidade dimensional. As dimensões variam de acordo com o teor de umidade do meio ambiente. Retrai ao perder umidade incha ao absorvê-la. O fenômeno é reversível, resultando em movimentos alternados em razão das variações atmosféricas. A permeabilidade e a penetração de líquidos são maiores no sentido longitudinal (na direção do comprimento das fibras).

Para uma mesma espécie de madeira, as contrações e expansões da peça variam conforme a direção considerada, ou seja:

- direção longitudinal (sentido do crescimento da árvore correspondendo ao comprimento das peças): as variações dimensionais são pequenas;
- direção radial (sentido do centro para a periferia correspondendo à espessura das peças): as variações são maiores;
- direção tangencial (corresponde à largura das peças): a variação dimensional é ainda maior.

A madeira, quando úmida, não é adequada para aplicação de pintura. Durante a exposição ao ambiente, ela perde umidade e se retrai, levando ao aparecimento de tensões entre a película e a superfície da madeira e resultando em perda da aderência e/ou no aparecimento de fissuras. Também pode ocorrer a abertura de juntas entre as peças, o que permite a penetração de umidade. Além disso, a madeira, quando excessivamente úmida, impede a penetração das tintas, não permitindo boa

aderência, além de ocorrer formação de bolhas na película de pintura durante a secagem deste substrato.

Quando muito seca, também não é adequada para aplicação de tinta. Absorve umidade do ambiente e incha, ocorrendo o aparecimento de tensões entre a película e a superfície da madeira, resultando em perda de aderência e fissuração. Algumas espécies de árvores possuem resinas em sua constituição, como: ipê, jatobá, angico-preto, pinus-elliotti, pau-marfim, cedro. A exposição ao sol favorece a exsudação das resinas, resultando em perda de aderência e formação de bolhas na película de pintura.

Seleção da tinta de acabamento para substratos de madeira

A seleção da tinta ou verniz deve ser realizada com base nas Tabelas 6 e 7 após a classificação do grau de agressividade de ambientes, obtida a partir da Tabela 4.

Condições dos substratos de madeira para receber pintura

A aplicação de tintas, vernizes, lacas e outros acabamentos só deve ser realizada em madeira envelhecida e seca com o teor de umidade em equilíbrio com a do ambiente. Nestas condições não há ganho ou perda de água, existindo assim estabilidade dimensional. A velocidade de secagem da madeira varia de acordo com a temperatura, umidade relativa do meio e espécie de árvore. Geralmente considera-se teor de umidade de equilíbrio de:

- 12% para áreas externas de regiões secas;
- 18% para áreas externas de regiões úmidas;
- 10% a 12% para ambientes internos.

A madeira com teor de umidade abaixo de 20% não é suscetível ação de fungos manchadores ou insetos que dela se alimentam, como, por exemplo: cupim, besouro etc. Portanto, recomenda-se que a pintura sobre este substrato seja realizada preferencialmente com teor de umidade abaixo deste valor.

A aplicação de tintas ou vernizes em superfícies de madeira provenientes de espécies de árvores que contêm resinas em sua constituição, deve ser realizada preferencialmente após a secagem da superfície com solução alcoólica de goma-laca. A aplicação em madeira tratada só deve ser realizada após a secagem ou evaporação do solvente existente no preservativo.

TIPO DE AMBIENTE	GRAU DE AGRESSIVIDADE		ESMALTE SINTÉTICO		
			Brilhante	Acetinado	Fosco
EXTERNO	Fraco		R	R	-
	Moderado	1	R	②	-
		2	R	②	-
	Intenso	1	②	-	-
		2	②	-	-
Muito intenso		-	-	-	
INTERNO	Fraco		R	R	R
	Moderado		R	R	R
	Intenso		-	-	-

Tabela 6 – Sistemas de acabamento pigmentado para substratos à base de madeira

LEGENDA: **R** Recomendável
 ② Recomendável para até dois pavimentos

TIPO DE AMBIENTE	GRAU DE AGRESSIVIDADE		TIPOS DE SISTEMAS					
			Verniz alquídico		Verniz alquídico poliuretânico		Verniz alquídico filtro solar	
			Brilhante	Fosco	Brilhante	Fosco	Brilhante	Fosco
EXTERNO	Fraco		②	②	R	R	R	②
	Moderado	1	②	-	R	②	②	②
		2	②	-	R	②	②	②
	Intenso	1	-	-	②	-	-	-
		2	-	-	②	-	-	-
Muito intenso		-	-	-	-	-	-	
INTERNO	Fraco		R	R	R	R	-	-

	Moderado	R	-	R	R	-	-
	Intenso	-	-	R	-	-	-

Tabela 7 – Sistemas de acabamento não pigmentado para substratos à base de madeira

LEGENDA: **R** Recomendável
 ② Recomendável para até dois pavimentos

Fonte: UEMOTO, Kai Loh. **Projeto, execução e inspeção de pinturas**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2002, p. 19-28. Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras.

ANEXO 3

PRINCIPAIS PRODUTOS UTILIZADOS PARA PINTURA DE EDIFÍCIOS

Reproduzido pela autora, com dados extraídos de Loh (2007), Polito (2006) e Uemoto (2002)

SISTEMAS ACRÍLICOS	
NOMENCLATURA	TINTA LÁTEX ACRÍLICA
RESINA	Dispersão de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico, ácido metacrílico e o metacrilato de metila copolimerizado com acrilato de etila ou butila
PIGMENTOS	Dióxido de Titânico e/ou pigmentos coloridos, cargas e aditivos
SOLVENTE	Dispersão aquosa, isenta de solventes orgânicos. Libera baixo teor de produtos orgânicos voláteis (VOC)
QUALIDADE	<u>Econômica</u> (ligantes e pigmentos menores do que 30% - forma película fina) <u>Standard</u> <u>Premium</u> (ligantes e pigmentos entre 30 e 40% - forma película espessa) Espessura seca de 60 a 100µm
ACABAMENTO	<u>Semibrilho</u> : recomendado para fins de proteção com baixo PVC. Apresenta menor permeabilidade à umidade e a gases, maior proteção à água, cloretos e agentes de abrasão <u>Acetinado</u> <u>Fosco Aveludado</u> : recomendado para fins decorativos com alto PVC, resultando na maior capacidade de esconder imperfeições
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Fácil aplicação; Secagem rápida em condições normais de umidade e temperatura; Maior resistência de aderência, durabilidade, resistência à água e à alcalinidade do que sistemas com base de poliacetato de vinila (PVAc); Películas mais porosas e/ou permeáveis do que aquelas à base de óleo e esmalte sintético e menos porosas do que aquelas à base de PVAc; Vida útil (até a primeira repintura) de cinco anos, em ambientes externos de baixa agressividade.
USOS	Superfícies internas e externas de alvenaria à base de cimento e/ou cal (argamassa), concreto, bloco de concreto, cimento amianto, gesso, cerâmica não vitrificada
NOMENCLATURA	TINTA ACRÍLICA
RESINA	Monômeros acrílicos e acrilato de butila

PIGMENTOS	Dióxido de Titânico e/ou pigmentos coloridos, cargas e aditivos
SOLVENTE	Alto teor de solventes orgânicos (acima de 60%)
QUALIDADE	Baixa espessura por demão (30µm)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Secagem rápida em condições normais de umidade e temperatura; Boa resistência ao intemperismo; Não recomendadas para exposição a solventes nem para serviços de imersão em água
USOS	Pintura externa de tanque de armazenamento de derivados de petróleo ou de esferas de gases em plantas petroquímicas ou de refinaria de petróleo
NOMENCLATURA	FUNDO SELADOR ACRÍLICO PIGMENTADO (SELADOR)
DESCRIÇÃO	Formulada com base de dispersão de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico, contém pigmentos ou cargas e aditivos
SOLVENTE	Isenta de solventes orgânicos Libera baixo teor de produtos orgânicos voláteis (VOC)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Geralmente produzido em cores claras (branco) Secagem rápida em condições normais de umidade e temperatura; Maior poder de enchimento e cobertura (comparado ao não pigmentado)
USOS	Recomendado para reduzir e uniformizar a absorção de superfície internas e externas muito porosas, sem pintura, como o reboco, concreto, tijolo, gesso, massa niveladora
NOMENCLATURA	FUNDO SELADOR ACRÍLICO NÃO PIGMENTADO (LÍQUIDO PREPARADOR DE PAREDES)
DESCRIÇÃO	Formulada com base de dispersão ou suspensão de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico e aditivos
SOLVENTE	Elevado teor de produtos orgânicos voláteis (VOC), maior toxicidade e causa maior poluição
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Secagem rápida em condições normais de umidade e temperatura; Menor poder de enchimento e cobertura (comparado ao selador); Maior penetração no substrato e poder aglomerador de partículas (comparado ao selador)
USOS	Recomendado para reduzir e uniformizar a absorção de superfície internas e externas muito porosas, sem pintura, como o reboco, concreto, tijolo, gesso, massas niveladoras. Aumenta a coesão de superfícies friáveis e sem resistência mecânica; Aglomera pulverulências de superfícies de caiação, gesso e pintura calcinada
NOMENCLATURA	MASSA ACRÍLICA
DESCRIÇÃO	Formulada com base de dispersão de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico,

	contém pigmentos ou cargas e aditivos
SOLVENTE	Isenta de solventes orgânicos Libera baixo teor de produtos orgânicos voláteis (VOC)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Apresenta maior resistência à aderência, à alcalinidade e à água (em comparação com a massa corrida); Maior dificuldade para aplicação e lixamento - resistência à abrasão - em comparação com a massa corrida); Secagem rápida em condições normais de umidade e temperatura.
USOS	Recomendada para uniformizar, nivelar e corrigir imperfeições de superfícies internas e externas de argamassas de cal e/ou cimento (reboco) e concreto. É preferível uso em ambientes internos.

SISTEMAS VINÍLICOS

NOMENCLATURA	TINTA LÁTEX VINÍLICA
RESINA	Dispersão de polímeros vinílicos (poliacetato de vinila ou PVAc)
PIGMENTOS	Dióxido de Titânico e/ou pigmentos coloridos, cargas e aditivos
SOLVENTE	Dispersão aquosa, isenta de solventes orgânicos; Libera baixo teor de produtos orgânicos voláteis (VOC).
QUALIDADE	<u>Econômica</u> <u>Standard</u> <u>Premium</u>
ACABAMENTO	<u>Semibrilho</u> : recomendado para fins de proteção com baixo PVC. Apresenta menor permeabilidade à umidade e a gases, maior proteção à água, cloretos e agentes de abrasão <u>Fosco Aveludado</u> : recomendado para fins decorativos com alto PVC, resultando na maior capacidade de esconder imperfeições
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Fácil aplicação; Secagem rápida em condições normais de umidade e temperatura; Menor resistência de aderência, durabilidade, resistência à água e à alcalinidade do que sistemas com base de copolímeros de acrílicos ou estireno acrílico; Películas mais porosas e/ou permeáveis do que aquelas à base copolímeros de acrílicos ou estireno acrílico a óleo e esmalte sintético; Vida útil (até a primeira repintura) de três anos, em ambientes externos de baixa agressividade.
USOS	Recomendada para aplicação sobre superfícies internas e externas de alvenaria à base de cimento e/ou cal (argamassa), concreto, bloco de concreto, cimento amianto, gesso, cerâmica não vitrificada
NOMENCLATURA	FUNDO SELADOR VINÍLICO
DESCRIÇÃO	Formulada com base de dispersão de polímeros vinílicos (poliacetato de vinila ou PVAc), pode conter, ou não, pigmentos ou cargas e aditivos

SOLVENTE	Dispersão aquosa, isenta de solventes orgânicos Libera baixo teor de produtos orgânicos voláteis (VOC)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Geralmente produzido em cores claras (branco) Secagem rápida em condições normais de umidade e temperatura; Apresenta maior poder de enchimento e cobertura comparado ao fundo preparador de paredes; Apresenta menor resistência à alcalinidade e à água comparado ao selador
USOS	Recomendado para reduzir e uniformizar a absorção de superfície internas e externas muito porosas, sem pintura, como o reboco, concreto, tijolo, gesso, massas niveladoras

NOMENCLATURA	MASSA CORRIDA (VINÍLICA)
--------------	---------------------------------

DESCRIÇÃO	Formulada com base de dispersão de polímeros vinílicos (poliacetato de vinila ou PVAc), contém pigmentos ou cargas e aditivos
SOLVENTE	Dispersão aquosa, isenta de solventes orgânicos Libera baixo teor de produtos orgânicos voláteis (VOC)
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Menor resistência à alcalinidade e à água do que a massa acrílica; Maior facilidade para aplicação e lixamento do que a massa acrílica;
USOS	Recomendada para uniformizar, nivelar e corrigir imperfeições de superfícies internas e externas de argamassas de cal e/ou cimento (reboco) e concreto. É preferível uso em ambientes internos. Secagem rápida em condições normais de umidade e temperatura.

SISTEMAS ALQUÍDICOS

NOMENCLATURA	ESMALTE SINTÉTICO ALQUÍDICO
--------------	------------------------------------

RESINA	Resina alquídica, sintetizada a partir de óleos secativos ou semi-secativos; Poliésteres, resultantes de reações químicas entre poliálcoois e ácidos graxos ou óleos
PIGMENTOS	Pigmentos orgânicos e inorgânicos ativos e cargas minerais inertes nos acabamentos foscos e acetinados, secantes organometálicos e aditivos. São adicionados secantes para acelerar a velocidade de cura e o endurecimento da película através da reação por oxidação.
SOLVENTE	Solventes hidrocarbonetos alifáticos Elevado teor de produtos orgânicos voláteis (VOC).
ACABAMENTO	<u>Brilhante</u> : ambientes externos com fins de proteção; baixo PVC; maior teor de resina <u>Acetinado</u> : uso geral <u>Fosco aveludado</u> : ambientes internos com fins decorativos; alto PVC; menor teor de resina e menor permeabilidade a gases
CARACTERÍSTICAS	Formação de película por oxidação durante exposição ao ar;

TÉCNICAS	<p>Películas menos porosas e menos permeáveis do que aquelas com base água; Menor resistência à alcalinidade, comparado com sistema com base água; Películas menos porosas e/ou permeáveis do que aquelas de base água; Boa resistência em ambientes não agressivos; Não recomendado para substratos expostos a produtos químicos ou umidade excessiva; Não resistem à imersão em água e se deslocam de concreto ou reboco novo que sofram molhamentos por serem saponificáveis¹⁵¹; Secagem lenta comparada com a tinta látex; Vida útil (até a primeira repintura) acima de cinco anos em acabamentos brilhantes, para ambientes externos de baixa agressividade; e até cinco anos para acabamentos foscos.</p>
USOS	<p>Recomendado para aplicações sobre superfícies metálicas, madeiras, cerâmicas não vidradas e alvenaria; Aplicação sobre superfícies secas;</p>
NOMENCLATURA	FUNDO SELADOR PIGMENTADO
RESINA	Resina alquídica, sintetizada a partir de óleos secativos ou semi-secativos resultantes de reações químicas entre poliálcoois e ácidos graxos ou óleos
PIGMENTOS	Pigmentos orgânicos e inorgânicos ativos e cargas minerais inertes nos acabamentos foscos e acetinados, secantes organometálicos, aditivos
SOLVENTE	Elevado teor de produtos orgânicos voláteis (VOC). Solventes e hidrocarbonetos alifáticos;
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Formação de película por oxidação durante exposição ao ar; O teor de pigmentos presente neste tipo de fundo permite corrigir pequenas imperfeições superficiais e uniformizar a absorção da madeira, para a aplicação posterior de acabamento pigmento.
USOS	Recomendada para uniformizar, nivelar e corrigir pequenas imperfeições de superfícies de madeira e seus derivados
NOMENCLATURA	FUNDO ANTICORROSIVO COM CROMATO
RESINA	Resina alquídica, sintetizada a partir de óleos secativos ou semi-secativos resultantes de reações químicas entre poliálcoois e ácidos graxos ou óleos
PIGMENTOS	Pigmentos inorgânicos anticorrosivos para proteção como cromato de zinco e óxido de ferro, secantes organometálicos, aditivos; Geralmente constituído de cromato de zinco, apresentando secagem ultra rápida e as características variam conforme a composição.

¹⁵¹ A saponificação ocorre pela reação dos ácidos graxos livres presentes na resina com o hidróxido de cálcio presente no cimento e na cal. Essa alcalinidade, na presença de elevado teor de umidade, reage com a acidez característica de alguns tipos de resina, resultando na saponificação, fenômeno que se manifesta pelo aparecimento de manchas na superfície pintada, descoloramento e pegajosidade. O mesmo tipo de reação ocorre em substratos galvanizados devido à presença do hidróxido de zinco presente nos produtos de corrosão do zinco. (LOH, 2007, p.1481).

SOLVENTE	Solventes e hidrocarbonetos alifáticos; Elevado teor de produtos orgânicos voláteis (VOC).
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Primeiro produto aplicado em contato direto com o substrato; O grau de proteção anticorrosiva e toxicidade varia conforme o teor e a composição do pigmento e da resina.
USOS	Recomendada para inibir a corrosão de substratos metálicos ferrosos (ferro e aço) e não ferrosos.
NOMENCLATURA	FUNDO ANTICORROSIVO COM FOSFATO
RESINA	Resina alquídica, sintetizada a partir de óleos secativos ou semi-secativos
PIGMENTOS	Pigmentos inorgânicos anticorrosivos para proteção como o fosfato de zinco, secante organometálicos e aditivos; Pigmentos geralmente constituídos por fosfato de zinco.
SOLVENTE	Elevado teor de produtos orgânicos voláteis (VOC). Hidrocarbonetos alifáticos
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Primeiro produto aplicado em contato direto com o substrato; O grau de proteção anticorrosiva e toxicidade varia conforme o teor e a composição do pigmento e da resina; Grande vantagem em relação ao zarcão e não apresenta toxicidade.
USOS	Recomendado para inibir a corrosão de substratos metálicos ferrosos (ferro e aço), principalmente em repinturas
NOMENCLATURA	MASSA A ÓLEO
DESCRIÇÃO	Formulada com base de resina alquídica, sintetizada a partir de óleos secativos ou semi-secativos, pigmentos ativos e inertes, secantes organolépticos e aditivos.
SOLVENTE	Solventes hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos.
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Maior teor de produtos orgânicos voláteis (VOC), maior toxicidade e maior poluição ao meio ambiente comparada com os produtos a base aquosa.
USOS	Recomendada para uniformizar e corrigir imperfeições superficiais de substratos de madeira em interiores e exteriores.
NOMENCLATURA	TINTA A ÓLEO
RESINA	Óleos secativos ou semi-secativos
PIGMENTOS	Pigmentos orgânicos e inorgânicos, aditivos e cargas minerais inertes, secantes organolépticos e aditivos
SOLVENTE	Elevado teor de produtos orgânicos voláteis (VOC); Hidrocarbonetos alifáticos
ACABAMENTO	Alto Brilho

<p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</p> <p>USOS</p>	<p>Semelhante à tinta esmalte sintético brilhante, porém com menor durabilidade e velocidade de secagem; Aplicação em substratos completamente secos; Menor resistência a alcalinidade; menor porosidade e/ou permeabilidade do que sistemas a base de água.</p> <p>Aplicação sobre superfícies metálicas ferrosas, madeira e alvenaria; Não recomendado para aplicações em substratos expostos a produtos químicos (solventes, álcalis e ácidos) e umidade excessiva</p>
<p>NOMENCLATURA</p>	<p>TINTA À BASE DE CIMENTO</p>
<p>COMPOSIÇÃO</p> <p>ACABAMENTO</p> <p>PIGMENTOS</p> <p>SOLVENTE</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</p> <p>USOS</p>	<p>Formulada com cimento branco, cal hidratada em menores teores, pigmentos opacificantes e/ou coloridos, cargas minerais, sais higroscópicos e eventualmente produtos repelentes à água</p> <p>Ampla gama de acabamentos, geralmente chapiscado, rústico, raspado</p> <p>Devido sua alcalinidade é muito limitada em cores. A maioria dos pigmentos orgânicos são incompatíveis com esse tipo de pintura, devido sua suscetibilidade à alcalinidade. Os pigmentos minerais são compatíveis, principalmente os óxidos de ferro.</p> <p>Suspensão aquosa, isenta de solventes orgânicos. Não libera produtos orgânicos voláteis (VOC)</p> <p>Mecanismo de formação da camada de pintura: a tinta reage com a água formando silicatos de cálcio hidratados e liberando Ca(OH)_3 (hidróxido de cálcio), substância de elevada alcalinidade. O produto tinta é fornecido como pó e misturado à água pouco antes do uso; após 3 a 4 horas perde-se a aplicabilidade. Forma camada bastante permeável ao vapor de água e a gases, o que o diferencia das pinturas convencionais. Possui baixa resistência a ácidos e elevada resistência à alcalinidade e água. A resistência à alcalinidade torna-se muito recomendada para aplicação em substratos com base de cimento ou cal, recém-executados, não sendo adequada para aplicação em ambientes industriais onde a atmosfera é ácida.</p> <p>Recomendada para aplicação sobre alvenarias de cimento e/ou cal, concreto, emboços, blocos de concreto, concreto celular, bloco de silício-calcário de superfícies externas/internas. Esse tipo de tinta pode ser aplicado sobre superfícies úmidas e/ou frescas. Não deve ser aplicado sobre superfícies pintadas com outros tipos de tinta nem sobre superfícies de gesso.</p>
<p>NOMENCLATURA</p>	<p>CAL HIDRATADA PARA PINTURA</p>
<p>COMPOSIÇÃO</p> <p>PIGMENTOS</p>	<p>Cal hidratada, podendo conter pigmentos opacificantes e/ou coloridos, cargas minerais, sais higroscópicos e eventualmente produtos repelentes à água.</p> <p>De modo geral, a película de caiação possui bom poder de cobertura quando seca, mas baixo poder de cobertura quando úmida. Devido sua alcalinidade, é muito limitada em cores. A maioria dos pigmentos orgânicos são incompatíveis com esse tipo de pintura, devido sua suscetibilidade à alcalinidade.</p>

	Os pigmentos minerais são compatíveis, principalmente os óxidos de ferro.
SOLVENTE	Suspensão aquosa, isenta de solventes orgânicos. Não libera produtos orgânicos voláteis (VOC).
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Mecanismo de formação da camada de pintura: fornecida como pó e misturada à água pouco antes do uso. O leite de cal, quando aplicado à superfície, reage com o anídrico carbônico (CO ₂) do ar formando o carbonato de cálcio (CaCO ₃). Geralmente, dolomitos de granulação muito fina e arredondada resultam em cal hidratada para pintura de melhor desempenho do que os calcário. Forma camada bastante permeável ao vapor de água e a gases, o que o diferencia das pinturas convencionais. Essa camada permite a “transpiração” do substrato úmido. Possui baixa resistência a ácidos e elevada resistência à alcalinidade e água. A resistência à alcalinidade torna-se muito recomendada para aplicação em substratos com base de cimento ou cal, recém-executados, não sendo adequada para aplicação em ambientes industriais onde a atmosfera é ácida. Comparativamente à pintura de base de cimento, possui maior permeabilidade ao vapor de água e a gases.
USOS	Recomenda-se para aplicação sobre superfícies rústicas e porosas como alvenarias de cimento e/ou cal, concreto, bloco de concreto de superfícies externas/internas. Pode ser aplicado sobre superfícies úmidas e/ou frescas. Não deve ser aplicado sobre superfícies muito lisas como cerâmica, nem sobre superfícies pintadas com outros tipos de tinta.

Fonte:

POLITO, Giulliano. **Principais Sistemas de Pinturas e suas Patologias**. Belo Horizonte: UFMG/EE/DEMC, 2006. 66 p. Apostila de Pintura, Disciplina Tecnologia de Materiais III, Departamento de Materiais e Construção, Escola de Engenharia.

LOH, Kai. Tintas na Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 44. p. 1465-1504.

UEMOTO, Kai Loh. **Projeto, execução e inspeção de pinturas**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2002. Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras

ANEXO 4

SISTEMAS DE PINTURAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Extraído de ABRAFATI (2020)



9. SISTEMAS DE PINTURA

O Sistema de Pintura é a combinação de produtos utilizados nas etapas de preparação e aplicação sobre uma superfície que será pintada. A definição dos produtos que formarão o sistema de pintura depende de necessidades intrínsecas da superfície que receberá uma pintura/repintura, do acabamento final desejado e das condições de exposição do local pintado. Os materiais necessários para um esquema básico de pintura são fundos, massas e acabamentos. A Figura 11 ilustra um exemplo de sistema de pintura composto por substrato, primer e 2 (duas) demãos de pintura.

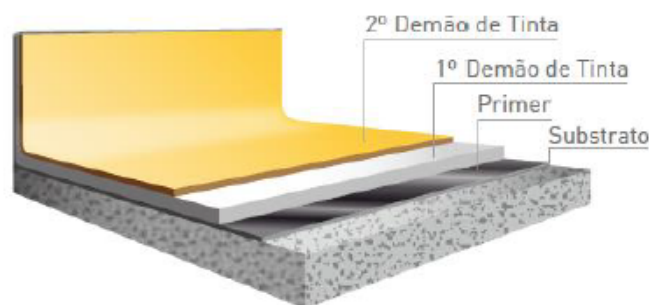


Figura 11 – Exemplo de sistema de pintura

A execução dos sistemas de pintura aplicáveis às edificações não industriais deve ser realizada de acordo com a norma ABNT NBR 13245. A referida norma também estabelece as condições da superfície de acordo com os tipos de superfície, conforme é descrito no subitem a seguir.

10. PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES

De acordo com a norma ABNT NBR 13245, antes da pintura, qualquer superfície deve estar firme, coesa, limpa, seca, sem poeira, gordura, graxa, sabão ou mofo, ou poderá causar a redução da durabilidade da pintura. É recomendado que o preparo de superfície seja realizado por um profissional especializado e que sejam realizados os registros das ações tomadas.

A seguir serão apresentados os exemplos mais comuns de tratamento de superfícies conforme o tipo de superfície.

Destaca-se que é essencial seguir rigorosamente as orientações de preparo de superfície descritas na norma de preparo de superfícies ABNT NBR 13245 – *Tintas para construção civil — Execução de pinturas em edificações não industriais — Preparação de superfície.*

ALVENARIA

Superfícies novas

Esse tipo de superfície deve estar livre de contaminantes, como desmoldantes para concreto e/ou gesso, óleos e graxas de qualquer natureza, removedores pastosos de pinturas e vernizes, mofo/fungos e algas. Assim como estar coeso de forma que não apresente quaisquer partes soltas ou mal aderidas, como grãos soltos de areia, desagregamentos, pó, fuligem, cinzas de queimada ou quaisquer outras condições de revestimento mal aderido.

Para correção de eventuais imperfeições profundas no reboco, deve-se utilizar argamassa com 3 partes de areia média e 1 parte de cimento. Em caso de imperfeições rasas, utilizar massa niveladora. Em superfícies muito absorventes, é recomendado aplicar o fundo preparador de paredes e em superfícies com baixa aderência, recomenda-se usar um fundo promotor de aderência e para superfícies de baixa absorção recomenda-se abertura de porosidade por lixamento mecânico.

Em casos de ocorrência de calcinação ou presença de mofo, bolor, fungo ou algas, deve-se realizar a limpeza do local com lavadora de baixa pressão e, em seguida, aplicar produtos específicos para eliminação de mofo, bolor e algas conforme recomendação do fabricante. No caso de colônias de mofo e algas, remover com espátula e lixa.

Além disso, antes de realizar a pintura, deve-se respeitar o tempo de secagem de superfícies úmidas e o período de cura dos componentes antes do processo de pintura, como aguardar a secagem e cura de rebocos e concretos novos por no mínimo 28 dias. É essencial que a superfície esteja seca, ou seja, sem a presença de umidade proveniente do processo construtivo ou de fontes externas.

Superfícies pintadas

Em paredes com pintura anterior em bom estado, deve-se lixar a superfície para eliminação total do brilho, limpar com escova macia e pano levemente umedecido em água, para eliminação de pó, servindo como base para a próxima pintura.

Em caso de pintura anterior em mau estado (reboco fraco ou com partes soltas e mal aderidas), é necessário remover as partes mal aderidas e limpar totalmente a superfície raspando e lixando para, em seguida, aplicar fundo preparador de parede conforme indicação do fabricante. Caso seja necessário corrigir imperfeições profundas, isto deve ser feito com reboco. Se houver umidade na superfície, o problema deve ser sanado antes da pintura.

MADEIRA

Superfícies novas

Para um tratamento geral, deve-se eliminar tudo o que estiver solto ou mal aderido, lixando a madeira sempre na direção do veio com lixas de granas apropriadas.

O aparecimento de manchas em madeiras ocorre com maior frequência em madeiras muito resinosas, durante e após a pintura ou envernizamento. Essas manchas devem ser eliminadas com a aplicação de solvente orgânico na superfície. Este processo é denominado "lavagem" e deve ser repetido, até que não haja mais resquícios de resina no interior da madeira, o que pode ser notado pelo não surgimento de manchas na superfície. Ressalta-se que existem vernizes ou fundos isolantes específicos que podem ser aplicados sobre madeiras resinosas, excluindo a necessidade de realização da lavagem da superfície.

Em casos de manchas de gordura ou graxa, usar água com detergente, enxaguar e aguardar a secagem. Se a madeira for nova, utilizar uma estopa molhada com aguarrás ou thinner.

Superfícies pintadas

Caso a pintura anterior esteja em bom estado, deve-se lixar a superfície para eliminação total do brilho, limpar com escova macia e pano, levemente, umedecido em água, para eliminação de pó, servindo como base para a próxima pintura.

Já em pinturas que estejam em mau estado, é necessário remover utilizando processo físico de lixamento e/ou raspagem, ou processo químico através de removedores de tinta, em seguida, limpar totalmente a superfície e proceder como indicado para pintura nova.

METAIS FERROSOS

Superfícies novas

Para acabamentos brilhantes de superfícies de ferro ou aço-carbono não pintadas, se deve eliminar os pontos de ferrugem e aplicar uma demão de fundo anticorrosivo. Porém, existem esmaltes no mercado que podem ser aplicados diretamente sobre esse tipo de superfície, dispensando o fundo anticorrosivo.

Superfícies pintadas

Se a pintura anterior estiver em bom estado, deverá receber um lixamento para eliminação completa do brilho e limpeza, para remoção de qualquer tipo de material contaminante, servindo de base para a repintura. Após lixar a superfície, deve-se aplicar o fundo anticorrosivo nas partes em que o lixamento foi até o metal. Em seguida, após limpeza e secagem da superfície, proceder como para nova pintura.

METAIS NÃO FERROSOS

Superfícies novas

Para superfícies novas, proceder com a limpeza com thinner para retirada de contaminantes na superfície e após utilizar fundo fosfatizante ou fundo especial promotor de aderência e proceder com a pintura. Ressalta-se que existem esmaltes no mercado que dispensam o uso dos referidos fundos.

Superfícies pintadas

Já em superfícies que receberão a repintura, é necessário lixar para retirar o brilho antes da aplicação do produto e, se houver descascamentos, será preciso eliminar toda a pintura anterior com a lixa adequada e aplicar o fundo fosfatizante ou fundo especial promotor de aderência. Ressalta-se que existem esmaltes no mercado que dispensam o uso dos referidos fundos.

ENVERNIZAMENTO

Superfícies novas

As superfícies devem estar limpas e secas (teor de umidade inferior a 12%). Após lixamento e limpeza da superfície, aplicar três ou mais demãos do verniz, conforme indicações do fabricante. Para madeiras resinosas proceder a limpeza conforme descrito neste manual no item Madeira – Superfícies novas.

Superfícies pintadas

Eliminar partes soltas e lixar a partes aderidas, até remoção total do brilho. Remover todo o pó e proceder envernizamento, conforme indicação do fabricante.

ANEXO 5

PATOLOGIAS EM SISTEMAS DE PINTURAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Reproduzido pela autora, com dados extraído de Diniz (2009)

CAPÍTULO 18

APLICAÇÕES ARQUITETÔNICAS

4 IDENTIFICAÇÃO, ORIGENS E CORREÇÃO DE DEFEITOS

DEFEITO	IDENTIFICAÇÃO	ORIGENS	CORREÇÕES
FERVURA OU CRATERAS	Superfície totalmente coberta por microcrateras.	Evaporação muito rápida do solvente. Aplicação sobre superfícies aquecidas. Tinta formulada inadequadamente para aplicação a rolo.	Usar solvente menos volátil. Deixar esfriar o substrato. Usar tinta aditivada com tensoativos/antiespumantes para aplicação a rolo.
ENRUGAMENTO	A superfície da pintura seca apresenta-se com microrrugos.	Camada elevada. Secagem superficial muito rápida.	Aplicar baixas camadas. Usar solvente menos volátil.
EMPOLAMENTO	Formação de bolhas ou vesículas contendo sólidos, líquidos ou gases.	Superfície mal preparada ou oleosa. Excesso de umidade no substrato. Solvente retido no substrato devido à secagem rápida da tinta. Excesso de umidade no ambiente.	Melhorar a limpeza superficial. Eliminar a umidade no substrato. Aplicar camadas mais finas e usar solvente mais pesado. Eliminar a umidade do ambiente ou utilizar tinta mais resistente.
MARCAS DE TRINCHA	Falta de nivelamento; pintura estriada no sentido da aplicação.	Tinta com desbalanceamento tixotrópico. Solvente de evaporação	Utilizar produtos adequados. Usar solventes de evaporação mais lenta.

		rápida. Inabilidade do pintor ou pincel de cerdas muito duras.	Treinamento do profissional ou utilização de pincel mais macio.
ESCORRIMENTO	Em superfícies verticais, as tintas tendem, por ação da gravidade, a se deslocar enquanto líquidas, em forma de ondas ou gotas até a parte inferior.	Viscosidade muito baixa da tinta. Camada muito espessa. Desbalanceamento de solventes. Reologia inadequada.	Acertar a viscosidade. Aplicar camadas finas. Usar solventes mais voláteis. Utilizar produtos de boa qualidade.
TRINCAMENTO	A superfície apresenta-se com minúsculas trincas.	Intervalos entre demãos menor que o estipulado. Uso excessivo de solvente nas camadas subsequentes. Ganho ou perda de água (quando a superfície é de madeira).	Obedecer o tempo recomendado pelo fabricante para repintura. Usar menos quantidade de solventes. Selar o substrato da madeira convenientemente.
MANCHAS	Aparecimento de áreas com coloração e textura diferenciadas.	Fixação de sujeiras em áreas de maior porosidade ou de fusão térmica. Efeitos de sais do substrato sobre o veículo da tinta ou sobre os pigmentos/cargas. Presença de umidade no substrato.	Lavar a superfície. Quando da repintura, usar selador adequado. Eliminar a causa da umidade no substrato.
DESCORAMENTO	Perda de cor por degradação dos pigmentos ou por fotodegradação da resina.	Pigmentos ou resinas inadequados para a finalidade.	Empregar tintas de formulação adequadas para resistir às condições ambientes específicas.
BAIXA RESISTÊNCIA À LAVABILIDADE	Ao tentar remover sujeiras por lavagem com sabão neutro, a tinta se desmancha ou deixa sinais da operação.	A tinta não está curada. A formulação não é adequada para ser lavada.	Deixar curar a tinta por 30 dias antes de lavar. Usar tintas de formulação adequada.
DESCASCAMENTO	Descascamento do filme de tinta do substrato, parcial ou totalmente.	Superfície mal preparada, contaminada com gorduras ou partículas sólidas soltas. Umidade no substrato sob	Melhorar a limpeza superficial removendo os contaminantes. Eliminar partículas sólidas soltas. Ajustar a viscosidade de

		<p>efeito do calor ambiental passa ao estado de vapor, pressionando o filme de tinta, que se desprende.</p> <p>Pintura sobre superfície aquecida.</p> <p>Reação da tinta com o substrato, resultando em compostos solúveis em água.</p>	<p>maneira a garantir a tensão superficial baixa para uma completa umectação da superfície.</p> <p>Nunca usar tintas convencionais sobre superfícies aquecidas acima de 60 °C.</p>
<p>CALCINAÇÃO</p>	<p>Envelhecimento superficial das pinturas resultando no seu engizamento (chalking)</p>	<p>Degradação da resina das tintas sob o efeito dos raios solares.</p> <p>Nas tintas brancas e pastéis, uso de pigmento (dióxido de titânio) inadequado</p>	<p>Escolher tintas de formulação adequada para resistir às radiações ultravioleta e às intempéries</p>
<p>DESENVOLVIMENTO DE FUNGOS (BOLOR) OU ALGAS</p>	<p>Formação de colônias de fungos que se desenvolvem escurecendo a superfície.</p> <p>O aparecimento de algas se dá na presença de luz e torna a película esverdeada ou rosada dependendo do tipo.</p>	<p>Umidade elevada associada à presença de materiais orgânicos em decomposição ou parasitas de plantas.</p> <p>Temperatura ambiente entre 0°C e 40°C e oxigênio favorecem o desenvolvimento de fungos.</p> <p>A presença de algas sempre ocorre em ambientes externos próximos às áreas litorâneas e/ou vasta vegetação.</p>	<p>Lavar a superfície com solução de hipoclorito de sódio ou formol.</p> <p>Usar tintas que contenham agentes fungicidas/algicidas.</p> <p>Diminuir a umidade aquecendo o ambiente e aumentando a ventilação.</p> <p>Aplicar esquemas de pintura que tornem a superfície nivelada, livre de microcavidades e imperfeições em que os fungos ou algas possam se alojar.</p>
<p>ASPEREZA</p>	<p>Após a secagem da tinta, a superfície se apresenta áspera ao toque, com partículas sólidas salientes e aderidas ao filme.</p>	<p>Poeira do ambiente depositada sobre a pintura enquanto ainda não curada.</p> <p>A tinta não foi devidamente homogeneizada antes da aplicação.</p>	<p>Evitar pinturas em ambientes poeirentos.</p> <p>Homogeneizar a tinta completamente e filtrar, se necessário.</p>
<p>EFLORESCÊNCIA</p>	<p>Sais inorgânicos de coloração esbranquiçada que migram do interior da superfície e pode, inclusive, romper a</p>	<p>Superfície de alvenaria contendo alto teor de umidade, se estar suficientemente curada.</p>	<p>Raspar o substrato e aguardar sua cura completa.</p> <p>Utilizar fundo selador alcali-resistente e repintar com</p>

película de tinta

látex adequado.

Se necessário, neutralizar
previamente a superfície
com solução de ácido
muriático.

Fonte: DINIZ, Francisco D.. Aplicações Arquitetônicas. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas**: Ciência e Tecnologia. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 18. p. 618-636.

ANEXO 6

DICIONÁRIO BIBLIOGRÁFICO DE CONSTRUTORES E ARTISTAS DE BELO HORIZONTE 1894-1940

Extraído de Instituto Estadual Do Patrimônio Histórico E Artístico De Minas Gerais
(1997)

AZEVEDO, Manoel da Costa

(Portugal, 1863 – Belo Horizonte/MG, 1924). Construtor, industrial e pintor. Português de nascimento, naturalizou-se brasileiro. Em 1908, executou trabalhos de pintura no forro da sala de sessões do Senado Mineiro, antiga casa do secretário de Agricultura, atual Museu Mineiro*. Sabe-se que esse trabalho foi realizado com os pintores *Alfredo Lima*, *Pedro Miccusi* e *Francisco Tamietti*. Em 1909, prestou serviços (pintura) no Palácio da Liberdade. Colaborou também na pintura interna da Secretaria de Estado de Obras Públicas, antiga Secretaria de Agricultura. Trabalhou, em sociedade com *Pedro Micussi* e *Francisco Tamietti*, na construção do antigo Teatro Municipal (1906/1909, demolido). Em 1922, teve matrícula, como construtor, registrada na Diretoria de Obras Públicas da Prefeitura de Belo Horizonte.

FONTES BIBLIOGRÁFICAS

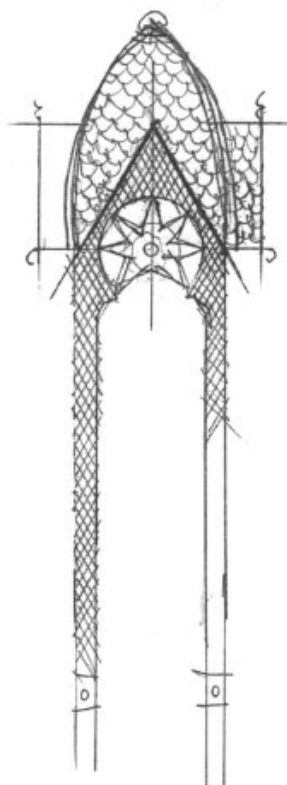
APCBH. *Matricula de profissionais* (1901/1924), Livro n. 1, p. 99-100.

APM (BH). *Contas-correntes relativas a obras públicas*, incluindo a da Comissão Construtora da Nova Capital. S.A3 590, p. 201, verso.

_____. *Livro-caixa referente a obras públicas* (1898/1913). Secretaria de Agricultura, Comércio e Obras Públicas (3ª Seção), S.A. 594, p. 96, 195.

CONJUNTO urbanístico da Praça da Liberdade e avenida João Pinheiro: uma proposta de preservação. Belo Horizonte: SMC, DMPC, 1990, p. 121.

DEPOIMENTO de Lídia Tamietti Faleiro e Clélia Tamietti Galhano, filhas de Francesco Felice Carlo Giuseppe Tamietti, cedido ao IEPHA por intermédio de seu bisneto Rodrigo Faleiro em outubro de 1995.



CONDENÇA, José Francisco

(? - ?). Mestre-de-obras. Sabe-se que, em 1896, trabalhou como tarefeiro nas obras de construção do prédio da Secretaria de Agricultura, hoje Secretaria de Estado de Obras Públicas (escavação de terra para alicerces, serviços de alvenaria e cantaria).

FONTES BIBLIOGRÁFICAS

APCBH. *Recibos*. Documentação da Comissão Construtora. Série AL 02.01.0 (Contabilização). Subsérie AL 02.01.1 (Comprovantes de despesas), 121. Subsérie AL 02.01.2 (Demonstrativos contábeis), 52.

_____. *Livro da 7ª Divisão da Comissão Construtora da Nova Capital*, contendo folhas de medição e avaliação de obras executadas por empreiteiros e tarefeiros. 1895/1896.

MAGALHÃES, José de

(Pernambuco, 1851 – Campos do Jordão/SP, 1899). Arquiteto, engenheiro e geógrafo. Estudou engenharia na Escola Central do Rio de Janeiro, chamada, a partir de 1874, Escola Politécnica. Foi para Paris, onde se inscreveu, em 1876, na École de Dessin et des Mathématiques, etapa preparatória para o concurso de admissão à seção de Arquitetura da École des Beaux-Arts, freqüentando o ateliê de Pierre Jérôme Daumet, consagrado arquiteto. Em 1878, foi admitido em

2ª classe. Por apresentar escolaridade incompleta, recebeu apenas uma Menção Honrosa em Elementos Analíticos, não tendo chegado a ingressar na 1ª classe. Por volta de 1880, voltou para o Brasil, fixando-se no Rio de Janeiro, onde desenvolveu projetos de residências, tendo também executado trabalhos em Petrópolis, Vassouras e São Paulo. Transferiu-se, mais tarde, para Belo Horizonte, onde fez parte da Comissão Construtora da Nova Capital, trabalhando como chefe da Seção de Arquitetura. Nesse cargo, projetou inúmeras edificações em Belo Horizonte, como as da Estação General Carneiro (1894; demolida); do Palácio do Congresso (1894; não construído); do hospital (1894; não construído, a ser edificado na rua Uberaba, esquina com a rua Gonçalves Dias); do Palácio da Liberdade* (1894/1898); da Secretaria de Estado da Educação, antiga Secretaria do Interior (1894/1898); da Secretaria de Estado da Fazenda, antiga Secretaria das Finanças (1894/1898); da Secretaria de Estado de Obras Públicas, antiga Secretaria de Agricultura (1894/1898); do Palácio da Justiça (aprovado em 1895 e não construído); da Estação de Minas (1895/1896); da Imprensa Oficial (1895/1897); do necrotério do Cemitério do Bonfim; projetos de edificações para o Parque Municipal, como o restaurante e o quiosque, este último cópia do construído nos jardins da Exposição Universal de Paris em 1878; ponte rústica, observatório meteorológico e pavilhão para o guarda, todos não construídos. São também de sua autoria projetos de sete tipos de casa para funcionários públicos, que se classificavam de "A" a "F" pela dimensão e ornamentação, segundo uma hierarquia social, de acordo com o salário e a categoria do funcionário. A do tipo "A" era destinada aos porteiros, contínuos e serventes, a última, aos desembargadores ou diretores e as intermediárias, às demais classes de servidores. Foi também responsável pelo projeto de uma igreja que iria substituir a Matriz da Boa Viagem do Curral del Rei, a ser edificada na praça do Cruzeiro (não construída), e da casa do guarda do Reservatório do Cruzeiro/Serra, aprovado em 1894, dentre outros. Com Samuel Gomes Pereira e Fábio Nunes Leal, também membros da Comissão Construtora da Nova Capital, propôs a *Aarão Reis* a fundação de biblioteca e museu municipais, que se chamaram, respectivamente, *Sociedade Literária de Belo Horizonte* e *Museu Paula Oliveira*.

FONTES BIBLIOGRÁFICAS

AMEE (UFRJ). Pasta de José de Magalhães.

APM (BH). *Livro-caixa referente a obras públicas* (1892/1913). Secretaria de Agricultura, Comércio e Obras Públicas (3ª Seção). S.A. 594.

_____. Planta do Palácio da Liberdade.

- ARAÚJO VIANNA, Ernesto da Cunha. A arquitetura e a arte ornamental: fases do seu desenvolvimento no Brasil. *Anais da Biblioteca Nacional*. Rio de Janeiro, 1914, v. 38.
- BARRETO, Abílio. *Belo Horizonte: memória histórica e descritiva. História média*. Belo Horizonte: FJP, CEHC, 1995, p. 64, 186, 282, 500.
- CONJUNTO urbanístico da Praça da Liberdade e avenida João Pinheiro: uma proposta de preservação. Belo Horizonte: SMC, DMPC, 1990, p. 11.
- DELAIRE, E. *Les architectes élèves de l'École des Beaux-Arts (1793-1907)*. 2. ed. Paris: Librairie de la Construction Moderne, 1907, p. 331.
- FRIEIRO, Eduardo. As artes em Minas Gerais. In: SILVEIRA, Vítor. *Minas Gerais: 1925*. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1926.
- JOSÉ de Magalhães: arquiteto. *Revista Pampulha*, Belo Horizonte, n. 7, p. 23-26, 1982.
- LEMONS, Celina Borges. *Determinações do espaço urbano: a evolução econômica, urbanística e simbólica do centro de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: Fafich, UFMG, 1988, v. 1, p. 117, 123 (Dissertação de Mestrado em Sociologia e Antropologia).
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Obras Públicas. Arquivo de plantas.
- PALÁCIO da Liberdade. Restauração: 1981/1983. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1984, p. 15-19.
- PENA, Otávio. *Notas cronológicas de Belo Horizonte*. 1711-1930. Belo Horizonte: Santa Maria, 1950, p. 19.
- REVISTA GERAL DOS TRABALHOS DA COMISSÃO CONSTRUTORA DA NOVA CAPITAL, Rio de Janeiro: H. Laemberts, v. 1, p. 15, abr. 1895.
- SALGUEIRO, Heliana Angotti. *Belo Horizonte: histoire d'une Capitale e au XIX^e siècle*. Représentations urbaines et architecturales françaises au Brésil. Une étude de cas. Paris: École des Hautes Études en Sciences Sociales, jul. 1992, 3 v. (Tese de Doutorado.)
- _____. O ecletismo em Minas Gerais: Belo Horizonte: 1894/1930. In: FABRIS, Annateresa (Org.). *Ecletismo na arquitetura brasileira*. São Paulo: Nobel, 1987, p. 110, 113-115, 119-120, 122, 126-128.
- _____. *Gua da Exposição Belo Horizonte: o nascimento de uma Capital*. São Paulo: Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand, maio/jun. 1996, p. 3, 8, 10 - 11, 13.
- SOARES, Ruth Villamarim. Nas construções antigas, a marca da arte da Itália. *Estado de Minas*, Belo Horizonte, 6 ago.1989, Caderno Feminino, p. 8.

STECKEL, Frederico Antônio

(Dresden/Alemanha, 1834 – Rio de Janeiro/RJ, 1921). Pintor e estucador. Formou-se na Escola de Belas-Artes de Berlim. Em 1846, mudou-se para o Brasil, radicando-se no Rio de Janeiro por mais de trinta anos. Como profissional, foi responsável pela ornamentação de vários edifícios públicos e igrejas do Rio, dentre os quais o antigo Paço Imperial, Palácio do Itamarati, Palácio do Rio Negro (Petrópolis). A importância dos trabalhos realizados no Rio de Janeiro lhe valeu a Comenda da Ordem da Rosa, conferida por D. Pedro II. Participou da Exposição Universal de Paris, em 1889, expondo cores minerais preparadas em pó, na seção de Matériel des Arts de la Peinture et du Dessin, e da Exposição Geral de 1898, realizada no Rio de Janeiro. Na época da construção de Belo Horizonte, foi convidado pela Comissão Construtora para prestar serviços na decoração de edifícios. Mudou-se para a Capital em janeiro de 1897, onde permaneceu por longo período. Com ele, trouxe uma equipe especializada em estuque e *papier machê*, iniciando, ainda em janeiro, serviços de pintura das casas para funcionários e pintura e ornamentação dos edifícios públicos. Entre seus auxiliares, inclui-se o pintor e decorador *Bertolino Machado*. Steckel trabalhou na ornamentação da Imprensa Oficial (1897); da casa de *Antônio Teixeira Rodrigues*, Conde de Santa Marinha (1897); da Capela do Rosário (1897; pintura e envernizamento do altar), localizada na rua São Paulo, 795; do Quartel do 1º Batalhão da Polícia Militar (1897); da Câmara dos Deputados (demolida); do Palácio da Liberdade (pintura do salão de honra, 1900; pintura dos forros dos torreões*, 1901; painel central do forro do Salão de Honra, 1902; pintura dos painéis alegóricos do forro do vestibulo da escadaria, representando a Ordem, o Progresso, a Liberdade e a Fraternidade, além dos trabalhos em estuque nos tímpanos); Secretarias de Estado (Interior, atual Educação; Finanças, atual Fazenda; Agricultura, atual Obras Públicas); casas de secretários (Secretário das Finanças, hoje Arquivo Público Mineiro; secretário do Interior, hoje Escola Estadual Afonso Pena); da Igreja Santa Efigênia (forro, 1902), cujo projeto arquitetônico, datado de 1900, é de autoria de *Edgard Nascentes Coelho*; pintura do salão do Grande Hotel

(1902; demolido); do Palácio da Justiça (1909/1912) e da sua residência, conhecida como Palacete Steckel, onde funcionou o Clube das Violetas, agremiação por ele fundada, vinculada à vida artístico-cultural da Capital mineira, e que mais tarde abrigou a Reitoria da Universidade de Minas Gerais (demolida). Sabe-se que também foi responsável pela pintura do forro da casa de George Chalmers, diretor da Saint John del Rey Mining Company, atual Museu da Mina de Morro Velho, em Nova Lima. Coube-lhe também a promoção das primeiras exposições de pintura da cidade, como a de setembro de 1901. Para realizar seus trabalhos, montou, em 1905, um atelier de belas-artes, que funcionava na rua Guajajaras.

FONTES BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DE BELO HORIZONTE, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 123, 1953.

APM (BH). *Livro-caixa referente a obras públicas* (1898/1913). Secretaria de Agricultura, Comércio e Obras Públicas (3ª Seção). S.A. 594, p. 96, 195.

_____. *Livro-caixa referente a obras públicas* (1898/1916). Secretaria do Interior.

AYALA, Walmir (Coord.). *Dicionário brasileiro de artistas plásticos*. Brasília: INL/MEC, 1977, v. 4, p. 340.

BARBOSA, João Bosco Carneiro. Do Trianon ao progresso de hoje: a cidade quis crescer, e conseguiu. *Diário da Tarde*, Belo Horizonte, 28 nov. 1980. Caderno 1, p. 1.

BARRETO, Abílio. *Belo Horizonte: memória histórica e descritiva*. História média. Belo Horizonte: FJP, CEHC, 1995, p. 486, 493, 504.

EXPOSITION Universelle de Paris, 1889: Empire du Brésil: Catalogue Officiel. Paris: Imprimerie Chaix, 1889.

FIUZA, Ricardo A. Malheiros. Palácio da Justiça: exemplar precioso da arquitetura neoclássica em Belo Horizonte. *Estado de Minas*, Belo Horizonte, 12 nov. 1976.

LEMONS, Celina Borges. *Determinações do espaço urbano: a evolução econômica, urbanística e simbólica do centro de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: Fafich, UFMG, 1988, v. 1, p. 118 (Dissertação de Mestrado em Sociologia e Antropologia).

MINAS GERAIS, Belo Horizonte, 7 jul. 1900, p. 1.

_____. Belo Horizonte, 12 maio 1902, p. 4.

MOURÃO, Paulo Krügger Corrêa. *História de Belo Horizonte: de 1897 a 1930*. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1970, p. 23, 51, 58.

_____. *Templos da Capital*. *Estado de Minas*, Belo Horizonte, 6 jun. 1965.

PALÁCIO da Liberdade. Restauração: 1981/1984. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1984, p. 15-19.

PENA, Otávio. *Notas cronológicas de Belo Horizonte: 1711-1930*. Belo Horizonte: Santa Maria, 1950, p. 66.

SALGUEIRO, Heliana Angotti. O ecletismo em Minas Gerais: Belo Horizonte: 1894/1930. In: FABRIS, Annateresa (Org.). *Ecletismo na arquitetura brasileira*. São Paulo: Nobel, 1987, p. 110-118.

TASSINI, Raul. *Verdades históricas e pré-históricas de Belo Horizonte: antes Curral del Rei*. Belo Horizonte [s.n., ca. 1947], p. 137-138.

Fonte: INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO DE MINAS GERAIS. Dicionário biográfico de construtores e artistas de Belo Horizonte: 1894/1940. Belo Horizonte: IEPHA/MG, 1997. 327 p.



ANEXO 7

**PROJETO EXECUTIVO DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO
SETOP**

Extraído de IEPHA/MG (2019)



Fonte: IEPHA/MG. **Editais - Tomada de Preços n. 01/2019**. 2019. Disponível em: <http://www.iepha.mg.gov.br/index.php/institucional/editais/category/27-editais-tomada-de-precos-n-01-2019>. Acesso em: 18 dez. 2020.