

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL – PPGECC  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO E GESTÃO

FERNANDA CARDOSO DE FARIA  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid

**PRODUÇÃO DE TINTAS NATURAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL: TESTES  
DE PREPARAÇÃO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO INTEMPERISMO  
ACELERADO**

CURITIBA  
2015

FERNANDA CARDOSO DE FARIA

**PRODUÇÃO DE TINTAS NATURAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL: TESTES  
DE PREPARAÇÃO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO INTEMPERISMO  
ACCELERADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Área de Concentração em Ambiente Construído e Gestão, Departamento de Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid

CURITIBA  
2015



## TERMO DE APROVAÇÃO

FERNANDA CARDOSO DE FARIA

### PRODUÇÃO DE TINTAS NATURAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

TESTES DE PREPARAÇÃO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO INTEMPERISMO  
ACELERADO

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Área de Concentração: Ambiente Construído, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – UFPR

Examinadores:

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – UFPR

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Marianne do Rocio de Mello Maron da Costa

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – UFPR

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Eloy Fassi Casagrande Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – DACOC

Curitiba, 19 de maio de 2015

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à CAPES por financiar o período de estudos no mestrado, fato indispensável para a conclusão deste trabalho.

À Universidade Federal do Paraná e os professores do PPGCEC, com os quais houve uma importante troca de experiências e informações.

Aos meus colegas de mestrado, pela amizade e por compartilhar conhecimentos e idéias.

Ao meu orientador professor Aloísio Schmid, pela atenção, contribuição acadêmica, paciência e por aconselhar o encaminhamento deste trabalho.

À Franciele I. de Carvalho e todos do LACTEC que participaram no levantamento de dados com o equipamento de intemperismo acelerado.

À Karoline Richter pelo auxílio na etapa final de coleta dos resultados no laboratório de ambiente construído.

À Ziza, pessoa fundamental para o sucesso de todos os mestrandos do programa.

Ao Thiago pela atenção, paciência, e por compartilhar de todos os momentos durante a etapa do mestrado.

Aos meus pais pelo incentivo, compreensão, apoio e por se mostrarem sempre presente apesar da distância.

Ao Paulo Makoto e Valdenice por ter auxiliado na última etapa da pesquisa, com o equipamento de fotografia.

À todos os amigos e pessoas que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

A questão da sustentabilidade consiste em um dos principais desafios da construção civil atualmente, levando profissionais de diversas áreas do conhecimento a buscar soluções para minimizar o impacto das edificações no meio ambiente. Ao analisar o ciclo de vida energético de uma edificação, percebe-se que os impactos negativos das tintas imobiliárias convencionais existem desde o processo de fabricação na indústria até o seu destino final. Além da liberação de COVs (compostos orgânicos voláteis), tintas convencionais são compostas por substâncias de origem química que prejudicam o meio ambiente e a saúde humana. Por este motivo, técnicas vernaculares surgem como alternativas ecológicas de baixo custo capazes de minimizar tais impactos. Além do resgate cultural, as tintas naturais representam uma técnica artesanal de revestimento de paredes, que busca, através da simplicidade no preparo e aplicação, provar que é possível substituir produtos químicos por insumos facilmente encontrados na natureza. A presente pesquisa de Mestrado aborda as técnicas de obtenção destes insumos, preparação e aplicação de tintas naturais com base em revisão bibliográfica; apresenta a aplicação das técnicas e seus resultados obtidos através de oficinas ministradas na Universidade Federal do Paraná com alunos de graduação; exemplifica aplicações destas tintas em comunidades rurais no nordeste brasileiro; e apresenta os resultados de variação de cor de quatro amostras de tintas naturais e uma amostra de tinta imobiliária industrializada, submetidas ao ensaio de envelhecimento acelerado com base na ABNT NBR 15380, a fim de comparar estas amostras quanto ao comportamento frente ao intemperismo (radiação solar e água da chuva). Os resultados se mostraram satisfatórios e, apesar de apresentarem menor resistência quando comparadas à amostra de tinta industrializada, as tintas naturais obtiveram poucas variações de cor, comprovando a viabilidade em seu uso na construção civil. A amostra com tinta de argila verde apresentou rachaduras devido à característica expansiva da argila. A caseína como aglutinante, o óleo de linhaça e sal como aditivos apresentaram resultados satisfatórios após o processo de envelhecimento acelerado. Conclui-se que as tintas naturais necessitam de maior reparo e repinturas com o passar do tempo, em comparação com as tintas convencionais. Porém, ao considerarmos questões como a salubridade dos ambientes internos, impacto ambiental, energia embutida e saúde humana, a presente pesquisa comprova a viabilidade no uso das tintas naturais para revestimentos, além de contribuir para o resgate cultural de técnicas vernaculares e diversificação de matérias-primas para a indústria da construção civil.

**Palavras-chave: tintas naturais, intemperismo, ensaio de envelhecimento acelerado.**

## ABSTRACT

*The issue of sustainability is one of the main challenges of building today, leading professionals from various fields of knowledge to find solutions to minimize the impact of buildings on the environment. By analyzing the energy life cycle of a building, it is seen that the negative impacts of conventional paints are from the manufacturing process in the industry to its final destination. In addition to the release of VOCs (volatile organic compounds), conventional paints are composed of chemical origin of substances that harm the environment and human health. For this reason, vernacular techniques arise as environmentally friendly alternatives low cost capable of minimizing such effects. In addition to the cultural revival, natural paints represent a craft technique of wall cladding, which seeks, through simplicity in preparation and application, prove that you can replace chemicals for inputs easily found in nature. This Master's research addresses the techniques of obtaining these inputs, preparation and application of natural paints based on literature review; presents the application of the techniques and results obtained through workshops given in Universidade Federal do Paraná with undergraduate students; exemplifies applications of these paints in rural communities in northeastern Brazil; and displays the variation in color results from four samples of natural paints and a paint sample industrialized housing, subjected to the accelerated aging test based in ABNT NBR 15380 in order to compare these samples with respect to the opposite behavior to weathering (sun radiation and rain water). The results were satisfactory and, despite having less resistance when compared to the ink sample industrialized, natural paints obtained few color variations, proving the feasibility of its use in construction. The sample with ink green clay showed cracks due to expansive feature of clay. The casein as a binder, linseed oil and salt as additives showed satisfactory results after the accelerated aging process. We conclude that natural dyes require repairing and repainting increased over time in comparison with conventional paints. However, when considering issues such as the health of indoor environments, environmental impact, embodied energy and human health, this research demonstrates the feasibility in the use of natural dyes for coatings, and contribute to the cultural revival of vernacular techniques and diversification of raw materials for the construction industry.*

**Keywords: natural paints, weathering, accelerated aging test.**

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Foto da estrutura cristalina do pigmento Azul da Prússia .....	30
FIGURA 2 Foto através de microscopia eletrônica da molécula do corante azul de Brilliant Blue G (BBG).....	30
FIGURA 3 Representação de bisonte em caverna de Altamira, Espanha.....	41
FIGURA 4 Pinturas rupestres no Parque Nacional de Seridó, RN.....	42
FIGURAS 5 e 6 Sementes de urucum e urucum em pó.....	47
FIGURA 7 Raiz de açafrão e açafrão em pó.....	47
FIGURAS 8 e 9 Argila e suas tonalidades de cores.....	49
FIGURA 10 Diferentes tipos de cores feitas com tinta mineral.....	52
FIGURA 11 Ciclo de vida energético de uma edificação.....	53
FIGURA 12 Níveis para análise energética.....	55
FIGURA 13 Estrutura do ovo.....	63
FIGURAS 14, 15, 16 Preparação da tinta de terra do Projeto Cores da Terra.....	67
FIGURAS 17, 18, 19 Aplicação de tinta Projeto Cores da Terra.....	69
FIGURA 20 Casa com tinta de terra e cal, Vila de Borborema – RN.....	71
FIGURA 21 Casa e muro com tinta de terra, Vila de Santa Luzia – RN.....	72
FIGURA 22 Casa de pau-a-pique com tinta de terra e goma de cacto.....	73
FIGURA 23 Casa pintada de terra com a ação dos ventos fortes.....	73
FIGURA 24 Retirada da terra em frente às casas em Genipabu – RN.....	74
FIGURA 25 Cores elaboradas em Oficina de Tintas Naturais no Centro Politécnico da UFPR.....	74
FIGURA 26 Projeção da imagem na parede da sala PD-07.....	75
FIGURAS 27 e 28 Goma de cacto e goma de babosa, respectivamente.....	75
FIGURAS 29 e 30 Preparação das tintas.....	76
FIGURA 31 Resultado da pintura na parede da sala PD-07.....	76
FIGURA 32 Cores elaboradas na Oficina de Tintas Naturais do CEM.....	78
FIGURAS 33 e 34 Elaboração das tintas.....	78
FIGURAS 35 e 36 Preparação da tinta com haste de bateadeira e furadeira.....	79
FIGURAS 37 e 38 Elaboração da tinta preta com carvão vegetal.....	79
FIGURAS 39 e 40 Desenho da mandala na parede do Centro Acadêmico.....	80
FIGURAS 41 e 42 Polvo na mandala pintado com os dedos.....	80
FIGURA 43 Resultado da pintura do Centro Acadêmico no CEM.....	81
FIGURAS 44 e 45 Corpos de prova.....	83
FIGURA 46 Amostra n°1.....	84
FIGURA 47 Amostra n°2.....	84
FIGURA 48 Amostra n°3.....	84
FIGURA 49 Amostra n°4.....	84
FIGURA 50 Amostra n°5.....	84
FIGURA 51 Equipamento de Intemperismo QUV/se.....	85
FIGURA 52 Sala escura da UFPR para leitura da variação de cor.....	88
FIGURAS 53 e 54 Medição com luxímetro.....	89
FIGURAS 55 e 56 Medição com luminômetro.....	89
FIGURA 57 Representação dos sistemas de cor CMYK e RGB.....	90
FIGURA 58 Avaliação das propriedades de cor através do software Corel Draw X6.....	91



FIGURA 59 CP1, variação após 200 horas no equipamento.....	92
FIGURA 60 CP1, variação após 400 horas no equipamento.....	92
FIGURA 61 CP1, variação após 600 horas no equipamento.....	93
FIGURA 62 CP2, variação após 200 horas no equipamento.....	93
FIGURA 63 CP2, variação após 400 horas no equipamento.....	93
FIGURA 64 CP2, variação após 600 horas no equipamento.....	93
FIGURA 65 CP3, variação após 200 horas no equipamento.....	94
FIGURA 66 CP3, variação após 400 horas no equipamento.....	94
FIGURA 67 CP3, variação após 600 horas no equipamento.....	95
FIGURA 68 CP4, variação após 200 horas no equipamento.....	95
FIGURA 69 CP4, variação após 400 horas no equipamento.....	95
FIGURA 70 CP4, variação após 600 horas no equipamento.....	96
FIGURA 71 CP5, variação após 200 horas no equipamento.....	96
FIGURA 72 CP5, variação após 400 horas no equipamento.....	96
FIGURA 73 CP5, variação após 600 horas no equipamento.....	97
FIGURA 74 CP1-a e CP1-b.....	97
FIGURA 75 CP2-a e CP2-b.....	99
FIGURA 76 CP3-a e CP3-b.....	101
FIGURA 77 CP4-a e CP4-b.....	103
FIGURA 78 CP5-a e CP5-b.....	105

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Consumo de Tintas e Vernizes (em 10 <sup>3</sup> litros).....	18
TABELA 2	Uso de tintas e vernizes de origem industrial.....	38
TABELA 3	Energia Embutida Inicial (MJ) nos principais materiais utilizados na primeira residência analisada por Tavares (2006).....	57
TABELA 4	Energia Embutida (MJ) em todo o ciclo de vida dos materiais utilizados na primeira residência analisada por Tavares (2006).....	58
TABELA 5	CO <sub>2</sub> embutido por materiais de construção analisados na primeira residência analisada por Tavares (2006).....	59
TABELA 6	Porcentagens indicadas para cada tipo de lâmpada, correspondente à parcela de irradiância sobre o total da região ultravioleta de 260 nm a 400 nm.....	86
TABELA 7	Porcentagens indicadas para cada tipo de lâmpada, correspondentes à parcela de irradiância sobre o total da região ultravioleta e visível, de 300 nm a 700 nm.....	86
TABELA 8	Ciclos de exposição.....	87
TABELA 9	CP1-a e CP1-b: quantidades de CMYK.....	98
TABELA 10	CP1-a e CP1-b: quantidades de RGB.....	98
TABELA 11	CP2-a e CP2-b: quantidades de CMYK.....	100
TABELA 12	CP2-a e CP2-b: quantidades de RGB.....	100
TABELA 13	CP3-a e CP3-b: quantidades de CMYK.....	102
TABELA 14	CP3-a e CP3-b: quantidades de RGB.....	102
TABELA 15	CP4-a e CP4-b: quantidades de CMYK.....	104
TABELA 16	CP4-a e CP4-b: quantidades de RGB.....	104
TABELA 17	CP5-a e CP5-b: quantidades de CMYK.....	106
TABELA 18	CP5-a e CP5-b: quantidades de RGB.....	106
TABELA A – APÊNDICE A:	Valores de iluminância, luminância e cálculo de refletância.....	117
TABELA A – ANEXO A:	Resultados obtidos durante as inspeções intermediárias e após ensaio de envelhecimento acelerado UV em placas de concreto pintadas.....	118

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Valores de distribuição espectral típicos de lâmpadas UVA.....	87
GRÁFICO 2	CP1-a e CP1-b: CMYK.....	98
GRÁFICO 3	CP1-a e CP1-b: RGB.....	98
GRÁFICO 4	CP2-a e CP2-b: CMYK.....	100
GRÁFICO 5	CP2-a e CP2-b: RGB.....	100
GRÁFICO 6	CP3-a e CP3-b: CMYK.....	102
GRÁFICO 7	CP3-a e CP3-b: RGB.....	102
GRÁFICO 8	CP4-a e CP4-b: CMYK.....	104
GRÁFICO 9	CP4-a e CP4-b: RGB.....	104
GRÁFICO 10	CP5-a e CP5-b: CMYK.....	106
GRÁFICO 11	CP5-a e CP5-b: RGB.....	106

## LISTA DE SIGLAS

ABRAF	Associação Brasileira dos Produtores de Formol e Derivados
ABRAFATI	Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas
CEM	Centro de Estudos do Mar - UFPR
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTQAGR	Câmara Técnica de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos
EPA	Environmental Protection Agency
IARC	Agência Internacional para Pesquisa do Câncer
IBD	Instituto Biodinâmico
IDHEA	Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica
IEcoD	Instituto Eco Desenvolvimento
IFIAS	International Federation of Institutes for Advanced Study
ISO	International Organization for Standardization
OMS	Organização Mundial da Saúde
QAI	Qualidade do Ar Interno
SED	Síndrome dos Edifícios Doentes
SITIVESP	Sindicato de Tintas e Vernizes do Estado de São Paulo
UFPR	Universidade Federal do Paraná
VOC`s	<i>Volatile Organic Compounds</i>

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.2 OBJETIVO.....	14
1.3 HIPÓTESES.....	14
1.4 JUSTIFICATIVAS.....	15
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	20
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	21
<b>2 MÉTODOS DE PESQUISA</b> .....	<b>22</b>
2.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA.....	22
2.2 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS.....	25
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>27</b>
3.1 DEFINIÇÕES RELEVANTES.....	27
3.2 QUALIDADE DO AR INTERNO (QAI).....	31
3.3 SÍNDROME DOS EDIFÍCIOS DOENTES.....	33
3.4 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COVs).....	35
3.5 TINTAS INDUSTRIAIS.....	36
3.6 TINTAS NATURAIS.....	39
3.7 ENERGIA EMBUTIDA.....	52
3.8 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ELEMENTOS.....	59
3.9 ELABORAÇÃO DAS TINTAS.....	63
<b>4 RELATO DE EXPERIÊNCIAS E APLICAÇÕES</b> .....	<b>71</b>
4.1 NORDESTE BRASILEIRO.....	71
4.2 OFICINA DE TINTAS NATURAIS NO CENTRO POLITÉCNICO, UFPR.....	74
4.3 OFICINA DE TINTAS NATURAIS NO CEM, UFPR.....	77
<b>5 ENSAIO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO</b> .....	<b>82</b>
5.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	82
5.2 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS.....	85
<b>6 RESULTADOS</b> .....	<b>92</b>
<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>107</b>
<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>108</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>109</b>
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>117</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>118</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade do ar de interiores tornou-se uma questão preocupante devido à descoberta de que baixas taxas de troca de ar nestes ambientes ocasionam um aumento considerável na concentração de poluentes químicos e biológicos (BRICKUS, NETO, 1999). Em 1987 a Organização Mundial da Saúde (OMS) identificou com Síndrome do Edifício Doente as edificações em que há sintomas de problemas alérgicos e respiratórios em seus usuários. Uma das causas desta síndrome é a liberação de COVs (compostos orgânicos voláteis), substâncias químicas nocivas à saúde que contribuem para a poluição atmosférica, presentes em diversos materiais utilizados em uma edificação, como tintas e vernizes industriais. Esses produtos também utilizam formaldeído e metais pesados em sua composição.

Oliveira (2009), ao analisar o ciclo de vida de uma edificação, consta que os impactos negativos das tintas existem desde seu processo de fabricação até o seu destino final. Apesar dos esforços em diminuir tais impactos, a indústria de tintas deve considerar os elementos químicos presentes nos componentes e no processo de fabricação.

As tintas naturais aparecem neste panorama como uma solução econômica e ecológica, pois são compostas por pigmentos, aglutinantes e solventes que não possuem substâncias químicas nocivas à saúde e ao meio ambiente, e não liberam COVs nas edificações. Dessa forma, a presente pesquisa aborda as técnicas de obtenção dos insumos, preparação e aplicação de tintas naturais com base em revisão bibliográfica; apresenta a aplicação das técnicas e seus resultados obtidos através de oficinas ministradas na Universidade Federal do Paraná com alunos de graduação; exemplifica aplicações destas tintas em comunidades rurais no nordeste brasileiro; e apresenta os resultados de variação de cor de quatro amostras de tintas naturais e uma amostra de tinta imobiliária industrializada, submetidas ao ensaio de envelhecimento acelerado com base na ABNT NBR 15380, a fim de comparar estas amostras quanto ao comportamento frente ao intemperismo (radiação solar e água da chuva).

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Como preparar e aplicar tintas naturais na construção civil e qual a qualidade e desempenho esperado destas tintas frente ao intemperismo simulado em laboratório?

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa consiste em avaliar a viabilidade no uso de tintas naturais para a construção civil, compostas por pigmentos, aglutinantes e solventes de origem natural a partir de técnicas e conceitos vernaculares, e comparar os resultados com tintas imobiliárias industrializadas.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

- Testar condições práticas de preparo e aplicação das tintas naturais
- Observar a variação de cor das amostras frente ao intemperismo

## 1.3 HIPÓTESE

Tintas naturais são elaboradas a partir de insumos que não agredem o meio ambiente e a saúde humana, e não liberam COVs na edificação. Sendo assim, este trabalho adota a hipótese de que o comportamento destas tintas frente ao intemperismo simulado em laboratório apresente resultados satisfatórios ao comparar com tintas imobiliárias industrializadas, de modo que a substituição de uma pintura convencional de uma edificação por tintas naturais seja favorável à saúde dos usuários e ao meio ambiente, mesmo que necessite de maior frequência de reposição de pintura ao longo da vida útil de uma edificação.

## 1.4 JUSTIFICATIVAS

A busca pela sustentabilidade consiste em um dos principais desafios da construção civil atualmente. Por este motivo, profissionais de diversas áreas do conhecimento buscam soluções para reduzir os impactos das edificações no meio ambiente. Neste sentido, a presente pesquisa tem o intuito de colaborar com a comprovação da viabilidade do uso de alternativas naturais para a composição de tintas imobiliárias, sob justificativas ambiental, social, econômica e tecnológica.

### 1.4.1 Ambiental

Para Uemoto *et al.* (2006), os impactos negativos da construção civil no meio ambiente geraram a necessidade da utilização de materiais de baixo impacto. Neste contexto, políticas públicas determinaram os requisitos ambientais para diversas atividades, algumas destas estão relacionadas à indústria da construção civil. Roaf *et al.* (2006) afirmam que os edifícios são os mais nocivos ao meio ambiente, pois consomem mais da metade de toda a energia usada nos Estados Unidos, Japão e Europa, e liberam gases responsáveis pelas mudanças climáticas.

No Brasil, aproximadamente 40% da extração de recursos naturais não renováveis têm como objetivo a indústria da construção civil. Além disso, 50% da energia gerada destinam-se ao funcionamento de edificações e 50% dos resíduos sólidos urbanos são oriundos de construções e demolições. O Departamento de Energia dos EUA informou que a construção civil consome 40% da energia mundial e 40% dos materiais brutos, e a Administração de Informações sobre Energia dos EUA registrou que as edificações liberam 40% de toda emissão de CO<sub>2</sub>, além de serem responsáveis por 40% da diminuição da camada de ozônio (SHEEN, 2006).

Quanto às tintas industriais, pesquisa realizada por Tavares (2006) indica que o consumo de energia durante sua produção é 90% de combustíveis fósseis não renováveis (óleo diesel e combustíveis) e 10% de recursos

renováveis (eletricidade). Além disso, o autor comprova que as tintas ocupam o quinto lugar em energia embutida Inicial em uma residência, porém, em um ciclo de vida energético de 50 anos, ocupam o primeiro lugar em energia embutida. Ou seja, as tintas imobiliárias acumulam mais energia embutida que materiais comuns em edificações como o cimento, aço, concreto e cerâmica vermelha.

O desenvolvimento de tintas naturais para a construção civil também tem como objetivo oferecer uma alternativa viável ao uso de tintas industriais que liberam substâncias nocivas ao meio ambiente, conhecidas como COVs – compostos orgânicos voláteis (do inglês VOC - *volatile organic compounds*). Segundo Speijers (1993), estas substâncias (naturais ou sintéticas) estão presentes em diversos produtos como as tintas, liberando gases como metano (CH<sub>4</sub>, fonte primária de gás natural, responsável pelo Efeito Estufa), e formaldeído, nocivo ao meio ambiente e à saúde humana, considerado cancerígeno pela EPA (Environmental Protection Agency) dos EUA em 2011, além de outras substâncias.

#### 1.4.2 Social

Além do impacto causado ao meio ambiente, os produtos utilizados na pintura de edifícios como tintas látex, vernizes, esmaltes sintéticos, solventes e aditivos, contêm na sua composição uma mistura de compostos orgânicos voláteis (COVs) com mais de 60 substâncias, encontradas nas formulações dos produtos ou resultado de impurezas presentes em matérias-primas. Algumas das substâncias encontradas em edificações são consideradas nocivas à saúde dos usuários, como os solventes clorados, compostos aromáticos (benzeno, tolueno, xileno e isômeros), metil etil cetona, formaldeído, xileno, limoneno, tolueno, etanol e butano (UEMOTO *et. al.*, 2006).

Em edificações é comum identificar doenças respiratórias em seus usuários de acordo com o tempo de exposição que estes permanecem nos ambientes. Esta situação foi identificada pela Organização Mundial da Saúde



(OMS) em 1982 como “Síndrome dos Edifícios Doentes”. O gás formaldeído, também liberado por tintas industriais, é uma das causas desta síndrome, em que os ocupantes dos edifícios se tornam portadores de manifestações agudas de saúde e desconforto, associadas ao tempo de permanência no interior dos ambientes. Os sintomas dessa síndrome são irritação nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, irritações na pele, problemas de saúde relacionados às neurotoxinas, reações alérgicas e hipersensíveis, e alterações de paladar e de odores (STERLING, 1991).

Por este motivo, estudos foram realizados para investigar o efeito na saúde relacionados à inalação de formaldeído e, segundo Brickus e Neto (1999), o limite humano para detectar o odor desse gás está na faixa de 60-1200g/m<sup>3</sup>, a faixa de exposição na qual foi diagnosticada irritação na garganta oscila entre 120 e 3000g/m<sup>3</sup> na maioria dos indivíduos, e a irritação nos olhos tem sido registrada em níveis de 100g/m<sup>3</sup>. A OMS concluiu que concentrações de formaldeído menores que 0,05ppm são aceitáveis, enquanto as concentrações maiores que 0,10ppm são consideradas preocupantes. A Agencia Internacional Para Pesquisa do Câncer (IARC) classificou o formaldeído como cancerígeno em 1995, e em 2004 identificou evidências para vários tipos de câncer induzidos pela exposição a este gás.

Portanto, sob uma justificativa social, o uso de tintas imobiliárias elaboradas com insumos naturais, que não liberam COVs no ambiente, eliminaria a possibilidade dos usuários contraírem os sintomas descritos, além de contribuir para a salubridade das edificações. Importante ressaltar que as tintas naturais são produzidas por insumos de fácil obtenção na natureza e elaboradas através de processos simples de mistura dos materiais, ou seja, sob uma justificativa socioeconômica, o presente trabalho apresenta alternativas acessíveis e de baixo custo para as comunidades em geral, além de fazer um resgate aos conceitos e técnicas vernaculares simples de tintas utilizados por nossos antepassados, esquecidos e ignorados nos dias atuais.

Além disso, a utilização de tintas naturais reduz os custos com pintura em ao menos 30%, uma vez que os gastos na elaboração destas tintas não

ultrapassa de R\$ 30 na produção de 18 litros, com rendimento de 70 a 90 m<sup>2</sup> de parede.

### 1.4.3 Econômico

De acordo com os dados de 2006 da ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas), a indústria de tintas e vernizes é um dos segmentos mais sólidos da economia do Brasil. Atualmente este setor produz mais de 1 bilhão de litros, conta com cerca de 16.000 empregos diretos e gera o faturamento de US\$ 1.75 bilhões ao ano, aproximadamente. A ABRAF (Associação Brasileira dos Produtores de Formol e Derivados) informou que em 2005 o Brasil produziu 862 mil toneladas de formaldeído destinadas a diversas atividades, entre elas a construção civil.

Pesquisa realizada pelo SITIVESP (Sindicato de Tintas e Vernizes do Estado de São Paulo) em 2006 aponta que, no período entre 1994 e 2003, o consumo de tintas e vernizes para uso geral aumentou mais de 25%, enquanto o setor de tintas imobiliárias obteve um crescimento superior a 35%, como mostra a tabela 1 a seguir.

Setores	Ano										
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 Acumulado	
Construção Civil e Complementos	519.725	546.498	584.752	630.245	611.147	631.991	659.275	679.540	717.336	702.270	
Varição Anual		5,15%	7,00%	7,78%	-3,03%	3,41%	4,32%	3,07%	5,56%	-2,10%	35,12%
Repintura, Solventes e Complementos	53.215	53.068	53.701	55.940	46.152	47.131	47.250	49.140	46.998	46.710	
Sub Total Revenda	572.940	599.566	638.453	686.185	657.299	679.122	706.525	728.680	764.334	748.980	
Sub Total Industrial	267.689	274.126	288.284	304.103	282.996	272.941	306.443	308.394	307.105	305.741	
<b>Volume Total</b>	<b>840.629</b>	<b>873.691</b>	<b>926.737</b>	<b>990.288</b>	<b>940.295</b>	<b>952.063</b>	<b>1.012.968</b>	<b>1.037.074</b>	<b>1.071.439</b>	<b>1.054.721</b>	
Varição Anual		3,93%	6,07%	6,86%	-5,05%	1,25%	6,40%	2,38%	3,31%	-1,56%	25,47%

Tabela 1 – Consumo de Tintas e Vernizes (em 10<sup>3</sup> litros)

Fonte: Departamento Econômico do SITIVESP (2006)

Em relação ao faturamento, o mercado de tintas e vernizes obteve um crescimento de 14,24% de 2003 para 2004. Dados relativos a 2005 indicam aumento de 16%, com um faturamento de US\$ 2,04 bilhões (SITIVESP, 2006).

Apesar da sólida estabilidade da indústria de tintas no país sob o ponto de vista econômico e considerando os impactos negativos deste rápido crescimento, o desenvolvimento de tintas naturais para a construção civil implica na diversificação de matérias-primas, oferecendo alternativas naturais e menos nocivas para o mercado como pigmentos, aglutinantes e solventes, visando minimizar o impacto ambiental causado por estes produtos.

#### 1.4.4 Tecnológico

Apesar dos esforços governamentais desde 2003 e do chamado “boom científico” brasileiro, Araújo (2012) afirma que os indicadores de inovação não mudaram na última década quando comparada à década anterior. A proporção de empresas inovadoras apoiadas pelo governo subiu de 18,8% em 2005 para 22,3% em 2008, o financiamento para compra de máquinas e equipamentos (14,2%) lidera como a principal forma de apoio governamental às empresas inovadoras, porém, o financiamento do governo para projetos cooperativos de Pesquisa e Desenvolvimento em parceria com universidades e institutos de pesquisa representa apenas 0,8% do total.

Frente a este panorama, Tavares (2006) aponta que há poucas referências sobre energia embutida em materiais de construção e edificações no Brasil, e não há registros de pesquisa relacionando energia embutida na produção de tintas naturais.

Segundo Timmeren *et al.* (2012), é necessário a inovação de procedimentos técnicos e materiais que minimizem o impacto ambiental do meio construído sobre o local, pois a introdução de novas tecnologias, mais sustentáveis, resulta em um ambiente preparado para o desenvolvimento.

Para a indústria química há um aumento de inovações tecnológicas. A “Coatings Care”, por exemplo, inovação tecnológica que chegou ao Brasil em 2002 sob a gestão da ABRAFATI, especifica critérios que apontam para

práticas de caráter ambiental, ocupacional, de saúde, segurança e até mesmo social, adotados pelos fabricantes de tintas para uma melhor gestão destas variáveis no âmbito das empresas, e para prevenir poluição e acidentes no setor de tintas. No entanto, há poucos estudos e inovações relacionadas às tintas de origem natural, técnica vernacular substituída pela indústria química.

Sob uma justificativa tecnológica, a análise do desempenho frente ao intemperismo de tintas elaboradas com insumos naturais para a indústria da construção civil pode servir de base para futuras pesquisas relacionadas às tinturas e revestimentos, como o desenvolvimento de novos materiais, métodos de experimentações e técnicas para melhorar sua durabilidade. Com os resultados satisfatórios frente ao intemperismo, espera-se que as tintas oriundas de mistura de pigmentos, aglutinantes e solventes naturais possa representar uma alternativa viável para substituir as tintas convencionais industriais.

## 1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa delimita-se em avaliar os dados coletados em revisão bibliográfica para obtenção de matérias primas, preparação e aplicação das tintas naturais, e utilizá-los em oficinas ministradas na UFPR. Propõe-se também avaliar a variação de cor das amostras de quatro tintas naturais com receitas conhecidas e publicadas em revisão bibliográfica, frente ao intemperismo acelerado simulado em laboratório.

Como delimitação temporal, espacial e técnica, desconsideram-se as condições de umidade relativa do ar, temperatura e pluviometria da cidade de Curitiba – PR, em que serão realizados os testes, pois as amostras serão submetidas em laboratório aos ciclos de radiação e condensação de água estipulados na calibragem do equipamento de intemperismo, conforme a Norma ABNT NBR 15380 07/2006 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Resistência à radiação UV / condensação de água por ensaio acelerado.

A delimitação ainda considera a extração de matéria-prima para as amostras num raio de 100 km da cidade de Curitiba-PR, devido à disponibilidade de materiais.

## 1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O capítulo 1 corresponde à introdução do trabalho, os objetivos, justificativas, hipótese e delimitação do campo de pesquisa.

O capítulo 2 apresenta o método da pesquisa, explicando-o de forma detalhada bem como as ferramentas utilizadas para a elaboração e desenvolvimento do estudo.

O capítulo 3 expõe a base teórica da pesquisa, apresentando os conceitos sobre o tema na bibliografia revisada, definições relevantes sobre o tema das tintas industriais e naturais na construção civil, e demais assuntos relacionados, expondo os conceitos e informações de diversos autores renomados.

O capítulo 4 apresenta os relatos de experiências obtidas no levantamento de dados para a pesquisa, como a vivência em comunidades que aplicaram as tintas naturais em moradias no nordeste brasileiro, e oficinas realizadas na Universidade Federal do Paraná com os alunos em atividades de elaboração das tintas naturais e aplicação destas em paredes da instituição.

O capítulo 5 apresenta a etapa experimental realizada em forma de ensaio de envelhecimento acelerado, o processo de elaboração das amostras de tintas e corpos de prova, seguindo a ABNT NBR 15380.

O capítulo 6 apresenta os resultados em duas etapas: inspeção visual e avaliação da variação de cor através do software Corel Draw X6.

Ao final da pesquisa são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros, bem como a revisão bibliográfica que norteou o estudo.

## **2 MÉTODO DE PESQUISA**

### **2.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA**

O presente trabalho aborda o tema das tintas naturais na construção civil sob dois métodos de pesquisa. A princípio, em uma etapa exploratória, os dados são levantados através de revisão bibliográfica sobre as diversas formas de elaboração de tintas naturais desenvolvidas em diferentes países, suas alternativas de insumos para pigmentos, aglutinantes e solventes, uma análise das tintas industriais e seus impactos, e demais assuntos relacionados ao tema cujos dados foram coletados de livros, periódicos, artigos e sites de institutos de permacultura.

Posteriormente, são apresentados casos de aplicação das tintas naturais, relatados por meio de vivências em comunidades rurais no nordeste brasileiro e oficinas ministradas na Universidade Federal do Paraná.

Em uma etapa experimental, cinco amostras de tintas elaboradas conforme revisão bibliográfica são expostas em equipamento de envelhecimento acelerado para analisar seu desempenho frente ao intemperismo, conforme ABNT NBR 15380 07/2006 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Resistência à radiação UV / condensação de água por ensaio acelerado. Os resultados são coletados através de inspeção visual e avaliação da variação de cor por método computacional, apresentados em forma de gráficos e tabelas.

#### **2.1.1 Unidade de análise**

A unidade de análise, objeto de estudo diretamente relacionado às questões de pesquisa e aos objetivos estabelecidos, são as tintas naturais, sua obtenção, preparo, aplicação e comportamento frente ao intemperismo.

## 2.1.2 Testes de validade

A validação da presente pesquisa foi feita com base na validade do constructo, validade externa e validade interna, conforme descrito a seguir.

- Validade do constructo

A validade do constructo estabelece medidas operacionais corretas para os conceitos que estão sob estudo (YIN, 2005). Portanto, são utilizadas diversas fontes de dados, como a documentação extraída da revisão bibliográfica disponível (artigos, periódico, sites e dissertações) sobre os assuntos relacionados às tintas naturais, e ainda:

- Verificar alternativas para os insumos: pigmentos, aglutinantes, solventes e aditivos classificados como “naturais” conforme as definições presentes no escopo da pesquisa;

- Elaborar as tintas através de receitas encontradas na revisão bibliográfica;

- Elaborar corpos de prova para aplicação das tintas conforme ABNT NBR 15380;

- Equipamento para ensaio de intemperismo com calibrações de radiação UVA e condensação de água conforme ABNT NBR 15380;

- Avaliar variação de cor das amostras de tintas e comparar com o resultado da amostra de tinta imobiliária convencional aplicada em um dos corpos de prova.

- Validade externa

Para Yin (2005), “a validade externa estabelece os domínios aos quais as descobertas de um estudo podem ser generalizadas durante o projeto de pesquisa”. Como os testes nas amostras foram realizados em câmara fechada de intemperismo acelerado, calibrada conforme a NBR 15380, os resultados poderão ser utilizados em diversas localidades, considerando apenas a origem

e características dos insumos utilizados na elaboração das tintas, o modo de preparação e aplicação e o tipo de substrato.

Como a presente pesquisa desconsidera as variáveis climáticas do local de teste, para a validação externa da pesquisa os resultados encontrados relacionados ao desempenho de tintas naturais poderão ser considerados em qualquer região climática.

Como não há relatos de pesquisas realizadas até o momento sobre o desempenho de tintas naturais frente ao intemperismo, os resultados encontrados poderão ser utilizados como base de dados para novas pesquisas que tenham como objetivo sugerir soluções ligadas à sustentabilidade no ambiente construído através de materiais naturais para revestimento.

- Validade interna

A validade interna estabelece uma relação causal, por meio da qual são apresentadas certas condições que levem a outras condições (YIN, 2005).

Por se tratar de uma pesquisa de caráter exploratório e experimental, após análise dos dados coletados de cada insumo separadamente, estes foram utilizados para a elaboração de tintas naturais posteriormente aplicadas em corpos de prova a fim de avaliar o desempenho frente ao intemperismo acelerado em um equipamento de laboratório. Os resultados foram comparados ao desempenho de uma tinta imobiliária industrializada aplicada em um destes corpos de prova.

- Rastreabilidade/ Confiabilidade

Segundo a definição da ISO 9000 (International Organization for Standardization), a rastreabilidade garante a “habilidade de rastrear a história, uso ou destino de algo”, ou seja, está diretamente relacionada com o protocolo de coleta de dados que fornece informações precisas, desde que bem descritas, para permitir a rastreabilidade da pesquisa.



Desse modo, após a realização de todas as etapas descritas no protocolo de coleta de dados, a rastreabilidade será permitida através do detalhamento dos processos utilizados para realização destas etapas. Tais processos consistem na obtenção e análise dos insumos, experimentos realizados através da montagem correta de equipamentos específicos para coleta de dados e aplicação do produto final.

A confiabilidade será permitida através da realização de um protocolo rigorosamente seguido conforme a ABNT NBR 15380 de 07/2006 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Resistência à radiação UV / condensação de água por ensaio acelerado. Com isso, espera-se que a pesquisa possa ser facilmente reproduzida, considerando outras possibilidades de insumos para a elaboração de tintas naturais para construção civil.

## 2.2 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

O protocolo de coleta de dados é o instrumento que orienta o pesquisador no desenvolvimento da pesquisa, bem como uma importante tática para elevar a confiabilidade do estudo (YIN, 2005). Relaciona-se diretamente com o objetivo do trabalho e dá instruções ao pesquisador de como proceder para coletar os dados necessários, diretamente ligado à estratégia de pesquisa. O protocolo tem a função de identificar as etapas da pesquisa levantando questões e hipóteses que podem aparecer no estudo, analisados pela validade de constructo, validade interna e validade externa.

A seguir estão relacionadas as etapas que conduzem esta pesquisa.

- a) Dados coletados a partir de revisão bibliográfica e visitas a campo;
- b) Seleção e caracterização dos insumos das tintas a partir de sua origem;
- c) Coleta de pigmentos e aglutinantes;
- d) Análise da composição química dos insumos (pigmentos, aglutinantes e solventes);

e) Relato de experiências de vivências no nordeste brasileiro em comunidades rurais que utilizaram tintas naturais para revestimento de edificações;

f) Oficinas ministradas na Universidade Federal do Paraná com alunos de graduação para testes práticos de preparação e aplicação das tintas naturais, seguindo receitas levantadas em revisão bibliográfica;

g) Elaboração dos corpos de prova seguindo a NBR 15380 de 07/2006 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Resistência à radiação UV / condensação de água por ensaio acelerado

h) Exposição dos corpos de prova em câmara de intemperismo;

i) Coleta de dados do equipamento em intervalo de tempo conforme NBR 15380

j) Comparação dos resultados parciais e totais entre os corpos de prova em que foram aplicadas as amostras de tintas naturais e o corpo de prova em que fora aplicada a tinta industrializada.

l) Leitura dos resultados através de inspeção visual e avaliação computacional da variação de cor com o software Corel Draw X6.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica da pesquisa, que consiste em dados nacionais e internacionais sobre a diversidade na produção de tintas naturais para a construção civil, bem como a apresentação de exemplos bem sucedidos da utilização destas tintas, técnicas de elaboração e conservação, dados significativos sobre a composição dos insumos e demais definições relevantes sobre o tema.

#### 3.1 DEFINIÇÕES RELEVANTES

##### 3.1.1 Ecológico, natural e orgânico

Para a presente pesquisa se fazem necessários a definição e distinção entre os termos “ecológico”, “natural” e “orgânico”.

Segundo Brigagão (1992) em seu Dicionário de Ecologia, “ecológico” está relacionado aos elementos que não causam danos ambientais; “natural” é algo que não é produzido pelo homem, mas pela natureza; e “orgânico” é considerado algo de origem animal ou vegetal, produzido sem o uso de produtos químicos.

No Dicionário Cambridge o termo “natural” está relacionado com qualquer elemento encontrado na natureza que não seja feito pelo homem, ou algo puro que não contenha adição de substâncias químicas e, por este motivo, está relacionado a algo saudável. Lefreve *et al.* (2008) indicam que produtos “naturais” possuem moléculas químicas obtidas a partir de organismos vivos, sejam estes animais ou vegetais.

Araújo (2005) conceitua produto “ecológico” como todo artigo de origem artesanal ou industrializada, de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola ou industrial, que não seja poluente ou tóxico, benéfico ao meio ambiente e à saúde dos seres vivos, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável.

A National Organic Standards Board define como produto orgânico aquele que foi produzido em “conformidade com a lei e os regulamentos para responder as condições específicas do local, integrando as práticas culturais, biológicas e mecânicas que promovem ciclismo de recursos, resultando em um equilíbrio ecológico e conservação da biodiversidade”. A principal característica de um produto orgânico é o uso de materiais e práticas que melhoram o equilíbrio ecológico dos sistemas naturais, no entanto, segundo a National Organic Standards Board, utilizar o termo “orgânico” não garante que os produtos são completamente livres de resíduos, apesar dos métodos utilizados para minimizar a poluição do ar, solo e água.

Segundo o IBD (Instituto Biodinâmico), produtos orgânicos não contêm substâncias derivadas do petróleo, substâncias tóxicas, produtos geneticamente modificados ou testados em animais. São produzidos com o objetivo de minimizar o impacto ambiental em sua cadeia produtiva, e aliam valores de sustentabilidade e responsabilidade social. De acordo o IBD, produtos classificados como orgânicos possuem, no mínimo, 95% de substâncias “orgânicas” segundo a definição do Instituto, enquanto os produtos classificados como naturais são aqueles que possuem, no mínimo, 5% de substâncias orgânicas.

Diante destas definições, conclui-se que o termo “ecológico” está ligado à responsabilidade social, ambiental e econômica; o termo “orgânico” relaciona-se ao modo de produção do material (se foram utilizados insumos industriais ou químicos para sua obtenção) sob princípios agro ecológicos; e o termo “natural” está ligado à composição do material, ou seja, se este possui elementos somente oriundos da natureza sem a intervenção do homem.

Considerando que a presente pesquisa não se propõe a estudar o método de produção dos elementos, bem como sua responsabilidade social, ambiental e econômica, adotará, portanto, o termo “natural” para o objeto de análise por saber apenas que os materiais utilizados não possuem elementos artificiais em sua composição.

### 3.1.2 Pigmentos e corantes

Segundo o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (2003), a diferença entre a designação de pigmento e corante é recente. O uso da palavra “pigmento” foi documentado em 1881, enquanto a palavra “corante” é utilizada desde 1862. No *Trésor de la Langue Française Informatisé*, o vocábulo francês *pigment* foi registrado pela primeira vez em 1881, referindo-se a um material típico dos pintores, e o *Oxford English Dictionary* adotou a palavra inglesa *pigment* em 1398. Em castelhano a palavra *pigmento* foi adicionada aos dicionários da Real Academia Espanhola em 1985, enquanto *colores* surge no primeiro dicionário em 1729. No entanto, antes do século XX, em qualquer idioma, a palavra pigmento remetia-se às cores (*colours* em inglês, ou *couleurs* em francês), ou seja, estas designações relacionavam-se à tinta em vez dos constituintes responsáveis pela cor da mesma. Esta diferença de nomenclatura resulta em uma má compreensão na distinção entre o material e suas propriedades óticas. Por este motivo, alguns autores reservam o singular *cor* para a propriedade e o plural *cores* para o material.

Segundo Cruz (2007), os pigmentos são responsáveis pela cor que surgem nas tintas sob a forma de pequenas partículas ligadas entre si pelo aglutinante. São materiais insolúveis, inorgânicos, utilizados na forma de pó fino (partículas com diâmetro 1 µm) que ficam em suspensão no aglutinante. Para o autor, corantes também são responsáveis pela cor, são materiais solúveis, orgânicos, utilizados principalmente no tingimento de tecidos.

Para Gordilho (1996), a diferença entre pigmento e corante relaciona-se às suas propriedades óticas. Pigmentos são insolúveis no meio de aplicação, entram em suspensão e apresentam-se como estruturas cristalinas responsáveis pelas propriedades óticas, como mostra a figura 1 a seguir. Enquanto os corantes são solúveis no meio de aplicação, distribuídos em formas de moléculas (figura 2), responsáveis pela absorção de luz e, portanto, a cor.

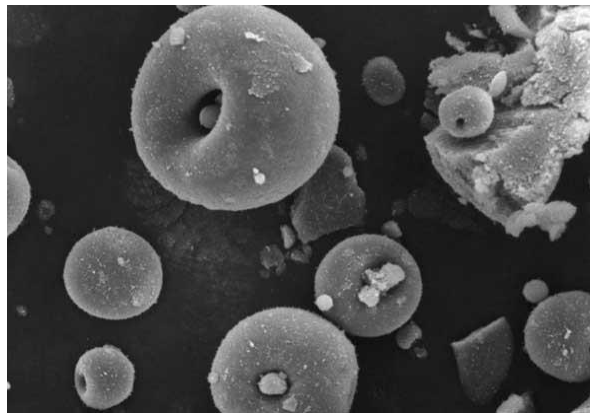


Figura 1 – Foto através de microscopia eletrônica da estrutura cristalina do pigmento Azul da Prússia

Fonte: Museu da Ciência, Universidade de Coimbra, 2014.

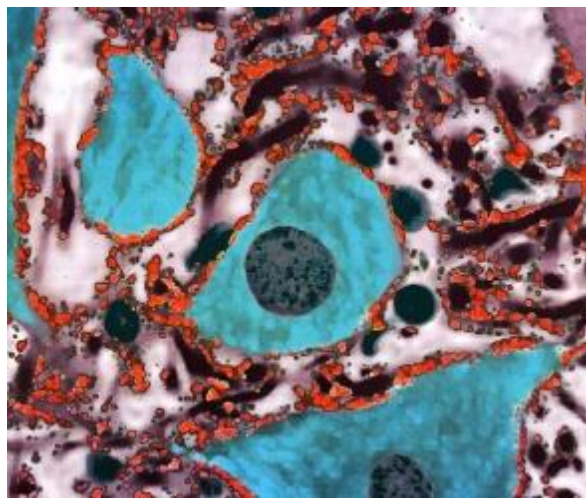


Figura 2 – Foto através de microscopia eletrônica da molécula do corante azul Brilliant Blue G (BBG)

Fonte: Universidade de Rochester, EUA

Bondioli *et al.* (1998) definem pigmento como uma partícula sólida, orgânica ou inorgânica, insolúvel no substrato no qual venha a ser incorporado, se forma que não haja reação química ou física com este, fornecendo a cor através da dispersão mecânica no meio a ser colorido. Enquanto o corante é solúvel no substrato, perdendo suas características estruturais e cristalinas, fornecendo a cor.

Quanto à solubilidade, Saron e Felisberti (2006) afirmam que é determinada pela presença de grupos químicos na estrutura do composto, resultando na diferença entre pigmento e corante. Para os autores, os corantes não são abrasivos, podem manifestar toxicidade, mostram alta capacidade de absorção luminosa e permitem que polímeros transparentes não percam propriedade, por este motivo os corantes são capazes de “migrar” para a superfície do material resultando na mudança da coloração do meio em que fora aplicado. Enquanto os pigmentos não “migram”, apresentam baixa toxicidade, são abrasivos, difíceis de dispersar e, quando incorporados ao meio, tornam o material opaco.

### 3.2 QUALIDADE DO AR INTERNO (QAI)

Um edifício considerado saudável possui uma boa qualidade do ar no interior dos ambientes através do uso de adequadas taxas de ventilação, sistemas de automação predial e monitoramento contínuo das instalações. No entanto, grande parte das pessoas utiliza entre 80 e 90% do seu tempo diário dentro de ambientes artificiais modificados pelo espaço fechado do edifício, principalmente em ambientes urbanos. Para Parker (1993), tais ambientes são modificados de maneira negativa, com problemas na qualidade do ar interno.

A questão do conforto é algo muito valorizado nos dias atuais, isto implica no desafio de desenvolver novas tecnologias e, simultaneamente, na busca pela economia de energia nos sistemas, principalmente após a crise do petróleo na década de 70. Com isso, novos produtos foram criados, novas técnicas de construção foram incorporadas e houve uma tendência mundial em conservar energia, resultando em edifícios com poucas aberturas para ventilação (CARMO, PRADO, 1999).

O fechamento dos edifícios resultou no aumento do grau de automatização, da dependência de controles computadorizados, sistemas forçados de ventilação e sistemas de ar condicionado. A sofisticação destes sistemas relaciona-se diretamente com a redução dos gastos de energia através do emprego de computadores para variar as quantidades de ar

introduzidas no edifício, baseando-se em requisitos de carga térmica nos espaços ocupados. No entanto, o único critério utilizado é a temperatura e a umidade, desconsiderando outros parâmetros envolvendo a qualidade do ar utilizado dentro dos edifícios. Com isso, houve o aumento das concentrações médias dos vários poluentes no ar interno (CARMO, PRADO, 1999).

Atualmente grande quantidade de poluentes é produzida no edifício por materiais de construção, e são responsáveis por causar problemas de saúde e comprometer o rendimento no trabalho dos usuários. Os edifícios que possuem péssima qualidade do ar são considerados “doentes” segundo a Organização Mundial da Saúde, que os classificou como casos de “Síndrome dos Edifícios Doentes” em 1982 (CARMO, PRADO, 1999).

Segundo Raw (1997), a natureza do problema envolvendo a qualidade do ar interno de edificações é difícil de avaliar devido à variedade de componentes químicos diferentes envolvidos, sendo alguns perceptíveis e outros não. Para Carmo e Prado (1999), são muitos os fatores que afetam a qualidade do ar interno, como a ventilação; contaminantes químicos como o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), formaldeído (HCOH) e compostos orgânicos voláteis (acetona, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, entre outros); contaminantes biológicos como fungos e bactérias; materiais particulados (mistura física e química de diversas substâncias presentes em suspensão no ar como sólidos ou sob a forma líquida); ocupantes do edifício que liberam contaminantes como fumaça de cigarro; asbestos (materiais fibrosos encontrados em certas formações rochosas, utilizados em uma variedade de materiais de construção para isolamento térmico e como um retardador ao fogo); e radônio (gás incolor, sem cheiro e radioativo, produzido pelo decaimento do elemento químico rádio).

Para resolver e identificar os problemas relacionados com a qualidade do ar interno de edificações foram realizadas diversas pesquisas nos EUA e Europa a partir da década de 90. Em alguns países há parcerias entre agências privadas e o governo federal. No Brasil o desenvolvimento na área ainda é pequeno, apesar de existirem diversos “edifícios doentes”, como a



Câmara dos Deputados de Brasília, por exemplo, que passou por problemas de qualidade do ar interno. Para Carmo e Prado (1999), novas pesquisas devem ser desenvolvidas para detectar os tipos de problemas relacionados à qualidade do ar no interior de edificações e minimizá-los através de medições de poluentes e auditorias.

### 3.3 SÍNDROME DOS EDIFÍCIOS DOENTES

Edifícios fechados estão sujeitos ao desenvolvimento de diversos microorganismos provenientes de sofisticados métodos de construção e de novos materiais e equipamentos necessários para regular a temperatura do ar interno. Tais microorganismos se desenvolvem em diferentes combinações de umidade e temperatura e, se o ambiente interno não for mantido de forma adequada, podem se tornar nocivos para a saúde dos ocupantes (STERLING, et al., 1991).

Além do sistema de refrigeração do ar, produtos químicos tóxicos também são causadores de doenças respiratórias em edifícios fechados. No entanto, Sterling *et. al.* (1991) afirmam que os antecedentes de doenças geralmente são associados às condições do ar interno e externo, e não à estrutura da edificação.

No início, as primeiras construções não tinham o intuito de eliminar a poluição interna, mas de prevenir a infiltração da poluição externa. Dessa forma, profissionais procuraram controlar o clima interno pela manutenção de uma temperatura adequada, purificação do ar proveniente da sucção externa e sua distribuição no edifício. Ao fim da década de 60, surgiram mudanças em edifícios nas zonas comerciais das cidades modernas, em que novas edificações foram construídas e dependiam de sistemas artificiais para controlar a temperatura do seu ambiente interno. Nestas edificações foram instalados dutos de ar resfriados ou aquecidos por um equipamento centralizado (STERLING, *et al.*, 1991).

Além disso, avanços na química tornaram possível a utilização de novos materiais para revestimentos de pisos, paredes e mobílias. Um exemplo são as

resinas de formaldeído, utilizadas em grande quantidade em móveis de madeira aglomerada, divisórias e material colante para fixar carpetes. Ou seja, edifícios fechados abastecidos com equipamentos de refrigeração de ar e produtos químicos estavam sujeitos a criar um ambiente adequado para o desenvolvimento de microorganismos nocivos à saúde humana (STERLING, *et al.*, 1991).

Segundo Sterling *et al.* (1991), desde o início da década de 70 os trabalhadores de edifícios modernos fechados na América do Norte e na Europa Ocidental têm relatado diversas queixas relativas à saúde e conforto. Tais edifícios são referidos como insalubres e enfermos, e a epidemia de queixas de seus ocupantes foi definida pela Organização Mundial da Saúde em 1982 como "Síndrome do Edifício Doente" (STERLING *et al.*, 1991), por possuírem alta frequência de sintomas negativos em seus ocupantes, como dor de cabeça, problemas nos olhos (irritação, dor, secura, coceira ou constante lacrimejamento), problemas nasais (constipação nasal, coriza ou irritação nasal), problemas de garganta (secura, dor ou irritação), problemas no tórax (sensação de opressão e dificuldade respiratória), fadiga e letargia (sonolência e debilidade), anormalidades na pele (secura, coceira ou irritação), e problemas para manter a concentração no trabalho (STERLING *et al.*, 1991).

Segundo Sterling *et al.* (1991), foram registradas o dobro de queixas relacionadas à saúde e conforto em edifícios fechados, em relação aos edifícios ventilados de forma natural. Além disso, de acordo com STERLING *et al.* (1991), sintomas como erupção, irritação e secura da pele, náusea, vertigem e problemas respiratórios (chiado, falta de ar e sensação de opressão), foram identificados com maior frequência em edifícios fechados.

Atualmente uma grande variedade de substâncias químicas vêm sendo identificadas na atmosfera dos edifícios modernos. Oliveira (2009) afirma que 30% dos edifícios brasileiros apresentam esta síndrome, expondo os seus moradores a respirarem um ar contaminado por componentes químicos e bactérias e fungos presentes em mofo e bolor.

No entanto, segundo Sterling *et al.* (1991), não há uma solução única para a "Síndrome do Edifício Doente" devido às diversas causas e eventos que

levam às reações fisiológicas nos ocupantes de edifícios fechados. Ou seja, para cada evento se faz necessário um estudo específico das substâncias nocivas presentes, a fim de solucionar uma das causas responsáveis pela “Síndrome do Edifício Doente”.

O uso de tintas imobiliárias industrializadas, por exemplo, que liberam substâncias nocivas à saúde, pode ser substituído pelo uso de tintas de origem natural isentas de substâncias voláteis, com o intuito de não comprometer a saúde dos usuários e a salubridade dos ambientes.

### 3.4 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COVs)

Os compostos orgânicos voláteis são substâncias tóxicas presentes em diversos materiais, que se volatizam (transformam-se em estado gasoso) facilmente à temperatura ambiente (OLIVEIRA, 2009). Segundo Uemoto e Agopyan (2006) os COVs estão presentes em solventes de tintas, vernizes, colas, entre outros materiais da construção civil. A emissão dessas substâncias tóxicas ocorre tanto na aplicação do produto (tintas, vernizes) como em todo o período de ocupação de um edifício, afeta a saúde do trabalhador durante a etapa da obra, reduz a qualidade do ar interno dos ambientes, prejudica a saúde dos usuários e contribui para a poluição atmosférica.

John (2000) aponta que a quantidade dos COVs são indicadores utilizados para medir a qualidade do ar no interior das edificações. No entanto, hoje há deficiência de dados sobre as taxas de emissões dos materiais, tornando difícil o seu controle no ambiente interno. Para Carmo e Prado (1999), estes compostos estão presentes em concentrações muito pequenas, prejudicando a identificação e encarecendo a medição individual dos compostos.

Os COVs prejudicam a saúde das pessoas nas grandes cidades que trabalham em ambientes corporativos fechados e com pouca troca de ar. Seus efeitos sobre a saúde humana podem ser graves, de ordem respiratória, neurológica e hepática. Os sintomas iniciais são pouco detectados por serem

similares aos sintomas do resfriado (CRINION, 2000; UEMOTO e AGOPYAN, 2006).

Oliveira (2009) identifica como COVs os solventes clorados como Clorofórmio, 1,1,1-tricloroetano, Tetraclorid Carbono, Tetracloroetileno, Tricloroetileno; os compostos aromáticos como o Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno, Xileno, Isômeros, m,p-diclorobenzeno; e outras substâncias como Estireno, Metil etil cetona, Butano, Etanol e Formaldeído (este geralmente encontrado na composição de tintas, vernizes e colas imobiliárias).

### 3.5 TINTAS INDUSTRIAIS

As pinturas na construção civil consistem no revestimento das superfícies por substâncias com diferentes cores que se convertem em uma película sólida após sua aplicação em uma camada fina. Impedem a desagregação e alteração dos materiais construtivos, protegendo-os contra os agentes nocivos do meio ambiente, decoram a edificação para torná-la agradável aos usuários, ou podem ser utilizadas para difusão ou reflexão da luz que incide diretamente na edificação (UEMOTO, 1993).

As tintas industriais classificadas como imobiliárias são aquelas cuja aplicação se dá em pisos, paredes e tetos de casas e outros tipos de construção civil. Estas tintas se enquadram no setor de “construção civil e complementos”, conforme definido pelo SITIVESP. Tal setor representa cerca de 60 a 70% do volume total de tintas produzidas no país, onde também existem outros tipos como as tintas para indústria automotiva, tintas com finalidade industrial, entre outros.

Além de possuir fenóis e formaldeído em sua composição, as tintas industriais utilizam metais pesados para a obtenção dos pigmentos, como cádmio (Cd) para obter a coloração amarela, cobre (Cu) para a coloração verde, cromo (Cr) para a coloração cinza e principalmente o Chumbo (Pb) para a coloração negra (OLIVEIRA, 2009). Segundo a EPA - Environmental Protection Agency- (2013), os metais pesados têm alto grau de poluição ambiental e podem contaminar o ser humano por inalação, são substâncias

persistentes no ambiente natural e alguns, como Cádmio e Cromo Hexavalente, são considerados cancerígenos.

Tintas industriais são compostas por pigmentos, resinas, solventes e diversos aditivos utilizados para modificar a tensão superficial, melhorar a propriedade do fluxo, aparência final, estabilidade dos pigmentos, aplicabilidade do produto, garantir propriedades anticongelantes, antiespumantes, entre outras. Para cinética são utilizados secantes (feitos de cobalto, manganês, chumbo, zinco, cálcio, ferro, zircônio, cério, naftenatos e octoatos), catalizadores (álcool benzílico, mercaptana, fenol, cresol, bisfenol A, ácido salicílico, aminas alifáticas e terciárias, benzil dimetilnilina, N,N-dimetilanilina, piridina, piperidina e amina terciária) e antipeles (oximas e fenóis). Para reologia são utilizados espessantes de silicatos estratificados como esmectita e aditivos de anti-escorrimento. Para aditivos de processo são utilizados surfactantes, umectantes, dispersantes, antiespumantes, nivelantes, entre outros. E para preservação e durabilidade são utilizados aditivos como biocidas e estabilizantes de ultravioleta (ROCHA *et al.*, 2005).

Segundo Oliveira (2009), ao analisar o ciclo de vida de uma edificação, consta-se que os malefícios das tintas acrílicas e epóxi existem desde o seu processo de fabricação na indústria até o seu destino final (lixo e limpeza de materiais de pintura). Ainda, segundo O Ministério do Meio Ambiente, as tintas e suas embalagens são classificadas como resíduos de classe D segundo o inciso IV do art. 3.º da Res. CONAMA 307/2002: “resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde”. Recentemente, houve uma tentativa da ABRAFATI em enquadrar as embalagens de tintas como resíduos classe B – “resíduos recicláveis para outras destinações”, no entanto, o Ministério Público negou a alteração da Resolução CONAMA, levantando a seguinte questão: “se as tintas continuam sendo resíduos perigosos (e não há dúvida quanto a essa intenção por parte da CTQAGR), as embalagens de tintas imobiliárias contêm

restos de tintas imobiliárias (ainda que na forma de um “filme” seco), antes da total eliminação desses resíduos, poderiam ser consideradas resíduos não perigosos?” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015). Portanto, as tintas imobiliárias industrializadas e suas embalagens ainda enquadram-se como resíduos perigosos classe D.

Há hoje uma grande preocupação por parte das empresas em relação aos metais pesados e benzeno. Apesar de muitos produtos do mercado já não serem fabricados com tais substâncias, os solventes orgânicos e os hidrocarbonetos (COVs) ainda estão presentes no mercado brasileiro (OLIVEIRA, 2009).

A tabela 2 a seguir mostra que existem mais desvantagens que vantagens ao usar tintas e vernizes de origem industrial, com exceção às tintas com base de cal (carbonato de cálcio), em que há mais vantagens por ser um produto de origem natural, sem emissões de COVs.

Tipos	Possibilidades de uso	Vantagens	Desvantagens
Tintas PVA	Revestimento de tetos e paredes de alvenaria.	- Prolongam a vida útil da edificação; - Baixa emissão de VOC.	- Alta emissão de poluentes na fabricação: CO2 e VOC; - Emissão de VOC durante o uso da edificação; - Podem conter metais pesados;
Tintas Acrílicas		- Prolongam a vida útil da edificação; - Tintas acrílicas podem ser fabricadas a partir de reciclagem de PET.	- Resíduos poluentes; - Matéria-prima não renovável.
Tintas a base de cal		- Prolongam a vida útil da edificação; - Matéria-prima abundante; - Nenhuma emissão de VOC; - Promove a troca de ar e umidade pelas paredes da edificação.	- Podem conter metais pesados em alguns óxidos utilizados para coloração; - Menor durabilidade e maior manutenção.
Esmaltes e vernizes acrílicos	Revestimento e acabamento com proteção para madeiras e metais.	- Prolongam a vida útil dos materiais;	- Alta emissão de poluentes na fabricação: CO2, NOx, SO2, CO, VOC e dioxinas; - Emissão de VOC; - Resíduos poluentes, os resíduos do poliuretano contém POP; - Matéria-prima não renovável e não-reciclável.
Vernizes poliuretânicos			
Esmaltes e vernizes a base de água		- Baixa emissão de VOC; - Maior rapidez de secagem e facilidade de aplicação.	- Emissão de poluentes na fabricação e na utilização; - Resíduos poluentes; - Matéria-prima não renovável e não-reciclável.
Stains	Revestimento e proteção para madeiras	- Prolongam a vida útil da madeira; - O acabamento penetra nas fibras da madeira, garantindo melhor proteção.	- Emissão de poluentes na fabricação; - Podem envolver o uso de VOC e pesticidas perigosos; - Matéria-prima não renovável.

Tabela 2 – Uso de tintas e vernizes de origem industrial

Fonte: OLIVEIRA, 2009.

A indústria de tintas e vernizes tem se esforçado para encontrar soluções para diminuir os impactos dos materiais que compõem seus produtos, tais como aplicar sistemas de gestão ambiental, controlando resíduos e

emissões; utilizar plástico reciclado na produção das resinas; desenvolver materiais com menor quantidade de COVs, como vernizes a base de água e tintas “sem cheiro”. Porém, segundo Oliveira (2009), estas alternativas não podem ser consideradas soluções para o problema maior das tintas industriais.

### 3.6 TINTAS NATURAIS

Segundo Oliveira (2009), os tratamentos superficiais da edificação e os acabamentos decorativos são feitos por tintas, vernizes, lacas e esmaltes, compostos geralmente por resina (veículo), pigmento, solvente e aditivos. Enquanto as tintas de origem natural, segundo o Instituto Eco Desenvolvimento (IEcoD), são compostas apenas por pigmento, aglutinante (veículo) e solvente, com relativas características de opacidade e transparência.

As tintas naturais são elaboradas a partir de elementos extraídos da natureza (de fontes animais, vegetais ou minerais) sem adição de produtos químicos, componentes sintéticos ou insumos derivados do petróleo. São obtidas a partir de compostos orgânicos feitos com moléculas de carbono combinado com hidrogênio e, em alguns casos, com oxigênio ou nitrogênio.

Atualmente são conhecidas diversas possibilidades para a obtenção de pigmentos para tintas naturais, como nozes, cascas, raízes, frutas, pétalas, madeira, folhas, partes de flores, plantas, insetos, terra, argila entre outros. As plantas, por exemplo, fornecem mais de 500 cores, e a terra oferece diferentes tonalidades para pigmentos (IEcoD, 2012).

Corantes obtidos por fontes naturais podem ser usados para tingir tecidos, papel, couro, alimentos e cosméticos. Porém, para ser considerada tinta natural, o aglutinante e o solvente também devem estar livres de substâncias químicas nocivas. Por vezes um fabricante afirma que a tinta é natural somente pela origem do pigmento, mas utiliza como aglutinante substâncias nocivas à saúde como ferro, estanho, cromo, sulfato de cobre e ácido tânico. Ou, ainda, classifica-se a tinta como ecológica somente por ser à base d'água, apesar de conter substâncias químicas em sua composição, como benzeno, tolueno, xileno, etanol, metanol, octano, decano, undecano,

éteres de glicol, policlorobifenil, dibutil ftalato, octoato de chumbo, entre outros. Por este motivo, atualmente foram elaboradas normas na Europa para pinturas ecológicas, determinando que a quantidade máxima de COVs não deve exceder 0,1% do volume total da tinta. No Brasil, as pinturas à base de água (como tintas acrílicas, por exemplo) contêm em torno de 2% de compostos voláteis (IEcoD, 2012).

Para ser considerada ecológica, a tinta deve ter seu ciclo de vida avaliado, incluindo dispêndio energético, uso, consumo de água, efluentes gerados, embalagens, descarte e reciclagem de materiais e insumos (IEcoD, 2012).

### 3.6.1 Histórico

Tintas naturais são utilizadas pela humanidade há mais de 40.000 anos, com início na era paleolítica em que, segundo Gombrich (2008), pinturas pré-históricas foram feitas em cavernas, protegidas da ação do tempo e conservadas até os dias atuais, relatando parte do cotidiano desta era. Para Proença (2009), tais pinturas eram feitas com elementos naturais disponíveis como terra, argila, carvão vegetal, sangue e gordura de animais, ovos, ossos cremados, óxido de ferro (cor avermelhada) e dióxido de manganês (cor preta). Nesta época, o homem utilizava tintas naturais para pintar o corpo, as vestes e as paredes das cavernas com minerais como gipsita ou limonita, facilmente removíveis. Para melhor fixação e durabilidade, descobriu-se que era necessária a utilização de uma “cola” feita com materiais protéicos com propriedades aglutinantes, como leite e clara de ovos (UEMOTO, 1993).

As primeiras descobertas das pinturas rupestres aconteceram no século XIX na caverna de Altamira, na Espanha, e posteriormente em 1940 na gruta Lascaux, na França, em que foram utilizados óxidos de ferro amarelo, vermelho e preto, carvão de madeira, ossos queimados e caulim para obtenção de pigmentos (ALVARENGA, 2006).





Figura 3 – Representação de bisonte em caverna de Altamira, Espanha.

Fonte: FRAGA, 2012.

No Brasil, existem registros de pinturas rupestres em diversas regiões do nordeste conservadas em cavernas. No Parque Nacional de Seridó, por exemplo, localizado na divisa do Rio Grande do Norte com a Paraíba, são comumente encontradas pinturas rupestres como mostra a figura 4 a seguir.



Figura 4 – Pinturas rupestres no Parque Nacional de Seridó, RN

Fonte: arquivo pessoal

Há cerca de 10.000 anos, os egípcios elaboraram um processo para extrair pigmentos a partir do óxido de ferro, “cinabar” (mineral a base de mercúrio), amarelos de arsênico, verdes e azuis do minério de cobre, vermelhos púrpuras da raiz da garança (*Rubia tinctorum*), preto do carvão,

gordura animal queimada e o branco do caulim (ALVARENGA, 2006). Posteriormente, entre os anos 3000 a 2000 a.C., começaram a utilizar uma pintura feita com cal e cola (têmpera), além de giz (carbonato de cálcio), carvão e diferentes colorações de argila para a obtenção dos pigmentos. Para aglutinantes eram utilizados goma arábica (resina natural extraída de duas espécies de acácias), ovos (albumina), gelatina e cera de abelha (UEMOTO, 1993).

Segundo Camões *et al.* (2012), em construções de terra era comum a utilização de tintas naturais com adição de cal, óleos, gorduras ou caseína (aglutinante extraído do leite de vaca), pois tais materiais garantiam maior resistência à ação da água e mantinham a permeabilidade ao vapor.

A partir do século XV, novos pigmentos foram descobertos, como o branco de chumbo (carbonato básico de chumbo), pigmento artificial mais conhecido e utilizado até hoje. Óxidos de ferro também foram processados extensivamente na Itália através do aquecimento e lavagem com água, resultando em diferentes tipos de cores como vermelhos, amarelos, verdes, e vermelhos púrpuras. Além destes, foram descobertos o verdigris a partir do carbonato verde de cobre, vermelhos de origem vegetal e animal (sépia, bistre, cochonilha), amarelos da raiz do açafrão, verdes do sap green e o conhecido azul ultramar verdadeiro, lápis lázuli. Os chineses utilizavam para pintura o carvão, a cola e água (ou óleo de linhaça). Uma opção com maior facilidade e menor impacto ambiental, é a substituição do óleo de linhaça por seiva do caule da bananeira ou baba de cacto (ALVARENGA, 2006).

No México e Colômbia utilizava-se o Nopal (cactus conhecido como “*Nopalea coccinellifera*”, “*Cactus cochenilliferus*” ou “figueira-da-índia cactus”) como aglutinante para tintas à base de cal, pois o cacto era usado como material impermeabilizante contra chuva e permitia a adição de outros materiais para decorações em paredes de terra (CAMÕES *et al.*, 2012). Na América do Sul e África era usado o Látex (resina natural de *Hevea euphorbiacex*) como aglutinante e garantia a impermeabilização. Também era comum o uso de caules (para argamassa) e folhas (para tintura) de banana, impermeabilizando e evitando rachaduras através de suas fibras (CAMÕES *et*

*al.*, 2012). No norte de Gana eram usados esterco de animais e vagens para tintura, com efeito impermeável e endurecedor de paredes (CAMÕES *et al.*, 2012).

Algumas cores eram extraídas a partir de substâncias presentes em animais. O Amarelo Indiano, por exemplo, era obtido através da extração da urina de vacas que haviam se alimentado apenas com folhas de manga, sem beber água. A essa urina juntava-se um pouco de terra e a mistura era aquecida e seca para depois ser dividida em torrões, vendidos como pigmentos em feiras livres. A técnica foi considerada penosa para os animais e sua produção foi proibida em 1908 (IEcoD, 2012).

Em Nepal era comum a utilização de uma tinta impermeável feita com 15 Kg de cal 6 kg de sebo (gordura animal) derretido, despejados em 36 litros de água. Adicionava-se 6 kg de sal de cozinha à mistura, agitando cuidadosamente para repousar por 24 horas em um ambiente protegido do calor. Aguardava-se até ocorrer a decantação da água. À mistura pastosa que se formava eram adicionados 3 kg de areia fina (MINKE, 1994). Esta pintura tinha um tempo longo de secagem, no entanto há registros de edificações em Nepal cujas pinturas duraram de 4 a 6 anos, inspirando a criação de receitas similares na Austrália realizadas pelo Department of Housing and Construction em 1981. Testes realizados pelo Forschungslabor für Experimentelles Bauen (FEB) da Universidade de Kassel, Alemanha, provaram que esta tinta possui boa aderência quando aplicada em superfícies com reboco rugoso e pobre (MINKE, 1994).

Dados de pesquisas alemãs afirmam que existe a possibilidade de elaborar tintas misturando-se cal com urina, em substituição do soro de leite. Estudos feitos por Weiß (1963) mostraram que a utilização de argila caulinítica com uréia ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) e acetato de amônio ( $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}_2$ ) aumentaram a resistência da tintura. Esta prática era comum na China, onde além de tintas naturais, também adicionavam urina em cerâmicas para elaborar peças extremamente finas devido à boa resistência (MINKE, 1994).

Jain *et al.* (1978) testaram uma tinta natural feita com 70 g de gordura animal dissolvida em 0,5 litros de água quente, misturada a 1 kg de cal hidráulica e obtiveram bons resultados (MINKE, 1994).

Em Auroville, na Índia, era comumente utilizada tinta natural para cúpulas de terra elaborada com claras de 60 ovos, 2 litros de soro de manteiga e 5 litros de licor de palma (*Nyca fruticans*), misturados a 40 kg de cal de conchas e 4 kg de cimento (MINKE, 1994).

Minke (1994) aponta variados aditivos vegetais que, ao serem adicionados à cal para a elaboração de tintas, aumentam a resistência ao efeito da limpeza das superfícies e às intempéries causadas por diferentes tipos de clima:

- cola de farinha de centeio: 15 litros de farinha de centeio cozida em 220 litros de água, com adição de um pouco de sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>).

- seiva de agave (*Agave tequilana*)

- suco de folhas de bananeira cozidas

- seiva de *Cactus opuntia*

- seiva de *Euphorbia lactea*

- óleo de paina (*Chorisia speciosa*)

Cola de celulose também pode ser adicionada à cal para a elaboração de tintas naturais, no entanto deve ser utilizada somente em ambientes internos devido à sua baixa resistência à limpeza e intempéries (MINKE, 1994).

Até o início do século XX os tipos de pinturas comuns eram as têmperas, pintura a óleo, verniz, pintura encáustica e afresco. As têmperas são pinturas a base de cola, com boa durabilidade, cobertura, baixo custo, e indicadas para paredes internas não expostas às intempéries pois não resistem à chuva e radiação solar. As pinturas a óleo eram elaboradas com óleo de linhaça, alvaiade de zinco e secante, tinham mais durabilidade e brilho comparadas às têmperas, porém o custo era mais elevado. Os vernizes eram constituídos por substâncias resinosas como gomas vegetais dissolvidas em óleos, essências ou álcool, com alta aderência em superfícies formando uma camada sólida para proteção contra o intemperismo. As pinturas encáusticas eram utilizadas como revestimento de superfícies de madeira e mármore, conservando a cor

natural de pinturas a óleo, porém tinham pouco brilho e fácil remoção. A pintura afresco, por sua vez, era utilizada para decoração de interiores (por exemplo a Capela Sistina), pois consistia na aplicação do pigmento sobre o reboco (cal e areia branca) ainda fresco e não carbonatado, resultando em uma camada consolidada com a argamassa em que a cor é fixada pela carbonatação e secagem da cal, garantindo maior durabilidade. Para pigmentos em afresco eram utilizados materiais resistentes à alcalinidade, como a terra (UEMOTO, 1993).

Em 1704 foi elaborado o primeiro pigmento sintético feito pelo homem, o Azul da Prússia, posteriormente apareceram o Azul Ultramar (descoberto acidentalmente em 1828), Verde Virídian em 1838, Amarelo de Cádmio em 1846 e Branco de Zinco produzido em 1751 e disponível somente em 1840.

A técnica das tintas naturais entrou em desuso quando a indústria química criou o primeiro corante sintético em 1856, a malva ou malveína, descoberto pelo químico inglês Sir William Perkin. A partir desta data muitas pesquisas foram desenvolvidas e, com o tempo, os corantes artificiais passaram a ocupar o lugar dos naturais. Em 1868, a Alizarina (pigmento vermelho derivado originalmente da raiz da garança, planta da espécie *Rubia Tinctorum*) ganhou seu equivalente químico, e em 1880 surgiu a versão química do corante natural azul índigo (IEcoD, 2012).

Na metade do século XX surgiram as tintas acrílicas, e novas cores foram descobertas em laboratórios, como as tintas fosforescentes. Na década de 80 haviam 3 milhões de cores disponíveis no mercado e, desde então, o homem vem utilizando corantes químicos para diversas finalidades. Na década de 90, Estados Unidos, França e Inglaterra proibiram o uso de corantes químicos nas indústrias de alimentos e cosméticos, quando pesquisas apontaram o malefício causado à saúde humana (IEcoD, 2012).

### 3.6.2 Pigmentos

Os pigmentos são substâncias responsáveis pela coloração dos materiais, podem ser naturais ou produzidos em laboratório mediante processos químicos. Pigmentos naturais são extraídos da natureza vegetal (flores, frutos, sementes, raízes, troncos, entre outros) ou mineral (terras, argilas e cal). Pigmentos minerais produzem tintas mais resistentes e com maior cobertura (ZILLI, 2008).

A natureza oferece matéria-prima abundante para a produção de tintas naturais, que podem ser facilmente encontradas como flores, terra, beterraba, repolho roxo e chás variados (IEcoD, 2012). A coloração dos pigmentos está relacionada com os produtos que lhe dão origem, como a cor amarela que pode ser obtida pela flor de marcela, cravo de defunto ou cravina, girassol e outras flores de coloração amarela; a cor laranja pode ser obtida por urucum (figuras 5 e 6), flor do campo, ou flores com tonalidades alaranjadas; tons avermelhados são obtidos por tomate, sementes de polpa vermelha, mistura de marcela e beterraba, pau-brasil; tonalidades carmins são obtidas por beterraba ou cascas de jabuticaba; a cor verde pode ser obtida de erva mate, couve ou espinafre e folhas diversas; tons azulados são obtidos de feijão preto (água de cozimento) ou flor campainha; a cor roxa é obtida por pétalas de rosa e cascas de uva; tons brancos são obtidos por giz (carbonato de cálcio) ou cascas brancas de ovos moídas; a cor preta é oriunda do carvão, fuligem, sementes e ossos queimados; tonalidades marrons podem ser obtidas por café, madeiras como cedro, cajarana, louro, pinho, caviúna ou imbuia; e tonalidades ocras são provenientes de diversos tipos de terra e argilas (ZILLI, 2008).



Figuras 5 e 6 – Sementes de urucum e urucum em pó

Fonte: <http://agrosoft.org.br>

Das plantas é possível obter pigmentos de sua raiz, caule, casca, folhas, flores e frutos. Pigmentos oriundos de flores são luminosos, claros e coloridos, porém instáveis e voláteis, enquanto os pigmentos encontrados na raiz são mais estáveis e duradouros, apesar de serem menos luminosos. Pigmentos extraídos do caule e folhas encontram-se como intermediários entre esses dois extremos. Os pigmentos minerais, encontrados na terra, argilas e pedras são os mais duradouros (IEcoD, 2012).

Alimentos desidratados e moídos, como beterraba, espinafre e açafrão (figura 7), também podem ser usados na produção de tintas. Tintas provenientes dos vegetais são líquidas e transparentes, enquanto as tintas oriundas dos minérios ou pó de alimentos são densas e opacas (IEcoD, 2012).



Figura 7 – Raiz de açafrão e açafrão em pó

Fonte: <http://plantasmedicinais.org.br>

Segundo Zilli (2008), para a extração de pigmentos líquidos utilizam-se os seguintes processos:

- *Cocção*: cascas de uva, café, erva, erva-mate, tomate e marcela, por exemplo, são misturados e submetidos à fervura até a redução da água, concentrando a cor. Os pigmentos naturais resultantes da cocção requerem um bactericida.
- *Maceração*: feijão preto, café, erva mate e sementes coloridas, por exemplo, são colocadas separadamente em recipientes com água durante 12 horas, aproximadamente, até soltar a cor. Para que haja a concentração da cor, esses produtos podem ser colocados em recipiente raso para que a água evapore com mais facilidade.
- *Infusão*: pétalas de rosa, flores diversas, fuligem, semente de urucum, cascas de jabuticaba, cedro, cajarana e folhas diversas, por exemplo, são submersos em recipiente com álcool, adquirindo a consistência de gel.

Para obtenção de pigmentos em pó, Zilli (2008) aponta os seguintes processos:

- *Trituração*: giz, carvão, cascas de ovos, urucum e café, por exemplo, são moídos até ficarem reduzidos a um pó fino.
- *Calcinação*: ossos, sementes e madeira, por exemplo, são queimados e triturados.
- *Decantação*: os pigmentos terrosos são peneirados, lavados e colocados para decantar. Após a secagem estarão prontos para uso.
- *Lixação*: as madeiras como cedro, pessegueiro e louro, por exemplo, são lixadas e transformadas em pó muito fino, posteriormente adicionado ao aglutinante.

Zilli (2008) indica que, para realçar os tons de verde obtidos da fervura da erva mate, é necessário acrescentar pequena quantidade de cinzas oriundas da combustão da madeira.



A cal é um exemplo de pigmento natural obtido através da ação do fogo (à temperatura de 1.200°C), transformando a rocha calcária (carbonato de cálcio) em óxido de cálcio. Posteriormente, com a ação da água transforma-se em hidróxido de cálcio e, gradativamente, volta à condição original de rocha calcária. A pintura a base de cal é uma das mais antigas pinturas conhecidas na humanidade, é naturalmente fungicida, sem algicidas ou insumos tóxicos biocidas, e permite a difusão do vapor d'água (ou 'respiração') da parede. A desvantagem da pintura a cal é sua baixa viscosidade, ou seja, além da respinga durante a aplicação, a pintura possui baixa resistência às intempéries (IEcoD, 2012).

A argila, além de ser utilizada como aglutinante por suas propriedades "ligantes" e comportamento pseudo-plástico, também é um exemplo de pigmento natural por ser extraída da terra. Possui diferentes colorações que dependem da tonalidade da terra, como tons de verde-oliva, cinza, bege, marrom, entre outros (IDHEA, 2005).



Figuras 8 e 9 – Argila e suas tonalidades de cores

Fonte: arquivo pessoal

### 3.6.3 Aglutinantes

Segundo Gatti *et al.* (2007), o aglutinante une as partículas formando películas adesivas ao serem oxidados pela ação do ar, reforçando a adesão entre as partículas de pigmento. Para os autores, o preparo das tintas naturais

líquidas que utilizam água como solvente requerem aglutinantes incolores, como clara de ovo ou goma de polvilho, para não alterar a coloração final. Ressaltam ainda que a gema de ovo, quando utilizada como aglutinante, atua como emulsor e, por este motivo, é indicada para a mistura de terras proporcionando efeitos densos e opacos.

Atualmente são conhecidas diversas alternativas para aglutinantes naturais, como a gema e clara do ovo (proteína albumina), suco de alho, goma da babosa, goma de cactus, polvilho, mingau de mandioca, óleo de linhaça, óleo de copaíba, cera de carnaúba, banha de porco, óleo da casca de frutas cítricas, argila, caseína (proteína do leite) e cera de abelha. (IEcoD, 2012; CAD, 2010).

Segundo Zilli (2008), a goma arábica e de polvilho são bons exemplos de aglutinantes. A gema de ovo possui boa atuação na emulsão e fornece resultados positivos para pigmentos terrosos, porém é necessário o uso de bactericida para evitar a incidência de fungos ou bolores.

Em receitas de tintas naturais conhecidas, é comum a utilização da cola branca PVA como aglutinante. A cola branca PVA (acetato de polivinila) é um produto de origem industrial que necessita de energia para sua fabricação, 58 MJ/kg de acordo com o banco de dados da Universidade de Delft (ECOCOSTS, 2015). Na receita da tinta de terra, isso equivale a 12,9 MJ/l, ou seja, um valor relativamente baixo comparado com 65 MJ/kg das tintas PVA levantadas por Tavares (2006). Apesar disso, estas tintas são consideradas naturais por não apresentarem toxicidade e não liberarem COVs. A cola branca é um produto solúvel em água e classificado como a melhor alternativa em colas pelo governo alemão (WECOBIS, 2015).

#### 3.6.4 Solventes

Atualmente são conhecidas poucas alternativas para solventes naturais, sendo a água o solvente ecológico mais conhecido e utilizado.

Segundo o Instituto EcoDesenvolvimento (2005), na Europa estão sendo analisados dois novos tipos de solventes para tintas, a isoparafina e o delimoneno, ambos subprodutos da laranja.

### 3.6.5 Durabilidade e conservação

O trabalho com tintas naturais deve ater-se à durabilidade e conservação de todos os elementos e, dependendo da aplicação, a tinta pode apresentar comportamentos diferentes. Zilli (2008) indica que as tintas de origem vegetal, por exemplo, são sensíveis à luz e podem perder parte da cor com o tempo, são instáveis, frágeis e não devem ficar expostas ao sol, além de haver a possibilidade de surgirem fungos na própria pintura, caso não for tomado o devido cuidado.

Tintas vegetais de infusão no álcool podem ser conservadas por tempo indeterminado, enquanto as cocções e liquidificações devem ser descartadas após o uso, reservadas em baixas temperaturas por poucos dias ou congeladas. Tintas feitas com terra não desbotam mesmo sob sol excessivo e não apresentam problemas de conservação por não haver a possibilidade de surgirem fungos (IEcoD, 2012).

Segundo Zilli (2008), após a aplicação da tinta natural e sua secagem, para maior durabilidade é necessário a aplicação de parafina ou cera de abelha diluída em solvente, em consistência pastosa. Além desses produtos, o óleo de linhaça também tem se mostrado um aditivo benéfico para garantir maior durabilidade das tintas naturais.

### 3.6.6 Tintas de base mineral

Tinturas de base mineral são elaboradas a partir de rochas minerais moídas ou transformadas através de calcinação (queima), como as tintas à base de silicato de potássio e à base de cal. Sua aderência na parede ocorre pelo processo de formação de cristais em contato com a superfície aplicada, porém estas tintas não são plastificantes (IEcoD, 2012).

Além de não liberar COVs, as tintas de base mineral são favoráveis à saúde do morador e das habitações por permitirem a difusão do vapor d'água ("respiração" da parede) e, por serem alcalinas, impedem o surgimento de fungos e microorganismos no ambiente (IEcoD, 2012).

As tintas de base mineral necessitam de superfície rugosa e porosa para manter sua durabilidade. Após a aplicação, a tinta endurece sobre a superfície e não forma película como as tintas sintéticas, que "plastificam" e vedam a parede. Por este motivo não é recomendado a mistura de pintura a cal com tinta acrílica, tampouco utilizar cola branca como aglutinante (IEcoD, 2012).



Figura 10 – Diferentes tipos de cores feitas com tinta mineral

Fonte: arquivo pessoal

As tintas minerais também podem ser aplicadas em paredes de cimento desempenado, com massa fina aplicada, paredes de terra crua, tijolo comum, tijolo à vista, ou paredes de solo-cimento. Esta massa fina é uma opção ambiental e economicamente viável, de fácil aquisição, podendo ser feita na obra utilizando apenas cal e areia fina (IEcoD, 2012).

### 3.7 ENERGIA EMBUTIDA

Energia embutida é a energia consumida durante todo o ciclo de vida de um material, ou seja, toda a energia utilizada desde a extração de sua matéria-prima, o processo de fabricação, transporte até a fábrica, e transporte do produto final até o consumidor. O cálculo da energia embutida é utilizado para

mensurar o impacto ambiental das construções, sendo considerado um fator importante para a tomada de decisões quanto à escolha de materiais a fim de atingir melhor eficiência energética (ABEYSUNDARA *et al.*, 2008).

Segundo Tavares (2006), para avaliação dos impactos ambientais é considerada toda a energia usada na produção dos materiais de construção, da edificação e da manutenção, bem como a energia utilizada para a desconstrução e reciclagem dos materiais na etapa de demolição. Por este motivo, a energia embutida é utilizada como um indicador de sustentabilidade das edificações, uma vez que a fabricação de materiais de construção é considerada a principal fonte de emissões de gases poluentes da atmosfera.

Alguns autores, como Adalberth (1996), consideram importante para o cálculo da energia embutida, além destes já citados, a energia utilizada na reposição de materiais ao longo da vida útil da edificação, a energia durante o período de uso (como aquecimento de ambiente, água quente e eletricidade) e a energia utilizada no transporte para os processos de construção e demolição.

Sendo assim, segundo Tavares (2006), a energia embutida total em um ciclo de vida energético de uma edificação é dividida em produção (todos os processos desde a extração da matéria-prima até a finalização do produto na fábrica), construção, operação, manutenção e demolição, como mostra a figura 11 a seguir.

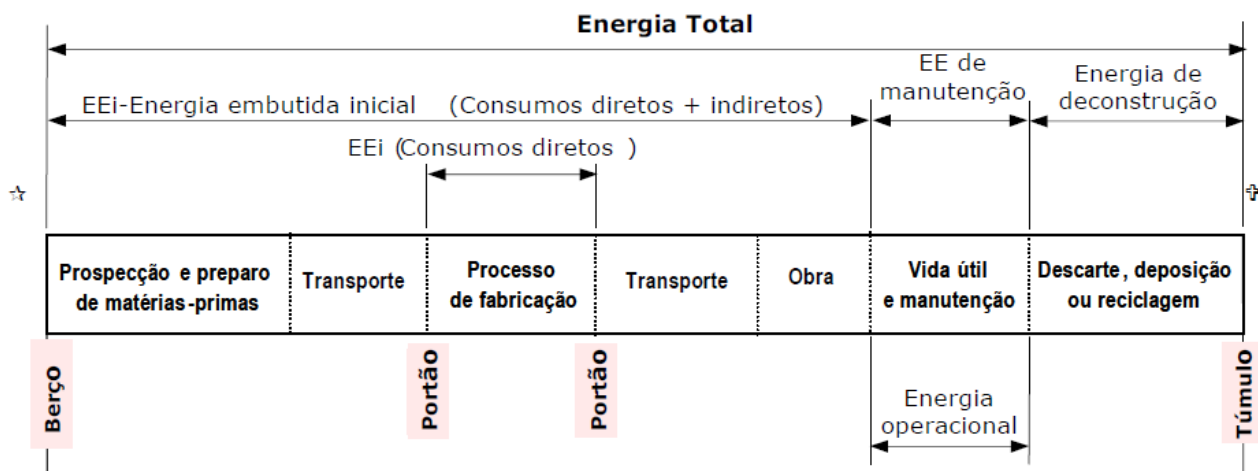


Figura 11 – Ciclo de vida energético de uma edificação  
 Fonte: TAVARES (2006)

A energia embutida inicial é o conjunto dos insumos energéticos utilizados para construir uma edificação, isso inclui os requisitos energéticos de processo realizados dentro da fábrica para a obtenção dos materiais utilizados (insumos diretos), extração e beneficiamento das matérias-primas, transporte destas para as fábricas, dos produtos finais para os canteiros de obras, e a energia despendida na construção da edificação (insumos indiretos) (TAVARES, 2006).

Energia operacional é a energia gasta por equipamentos durante toda a vida útil da edificação, incluindo a reposição de materiais, reformas e o transporte de materiais e equipamentos durante esta etapa, cujo conjunto de insumos também é considerado como energia embutida de manutenção ou energia recorrente (TAVARES, 2006).

Por fim, a energia de desconstrução é toda a energia utilizada na demolição da edificação, incluindo o descarte, deposição ou a reciclagem dos materiais, considerando o transporte durante todo o processo. Para o cálculo de todas as etapas descritas são adotadas as unidades GJ/domicílio ou GJ/m<sup>2</sup> (TAVARES, 2006).

Dessa forma, a energia embutida representa o total dos requisitos energéticos nos dois primeiros níveis estipulados pela IFIAS (International Federation of Institutes for Advanced Study), como mostra a figura 12 a seguir. Importante ressaltar que no levantamento de energia embutida não são consideradas as conversões de requisitos energéticos de energia, em que é analisada a energia primária (produtos oriundos diretamente da natureza) necessária para conversão em energia secundária (produtos resultantes de centros de transformação, como a eletricidade, por exemplo) (TAVARES, 2006).

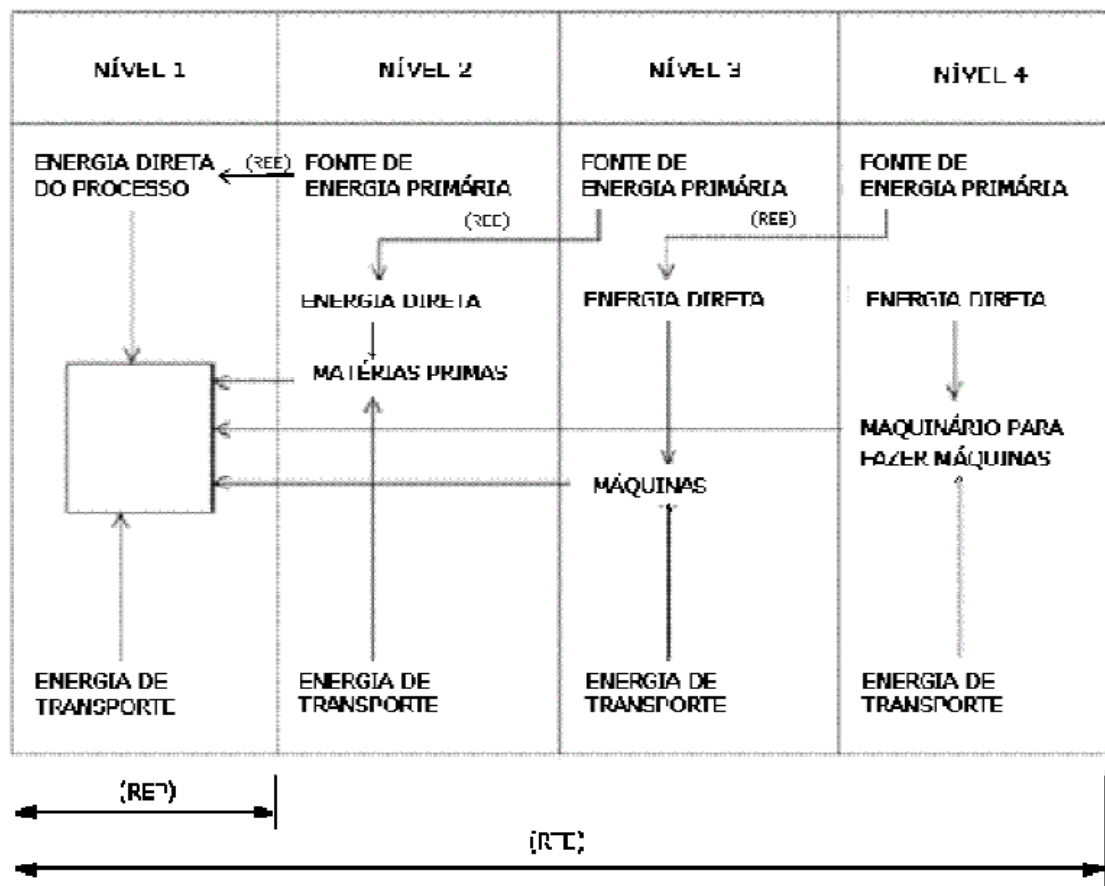


Figura 12 – Níveis para análise energética

Fonte: Adaptado de IFIAS (1975) apud WILTING (1996)

No primeiro nível são considerados os requisitos de energia de processo, ou seja, aqueles utilizados dentro da fábrica (*“gate-to-gate”*), incluindo a energia gasta com transporte. Pela facilidade no acesso aos dados, este nível é o mais utilizado para cálculo de energia embutida, representando 50% dos requisitos totais de energia. O segundo nível representa 40% deste total, considerando a energia necessária para a obtenção da matéria-prima e os requisitos de energia primária da energia direta utilizada no primeiro nível. O nível 3 acrescenta somente 9% do total, considerando os requisitos energéticos para obtenção dos bens de capital, como as máquinas, por exemplo. Por fim, o quarto nível está relacionado aos requisitos energéticos para as máquinas que produziram os bens de capital considerados no terceiro nível, sendo pouco utilizado para cálculo de energia embutida devido à dificuldade de obtenção de

dados e valores significativamente pequenos (WILTING, 1996, apud TAVARES, 2006).

Assim, para Treloar (2001), o método de análise de energia embutida é o somatório dos requisitos energéticos, totalizando os insumos diretos e indiretos necessários para a fabricação de um produto e sua distribuição, considerando todas as etapas pré-operacionais de seu ciclo de vida. Segundo Tavares (2006), este método consiste em quatro etapas: análise de processo, análise estatística, análise por matrizes insumo x produto e análise híbrida.

A análise de processo detalha as etapas de fabricação, utilizando o critério da IFIAS para análise dos dados, em que são elaboradas planilhas e fluxogramas para computar o consumo energético de todos os subníveis desta etapa. Este método é preciso e requer tempo, com incertezas de 10% (BOUSTEAD, HANCOCK, 1979).

A análise estatística é uma etapa rápida realizada sobre o consumo energético dos produtos através de estatísticas feitas por fábricas, indústrias e órgãos governamentais, e requer dados confiáveis informados por estes setores (TAVARES, 2006).

A análise por matrizes insumos x produto consiste no processo financeiro, definindo o fluxo de moeda entre todos os setores envolvidos. Segundo Treloar (2001), esta análise relaciona os produtores e consumidores de energia através de tabelas com índices de quantidade de energia consumida por setor para cada real ou dólar produzido (MJ/R\$).

Por fim, a análise híbrida é realizada com a análise de processo, a fim de reduzir incertezas obtidas por dados das matrizes insumos x produto. Consiste na integração dos métodos disponíveis segundo a especificidade de cada avaliação de energia embutida (TAVARES, 2006).

No Brasil, existem poucas referências sobre energia embutida em materiais de construção e edificações. Tavares (2006) pesquisou cinco residências brasileiras avaliando a energia embutida nos materiais convencionais, os resultados mostraram-se similares quanto às tintas, variando apenas em uma residência em que o material ocupa o quinto lugar na análise



de energia embutida inicial, enquanto as demais residências possuem o material na quarta colocação.

Tavares (2006) comprovou que as tintas imobiliárias, além de serem produzidas 90% por combustíveis fósseis não renováveis (óleo diesel e combustíveis) e 10% por recursos renováveis (eletricidade), estão classificadas como o quarto material com maior energia embutida inicial em uma edificação brasileira, conforme a tabela 3 a seguir.

	<b>MATERIAIS</b>	<b>TOTAL EE</b>	<b>%</b>	<b>% Ac.</b>
1	Ceramica vermelha	80358,56	28,95	28,95
2	Cimento	56385,93	20,31	49,26
3	Aço	40996,13	14,77	64,03
4	Tinta	19531,65	7,04	71,06
5	Concreto	15504,70	5,59	76,65
6	Pedra	14289,21	5,15	81,79
7	Areia	11811,38	4,25	86,05
8	Fibrocimento	7053,02	2,54	88,59
9	Pvc	6809,56	2,45	91,04
10	Ceramica de revestimento	4274,96	1,54	92,58
	Outros (13)	20591,67	7,42	100,00

Tabela 3 – Energia Embutida Inicial (MJ) nos principais materiais utilizados na primeira residência analisada por Tavares (2006)

Fonte: TAVARES (2006)

No entanto, considerando todo o ciclo de vida dos materiais desta edificação, as tintas industriais acumulam maior energia embutida devido às reposições, sejam estas por motivo estético (obsolescência percebida) ou por desgaste do material com o tempo, normalmente previsto pelo fabricante (obsolescência programada), como mostra a tabela 4. Importante também considerar se a edificação é própria ou alugada, pois em caso de aluguel pede-se a repintura do imóvel na devolução pelo locatário, independente de seu estado de conservação e do tempo de permanência do mesmo.

	<b>MATERIAIS</b>	<b>TOTAL EE no CVE</b>	<b>%</b>
1	Tinta	97658,26	23,19
2	Ceramica vermelha	80387,82	19,08
3	Cimento	60620,21	14,39
4	Aço	55329,58	13,13
5	Concreto	29105,02	6,91
6	Pedra	14289,20	3,39
7	Fibrocimento	14106,04	3,34
8	Areia	13856,60	3,29
9	Pvc	13619,11	3,23
10	Ceramica de revestimento	8549,91	2,03
	Outros (13)	33581,83	7,97

Tabela 4 – Energia Embutida (MJ) em todo o ciclo de vida dos materiais utilizados na primeira residência analisada por Tavares (2006)

Fonte: TAVARES (2006)

Outro fator a ser considerado para o estudo do impacto ambiental causado pelas tintas industriais é a geração de CO<sub>2</sub>. Ainda nesta primeira residência analisada por Tavares (2006), as tintas representam o quinto material com maior energia embutida inicial, com 1438 kgCO<sub>2</sub>, porém, em um ciclo de vida energético de 50 anos, as tintas acumulam 7188 kgCO<sub>2</sub>, ocupando o segundo lugar da tabela, como mostra a tabela 5 a seguir. O cimento supera a tinta no ciclo de vida energético, pois considera-se a geração adicional de CO<sub>2</sub> oriunda do processo de fabricação do material.

Energia embutida inicial		Total CVE (50 anos)	
MATERIAIS	TOTAL kgCO <sub>2</sub>	MATERIAIS	TOTAL kgCO <sub>2</sub>
Cimento	7134	Cimento	7402
Cerâmica vermelha	6293	Tintas	7188
Aço e ferro	3070	Cerâmica vermelha	6296
Concreto	1650	Aço e ferro	4143
Tintas	1438	Concreto	2650
Pedra	1008	Cal	1226
Areia	935	Areia	1097
Cal	893	Pedra	1008
Fibrocimento	499	Fibrocimento	999
Plásticos	358	Plásticos	716
Cerâmica revest.	221	Cerâmica revest.	442
Outros materiais	736	Outros materiais	1355

TABELA 5 – CO<sub>2</sub> embutido por materiais de construção analisados na primeira residência analisada por Tavares (2006)

Fonte: TAVARES (2006)

Com base nos dados coletados, nota-se que as tintas industriais destinadas à construção civil requerem maior atenção pela alta geração de CO<sub>2</sub>/GJ, altos resultados de energia embutida devido às frequências de reposição ao longo da vida útil da edificação, além da preocupação com a saúde dos usuários devido à liberação de COVs e contaminação do meio ambiente.

### 3.8 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ELEMENTOS

#### 3.8.1 Pigmentos

Pigmentos são classificados a partir de sua origem como natural ou orgânico (produzidos por organismos vivos como plantas, animais, fungos e microorganismos), sintéticos (produzidos em laboratório de forma artificial) ou

inorgânicos (encontrados na natureza de origem mineral ou produzidos através de síntese química) (DELGADO-VARGAS *et al.*, 2000).

Com os malefícios à saúde causados pelo uso de corantes sintéticos na indústria alimentícia (como alergias, disritmias cardíacas, problemas gástricos e circulatórios), aumentaram-se as pesquisas sobre corantes obtidos de forma natural, apesar dos corantes sintéticos apresentarem maior força de pigmentação, estabilidade, armazenamento, facilidade de processo, menor custo e maior disponibilidade em quantidades ilimitadas (MÍNGUEZ-MOSQUERA *et al.*, 1995).

### 3.8.1.1 Pigmentos orgânicos

Segundo Cruz (2007), os pigmentos orgânicos ou naturais são obtidos “diretamente da natureza, sendo apenas sujeito a processos de purificação de natureza física que permitem separar o material de que se aproveita a cor dos outros materiais a que surge associado”.

#### 3.8.1.1.1 Carotenóides

Segundo Lyng (2004), “os carotenóides são uma classe de pigmentos de ocorrência natural com coloração amarela, alaranjada ou avermelhada”, presentes em organismos vivos (fotossintetizantes ou não) e responsáveis pela cor em plantas, algas, fungos, bactérias, frutas, flores, pássaros, insetos e animais marinhos. No entanto, apenas microorganismos e plantas são capazes de sintetizar os carotenóides, nos animais esta substância pode ser modificada durante o metabolismo acumulando-se nos tecidos em forma de vitamina A. Atualmente os carotenóides são comumente utilizados pela indústria alimentícia e de cosméticos, devido ao seu alto poder de pigmentação e ação antioxidante.

Os carotenóides pertencem a classe dos Terpenóides, e se dividem em carotenos (hidrocarbonetos puros, ou seja, constituídos apenas por átomos de hidrogênio e carbono) e xantofilas (derivação dos carotenos com adição de

várias funções oxigenadas). A maior parte da produção dos carotenóides concentra-se em quatro grupos: fucoxantina (em algas marinhas), luteína, violaxantina e neoxantina (em folhas verdes), divididos em primários e secundários. Os carotenóides primários são adquiridos pelas plantas através da fotossíntese (como o  $\beta$ -caroteno, violaxantina e neoxantina), enquanto os secundários estão presentes em frutos e flores (como o  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina, zeaxantina, anteraxantina, entre outros) (LYNG, 2004).

Conforme Delgado-Vargas *et al.* (2000), “a cor produzida pelos carotenóides é devida a uma estrutura específica capaz de capturar a energia que é produzida pela excitação causada durante a transferência de um elétron de um orbital externo para outro de maior energia. A energia não-absorvida é refletida e/ou refratada para ser capturada pelo olho, e os impulsos neurais gerados são transmitidos para o cérebro onde podem ser interpretados como cor”.

Para Cantrell *et al.* (2003), a ingestão de vegetais e frutas ricos em carotenóides protege o organismo humano contra doenças como aterosclerose, câncer e degeneração macular causada pela idade avançada. Apenas os animais primatas e ruminantes são capazes de acumular grandes quantidades de carotenóides, os demais acumulam esta substância no organismo convertendo-a em vitamina A (HANDELMAN, 2001).

A Astaxantina é um carotenóide presente nos reinos animal e vegetal, encontrada como pigmento vermelho em diversos organismos vivos, não possui atividades pró-vitamina A como o  $\beta$ -caroteno, mas sua atividade antioxidante é maior comparada a esta substância. O  $\beta$ -caroteno é um carotenóide presente em damasco, cenoura, abóbora, beterraba, mamão, manga, batata doce, vegetais folhosos como couve, repolho, espinafre, agrião e brócolis. A Bixina é um carotenóide atóxico presente no envoltório da semente de Urucum (*Bixa orellana*), pequena árvore nativa da América Central e do Sul, que, assim como todos os carotenóides, possui rápida perda de cor após tempo prolongado de exposição à luz, temperaturas elevadas, e à presença de dióxido sulfúrico. A Cantaxina é um carotenóide de baixa toxicidade obtido natural ou artificialmente fornecendo a

cloração amarelo-alaranjada, presente em insetos e crustáceos. O Licopeno é um carotenóide responsável pela coloração vermelha dos tomates (*Solanum lycopersicum*), aumentando sua quantidade conforme o amadurecimento do fruto (LYNG, 2004).

Todos estes carotenóides atuam como antioxidante. Um antioxidante biológico é definido como “qualquer substância que, quando presente em baixas concentrações comparadas com aquelas de um substrato oxidável, significativamente retarda ou previne a oxidação deste substrato” (BENZIE, STRAIN, 1996; PRIOR, CAO, 1999). Pesquisas realizadas em laboratório *in vivo* e *in vitro* mostraram que a atividade antioxidante do carotenóide é influenciada pela sua estrutura, por exemplo, cataxantina e astaxantina possuem diferentes graus de atividade antioxidante comparados a  $\beta$ -caroteno e zeaxantina (LYNG, 2004). Os carotenóides são capazes de agir como “agentes fotoprotetores contra os efeitos nocivos da luz e do oxigênio e atuam como compostos reativos contra espécies químicas geradas dentro das células, capazes de reduzir danos oxidativos” (PALOZZA, KRINSKY, 1992; POLYAKOV *et al.*, 2001).

Devido a estas propriedades antioxidantes em vegetais presentes em substâncias carotenóides, as tintas naturais de origem vegetal, apesar de perderem a cor facilmente, não necessitam de bactericidas ou fungicidas.

#### 3.8.1.1.2 Casca de ovo

A casca do ovo é constituída por substâncias orgânicas e minerais, representando apenas de 8 a 11% dos constituintes do ovo. Segundo Ornellas (2001), a casca possui 94% de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), 1,4% de carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), 3% de glicoproteínas, mucoproteínas, colágeno e mucopolissacarídeos, e 0,9% de fosfato de cálcio ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) (ALCÂNTARA, 2012).

Para obtenção de pigmentos para tintas, são utilizados apenas as cascas de ovos do tipo branco, pois os ovos escuros (conhecidos como “ovos

caipiras”) fornecem pigmentação branca e marrom ao serem triturados, comprometendo a homogeneidade da coloração no preparo da tinta.

Além disso, outro fator positivo no uso de pigmentos de casca de ovos é a presença de pequenos poros cobertos por uma cutícula composta de cera, que protege o ovo da perda de água e da penetração de microorganismos (BENITES *et al.*, 2005). Dessa forma, esta pequena cutícula de cera também representa um dos constituintes para a obtenção de tintas naturais, propiciando maior ligamento entre as pequenas partículas de casca de ovo moídas.

### 3.8.2 Aglutinantes

#### 3.8.2.1 Gema e clara de ovo

O ovo é constituído pelo disco germinativo, calaza, câmara de ar, cutícula, casca, membrana da casca, gema e clara (albúmen, formada por água e pela proteína albumina), como mostra a figura 13 (ALCÂNTARA, 2012).

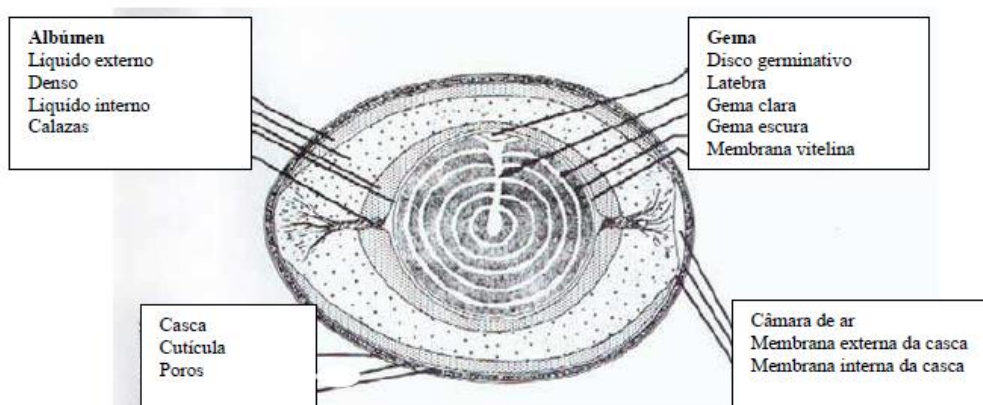


FIGURA 13 – Estrutura do ovo

Fonte: Adaptado USDA (2000)

Para a obtenção de aglutinantes para tintas naturais, utiliza-se a clara e a gema do ovo. Para Seibel (2005), o pH normal destas estruturas é de 7,9 e 6,2 respectivamente, no entanto, fatores como tempo de armazenamento, condições inadequadas de temperatura e umidade podem elevar o pH normal.

Segundo FAO (2010), a clara constitui-se de 88,5% de água e 13,5% de proteínas, vitaminas do complexo B (Riboflavina – B2) e traços de gordura, além de pequenas quantidades de glicoproteínas, glicose e sais minerais. As proteínas presentes na clara são: ovalbumina, conalbumina, ovomucóide, ovomucina e lisozima, sendo que a ovalbumina e a conalbumina representam 70% do total de proteínas e garantem a “gelatinização” do albúmen (RAMOS, 2008), por este motivo tais substâncias são responsáveis pela capacidade “ligante” favorável para uso como aglutinantes de tintas naturais. Além disso, Seibel (2005) afirma que a clara possui três partes diferentes quanto à viscosidade: uma parte externa fluida e fina (23%), uma parte intermediária espessa e densa (57%) e uma parte interna fluida e fina (20%), ambas necessárias para a mistura da tinta natural.

As calazas, presentes na clara, também representam um papel importante para aglutinantes, apesar de sua pequena quantidade. Constitui-se de uma estrutura feita de microfibras cuja função é centralizar a gema no interior do ovo, impedindo seu deslocamento. Segundo Benites *et al.* (2005), esta fina estrutura adere-se à membrana vitelina e se expande para as extremidades do ovo.

A gema, por sua vez, é uma emulsão de gordura em água (52%), que possui 16% de proteínas, 34% de lipídios (66% de triacilgliceróis, 28% de fosfolipídeos e 5% de colesterol), glicose, vitaminas A, D, E e K, lecitina e sais minerais, envoltos pela membrana vitelina. Na porção lipídica também há 64% de ácidos graxos insaturados como ácido oléico e linoléico (CLOSA *et al.*, 1999). Na gema encontram-se pigmentos oriundos de carotenóides ( $\beta$ -caroteno, luteína e zeaxantina), riboflavina (proteína) e xantofilas, representando apenas 0,02% do peso do ovo seco (RAMOS, 2008). Por este motivo, técnicas vernaculares indicam o uso de gema como aglutinante quando há pigmentos terrosos, para garantir a opacidade da tinta e não interferir na coloração, enquanto o uso da clara do ovo para aglutinante é indicado quando há pigmentos coloridos ou brancos, pois sua transparência não interfere na coloração final da tinta natural.



### 3.9 ELABORAÇÃO DAS TINTAS NATURAIS

#### 3.9.1 Tinta de terra

Segundo Alvarenga (2006), as “ocas”, locais de coleta da amostra de terra, são encontradas em bancos de 2 metros de espessura, aproximadamente. As cores encontradas variam entre, pardo rosadas, vermelho, amarelo e branco, dependendo da ação do calor e da quantidade de óxido de ferro.

As características influenciadas pelos componentes das tintas são: características de aplicação e de aparência (cor, cobertura, alastramento e nivelamento, nível de brilho, reflexão, tendência a respingar, tendência a formação de espuma); características para interiores (resistência a manchas, à abrasão, ao amarelamento, à limpeza alcalina-amoníacos em geral, ao polimento e à aderência); e características para exteriores (retenção de cor, resistência a mofo e bolor, a algas, à formação de bolhas, à sujeira, descascamento e resistência alcalina) (ALVARENGA, 2006).

Um veículo importante a ser utilizado no caso de tintas feitas com pigmentos minerais é a cal virgem, curada em água por um período longo de tempo, comumente utilizado no interior de casas coloniais (ALVARENGA, 2006).

A cola branca (PVA – acetato de polivinila) e água são utilizados em tinturas com terra na proporção proporção 2:1, misturando-se ao pigmento e resultando em ótimos revestimentos para áreas externas, internas e madeira. A utilização da cal como pintura também garante bons resultados, em que o pigmento é acrescentado de forma a se obter a cor desejada. No entanto, tintas feitas com cal tendem a desbotarem ao longo do tempo, principalmente se estiver sujeitas à ação do intemperismo (ALVARENGA, 2006).

Uma proposta interessante foi elaborada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), o Projeto Cores da Terra, em que diferentes tipos de terra foram utilizados para resultar em tintas imobiliárias. Neste projeto as tintas foram preparadas com cola branca pura (cola de madeira), cola branca com cal e

óleo, ou grude (feito com polvilho azedo ou goma de tapioca). Tinta feita com grude deve ser aplicada somente em paredes e tetos internos, desde que estejam secos e arejados, enquanto as tintas com cola branca podem ser aplicadas tanto em interiores como exteriores (CARVALHO *et al.*, 2007).

Uma vantagem da tinta de terra é a liberdade de tons, proporcionados por diferentes tipos de terra. O projeto da UFV recomenda preparar pequenas quantidades de amostras de terra e pintar partes de paredes, para alcançar o tom de coloração pretendido, há ainda a possibilidade de misturar os diversos tons de terra, criando cores personalizadas (CARVALHO *et al.*, 2007).

Recomenda-se precaução para não causar erosão no local em que estão sendo colhidas as amostras, evitando o desbarrancamento de estradas com tapumes colocados para segurar a terra no local. A amostra pode ser arenosa ou argilosa, coletada úmida ou seca, desde que esteja livre de sujeiras como pedras, raízes e folhas. No caso de conservação da terra depois da coleta, o ideal é que esta esteja seca, para evitar a presença de mofo (CARVALHO *et al.*, 2007).



Figuras 14, 15, 16 – Preparação da tinta de terra do Projeto Cores da Terra

Fonte: CARVALHO *et al.*, 2007.

### 3.9.2 Tinta branca PVA

Para aplicação da tinta branca PVA, a parede deve estar limpa, sem mofo, umidade ou infiltrações que possam comprometer a pintura. As tintas de terra não podem ser aplicadas em paredes com pequenas aglomerações de cal, pois irá umedecê-las e soltar facilmente da parede, recomenda-se limpar o local retirando estas aglomerações com vassoura, escova de aço ou lixa. As tintas de terra também não poderão ser aplicadas em paredes que já receberam pintura com tinta a óleo, esmalte ou tinta acrílica, deve-se retirar o máximo deste material e criar porosidade na superfície, para receber a tinta de terra com maior facilidade (CARVALHO *et al.*, 2007).

Ingredientes para fabricar, aproximadamente, 18 (dezoito) litros de tinta com cola branca: 8 (oito) kg ou 2 (dois) galões de terra seca, preferencialmente (se estiver molhada, descontar a umidade na pesagem); 4 (quatro) kg de cola branca ou cola de madeira (observação: se optar por cola branca de ótima qualidade, vendida em embalagens de 1 kg, a quantidade pode ser reduzida para 2 (dois) kg); e 8 (oito) litros de água (CARVALHO *et al.*, 2007).

Modo de preparo: colocar 6 (seis) litros de água em uma lata e adicionar 4 (quatro) kg de terra; dissolver a terra na água para alcançar consistência cremosa (recomenda-se utilizar uma furadeira elétrica com misturador adaptado para acelerar o trabalho); acrescentar os 4 (quatro) kg restantes de terra e bater até alcançar a consistência desejada (para obter uma tinta mais fina basta peneirar ou coar a mistura, para tinta mais grossa ou textura não é preciso peneirar ou coar); adicionar a cola à mistura e mexer; para evitar desperdício, lavar a vasilha de cola com 2 (dois) litros restantes de água e adicionar na tinta; mexer até obter a consistência desejada (CARVALHO *et al.*, 2007).

### 3.9.3 Tinta de cal, PVA e óleo de linhaça

Importante ressaltar que a tinta feita somente com cola branca cria uma camada impermeabilizante na parede e, se houver umidade, a água não evapora, formando bolhas. Quando a cal é acrescentada na mistura, esta camada se torna mais porosa, permitindo a transpiração da parede. O óleo de linhaça, por sua vez, é secante e contribui para aumentar a durabilidade da tinta (CARVALHO *et al.*, 2007).

Ingredientes para fabricar, aproximadamente, 18 (dezoito) litros de tinta com cola branca, cal e linhaça: 8 (oito) kg ou 2 (dois) galões de terra seca; 4 (quatro) kg de cola branca; 2 (dois) kg de cal de pintura; 150 ml de óleo de linhaça (copo tipo americano) (CARVALHO *et al.*, 2007).

Modo de preparo: misturar 150 ml de óleo de linhaça em 2 (dois) kg de cal de pintura; acrescentar 1 (um) litro de água para produzir uma massa cremosa, e misturar até que não seja observado o óleo na superfície; acrescentar 3,5 (três e meio) litros de água e adicionar 4 (quatro) kg da terra; dissolver a terra na água; acrescentar 3,5 (três e meio) litros de água e a metade restante de terra (4 kg); mexer até alcançar a consistência de massa cremosa; adicionar a mistura de cal à mistura de terra e mexer; acrescentar 4 kg de cola branca e mexer novamente (CARVALHO *et al.*, 2007).

O Projeto Cores da Terra, da Universidade Federal de Viçosa, indica os possíveis problemas que podem ocorrer com a pintura de terra: bolhas aparecem quando a tinta é aplicada em uma superfície úmida ou com infiltração, a solução é lixar a superfície antes da aplicação; bolor aparece em áreas úmidas que recebem pouca ou nenhuma iluminação solar, a solução é remover o bolor com 1 parte de água sanitária para 3 partes de água; ou descamações podem surgir devido ao desgaste natural do tempo, uso de tinta com pouca adesão e flexibilidade, tinta muito diluída ou superfície pouco preparada para a aplicação, a solução para este problema é remover os vestígios de tinta da superfície com escova de aço e lixa (CARVALHO *et al.*, 2007).



Figuras 17, 18, 19 – Aplicação de tinta Projeto Cores da Terra

FONTE: CARVALHO *et al.*, 2007.

#### 3.9.4 Tinta de cal e caseína

Para Minke (1994), em construções de terra, as pinturas em superfícies expostas devem ser periodicamente renovadas, devido erosões causadas pelo vento, chuva, e radiações ultravioleta. Devem ser repelentes à água (hidrofóbicas) e, em climas frios, devem ser porosas com rede contínua de micro-poros para permitir a difusão do vapor para o exterior da edificação. Dessa forma, o autor não recomenda a aplicação de pinturas de dispersão como o látex para estes casos.

Em paredes de terra limosas, com predominância de silte (“solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade e que exibe baixa resistência quando seco o ar”, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 6502 sobre rochas e solos, terminologia de 1995), a pintura normalmente é feita à base de cal em uma superfície com reboco fino de cal com caseína. Este reboco pode ser preparado com cal hidráulica, coalhada desnatada (*quark*, em alemão) e água seguindo a proporção de 2:1:15 (MINKE, 1994).

A pintura de cal pura é realizada em quatro demãos, sendo a primeira mais líquida, aplicadas em camadas finas para penetrar profundamente a superfície e evitar o aparecimento de rachaduras durante a secagem. A mistura é feita com 50 kg de cal hidráulica dissolvida em 60 litros de água, adicionando 1 a 2 kg de sal de cozinha para prolongar o tempo que a mistura permanece úmida devido à sua propriedade higroscópica, com o objetivo de garantir

melhor cura da cal. Depois da secagem, obtêm-se uma pintura de coloração branca. Para outras colorações é possível adicionar pigmentos à mistura durante a preparação, como argila ou diferentes tons de terra resistentes à cal. No entanto, este tipo de pintura não resiste à limpeza (MINKE, 1994).

Para garantir resistência à limpeza e durabilidade, segundo Minke (1994), deve-se adicionar soro de leite, coalhada desnatada ou caseína em pó às pinturas de cal. A coalhada possui 11% de caseína que, ao ser adicionada à cal, forma-se albuminato de cal, um agente químico impermeável a água. Tradicionalmente substitui-se a coalhada por soro de leite desnatado.

Testes realizados com 1 parte de coalhada desnatada, 1 a 3 partes de cal hidráulica, e 1,5 a 2,5 partes de água apresentaram bons resultados de resistência, segundo Minke (1994). Além disso, ao adicionar óleo de linhaça duplamente cozido em pequenas quantidades (máximo de 4% da quantidade da coalhada) também aumenta a resistência, porém reduz a trabalhabilidade da mistura. A adição do óleo de linhaça deve ser feita cuidadosamente, agitando a mistura a cada 5 ou 10 minutos para obter a emulsão.

Outra mistura de tinta para garantir a resistência à limpeza é elaborada com cal hidráulica, coalhada desnatada e terra em proporção de 1:5:5 (MINKE, 1994). Para manter a cor da superfície e aumentar sua resistência à limpeza, Minke (1994) recomenda utilizar uma pintura incolor de caseína, elaborada com 1 parte de coalhada desnatada, 2 partes de água e 1/8 partes de cal hidráulica. Esta mistura resulta em uma tintura incolor, com brilho suave devido à sua estrutura fina cristalizada.

Em ambientes úmidos, como cozinha e sanitários, recomenda-se a pintura com 1 parte de cal hidráulica e 5 partes de coalhada desnatada misturadas em água por 2 minutos em uma batedeira elétrica. Depois de descansar a mistura por um curto intervalo de tempo, adiciona-se 20 partes de cal hidráulica, 2 a 4% de óleo de linhaça duplamente cozido e água. Duas demãos desta tintura é suficiente para obter boa resistência em ambientes úmidos. Para obter colorações diferentes, recomenda-se adicionar pigmentos de terra à mistura ainda na fase de preparação (MINKE, 1994).

## 4 RELATO DE EXPERIÊNCIAS E APLICAÇÕES

### 4.1 NORDESTE BRASILEIRO

Em visita ao nordeste brasileiro em julho de 2014, foram fotografadas as moradias em comunidades pequenas de municípios do Rio Grande do Norte e Paraíba que utilizaram tintas naturais para colorir suas paredes e muros. Com o objetivo de não divulgar a identidade dos moradores, a pedido dos mesmos, estes são identificados na pesquisa como E (entrevistado) e o número conforme a ordem em que fora feita a entrevista. Os humildes moradores dessas comunidades também não permitiram a divulgação de seus endereços e fotos internas dos cômodos de suas casas, para preservar sua intimidade. Portanto, serão apresentados neste capítulo fotos das áreas externas, técnicas de elaboração das tintas naturais e a duração das pinturas de cada casa.

Na Vila de Borborema, Rio Grande do Norte, a moradora E<sub>1</sub> utilizou a terra argilosa dos fundos de sua propriedade, de coloração escura, para pintar as paredes externas de sua casa, a madeira do telhado e os pilares da varanda. Como aglutinante, foi utilizado cola branca PVA e água como solvente. O muro da testada de seu lote foi pintado com tinta natural de cal com água. E<sub>1</sub> relata que repintou sua casa apenas uma vez, e na figura 20 abaixo a pintura está com duração de um ano, aproximadamente. Segundo E<sub>1</sub> o muro da testada precisou ser repintado várias vezes, pois a chuva desgastou a pintura à cal.



Figura 20 – Casa pintada com tinta de terra e cal, Vila de Borborema – RN

Fonte: arquivo pessoal

Na Vila de Santa Luzia, em Rio Grande do Norte, o morador E<sub>2</sub> pintou as paredes de sua casa e o muro da testada de seu lote com a mesma tinta natural elaborada com terra argilosa de coloração clara. O aglutinante utilizado foi cola branca PVA e água como solvente. E<sub>2</sub> relata que as varandas que protegem as paredes de sua casa contra a ação da água da chuva garantiram a duração de três anos de pintura. No entanto, os muros foram repintados duas vezes devido à ação do intemperismo.



Figura 21 – Casa e muro com tinta de terra, Vila de Santa Luzia – RN

Fonte: arquivo pessoal

Em Barra de Santa Rosa, na Paraíba, foram encontradas casas pintadas com tinta de terra argilosa de coloração vermelha, e aglutinantes de goma de cacto. A moradora E<sub>3</sub> pintou algumas paredes feitas de pau-a-pique de sua casa com tinta de terra e cacto do próprio terreno. Relatou que a pintura completou dois anos e três meses na data da visita, e que esta durabilidade deve-se à escassez de chuvas na região. No entanto, segundo E<sub>3</sub>, a goma de cacto utilizada como aglutinante conferiu à tinta uma consistência espessa, necessitando de apenas duas demãos de pintura em cada parede. Para E<sub>3</sub>, o fato do material da casa ser a terra na técnica vernacular do pau-a-pique, a pintura feita de terra aderiu perfeitamente na parede, eliminando a ocorrência de rachaduras e machas na pintura.





Figura 22 – Casa de pau-a-pique pintada com tinta de terra e goma de cacto

Fonte: arquivo pessoal

Na região turística dos arredores de Natal – RN foi encontrado um caso curioso de pintura natural. A moradora E<sub>4</sub> da casa localizada na praia de Genipabu garantiu que não pintou sua casa com terra. Por estar apenas há 300 metros do mar e a região possuir ventos fortes, o vento é o responsável por pintar a casa da moradora E<sub>4</sub> com a terra que se acumula na estrada em frente à casa. E<sub>4</sub> repintou as paredes com tinta industrial branca por três vezes, mas desistiu e aceitou a coloração marrom trazida pelo vento.



Figura 23 – Casa pintada de terra com a ação dos ventos fortes

Fonte: arquivo pessoal

Na data da visita a Genipabu – RN pôde-se acompanhar a retirada da terra que se acumula nas estradas. A moradora E<sub>4</sub> conta com a ajuda dos moradores vizinhos para retirar a terra e levar para outro local, pois além de pintar as paredes das casas devido aos ventos fortes da região, a terra também invade a área interna das moradias, danificando móveis e pisos de cerâmica.



Figura 24 – Retirada da terra em frente às casas em Genipabu – RN

Fonte: arquivo pessoal

#### 4.2 OFICINA DE TINTAS NATURAIS NO CENTRO POLITÉCNICO, UFPR

Em uma Oficina de Tintas Naturais ministrada em outubro de 2014 com os alunos da Arquitetura e Urbanismo e alguns alunos da Luteria no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, foram elaboradas 8 cores diferentes de tintas para pintar uma parede de a sala de aula PD-07.



Figura 25 – Cores elaboradas em Oficina de Tintas Naturais no Centro Politécnico da UFPR

Fonte: arquivo pessoal

Na primeira etapa da oficina foi apresentado aos participantes o conceito de tintas naturais e seus variados usos. Posteriormente, os alunos lixaram e prepararam a parede para receber a tinta. Em outra etapa decidiram

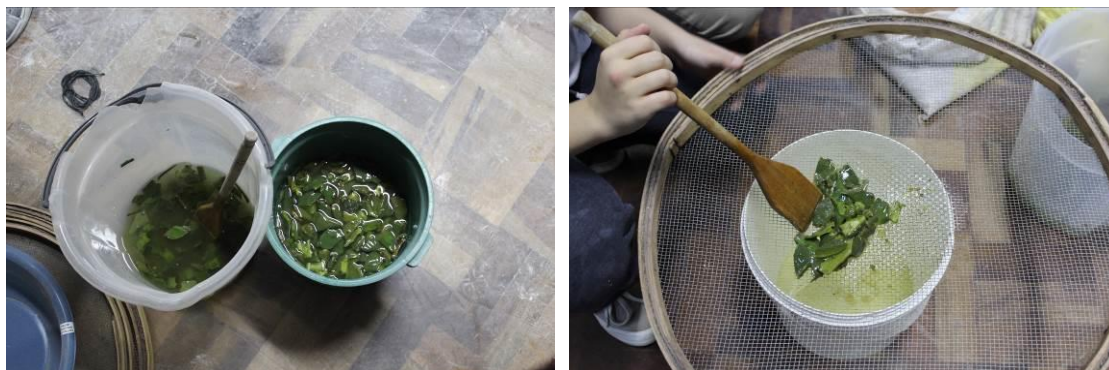
homenagear o arquiteto Sérgio Rodrigues, famoso por desenhar poltronas, recentemente falecido, com a frase “Poltrona mole pra quem dá duro”, de sua própria autoria. O desenho foi feito em computador e projetado na parede.



Figura 26 – Projeção da imagem na parede da sala PD-07

Fonte: arquivo pessoal

Nesta Oficina foram utilizadas argilas verde, cor-de-rosa, cinza, vermelha, preta e branca, terras argilosas e arenosas de variadas colorações, e cal de pintura para pigmentos. Para aglutinantes foram utilizados a cola branca PVA, leite (caseína), goma de cacto e goma de babosa. O solvente utilizado foi água.



Figuras 27 e 28 – Goma de cacto e goma de babosa, respectivamente

Fonte: arquivo pessoal

Os participantes aprenderam a técnica de preparação das tintas seguindo as receitas fornecidas pela cartilha cores da terra da Universidade

Federal de Viçosa, e utilizaram aditivos naturais para melhorar seu desempenho, como o óleo de linhaça para garantir durabilidade, e sal para acelerar o processo de secagem das tintas.



Figuras 29 e 30 – Preparação das tintas

Fonte: arquivo pessoal

Os alunos utilizaram a haste da bateadeira acoplada em uma furadeira para mexer a tinta e dissolver os grãos de terra que ficavam no fundo do balde, e perceberam a diferença entre fazer tinta natural com terra argilosa e terra arenosa.

O resultado surpreendeu os alunos da arquitetura, professores e todos que frequentam a sala de aula PD-07 do Centro Politécnico, pois as tintas naturais conferiram mais vida e cor àquela parede branca no fundo da sala.



Figura 31 – Resultado da pintura na sala PD-07 no Centro Politécnico da UFPR

Fonte: arquivo pessoal

A pintura no Centro Politécnico foi realizada em três finais de semana, um a mais que o previsto na programação da oficina, pois na etapa de lixação da parede foi descoberto uma lousa pintada com tinta a óleo na parede, em baixo da massa corrida que fora retirada. Como visto na revisão bibliográfica, as tintas naturais devem ser aplicadas em superfícies porosas, e não seria possível aderir a tinta em uma superfície com tinta a óleo. Portanto foi preciso retirar a lousa com espátulas para depois varrer a parede e passar um rolo úmido, somente depois deste procedimento a parede poderia receber a primeira demão de tinta.

Além disso, na oficina do Centro Politécnico não foram feitas misturas de cores, e a coloração preta foi obtida com argila preta e terra arenosa escura. A tinta elaborada com argila preta não obteve resultados satisfatórios, pois, ao secar, a cor clareou e resultou em uma coloração cinza claro. A tinta elaborada com terra arenosa escura também não agradou os participantes no momento de aplicação, pois o pigmento arenoso não dissolveu na água com aglutinante, decantando-se no fundo do balde. Após seis meses da pintura do Centro Politécnico, os alunos que frequentam a sala de aula PD-07 sentem a necessidade de repintar as partes do desenho com uma coloração preta mais viva, e fazer a manutenção da pintura feita com argila verde, que descascou com o tempo.

#### 4.3 OFICINA DE TINTAS NATURAIS NO CEM, UFPR

Em uma Oficina de Tintas Naturais ministrada em março de 2015 no Centro de Estudos do Mar (CEM) da Universidade Federal do Paraná, campus Pontal do Paraná, os alunos do curso de Oceanografia e moradores da comunidade local exploraram mais cores através da mistura das tintas feitas com terra e argila. No total foram elaboradas 13 cores de tintas.





Figura 32 – Cores elaboradas na Oficina de Tintas Naturais do CEM da UFPR

Fonte: arquivo pessoal

Nesta Oficina realizada em março de 2015, os participantes elaboraram cores a partir de pigmentos de terra argilosa, argilas verde, cinza e vermelha, cal de pintura e carvão vegetal. O aglutinante utilizado foi o leite (caseína) e cola branca PVA. Utilizaram água como solvente e seguiram as receitas fornecidas pela cartilha cores da terra da Universidade Federal de Viçosa.



Figuras 33 e 34 – Elaboração das tintas

Fonte: arquivo pessoal

Nesta oficina foi explorado o uso da haste de batedeira acoplada em uma furadeira para mexer a tinta e dissolver os grãos de terra que ficavam ao fundo do balde. Também foram utilizados o óleo de linhaça e sal como aditivos para melhorar o desempenho e durabilidade das tintas.



Figuras 35 e 36 – Preparação da tinta com haste de bateadeira e furadeira

Fonte: arquivo pessoal

Foi testada uma nova experiência de produzir a cor preta, através do carvão vegetal. Os alunos moeram os pedaços de carvão e peneiraram para que o pó preto fosse adicionado à tinta de argila cinza, formando-se assim uma forte coloração preta utilizada como contorno do desenho e para pintas algumas partes da parede.



Figuras 37 e 38 – Elaboração da tinta preta com carvão vegetal

Fonte: arquivo pessoal

Os participantes se surpreenderam com a facilidade em elaborar tintas coloridas utilizando o solo como pigmento, e elaboraram um desenho para homenagear o curso de Oceanografia. Os alunos desenharam uma mandala na parede do Centro Acadêmico do curso, composta por variadas formas

simétricas que formavam uma rosa-dos-ventos, envolvida por um polvo, símbolo do curso.



Figuras 39 e 40 – Desenho da mandala na parede do Centro Acadêmico

Fonte: arquivo pessoal

Em uma outra experiência testada nesta oficina foi a pintura sem o uso de pincéis e rolos. Os participantes pensaram em garantir um efeito de vida ao polvo que envolvia a mandala, para isso utilizaram apenas os dedos em movimentos circulares, quebrando a homogeneidade da tinta feita com argila verde.



Figuras 41 e 42 – Polvo na mandala pintado com os dedos

Fonte: arquivo pessoal

O resultado surpreendeu os participantes da Oficina, que levaram o restante de tintas para pintar e desenhar em paredes de suas casas.





Figura 43 – Resultado da pintura da parede do Centro Acadêmico no CEM da UFPR, Pontal do Paraná – PR

Fonte: arquivo pessoal

Após dois meses, as cores permanecem duradouras e as misturas de colorações mostram-se positivas com o tempo. Apenas as tintas de coloração verde apresentaram rachaduras em algumas áreas, pois a montmorilonita é uma argila verde expansiva. O uso do carvão vegetal foi satisfatório na obtenção da cor preta, e os usuário do Centro Acadêmico estão satisfeitos com os resultados. No entanto, apenas na parte inferior da parede há necessidade de repintura, pois a alvenaria encontrava-se com infiltrações.

A pintura da mandala pôde explorar a criatividade dos alunos de Oceanografia, e a pintura do polvo com as mãos comprovou que a utilização das tintas naturais é um processo artesanal que não requer mão de obra especializada e técnicas avançadas.

## 5 ENSAIO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

A etapa experimental da pesquisa consiste em avaliar o desempenho das amostras de tintas frente ao intemperismo através do teste de Envelhecimento Acelerado, conforme ABNT NBR 15380 de 07/2006 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Resistência à radiação UV / condensação de água por ensaio acelerado. Esta Norma descreve o método para simular, de modo acelerado em laboratório, a deterioração causada por chuva, orvalho e pela radiação ultravioleta que compõe a luz solar, em películas de tintas e vernizes.

A confiabilidade dos resultados obtidos na execução deste ensaio depende das boas práticas experimentais, principalmente no que se refere ao treinamento do usuário, ao bom estado dos equipamentos e à calibração dos padrões utilizados (NBR 15380, 2006).

Para os efeitos desta norma, define-se intemperismo acelerado como: “simulação em laboratório, de modo acelerado, da ação natural da incidência de chuva, orvalho e radiação ultravioleta sobre películas de tintas e vernizes”. Para tanto, a norma recomenda o uso de aparelho de ensaio de intemperismo acelerado com sistema de radiação e condensação, com controle de temperatura do painel negro (NBR 15380, 2006).

### 5.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA

A seleção da amostra se deu a partir da análise dos dados coletados da revisão bibliográfica, considerando a disponibilidade dos insumos para a obtenção das tintas.

#### 5.1.1 Materiais e substratos

Para a elaboração dos corpos de prova foram utilizados moldes metálicos com dimensões 10 x 7 x 1,5 cm, cimento CP II E 32, cal hidratada CH III, areia média lavada, e água potável.

Durante o procedimento de moldagem, após a secagem da areia, foi misturado o cimento, a cal hidratada e a areia peneirada na proporção 1:1:6 em volume em um recipiente não absorvente até a perfeita homogeneização. Pesou-se uma quantidade de material suficiente para preencher o molde, e adicionada a água.

A superfície foi nivelada e seca por 2 horas e, após 48 horas, foram desmoldados e curados à temperatura ambiente de  $(25 \pm 2)$  °C e umidade relativa do ar superior a 50%, em local ventilado, durante 28 dias, conforme recomenda a norma ABNT NBR 15380.

Os substratos utilizados para a aplicação das amostras de tinta foram 5 placas de argamassa preparadas conforme o Anexo A da norma ABNT NBR 15380, com dimensões de 10 x 7 x 1,5 cm. Após a secagem conforme a norma, os substratos receberam a aplicação de 3 demãos das amostras de tinta a serem avaliadas.



Figuras 44 e 45 – Corpos de prova

Fonte: Arquivo pessoal

### 5.1.2 Aplicação das amostras de tinta

Nos substratos foram aplicadas cinco amostras de tintas (figuras 46, 47, 48 e 50) cujas receitas foram coletadas de revisão bibliográfica, sendo:

- Amostra nº 1: tinta de cola branca PVA, cal de pintura, óleo de linhaça e água;
- Amostra nº 2: tinta de terra, cola branca PVA e água, mais conhecida;
- Amostra nº 3: tinta de cal hidráulica, leite desnatado, água e sal de cozinha;

- Amostra n° 4: tinta de argila verde, cola branca PVA, água e sal;
- Amostra n° 5: tinta imobiliária convencional de alta resistência.



Figura 46 – Amostra n°1  
Fonte: arquivo pessoal



Figura 47 – Amostra n°2  
Fonte: arquivo pessoal



Figura 48 – Amostra n°3  
Fonte: arquivo pessoal



Figura 49 – Amostra n°4  
Fonte: arquivo pessoal



Figura 50 – Amostra n°5  
Fonte: arquivo pessoal

Após a aplicação das 5 amostras de tintas, os corpos de prova passaram pelo procedimento de secagem por 7 dias em ambiente com troca de ar, à temperatura de  $(25 \pm 2)$  °C e umidade relativa do ar  $(60 \pm 5)\%$ , conforme recomenda a norma ABNT NBR 15380.

## 5.2 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS

### 5.2.1 Equipamento

O equipamento utilizado foi QUV/se, que possui acomodação para os corpos-de-prova e assegura que a irradiância em qualquer ponto na área usada seja, pelo menos, 90% do valor máximo nesta área, conforme recomendado pela norma. Segue abaixo uma representação fotográfica do equipamento.



Figura 51 – Equipamento de Intemperismo QUV/se

Fonte: Arquivo pessoal

Para a simulação de radiação solar, foram utilizadas lâmpadas fluorescentes de luz ultravioleta tipo UVA-340, que apresenta os valores de energia de irradiação na região espectral ultravioleta conforme a Tabela 6, e as

porcentagens correspondentes à parcela de irradiância sobre o total da região ultravioleta representada na tabela 7.

Faixa nm	Lâmpada UVA-340	Lâmpada UVB-313
260 – 270	0,0%	<0,1%
271 – 280	0,0%	0,1-0,7%
281 – 290	0,0%	3,2-4,4%
291 – 300	<0,2%	10,7%-13,7%
301 – 320	6,2-8,6%	38,0-44,6%
321 – 340	27,1-30,7%	25,5-30,9%
341 – 360	34,2-35,4%	7,7-10,7%
361 – 380	19,5-23,7%	2,5-5,5%
381 – 400	6,6-7,8%	0,0-1,5%

Tabela 6 – Porcentagens indicadas para cada tipo de lâmpada, correspondente à parcela de irradiância sobre o total da região ultravioleta de 260 nm a 400 nm

Fonte: ABNT NBR 15380

Faixa nm	Lâmpada UVA-340	Lâmpada UVB-313
300 – 400	87,3%	88,5%
401 – 700	12,7%	11,5%

Tabela 7 - Porcentagens indicadas para cada tipo de lâmpada, correspondentes à parcela de irradiância sobre o total da região ultravioleta e visível, de 300 nm a 700 nm

Fonte: ABNT NBR 15380

A distribuição de energia espectral das lâmpadas utilizadas no experimento estão representadas o gráfico 1 a seguir.

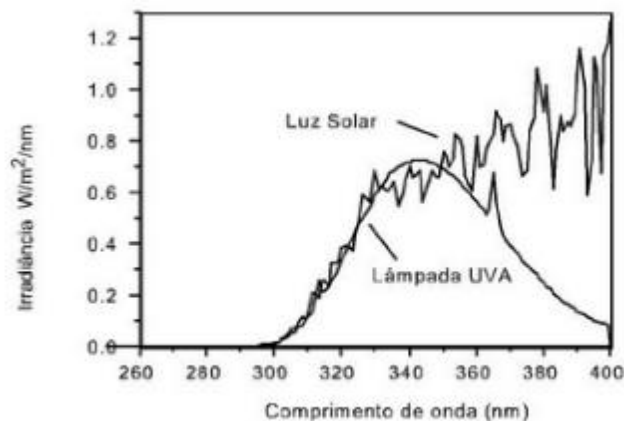


Gráfico 1 – Valores de distribuição espectral típicas de lâmpadas UVA

Fonte: ABNT NBR 15380.

O equipamento utilizou o ajuste para o ciclo de exposição na condição 1, sugerido pela NBR 15380, como mostra a tabela 8 a seguir, em que os corpos de prova foram expostos por 8 horas na câmara com  $(60 \pm 3)^{\circ}\text{C}$  de Temperatura Painel Negro.

Condição	Lâmpada	Irradiância $\text{W/m}^2/\text{nm}$	Ciclo de exposição
1	UVA-340	0,77	8 h UV a $(60 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ de Temperatura Painel Negro 4 h Condensação a $(50 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ Temperatura Painel Negro
2	UVB-313	0,63	4 h UV a $(60 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ de Temperatura Painel Negro 4 h condensação a $(50 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ de Temperatura Painel Negro

Tabela 8 – Ciclos de exposição

Fonte: ABNT NBR 15380

### 5.2.2 Execução

Os corpos de prova foram fixados na bandeja do equipamento com o auxílio do dispositivo de fixação. As amostras ficaram expostas pelo período de 600 horas, com avaliações a cada 200 horas, por serem tintas de dispersão aquosa, como recomenda a ABNT NBR 15380.

### 5.2.3 Leitura dos resultados

A leitura dos resultados foi realizada em duas etapas.

A primeira etapa consistiu em uma inspeção visual da variação de cor nos intervalos de 200, 400 e 600 horas, considerando o relatório técnico fornecido pelo laboratório de materiais do LACTEC (ANEXO A).

A segunda etapa foi realizada em uma sala escura no laboratório de ambiente construído da UFPR (figura 52), em que as amostras foram colocadas em uma mesa horizontal expostas à iluminância de 198.7 lux, medidos por um luxímetro (figuras 53 e 54). Para esta etapa, foram utilizados: mesa para apoio de 1,3 metros de altura, lâmpada incandescente refletora há 2,3 metros de altura, tripé com câmera profissional Nikon há 1,5 metros de altura, presentes na figura 52.



Figura 52 – Sala escura da UFPR para leitura da variação de cor

Fonte: arquivo pessoal





Figuras 53 e 54 – Medição com luxímetro

Fonte: arquivo pessoal

Foi utilizado um luminancímetro (figura 55) para medir a luminância de cada amostra (figura 56), ensaiada e não ensaiada, para cálculo de refletância de cada uma.



Figuras 55 e 56 – Medição com luminancímetro

Fonte: arquivo pessoal

Posteriormente, as imagens fotográficas de cada amostra foram submetidas à leitura quantitativa das variações das propriedades de cor CMYK e RGB de um ponto no corpo de prova, através do software Corel Draw X6, utilizando a ferramenta *Color Eyedropper Tool* (figura 58).

O sistema de cor CMYK são as cores secundárias: ciano (C), magenta (M), amarelo(Y) e preto (K). É um sistema substrativo formado pela absorção da luz. O ciano é formado pelo azul e verde; o amarelo é o verde com

vermelho, o magenta é o azul com vermelho; o branco é a presença de todas as cores enquanto o preto é a ausência de todas elas. São medidos em porcentagem de 0 (branco) a 100 (preto) (CHÁVEZ, 2011; CAVALCANTI, 2007).

O sistema de cor RGB (red, green e blue) é um sistema aditivo que identifica as quantidades de cores primárias: vermelho, verde e azul que compõem uma cor. Baseiam-se na sensibilidade do olho humano, medidos em unidades de 0 (preto) a 255 (branco) (CHÁVEZ, 2011; CAVALCANTI, 2007).

Os sistemas de cor CMYK e RGB estão representados na figura 57 a seguir.

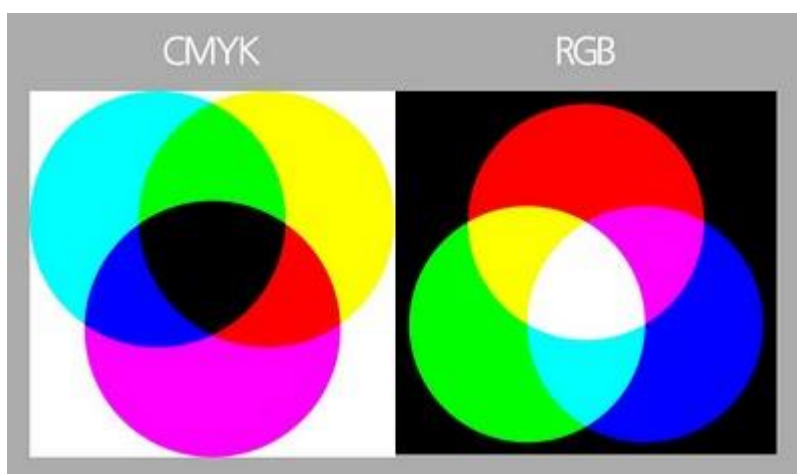


Figura 57 – Representação dos sistemas de cor CMYK e RGB

Fonte: CAVALCANTI, 2007.

O sistema RGB é conhecido como sistema cor-luz, enquanto o sistema CMYK é conhecido como sistema cor-pigmento. Ambos são o oposto físico/matemático do outro e suas permutações indicam as relações entre as cores opostas e/ou complementares bem como as relações entre positivo/negativo de cores e de luz (ROCHA, 2011).

Segundo Rocha (2011), toda cor possui outra cor complementar ou oposta. A cor oposta cancela a cor existente, portanto, o vermelho é oposto ao ciano; o verde é oposto ao magenta; o azul é oposto ao amarelo e vice-versa. Por este motivo, os gráficos de CMYK e RGB de cada amostra apresentaram comportamentos contrários. Ou seja, em uma amostra que apresentou

aumento nas porcentagens de CMYK, é comum que seu gráfico do sistema RGB apresente diminuição em suas unidades.

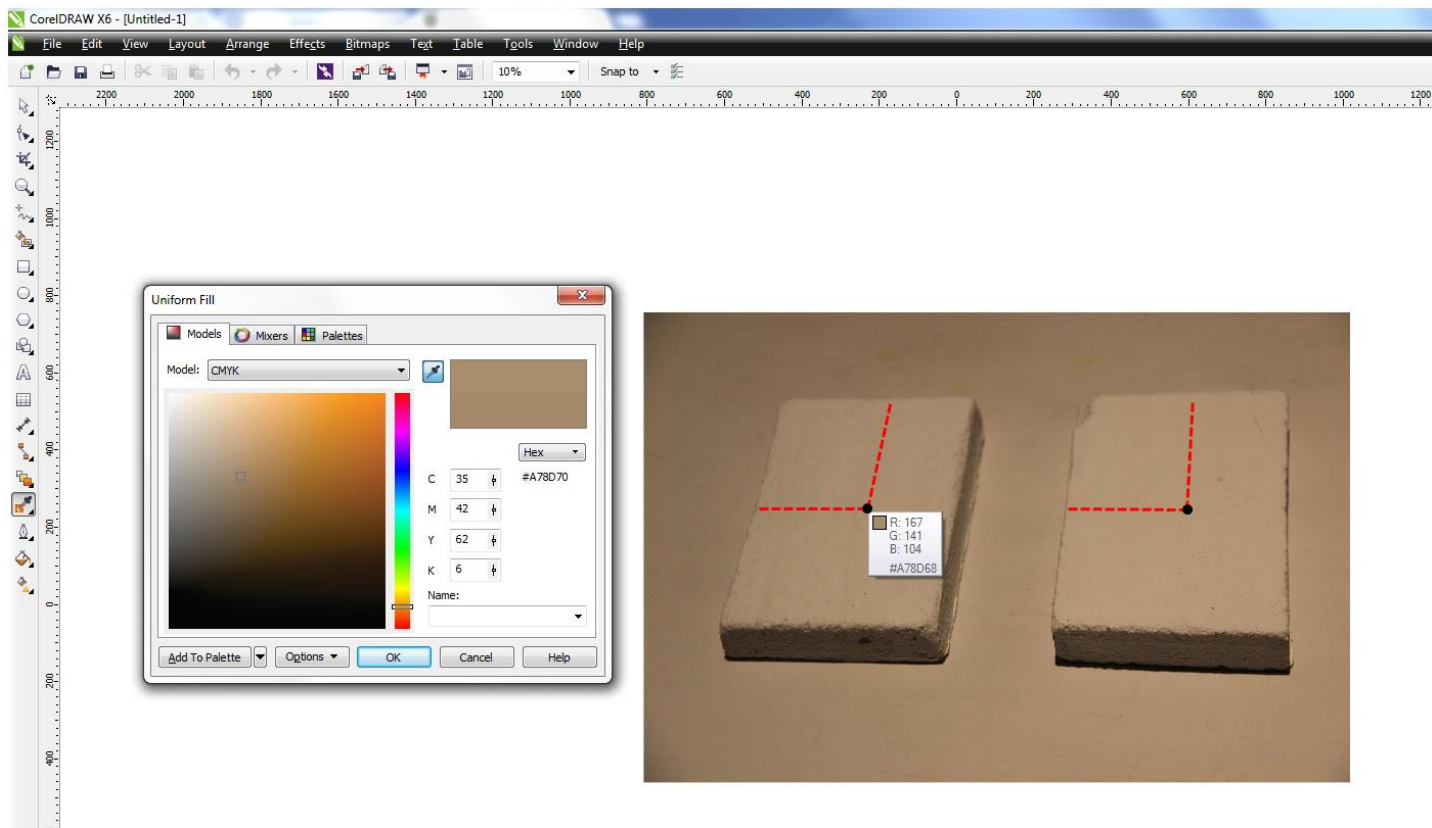


Figura 58 – Avaliação dos sistemas de cor através do software Corel Draw X6

Fonte: arquivo pessoal

Para cálculo da refletância ( $r$ ) de cada amostra foi utilizado a seguinte fórmula matemática:

$$E = \frac{L \times \pi}{r}$$

Em que: E: iluminância (lux)

L: luminância (Cd/m<sup>2</sup>)

Os valores levantados de refletância, iluminância e luminância de cada amostra encontram-se no APÊNDICE A, ao final deste trabalho.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 INSPEÇÃO VISUAL

#### 6.1.1 CP1 - tinta de cal, cola branca PVA, óleo de linhaça e água

Após a primeira medição de 200 horas no equipamento, o CP1 não obteve variações significativas de cor, como mostra a figura 59. Após 400 horas, o CP1 apresentou variação de cor pouco visível, observando-se fraco clareamento em partes do substrato (figura 60). Ao final de 600 horas, o CP1 apresentou forte clareamento de forma homogênea com manchas amareladas nas bordas do substrato, enquanto o corpo de prova que não passou pelo processo de envelhecimento acelerado apresentou gradativa tonalidade amarelada (figura 61).

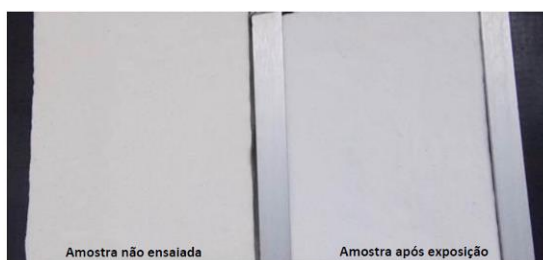


Figura 59 – CP1 após 200 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal

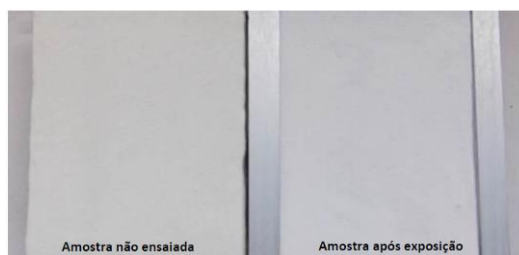


Figura 60 – CP1 após 400 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal



Figura 61 – CP1 após 600 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal

#### 6.1.2 CP2 - tinta de terra, cola branca PVA e água

Após a primeira medição de 200 horas no equipamento, o CP2 apresentou leve escurecimento de forma homogênea em toda a amostra de tinta, como mostra a figura 62. Após 400 horas, o CP2 apresentou variação de cor pouco visível (figura 63). Ao final de 600 horas, o CP2 apresentou escurecimento (figura 64), e as rachaduras no substrato aconteceram devido ao manuseio no laboratório, não ao processo de envelhecimento acelerado.



Figura 62 – CP2 após 200 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal



Figura 63 – CP2 após 400 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal



Figura 64 – CP2 após 600 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal

### 6.1.3 CP3 - tinta de cal, caseína, água e sal

Após as medições de 200 (figura 65), 400 (figura 66) e 600 (figura 67) horas no equipamento, o CP3 não apresentou alterações de cor ou característica da amostra de tinta natural.

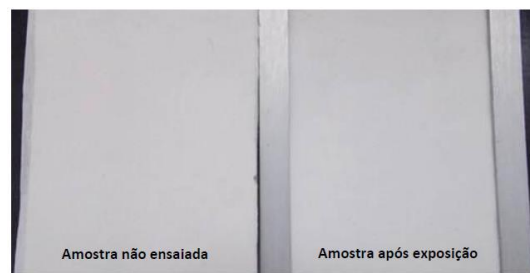


Figura 65 – CP3 após 200 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal

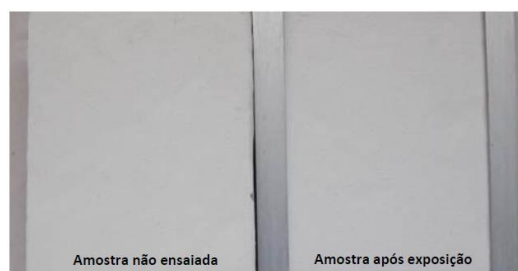


Figura 66 – CP3 após 400 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal



Figura 67 – CP3 após 600 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal

#### 6.1.4 CP4 - tinta de argila verde, cola branca PVA, sal e água

Após a primeira medição de 200 horas no equipamento, o CP4 apresentou leve escurecimento de forma homogênea no substrato, como mostra a figura 68. Após 400 horas, o CP4 apresentou leve escurecimento e rachaduras na amostra de tinta na parte superior do substrato (figura 69). Ao final de 600 horas, o CP4 apresentou forte variação de cor, atingindo tonalidade acinzentada de forma homogênea em todo o substrato, e fortes rachaduras em partes da amostra de tinta (figura 70).

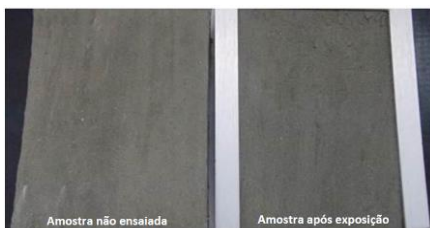


Figura 68 – CP4 após 200 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal



Figura 69 – CP4 após 400 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal



Figura 70 – CP4 após 600 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal

#### 6.1.5 CP5 - tinta branca industrializada de alta resistência

Após as medições de 200 (figura 71), 400 (figura 72) e 600 (figura 73) horas no equipamento, o CP5 não obteve alterações de cor ou característica da amostra de tinta imobiliária industrializada de alta resistência.

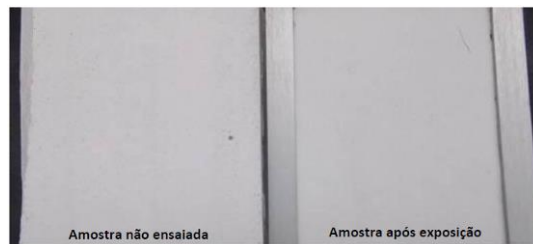


Figura 71 – CP5 após 200 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal

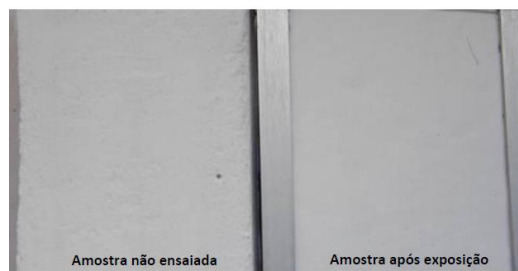


Figura 72 – CP5 após 400 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal





Figura 73 – CP5 após 600 horas no equipamento

Fonte: arquivo pessoal

## 6.2 LEITURA DOS SISTEMAS DE COR CMYK E RGB

### 6.2.1 CP1 - tinta de cal, cola branca PVA, óleo de linhaça e água

O CP1 careou ao final do ensaio (CP1-b) e apresentou resultados finais positivos, quando comparados à amostra não ensaiada (CP1-a), conforme mostra a figura 74.

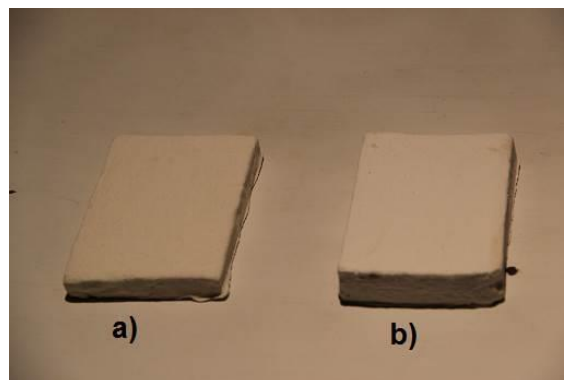


Figura 74 – CP1-a e CP1-b

Fonte: arquivo pessoal

Através da medição da variação dos componentes de cor CMYK (tabela 9 e gráfico 2) e RGB (tabela 10 e gráfico 3), pôde-se perceber a perda significativa de cores C, M, Y e K, e aumento significativo de RGB entre CP1-a e CP1-b. O cálculo para CP1 apresentado no APÊNDICE A indicou aumento de 5,2% de refletância entre as amostras, concluindo seu clareamento após o ensaio de intemperismo acelerado.

O óleo de linhaça é um aditivo natural que garante melhor desempenho das tintas naturais frente ao intemperismo. Deve ser utilizado em quantidades conforme estabelecido pela receita (150 ml para 8 litros de água), pois em excesso o óleo de linhaça prejudica a aplicação e trabalhabilidade da tinta.

	CP1 - a	CP1 - b
C	35	29
M	47	40
Y	65	56
K	9	2

Tabela 9 – CP1-a e CP1-b:  
quantidades de CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

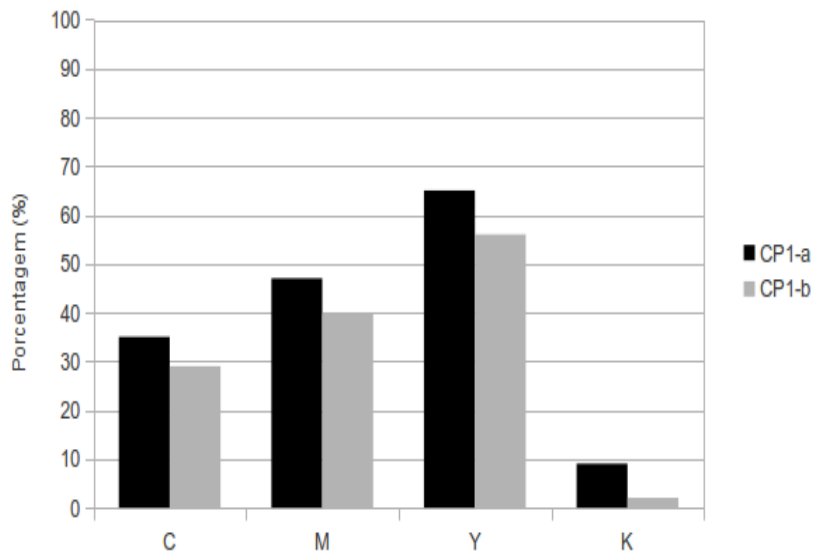


Gráfico 2 – CP1-a e CP1-b: CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

	CP1 - a	CP1 - b
R	163	182
G	132	154
B	101	123

Tabela 10 – CP1-a e CP1-b:  
quantidades de RGB

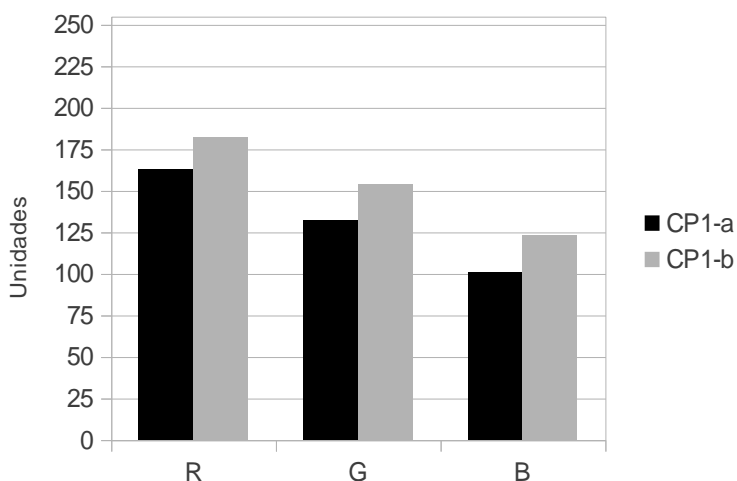


Gráfico 3 – CP1-a e CP1-b: RGB  
Fonte: arquivo pessoal

Fonte: arquivo pessoal

#### 6.2.2 CP2 - tinta de terra, cola branca PVA e água

No corpo de prova 2, a amostra de tinta de terra comumente conhecida apresentou envelhecimento normal e esperado (CP2-b), em comparação com o corpo de prova não ensaiado (CP2-a), conforme mostra a figura 75.

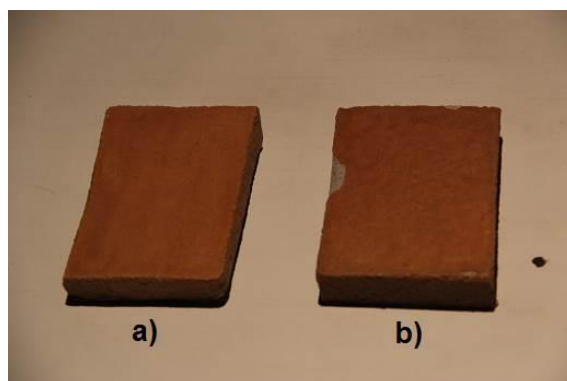


Figura 75 – CP2-a e CP2-b

Fonte: arquivo pessoal

Através da medição da variação dos componentes de cor CMYK (tabela 11 e gráfico 4) e RGB (tabela 12 e gráfico 5), pôde-se perceber uma diminuição significativa de C e K, aumento de M, e nenhuma variação de Y entre CP2-a e CP2-b, levando a amostra ensaiada ao escurecimento após o intemperismo acelerado. As unidades de RGB apresentaram aumento pouco significativo.

O cálculo para CP2 apresentado no APÊNDICE A indicou diminuição de 3,6% de refletância entre as amostras, concluindo seu escurecimento após as 600 horas de ensaio no equipamento.

	CP2 - a	CP2 - b
C	38	33
M	79	82
Y	100	100
K	51	43

Tabela 11 – CP2-a e CP2-b:  
quantidades de CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

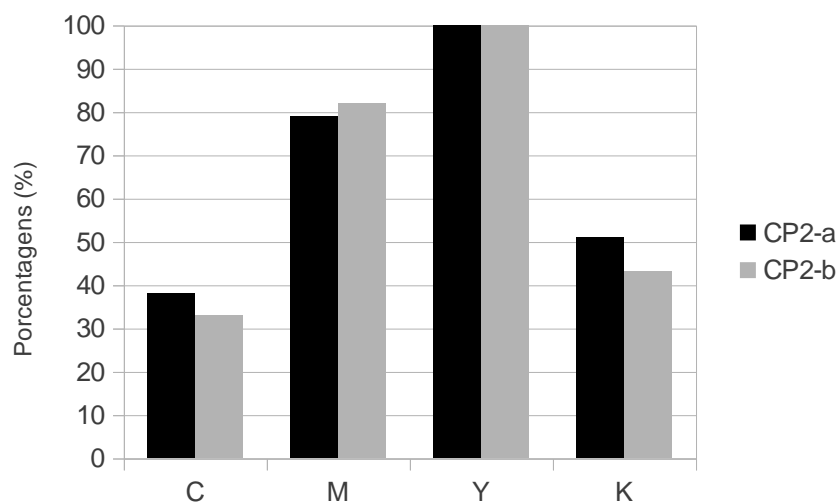


Gráfico 4 – CP2-a e CP2-b: CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

	CP2 - a	CP2 - b
R	111	123
G	54	58
B	24	28

Tabela 12 – CP2-a e CP2-b:  
Quantidades de RGB

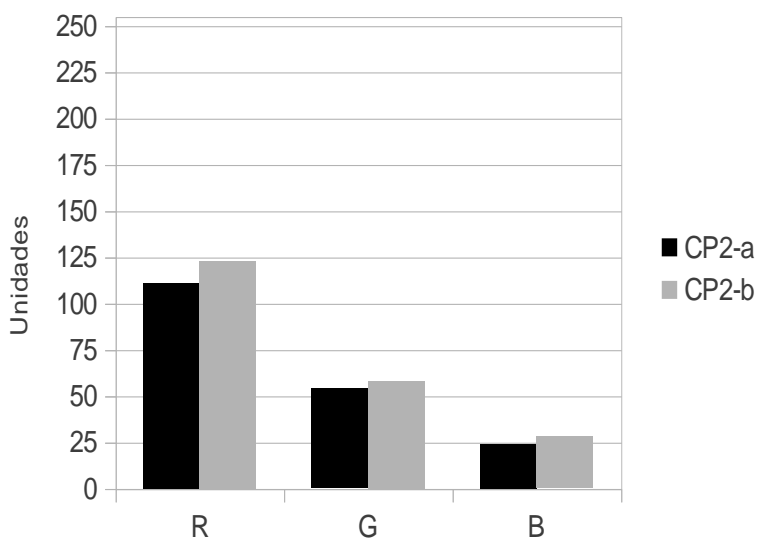


Gráfico 5 – CP2-a e CP2-b: RGB  
Fonte: arquivo pessoal

Fonte: arquivo pessoal

### 6.2.3 CP3 - tinta de cal, caseína, água e sal

O corpo de prova 3 obteve resultados positivos (CP3-a), não tendo sido observadas alterações no substrato, nem variações de cor da amostra de tinta, quando comparado com a amostra não ensaiada (CP3-a), conforme figura 76.

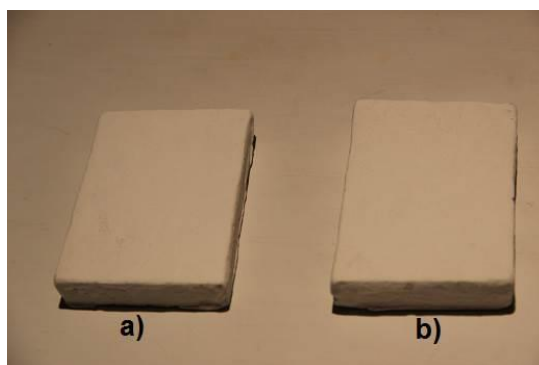


Figura 76 – CP3-a e CP3-b

Fonte: arquivo pessoal

Através da medição da variação dos componentes de cor CMYK (tabela 13 e gráfico 6) e RGB (tabela 14 e gráfico 7), pôde-se perceber uma diminuição pouco significativa de C, M, Y e K, e aumento também pouco significativo de RGB entre CP3-a e CP3-b.

O cálculo para CP3 apresentado no APÊNDICE A indicou aumento de apenas 1,6% de refletância entre as amostras, concluindo um leve clareamento entre a amostra não ensaiada e a amostra que passou pelo intemperismo acelerado. Esta variação pouco significativa de refletância, e números pequenos de variação de cor, comprovam que a amostra de tinta natural aplicada no CP3 apresentou resultados satisfatórios.

A proteína do leite (caseína) mostrou-se um aglutinante eficaz para tintas com pigmento de cal de pintura, quando misturada com sal, que atua como aditivo secante.

	CP3 - a	CP3 - b
C	31	29
M	40	38
Y	62	61
K	3	2

Tabela 13 – CP3-a e CP3-b:  
quantidades de CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

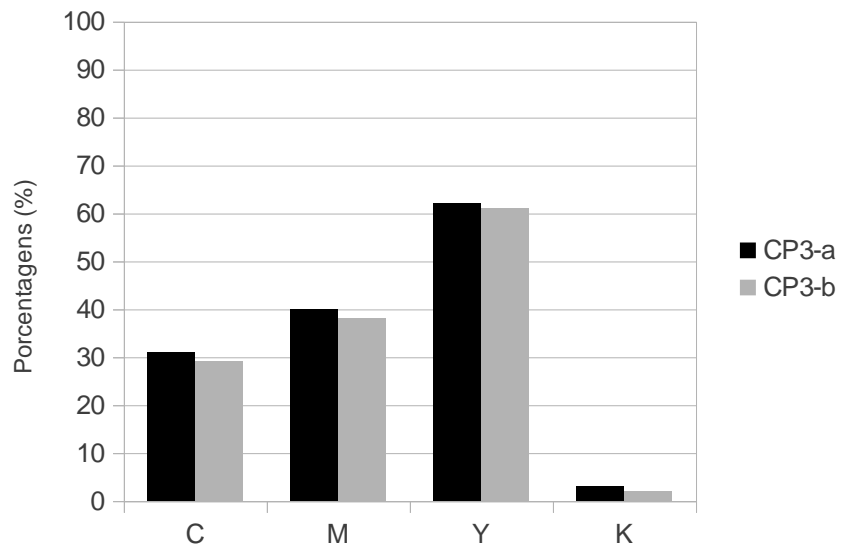


Gráfico 6 – CP3-a e CP3-b: CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

	CP3 - a	CP3 - b
R	179	184
G	150	154
B	116	118

Tabela 14 – CP3-a e CP3-b:  
quantidades de RGB  
Fonte: arquivo pessoal

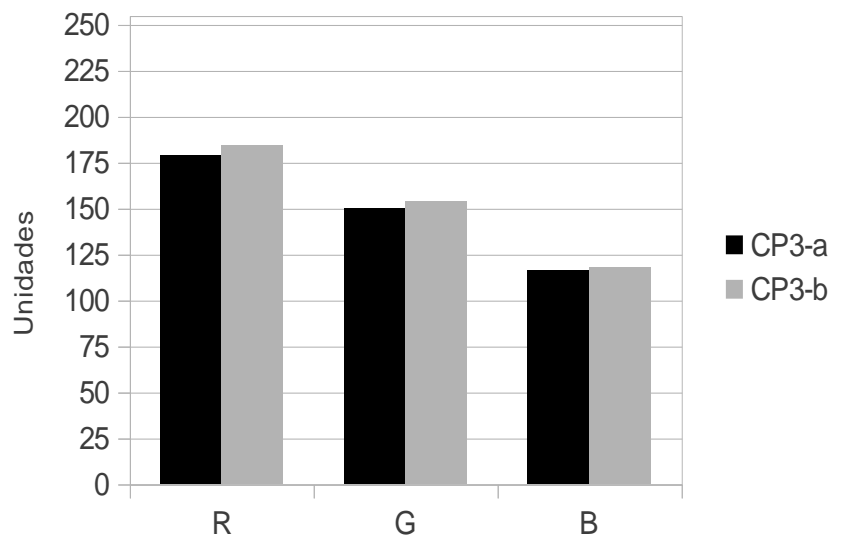


Gráfico 7- CP3-a e CP3-b: RGB  
Fonte: arquivo pessoal

#### 6.2.4 CP4 - tinta de argila verde, cola branca PVA, sal e água

O corpo de prova 4 obteve resultados insatisfatórios, a amostra ensaiada (CP4-b) apresentou rachaduras após as 600 horas de ensaio no equipamento e variações de cor, quando comparada com a amostra não ensaiada (CP4-a), como mostra figura 77.

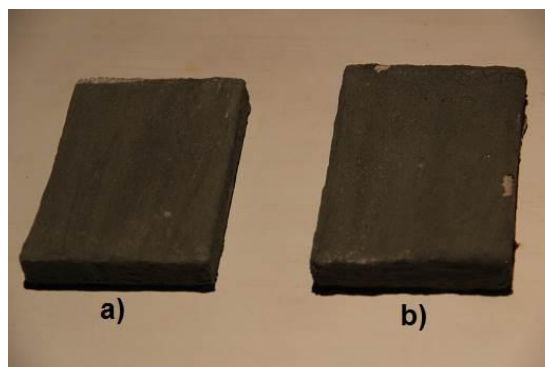


Figura 77 – CP4-a e CP4-b

Fonte: arquivo pessoal

Através da medição da variação dos componentes de cor CMYK (tabela 15 e gráfico 8) e RGB (tabela 16 e gráfico 9), pôde-se perceber uma diminuição significativa de C, M e K, e aumento significativo de Y entre CP4-a e CP4-b. As unidades de RGB apresentaram aumento pouco significativo.

O aumento de cor amarelo entre a amostra não ensaiada e a amostra que passou pelo procedimento de intemperismo acelerado, é responsável pela variação de cor e desbotamento, levando CP4-b a apresentar coloração cinza ao final do experimento. Apesar disso, o cálculo para CP4 apresentado no APÊNDICE A indicou aumento consideravelmente nulo de 0,5% de refletância entre as amostras.

A argila verde (montmorilonita) é expansiva e apresenta rachaduras com o tempo. Propõe-se repensar em alternativas de aglutinantes capazes de evitar as possíveis patologias que podem ocorrer em tintas naturais que utilizam essa argila como pigmento.

	CP4 - a	CP4 - b
C	62	60
M	68	64
Y	75	82
K	82	74

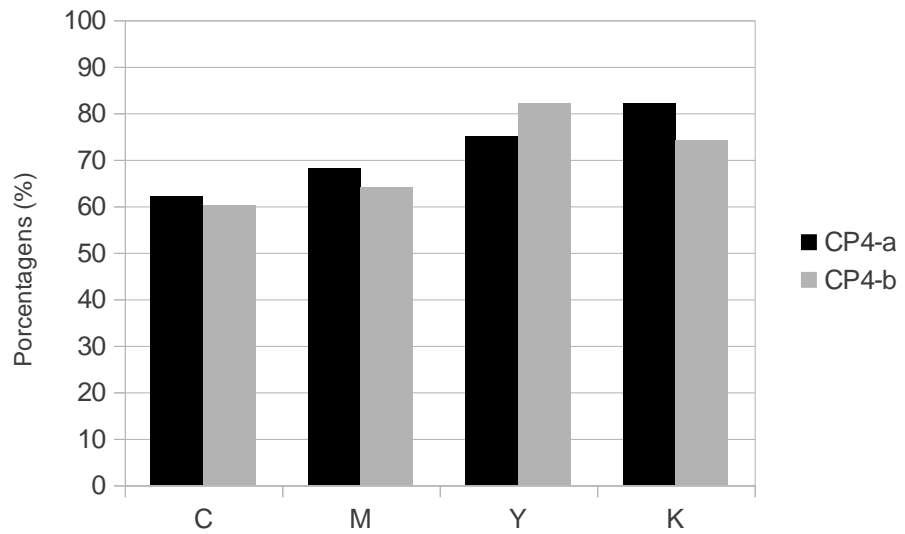


Tabela 15- CP4-a e CP4-b:  
quantidades de CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

Gráfico 8 – CP4-a e CP4-b: CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

	CP4 - a	CP4 - b
R	49	62
G	36	51
B	27	33

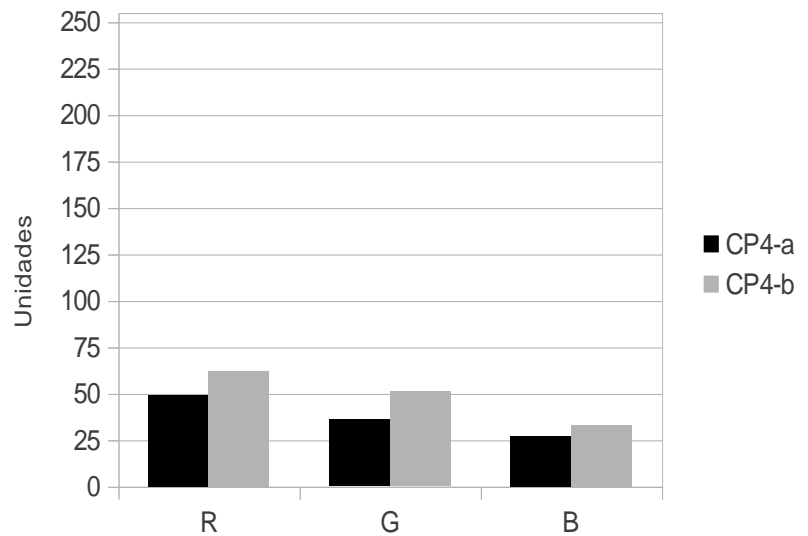


Tabela 16 – CP4-a e CP4-b:  
quantidades de RGB  
Fonte: arquivo pessoal

Gráfico 9 – CP4-a e CP4-b: RGB  
Fonte: arquivo pessoal



### 6.2.5 CP5 - tinta branca industrializada de alta resistência

O corpo de prova 5, como esperado, não apresentou variações de coloração da amostra ou nas características do substrato (figura 78), por se tratar de tinta industrializada de alta resistência, que possui diversas substâncias químicas como aditivo que melhoram a performance da tinta.

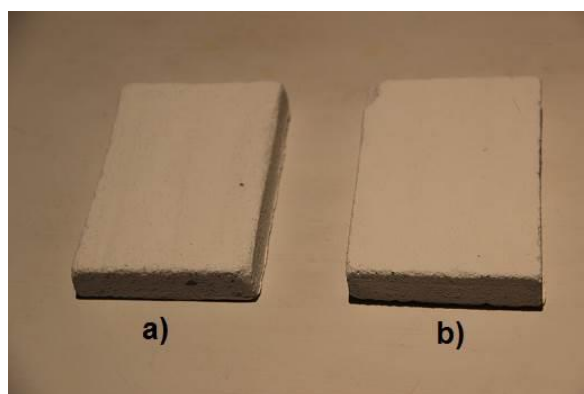


Figura 78 – CP5-a e CP5-b

Fonte: arquivo pessoal

Através da medição da variação dos componentes de cor CMYK (tabela 17 e gráfico 10) e RGB (tabela 18 e gráfico 11), pôde-se perceber variações pouco significativas em ambos sistemas de cor entre CP5-a e CP5-b.

O cálculo para CP5 apresentado no APÊNDICE A indicou diminuição consideravelmente nula de 0,5% de refletância entre as amostras CP5-a e CP5-b, comprovando a alta resistência da tinta industrial ao ser submetida ao ensaio de intemperismo acelerado.

	CP5 - a	CP5 - b
C	33	33
M	39	40
Y	62	60
K	4	4

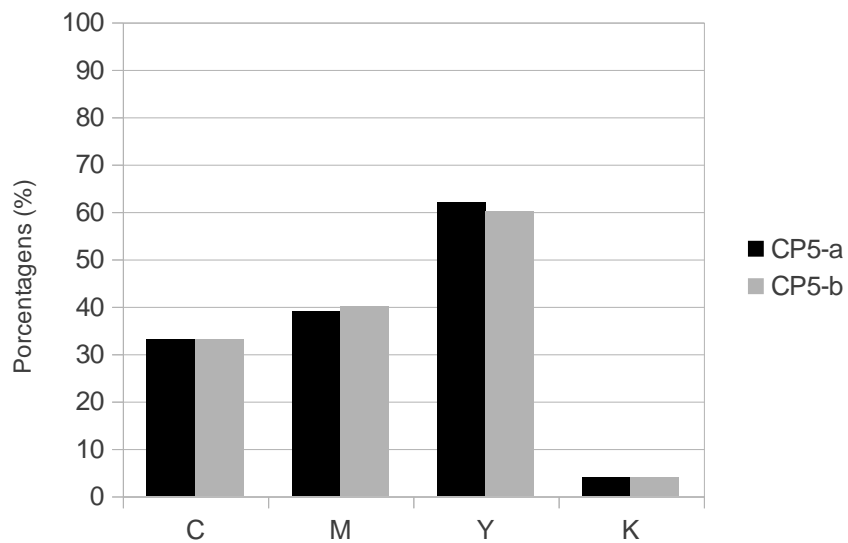


Tabela 17 – CP5-a e CP5-b:  
quantidades de CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

Gráfico 10 – CP5-a e CP5-b: CMYK  
Fonte: arquivo pessoal

	CP5 - a	CP5 - b
R	173	173
G	149	148
B	115	117

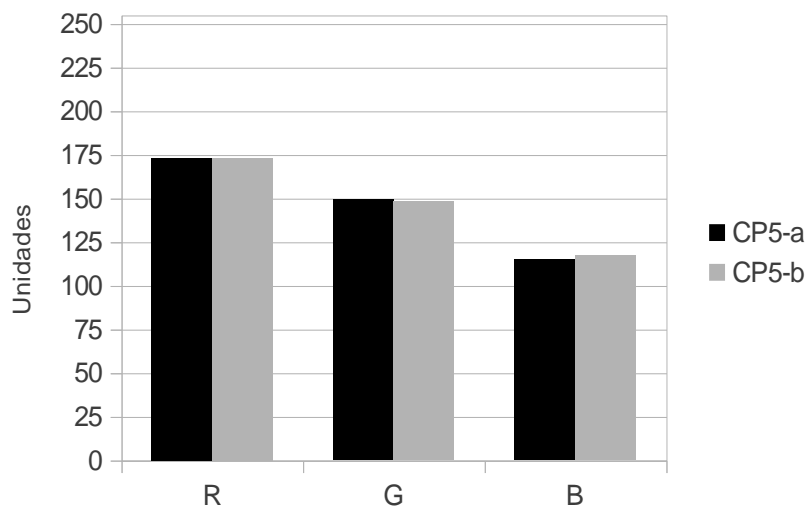


Tabela 18 – CP5-a e CP5-b:  
quantidades de RGB  
Fonte: arquivo pessoal

Gráfico 11 – CP5-a e CP5-b: RGB  
Fonte: arquivo pessoal

## CONCLUSÕES

Os resultados das oficinas surpreenderam os participantes, que não conheciam as técnicas para elaborar tintas com insumos facilmente encontrados na natureza, e as cores vivas que são possíveis alcançar apenas com misturas. Também ficaram fascinados com a simplicidade de fazer tintas, pois as misturas eram feitas com as mãos, uma vez que a tinta natural não tem cheiro e não agride a pele. As pinturas nas paredes com o tempo necessitarão de reparos, pois as tintas naturais possuem durabilidade inferior quando comparadas às tintas industriais, como constatado na etapa experimental desta pesquisa. Os participantes compreenderam a importância das tintas em um ambiente em que passam a maior parte do tempo, e aprenderam que é possível substituir a pintura convencional (tintas industrializadas) de um ambiente por tintas artesanais, elaboradas e aplicadas pelos próprios usuários.

Conclui-se que as técnicas de elaboração e aplicação de tintas elaboradas com insumos de origem natural, apesar de antiga, não é algo comum nos dias atuais. Essa técnica está se perdendo com o tempo, também devido às tintas industrializadas apresentarem valores cada vez mais acessíveis à população de baixa renda. Mesmo que a tinta natural seja feita com cola branca PVA, o gasto para a produção de 18 litros não ultrapassa R\$ 30. No entanto, se forem utilizadas alternativas ecologicamente mais viáveis (em especial, se for considerada a energia embutida) como a goma de babosa, goma de cacto ou polvilho, este valor é nulo se considerarmos que a extração da matéria prima para pigmentos seja simples.

A presente pesquisa apresentou resultados quantitativos das variações de cor que as amostras de tintas naturais sofreram ao serem submetidas ao ensaio de envelhecimento acelerado, comprovando que, apesar de apresentarem resultados inferiores comparadas com a tinta industrializada (como esperado), seu comportamento frente ao intemperismo mostrou-se satisfatório. Com isso, conclui-se que é possível substituir a pintura de edificações por tintas naturais, considerando a diminuição dos impactos ao

meio ambiente, gasto em energia embutida, saúde humana e salubridade dos ambientes internos.

O conhecimento e informações sobre a técnica das tintas naturais deve ser algo difundido em escolas e universidades, pois abrangem um número significativo de usuários que podem participar de oficinas, ou apenas contemplar os bons resultados de algo fácil e simples de ser produzido. Com as oficinas ministradas na Universidade Federal do Paraná, campus Curitiba e Pontal do Sul, pôde-se disseminar a beleza das tintas naturais e avaliar seu desempenho com o tempo. Com a etapa experimental e seus resultados satisfatórios, a presente pesquisa contribui para a diversificação de matérias-primas e comprova a viabilidade no uso de insumos naturais para revestimentos na construção civil.

## **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Avaliar o comportamento destas amostras em ambiente aberto, considerando variáveis como clima, umidade relativa do ar e temperatura.
  - Selecionar outras receitas de tintas naturais para etapa experimental e coletar seus resultados frente ao intemperismo acelerado
  - Desenvolver receitas de tintas naturais utilizando gomas, através da descoberta das quantidades corretas para melhor aplicabilidade e rendimento
  - Avaliar outras propriedades que se modificaram após ensaio acelerado, como brilho e opacidade.
  - Desenvolver melhorias em receitas que utilizam argila verde como pigmento para evitar problemas com rachaduras
  - Calcular energia embutida nas tintas naturais, considerando gastos com extração de matérias primas, transporte de materiais, energia elétrica na fase de preparação.

## Referências Bibliográficas

ABEYSUNDARA, U. G. Y; BABEL, S.; GHEEWALA, S. **A matrix in life cycle perspective for selecting sustainable materials for buildings in Sri Lanka.** Building and Environment. v. 44, ed. 5, 2008.

ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. **Consumo de Tintas e Vernizes.** 2006. Disponível em: <<http://www.abrafati.com.br>>. Acesso em: abr. 2013.

ADALBERTH, K. **Energy use during the life cycle of buildings: a method.** Building and Environment, v. 32, ed. 4, 1996.

ALCÂNTARA, J. B. **Qualidade físico-química de ovos comerciais: avaliação e manutenção de qualidade.** Seminário apresentado ao Doutorado em Ciência Animal, Higiene e Tecnologia de Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2012.

ALVARENGA, D. **Curso de tintas a partir de pigmentos minerais.** Fundação IBI – Tecnologias Alternativas. Belo Horizonte, MG. 2006

ARAÚJO, B. C. **Políticas de apoio à inovação no Brasil: uma análise de sua evolução recente.** IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto 1759. 2012.

ARAÚJO, M. **A Moderna Construção Sustentável.** INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA HABITAÇÃO ECOLÓGICA – IDHEA. 2005. Disponível em: [www.idhea.com.br/artigos1.asp](http://www.idhea.com.br/artigos1.asp). Acesso em: abr. 2013.

BENITES, C. I.; FURTADO, P. B. S.; SEIBEL, N. F. **Características e aspectos nutricionais do ovo.** In: SOUZ-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. Aves e ovos. Pelotas: UFPEL, 2005, p 57-64.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BONDIOLI, F.; MANFREDINI, T.; OLIVEIRA, A. P. N. **Pigmentos inorgânicos: projeto, produção e aplicação industrial**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Laboratório de Materiais – Labmat. Florianópolis – SC. 1998.

BOUSTEAD, I.; HANCOCK, G.F. **Handbook of Industrial Energy Analysis**. Ellis Horwood, Chichester, England. 1979. ISBN 0-85312-064-1.

BRICKUS, L. S. R.; NETO, F. R. A. **A Qualidade do ar de interiores e a química**. Revista Química Nova. ed. 22. LADETEC - Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1999.

BRIGAGÃO, C. **Dicionário de Ecologia**. Rio de Janeiro. ed. 2. 1992.

CAMÕES, A., EIRES, R., JALALI, S. **Old materials and techniques to improve the durability of earth buildings**. University of Minho, Guimarães, Portugal. 2012.

CANTRELL, A.; MCGARVEY, D. J.; TRUSCOTT, T. G.; RANCAN, F.; BÖHM, F. Singlet oxygen quenching by dietary carotenoids in a model membrane environment **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 412, p. 47-54, 2003.

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. **Qualidade do ar interno**. Texto Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1999.

CARVALHO, A. F.; HONÓRIO, L. M.; ALMEIDA, M. R.; SANTOS, P. C.; QUIRINO, P. E. **Cores da terra: fazendo tinta com terra**. Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Solos. Programa TEIA. Viçosa – MG. 2007.

CAVALCANTI, J. Cores em computação gráfica. 2007. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Disponível em: <[http://www.univasf.edu.br/~jorge.cavalcanti/comput\\_graf06\\_Cores.pdf#page=9&zoom=auto,5,-90](http://www.univasf.edu.br/~jorge.cavalcanti/comput_graf06_Cores.pdf#page=9&zoom=auto,5,-90)>. Acesso em 20 abr. 2015.

CHÁVEZ, G, C. **Sistema de Cores**, 2011. Universidade Federal de Ouro Preto. Disponível em: <<http://www.decom.ufop.br/guillermo/BCC326/slides/Processamento%20de%20Imagens%20-%20Sistema%20de%20Cores.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

CLOSA, S. J.; MARCHESICH, C.; CABRERA, M.; MORALES, J. C. M. Composición de huevos de gallina y codorniz. **Archivos Latinoamericanos de nutrición**, Caracas, v. 49, n.2. 1999. Disponível em: <[http://www.alanrevista.org/ediciones/19992/composicion\\_huevos\\_gallina\\_codorniz.asp](http://www.alanrevista.org/ediciones/19992/composicion_huevos_gallina_codorniz.asp)>. Acesso em: 10 set. 2013.

COMPANHIA DE ARQUITETURA E DESIGN – CAD. **Eco-materiais: tintas naturais**. Disponível em: <[http://planetacad.com/presentationlayer/Concelhoutil\\_01.aspx?id=68&canal\\_ordem=0302](http://planetacad.com/presentationlayer/Concelhoutil_01.aspx?id=68&canal_ordem=0302)>. 2010. Acesso em: mar. 2013.

CRUZ, A. J. **Os pigmentos naturais utilizados em pintura**. In Alexandra Soveral Dias, António Estêvão Candeias (org.), **Pigmentos e Corantes Naturais. Entre as artes e as ciências**, Évora, Universidade de Évora, 2007.

DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, R.; PAREDES-LÓPEZ, O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics,

biosynthesis, processing and stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 173- 289, 2000.

Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, Lisboa, Círculo de Leitores, 2002-2003.

ECOCOSTS. Banco de dados da Universidade de Delft, Holanda. Disponível em <http://www.ecocostsvalue.com/EVR/model/theory/subject/5-data.html>, acesso em 21/04/2015.

EPA - Environmental Protection Agency (Org.). **Radon Frequent Questions**. Disponível em: [www.epa.gov/radiation/understand](http://www.epa.gov/radiation/understand). Acesso em: abr. 2013.

FAO. AGRIBUSINESS HANDBOOK - **Poultry Meat & eggs**, 2010 [online], 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/al175e/al175e.pdf>. Acesso em: 10 set. 2013.

GATTI, T.H., CASTRO, R.; OLIVEIRA, D. **Materiais em Arte**: Manual de Manufatura e Prática. Brasília: FAC, 2007.

GOMBRICH, E. H.; **História da Arte**; São Paulo: LTC. Editora, 2008.

GORDILHO, V. A utilização de fibras, pigmentos e corantes naturais brasileiros na criação plástica, associados a possibilidades sintéticas. **Anais**. ANPAP - Encontro Nacional dos Pesquisadores em Artes Plásticas. 1996.

HANDELMAN, G. J. The evolving role of carotenoids in human biochemistry. **Nutrition**, v. 17, n. 10, p. 818-822, 2001.



INSTITUTO ECO DESENVOLVIMENTO. **Tintas Naturais**. 2012. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2012/agosto/ecod-basico-tintas-naturais#ixzz2Nv9cAyAb>>. Acesso em: mar. 2012.

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA HABITAÇÃO ECOLÓGICA – IDHEA. **Tintas ecológicas**. 2005. Disponível em: <[www.idhea.com.br/pdf/tintas.pdf](http://www.idhea.com.br/pdf/tintas.pdf)>. Acesso: mar. 2013.

LEFREVE, F.; ROBE, P.; JARRIN, C; GINOLHAC, A.; ZAGO, C.; AURIOL, D.; VOGEL, T. M.; SIMONET, P; NALIN, R. **Drugs from hidden bugs: their discovery via untapped resources**. Elsevier. Institut Pasteur. Research in microbiology. p. 153 – 161. 2008.

LYNG, S. M. O. **Atividades antioxidante de carotenóides naturais e modificados**. Tese (Doutorado) em Ciências Bioquímica. Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba. 2004.

MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I.; HORNERO-MÉNDEZ, D.; GARRIDO-FERNÁNDEZ, J. Detection of bixin, lycopene, canthaxanthin and b-apo-8'-carotenal in products derived from red pepper. **Journal of the AOAC International**, v. 78, n. 2, p. 491- 496, 1995.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Revisão da resolução CONAMA n° 307/2002: reclassificação dos resíduos de tintas**. Parecer do Instituto o Direito por um Planeta Verde. Processo:02000.001299/2011-14. fev, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/93127174/Parecer%20Embalagens%20de%20Tintas%20-%20Planeta%20Verde.pdf>>. Acesso em: março, 2015.

MINKE, G. **Manual de construcción em tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual**. Uruguay, 1994.

OLIVEIRA, C. N. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificação**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2009.

PARKER, J. The toxic zone. **Buildings Services the CIBSE journal**, v.15, n.03, p. 24-26, 1993.

POLYAKOV, N. E.; LESHINA, T. A.; KONOVALOVA, T. A.; KISPERT, L. D. Carotenoids as scavengers of free radicals in a fenton reaction: antioxidants or prooxidants? **Free Radical Biology & Medicine**, v. 31, n. 3, p. 398-404, 2001.

PRIOR, R. L.; CAO, G. in vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 27, n. 11/11, p. 1173-1181, 1999.

PROENÇA, G. **História da Arte**. Editora Ática – São Paulo. 2009.

RAMOS, B. F. S. **Gema de ovo composição em aminas biogénicas e influência da gema na fração volátil de creme de pasteleiro**. Dissertação (Mestrado em Controlo de qualidade) – Faculdade de farmácia, Universidade do Porto, Porto. 2008.

RAW, G. Indoor air quality: Key sources of pollution. **Buildings Services the CIBSE journal**, v.19, n.05, p.27-28, 1997.

ROAF, Sue; FUENTES, Manoel; THOMAS, Stephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 2 ed. 2006.

ROCHA, A. N.; KAIRALLA, R. B.; FERRACIOLI, A. C.; FILHO, C. A. **Aditivos**. In: FAZENDA, J. M. R. (coord.). Tintas e vernizes: ciência e tecnologia. ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. Editora Edgard Blucher. 3 ed. São Paulo. 2005.

ROCHA, J. C. **Cor luz, cor pigmento e os sistemas RGB e CMY**. Revista Belas Artes, art. 3. 2011. Disponível em: <<http://www.belasartes.br/revistabelasartes/downloads/artigos/3/cor-luz-cor-pigmento-e-os-sistemas-rgb-e-cmy.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

SARON, C.; FELISBERTI, M. I. **Ação de colorantes na degradação e estabilização de polímeros**. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. Revista Química Nova, Vol. 29, No. 1, 124-128, 2006.

SEIBEL, N. F. **Transformações bioquímicas durante o processamento do ovo**. In: SOUZ-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. Aves e ovos. Pelotas: UFPEL, 2005, p 77-90.

SHEEN, David. **Primeira terra: arquitetura ecológica integral**. 2 ed. 2006.

SITIVESP - Sindicato de Tintas e Vernizes do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sitivesp.org.br/sitivesp/index.htm>>. Acesso em: abr. 2013.

STERLING, T. D.; COLLETT, C.; RUMEL, D. **A epidemiologia dos edifícios doentes**. Revista Saúde pública. São Paulo, ed. 25, 1991. p. 56-63.

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2006.

TIMMEREN, A.V; ZWETSLOOT, J; BREZET, H; SILVESTER, S. **Sustainable urban regeneration based on energy balance**. Sustainability. Holanda, v.4, p,1488-1509. 2012.

TRELOAR, G.J., LOVE, P. ; HOLT, G. **Building materials selection: greenhouse strategies for built facilities**. Facilities , vol. 19, number ¾, p. 139-149. Emerald, Bradford. ISSN 0263-2772, UK, 2001.

UEMOTO, K. L. **Pintura a base de cal**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Associação Brasileira dos Produtores de Cal – ABPC. São Paulo. 1993.

UEMOTO, K.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. Impacto ambiental das tintas imobiliárias. **Coletânea Habitare**: construção e meio ambiente. v. 7. p. 58-95. 2006.

USDA. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS. National Nutrient Database for Standard Reference, release 25 – food group 1: **Dairy and Egg Products**. 2012. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/SR25/reports/sr25fg01.pdf>>. Acesso em 10 set.

WECOBIS: Sistema de informações ecológicas sobre materiais de construção. Verbete: Dispersionsklebstoff (cola de dispersão), no endereço: <http://www.wecobis.de/bauproduktgruppen/klebstoffe/dispersionsklebstoffe.html>, acesso em 21 de abril de 2015.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZILLI, M. C. **Manual construindo arte**: um apoio para o desenvolvimento de sua atividade. Projeto comunitário realizado pela PUC-PR. v. 1. ed. 1. 2008.

## APÊNDICE A

Planilha com valores de iluminância (E), luminância (L) e valores de refletância (r) encontrados através de cálculo segundo fórmula matemática:

$$E = \frac{L \times \pi}{r}$$

Iluminância E = luminância "L" (Cd/m <sup>2</sup> )	198,7 lux		E (lux) = L p / r		Efeito do intemperismo sobre a refletância
	a) (sem)	b) (com intemperismo)	a) (sem)	b) (com intemperismo)	
CP1	43,1	46,4	68,1%	73,4%	branca 5,2% mais claro
CP2	17,2	14,9	27,2%	23,6%	marrom -3,6% mais escuro
CP3	45,9	46,9	72,6%	74,2%	branca 1,6% mais claro
CP4	8,5	8,8	13,4%	13,9%	argila verde 0,5% não mudou
CP5	44,8	44,5	70,8%	70,4%	branca -0,5% não mudou

## ANEXO A

Tabela fornecida pelo LACTEC com o relatório técnico do ensaio de envelhecimento acelerado.

Tabela A – Resultados obtidos durante as inspeções intermediárias e após ensaio de envelhecimento acelerado UV em placas de concreto pintadas.

<b>Amostra</b>	<b>Avaliação Visual</b>
Cp 1	<b>200, 400 e 600 horas:</b> esbranquiçamento.
Cp 2	<b>200, 400 e 600 horas:</b> leve escurecimento.
Cp 3	<b>200, 400 e 600 horas:</b> sem alteração.
Cp 4	<b>200 horas:</b> leve escurecimento. <b>400 horas:</b> leve escurecimento e presença de rachaduras. <b>600 horas:</b> variação de cor e presença de rachaduras.
Cp 5	<b>200, 400 e 600 horas:</b> sem alteração.

\*Os destacamentos observados em algumas imagens não foram inclusos nos descritivos das inspeções visuais, pois foram causados no momento do desprendimento dos corpos de prova do suporte de ensaio.