



UFSM

Dissertação de Mestrado

**BIODETERIORAÇÃO DE TINTAS LÁTEX COM E SEM
BIOCIDA, EXPOSTAS AO MEIO AMBIENTE EXTERNO E
EXPERIMENTO ACELERADO**

Flayane Höehr Silva

PPGEC

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**BIODETERIORAÇÃO DE TINTAS LÁTEX COM E SEM
BIOCIDA, EXPOSTAS AO MEIO AMBIENTE EXTERNO E
EXPERIMENTO ACELERADO**

Por

Flayane Höehr Silva

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**

PPGEC

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**BIODETERIORAÇÃO DE TINTAS LÁTEX COM E SEM
BIOCIDA, EXPOSTAS AO MEIO AMBIENTE EXTERNO E
EXPERIMENTO ACELERADO**

elaborada por

Flayane Höehr Silva

como requisito parcial para obtenção do grau de

Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Eng. Denise de Souza Saad - UFSM
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Eng. Monica Regina Garcez – UNIPAMPA

Prof. Dr. Eng. Joaquim C. P. dos Santos- UFSM

Santa Maria, 17 de fevereiro de 2009.

Aos meus pais Floriano e Elaine por estarem sempre ao meu lado em cada passo do meu caminho, sendo meu porto seguro e meu irmão Floriano, pelo carinho, apoio, compreensão e incentivo. A Osvaldo de Campos Melo, pelo apoio, incentivo e paciência.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, instituição que viabilizou minha formação no curso de Engenharia Civil e esta Pós-Graduação;

À professora Dra. Eng. Denise de Souza Saad por possibilitar-me o ingresso no curso e orientou-me durante a pesquisa;

À Eng. Danielle de Souza Saad pela ajuda na organização dos dados;

Ao Professor Dr. Cesar Tadeu Pozzer pelo desenvolvimento de um Software que viabilizou a obtenção de resultados importantes;

Ao Senhor Elton Höehr pela ajuda na obtenção desse título;

A toda a minha família que sempre me apoiou em cada degrau da escada.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE QUADROS	13
LISTA DE GRÁFICOS	14
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	18
- Objetivo Geral:	19
- Objetivos Específicos:	20
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
1. A Biodeterioração e sua Classificação	21
1.1. Fatores que Influenciam a Biodeterioração	22
1.1.1. Água	23
1.1.2. Nutrientes	23
1.1.3. Carbono	24
1.1.4. Outros fatores	24
2. Bioreceptividade	24
3. Biofilme e sua formação	28
4. Os Organismos Deteriorantes.....	30
4.1. Bactérias	32
4.1.1. Ação das Bactérias no Concreto e Argamassas.....	33
4.1.2. Ação das Bactérias em Material Rochoso	35
4.1.3. Ação das Bactérias na Madeira	36
4.1.4. Ação das Bactérias nos Metais	37
4.2. Algas e Cianobactérias.....	40
4.3. Fungos.....	42
4.3.2.1. Podridão Parda	49
4.3.2.2. Podridão Mole	50
4.3.2.3. Podridão Branca	50
4.3.2.4. Medidas Preventivas em Relação ao Ataque Fúngico em Madeira	51

5.	TINTAS	51
5.1.	Composição das Tintas	53
5.1.1.	Resinas.....	54
5.1.2.	Pigmentos	55
5.1.3.	Solventes	55
5.1.4.	Fillers.....	56
5.1.5.	Aditivos	57
5.1.6.	Espessantes.....	58
6.	Biodeterioração de Pinturas	59
6.1.	Biocidas	62
6.1.1.	Atuação e composição dos Biocidas	63
CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS		69
7.	Experimento em meio ambiente externo.....	70
7.1.	Preparação de Substratos	70
7.2.	Carbonatação	71
7.3.	Tintas utilizadas e pintura dos painéis	72
7.4.	Exposição dos painéis.....	75
7.5.	Avaliação da temperatura ambiente, temperatura superficial e umidade	76
7.6.	Coleta de Amostras.....	78
7.7.	Incubação, Isolamento e Caracterização.....	78
9.	Análise Estatística das Tintas Expostas ao Meio Ambiente Externo.....	80
CAPÍTULO VI - RESULTADOS E ANÁLISE.....		82
10.	Experimento no meio Ambiente Externo	82
10.1.	Resultado da Contaminação Fúngica.....	82
11.	Resultados de temperatura superficial (TS), temperatura ambiental (TA) e umidade(H) ..	101
12.	Resultados da Análise Estatística.....	106
12.1.	Emprego do Teste t.....	106
12.2.	Análise das Variâncias (ANOVA):.....	119
12.3.	Teste de Tukey.....	121
13.	Testes de Bioreceptividade Acelerada.....	122
13.1.	Comparação entre as tintas de primeira linha	135
13.2.	Comparação entre as tintas de segunda linha	136
13.3.	Comparação entre as tintas com o mesmo acabamento	137
13.4.	Comparação entre as tintas com o mesmo fabricante	139
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES		141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		150
BIBLIOGRAFIA DE IMAGENS.....		157
ANEXO I.....		160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Evolução das tintas imobiliárias no Brasil.(fonte: ABRAFATI,2007)	52
Tabela 2- Biodiversidade fúngica na Tinta 1	83
Tabela 3 – Biodiversidade fúngica na Tinta 2.....	83
Tabela 4– Biodiversidade anual da tinta 3	83
Tabela 5– Biodiversidade anual da tinta 4	84
Tabela 6– Biodiversidade anual da tinta 5	84
Tabela 7– Biodiversidade anual da tinta 6	84
Tabela 8– Biodiversidade anual da tinta 7	85
Tabela 9- Percentagem de Contaminação da Tinta em relação à Tinta 6 (de referência).	91
Tabela 10 – Biodiversidade anual das tintas utilizadas	100
Tabela 11 – Dados médios de Temperatura Superficial (TS), Temperatura Ambiental (TA) e Umidade por um período de 12 meses.....	101
Tabela 12 – Dados Sazonais de Temperatura Superficial (TS), Temperatura Ambiental (TA) e Umidade.	103
Tabela 13 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 2	106
Tabela 14 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 3	107
Tabela 15 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 4	107
Tabela 16 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 5	108
Tabela 17 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 6	108
Tabela 18 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 7	109
Tabela 19 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 3	109
Tabela 20 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 4	110
Tabela 21 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 5	110
Tabela 22 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 6	111
Tabela 23 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 7	111
Tabela 24 – Saída do teste t para Tinta 3 e Tinta 4	112
Tabela 25 – Saída do teste t para Tinta 3 e Tinta 5	112
Tabela 26 – Saída do teste t para Tinta 3 e Tinta 6	113
Tabela 27 – Saída do teste t para Tinta 3 e Tinta 7	113
Tabela 28 – Saída do teste t para Tinta 4 e Tinta 5	114
Tabela 29 – Saída do teste t para Tinta 4 e Tinta 6	114
Tabela 30 – Saída do teste t para Tinta 4 e Tinta 7	115

Tabela 31 – Saída do teste t para Tinta 5 e Tinta 6	115
Tabela 32 – Saída do teste t para Tinta 5 e Tinta 7	116
Tabela 33 – Saída do teste t para Tinta 6 e Tinta 7	116
Tabela 34 – Tabela resumo para o teste t das diferentes tintas empregadas	117
Tabela 35- Resumo com os resultados do teste estatístico ANOVA	119
Tabela 36- - Evolução da contaminação em número de pixels	129
Tabela 37-Evolução da contaminação em mm ²	130
Tabela 38-Evolução da contaminação em mm ² /h	131
Tabela 39-Evolução da contaminação em mm ²	132
Tabela 40-Teste t para o teste acelerado.	133
Tabela 41 – Análise das Variâncias para o teste acelerado.	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Edificação atacada por diversos tipos de biodeteriorações. (acervo do autor)	21
Figura 2- Biodeterioração estética (Foto Flayane H. Silva).....	22
Figura 3- (a) Microrganismos crescendo em teto de banheiro (biodeterioração) ; (b) Microrganismos desenvolvendo-se em paredes de garagem (foto: Flayane H. Silva).....	23
Figura 4 - (a) bioreceptividade de ordem primária, (b) secundária e (c) terciária em um material pétreo. (fonte GUILLITTE, 1995, p. 217).	26
Figura 5- (a) Bioreceptividade extrínseca em rocha ; (b) Semi- extrínseca ou bioreceptividade secundária. (fonte: Guillitte,1995,p.218)	27
Figura 6 - Sequência de formação do Biofilme (traduzido pelo autor)	29
Figura 7- (a) Gallionella ferruginea e (b) Pseudomonas sp.....	37
Figura 8 - Tubo de aço carbono com tubérculos de óxido de ferro.(fonte: Gentil,1996.p.96).....	39
Figura 9- Esporos e Hifae do fungo Cladosporium sphaerospermum crescendo em argamassa (PINHEIRO, 2003. p. 102).....	43
Figura 10- Alternaria sp., onde (a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993)	44
Figura 11- Aspergillus sp.: (a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993)	45
Figura 12- Cladosporium sp.(a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993).....	46
Figura 13- Curvularia sp.(a) Microscopia ótica (Ellis,1993).....	46
Figura 14- Penicillium sp.(a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993).....	47
Figura 15- Epicoccum sp.: (a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993)	48
Figura 16- Parede celular vegetal.....	49
Figura 17- Madeira atacada por podridão Parda	49
Figura 18- (a) Madeira com Podridão Branca, (b) madeiramento de telhado infectado. (fonte: arquivo do autor)	50
Figura 19 - Desenvolvimento de microrganismos em pintura interna (a) e externa (b).(foto : Flayane H. Silva)	62
Figura 20- Formulações químicas do CMIT- C ₄ H ₄ CINOS (CMIT: 5-cloro-2metil-isotiazona-3-one) e MIT - C ₂ H ₅ NOS (MIT: 2-Methyl-4-Isotiazolin-3-One.) .(SinoHarvest Corp.)	64
Figura 21 - Fórmula Química da Benzisotiazolinona- C ₇ H ₅ NOS (1,2-Benzisotiazolin-3-one).(Fonte: SinoHarvest corp.).....	66
Figura 22- (a) Carbendazim; (b) Diuron. (fonte: SinoHarvest corp.).....	67
Figura 23- Organograma de avaliação ambiental.....	69
Figura 24- Organograma do teste acelerado.....	69
Figura 25- Painel de cimento e argamassa. (Foto: Flayane Höehr Silva)	70
Figura 26- Caixa de Carbonatação. Etapas: (a) Montagem do estrado; (b) Colocação das placas; (c) Remoção do ar, com bomba de vácuo. (Fotos: Flayane H. Silva)	71
Figura 27: Localização geográfica dos expositores em relação ao centro de tecnologia da UFSM.(fonte: Google Earth, acesso em 18 de março de 2009)	75
Figura 28- Expositores externos: a) Foto do expositor 01; b) Foto do expositor 02;.....	76
Figura 29- Esquema do arranjo para a fixação do termopar no substrato.	77

Figura 30- (a) Registrador H08 HOBO; (b) Sensor de medição de temperatura modelo TMC 50- HD.(fonte: catálogo do fabricante).....	77
Figura 31- Cultura fúngica da película de tinta dos painéis tipo A.(Foto: Flayane H. Silva).	78
Figura 32 - Frequência dos fungos em janeiro	92
Figura 33- Frequência dos fungos em fevereiro.....	93
Figura 34- Frequência dos fungos em março	93
Figura 35- Frequência dos fungos em abril.....	94
Figura 36 - Frequência dos fungos em maio	95
Figura 37 - Frequência dos fungos em junho	95
Figura 38 - Frequência dos fungos em julho.....	96
Figura 39 - Frequência dos fungos em agosto.....	97
Figura 40 - Frequência dos fungos em setembro	97
Figura 41 - Frequência dos fungos em outubro.....	98
Figura 42 - Frequência dos fungos em novembro	98
Figura 43 - Frequência dos fungos em dezembro	99
Figura 44 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 1. (foto: Flayane Hoehr Silva) ...	123
Figura 45 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 2. (foto: Flayane Hoehr Silva) ...	123
Figura 46 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 3. (foto: Flayane Hoehr Silva) ...	124
Figura 47 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 4. (foto: Flayane Hoehr Silva) ...	124
Figura 48 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 5. (foto: Flayane Hoehr Silva) ...	125
Figura 49 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 6. (foto: Flayane Hoehr Silva) ...	125
Figura 50 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 7. (foto: Flayane Hoehr Silva) ...	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação de organismos baseada nas suas exigências nutricionais. (fonte: KUMAR; KUMAR, 1999.p.4).....	31
Quadro 2: Atividades microbianas as quais afetam a durabilidade da pedra. (fonte:ALLSOPP et al., 2004)	36
Quadro 3: Ação corrosiva das bactérias através de metabólicos agressivos. (fonte: VIDELA,1981.p.14).....	39
Quadro 4: Condições básicas para o desenvolvimento dos microrganismos.(FAZENDA, 1995).....	60
Quadro 5: Os biocidas mais utilizados para proteção da tinta durante a armazenagem (FAZENDA, 1995, p.646)	63
Quadro 6- Referência e tipo de tintas utilizadas na pesquisa.	73
Quadro 7- Biocidas presentes na formulação das tintas estudadas.	73
Quadro 8- Fórmula química e estrutura molecular dos biocidas.....	74
Quadro 9: composição química das tintas utilizadas (fonte: fispq de cada tinta).....	74
Quadro 10 - Resumo dos resultados.....	118
Quadro 11- Resumo dos resultados obtidos do teste ANOVA, onde foram marcadas as tintas estatisticamente iguais.....	121
Quadro 12-Resultado final dos grupos de tinta	122
Quadro 13 - Crescimento acelerado em películas de tinta pintadas em placas de Petri com meio agar malte.....	127
Quadro 16 - Resumo dos resultados obtidos	134
Quadro 17-Comparação da composição entre as tintas 4 e 7 (fonte :FISPQ de cada tinta).....	144

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Biodiversidade anual da tinta 1.....	85
Gráfico 2- Biodiversidade anual da tinta 2.....	86
Gráfico 3- Biodiversidade anual da tinta 3.....	87
Gráfico 4- Biodiversidade anual da tinta 4.....	87
Gráfico 5- Biodiversidade anual da tinta 5.....	88
Gráfico 6- Biodiversidade anual da tinta 6.....	88
Gráfico 7-Biodiversidade anual da tinta 7.....	89
Gráfico 8-Contaminação média mensal por tintas.	90
Gráfico 9- Contaminação mensal total por tinta.	90
Gráfico 10- Contaminação anual total (a) Valores totais (b) Valores percentuais.....	91
Gráfico 11-Frequência anual total da biodiversidade observada no estudo de campo.....	100
Gráfico 12 - Temperaturas médias ambientais e superficiais num período de 12 meses.....	102
Gráfico 13-Umididade relativa do ar médias num período de 12 meses.....	103
Gráfico 14- Gráfico representativo dos valores médios sazonais: (a) Dia médio da temperatura superficial e ambiental;(b) Dia médio da Umidade.....	104
Gráfico 15- Evolução da contaminação em pixels das 7 tintas empregadas.....	129
Gráfico 16- Evolução da contaminação sobre papel filtro em mm ²	130
Gráfico 17- Evolução da contaminação sobre papel filtro em mm ² /h.....	131
Gráfico 18- Evolução média do acréscimo de contaminação sobre papel filtro em mm ²	132
Gráfico 19- Gráfico comparativo entre o desenvolvimento da biomassa, no experimento de crescimento acelerado entre as tintas classificadas como de primeira linha, independente do fabricante.	136
Gráfico 20- Gráfico comparativo entre o crescimento fúngico acelerado das tintas classificadas comercialmente como de segunda linha, independente do fabricante.	137
Gráfico 21- Comparativo entre as tintas de acabamento fosco, independente do fabricante e da classificação comercial da linha.	138
Gráfico 22- Gráfico comparativo entre as tintas de acabamento semibrilho, independente do fabricante e da classificação comercial da linha.	138
Gráfico 23- Representação gráfica da comparação do crescimento fúngico no processo acelerado, nas tintas do fabricante A, independente da classificação comercial e acabamento final.	139

Gráfico 24- Representação gráfica da comparação do crescimento fúngico no processo acelerado, nas tintas do fabricante B, independente da classificação comercial e acabamento final.140

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria

BIODETERIORAÇÃO DE TINTAS LÁTEX COM E SEM BIOCIDA, EXPOSTAS AO MEIO AMBIENTE EXTERNO E EXPERIMENTO ACELERADO

Autora: FLAYANE HÖEHR SILVA

Orientadora: DRA. DENISE DE SOUZA SAAD

Data e Local da Defesa: SANTA MARIA, 17 DE FEVEREIRO DE 2009

Este trabalho tem por objetivo o estudo da contaminação fúngica, tendo como substrato argamassa pintada com película seca de tinta látex com e sem biocida, material amplamente utilizado no revertimento das paredes de residências e estabelecimentos comerciais. Procurou-se identificar as espécies fúngicas mais comuns encontradas na região, como também a evolução do biofilme, e a incidência da microbiota fúngica em diversas épocas do ano. Foram identificadas as espécies de maior incidência na região em relação aos doze meses do ano, levando-se em consideração as temperaturas tanto ambientais como de superfície do substrato e a umidade relativa do ar. Além do experimento ambiental, foi empregado o ensaio acelerado utilizando-se papel pintado com os diversos tipos de tinta.

Os resultados demonstraram que os principais contaminantes são *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp., estando esses fungos presentes nas quatro estações do ano. Os demais contaminantes, mas em menor proporção, são os fungos: *Alternaria* sp., *Aspergillus nigrum* e *A. aureum*, bem como os fungos *Curvularia* sp., *Phoma* sp. e *Epicoccum nigrum*, além de outros dois fungos que não apresentaram esporulação. No ensaio ambiental a tinta com melhor desempenho foi a tinta 7, semi-brilho, denominada comercialmente de primeira linha. O resultado do experimento acelerado demonstrou a necessidade de um melhor desenvolvimento do mesmo para sua aplicação, devido aos resultados diversos em relação ao ensaio de campo.

Palavras-chaves: Agentes Biodeteriorantes, Biocida, Biodeterioração, Bioreceptividade, Fungos, Mofos, Tinta látex.

ABSTRACT

Master dissertation
Post graduation course of Civil Engineering
Federal University of Santa Maria

BIODETERIORATION OF WATER-BORNE PAINT, WITH AND WITHOUT BIOCIDES, EXPOSED TO THE EXTERNAL ENVIRONMENT AND ACCELERATED EXPERIMENT.

Author: FLAYANE HÖEHR SILVA

Supervisor: DRA. DENISE DE SOUZA SAAD

Data and Place: SANTA MARIA, FEBRUARY 17, 2009

The aim of this work is the fungal contamination assessment on mortar painted with waterborne paint with and without biocide, this material is widely used in building. The identification of the commonest fungal species in this region and during one year and the biofilm gradual development was analysed and environment temperature, superficial temperature and humidity were also evaluated. Beyond the environment experiment, paper painted with 7 waterborne paint were setting in controlled environment.

The results showed that the main contaminants were *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp., that were settled on paint during all seasons. The others contaminants were: *Alternaria* sp., *Aspergillus nigrum* e *A. aureum*, *Curvularia* sp., *Phoma* sp. e *Epicoccum nigrum* and two fungal mycelia. In the environmental experiment, the best performance was paint 7, half-brightness paint, commercially called first line. The controlled experiment showed that it needs a better development for its application, because it had a diverse results in relation to the field assay.

Keywords: Biodeterioration agent, biocide, biodeterioration, bioreceptivity, fungi, mould, waterborne paint.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Biodeterioração é um termo relativamente novo para um problema muito antigo, pois foi há aproximadamente 40 anos que se estabeleceu para o termo Biodeterioração uma definição científica. Hueck definiu biodeterioração como “qualquer mudança indesejável nas propriedades do material causada pelas atividades vitais dos organismos” (HUECK apud ALLSOPP *et al.*, 2004, p. 1).

A primeira referência aos problemas causados pelos microorganismos na construção civil está no Antigo Testamento, onde existe orientação do que fazer e que providências deveriam ser tomadas ao surgir “lepras” nas residências. A palavra “lepra” nada mais é do que uma referência a manchas, “doenças” nas casas. Uma das passagens mais interessantes diz :

“O sacerdote antes de entrar para examinar a mancha, mandará que tirem para fora tudo que há na casa, a fim de que não haja contaminado nada do que houver nela. E só então entrará para visitar a casa. Examinará a mancha, e se a mancha que está nas paredes da casa estiver em cavidades esverdeadas ou avermelhadas, parecendo profundas nas paredes, o sacerdote sairá da casa e, tendo passado pela soleira da porta, fechá-la-á por sete dias.”

(Levitico 14 36:38, pg. 158)

Nem todos os fungos e bactérias são prejudiciais à saúde humana, por exemplo, existem muitos fungos comestíveis, bactérias que vivem no organismo. As leveduras que fermentam o pão, cerveja e vinho, seus metabólitos podem servir de remédios, entre outros. Muitas substâncias de considerável valor econômico são produtos do metabolismo microbiano. A produção comercial dos antibióticos é um bom exemplo (PELCZAR,1981).

Não se deve confundir Biodeterioração com Biodegradação, apesar de ambas envolverem organismos vivos. Hueck também definiu biodegradação como “o aproveitamento pelo homem da capacidade dos organismos de tornarem os resíduos mais úteis ou aceitáveis” (HUECK apud ALLSOPP *et al.*, 2004, p. 1).

A decomposição orgânica do material faz parte do ciclo de nitrogênio e de processos similares e é de extrema importância para o meio ambiente, visto que “sem bactérias e outros

microrganismos trabalhando em conjunto, a vida na Terra seria destruída por seu próprio processo natural”(PELCZAR,1996, p. 67).

As edificações estão naturalmente sujeitas a diversas agressões, como ações mecânicas, radiação solar, mudanças de temperatura, umidade do ar e ação de agentes biológicos (Saad,2002). A biodeterioração não é provocada apenas por microrganismos, mas também por insetos, roedores, plantas, enfim qualquer tipo de ser vivo que de alguma forma favoreça a deterioração de materiais, inclusive a ação do homem.

Na construção civil, além dos microrganismos, os insetos como cupins, baratas, traças, etc, além de ratos , morcegos, pombos são um problema cada vez maior nos centros urbanos e áreas rurais. Entretanto, muitos desses agentes biodeteriorantes também trazem com eles não só prejuízos ao patrimônio em si, mas também para as pessoas que residem em locais onde existe este problema .(SAAD, 2003)

A contaminação microbiana em materiais de construção e em monumentos históricos leva a um custo elevado para manutenção e reparos. Singh apud Saad (2002) cita que somente no Reino Unido, na década de 90, mais de 400 milhões de libras esterlinas foram gastos ao ano com esse objetivo.

Além dos custos financeiros existe ainda o fator humano, a presença dos microorganismos nos ambientes internos das residências, escritórios e estabelecimentos comerciais são grandes causadores de reações alergênicas e potencializadores de doenças respiratórias nos ocupantes ou usuários dos locais onde existe a presença dos agentes patológicos.

O estudo que será desenvolvido envolverá a análise de filmes de tintas, em ambiente controlado e expostos ambientalmente, monitorando-se umidade, temperatura e temperatura superficial, fazendo-se uma análise da contaminação microbiana sofrida pela película de tintas, com e sem a presença de biocida.

Os objetivos do trabalho são:

- Objetivo Geral:

Avaliar o desempenho de tinta látex, com e sem biocidas, frente à ação de fatores tais como temperatura ambiental e superficial, umidade bem como a ação de agentes microbiológicos e químicos em ensaio acelerado e expostas ao meio ambiente.

Avaliando assim a contaminação fúngica em diferentes tipos de tinta à base de água do mercado, que estão disponíveis aos usuários, sendo que as mesmas foram expostas

ambientalmente com monitoramento de temperatura ambiental e superficial, umidade, além da microbiota fúngica deteriorogênica.

- Objetivos Específicos:

- a) Avaliar o desempenho das tintas látex expostas ambientalmente por um período mínimo de um ano em termos de contaminação fúngica;
- b) Utilizar técnicas tradicionais, como cultura em meio ágar malte, observação a olho nu e por microscopia óptica e análises estatísticas na avaliação do biofilme aderido à tinta látex, com e sem biocida;
- c) Avaliar a correlação das tintas expostas ao meio ambiente e dos ensaios acelerados empregando papel filtro em relação à biodeterioração fúngica da película;

Para tanto, o capítulo 2 descreve conceitos de biodeterioração e sua classificação, juntamente com os fatores que a influenciam. Descreve-se também como há a formação do biofilme e o comportamento e ação dos microorganismos como fungos, bactérias e algas, juntamente com seus mecanismos de deterioração em diversos materiais. Ainda no mesmo capítulo são descritas medidas preventivas que podem ser adotadas para prevenir ou controlar a contaminação, bem como a biodeterioração em pinturas.

No capítulo 3 descrevem-se os materiais e métodos empregados, a preparação do substrato, as tintas utilizadas, a preparação das amostras, além da descrição do modo de registro da temperatura, a umidade e a temperatura superficial.

Os resultados obtidos e sua análise serão apresentados no capítulo 4 em forma de tabelas, representação gráfica e documentação fotográfica, bem como seu tratamento estatístico.

No capítulo 5, são apresentadas as conclusões as quais se chegou no decorrer da pesquisa e comprovadas por meio de experimentação e análise e cruzamento dos resultados. Estão também anexados à dissertação, planilhas, tabelas e documentos que foram utilizados para a obtenção de alguns resultados e análises estatísticas.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. A Biodeterioração e sua Classificação

Os materiais de construção civil como concretos, argamassas, pedras, tintas, plásticos, madeiras, materiais cerâmicos e materiais metálicos, entre outros, são suscetíveis à colonização de microrganismos capazes de acelerar o mecanismo de envelhecimento do material até a sua deterioração.

Existem vários tipos de deteriorações causadas por organismos vivos como a deterioração física ou mecânica como exemplificado na figura 1, onde o crescimento e o movimento dos organismos causam danos ao material construtivo. Um exemplo disso são fissuras e desabamentos causados por raízes, ratos e camundongos roendo cabos, blocos de concreto (com agregado leve), divisórias de gesso e madeira .



Figura 1- Edificação atacada por diversos tipos de biodeteriorações. (acervo do autor)

Biodeterioração estética é aquela que ocorre na superfície apenas pela presença dos organismos ou metabólitos nas edificações, alterando sua coloração. Um exemplo clássico de biodeterioração estética é a formação de manchas escuras causadas por microrganismos como

algas, fungos, bactérias e cianobactérias sobre superfícies de prédios. O biofilme que se forma não oferece qualquer alteração na composição química ou no desempenho do material, mas altera sua aparência estética (KUMAR E KUMAR, 1999; PINHEIRO, 2003)



Figura 2- Biodeterioração estética (Foto Flayane H. Silva)

A biodeterioração bioquímica assimilatória ocorre quando o organismo se nutre do próprio material, utilizando-o como fonte de energia. Em geral esse tipo de biodeterioração ocorre em conjunto com a biodeterioração bioquímica desassimilatória, pois durante o desenvolvimento do biofilme são excretados ácidos e compostos pigmentados os quais danificam o material (KUMAR E KUMAR, 1999).

1.1. Fatores que Influenciam a Biodeterioração

O crescimento e desenvolvimentos de microrganismos nas construções são influenciados por diversos fatores, entre os principais deles estão: umidade, falta de ventilação, utilização que se dá ao cômodo ou edificação, qualidade do ar interno, condições térmicas, ar externo, variações sazonais, temperatura, microclimas internos, projetos de construção, tipos de materiais utilizados na construção, tipo de acabamentos, distribuição geográfica, materiais orgânicos, ocupação, manutenção e gerenciamento (SAAD, 2002).

Pode-se observar que, dos fatores que favorecem o crescimento fúngico em uma edificação, os principais deles são a umidade e a temperatura (figura 3), que podem vir a ser

minimizados com projetos envolvendo maior atenção no que diz respeito à ventilação e iluminação da edificação (SAAD, 2003).

1.1.1. Água

Toda forma de vida necessita de água para seu desenvolvimento. Um dos fatores fundamentais para a determinação do tipo de microrganismos e seu desenvolvimento é a interação da quantidade de água disponível (A_w) existente no meio, com a capacidade de absorção do material (SHIRAKAWA, *et al.* 1998).

A água é de significativa importância, pois a maioria dos microrganismos somente nutre-se quando as substâncias químicas que necessitam estão dissolvidas, somente assim podem absorver os nutrientes necessários para seu desenvolvimento (PELCZAR, 1996).

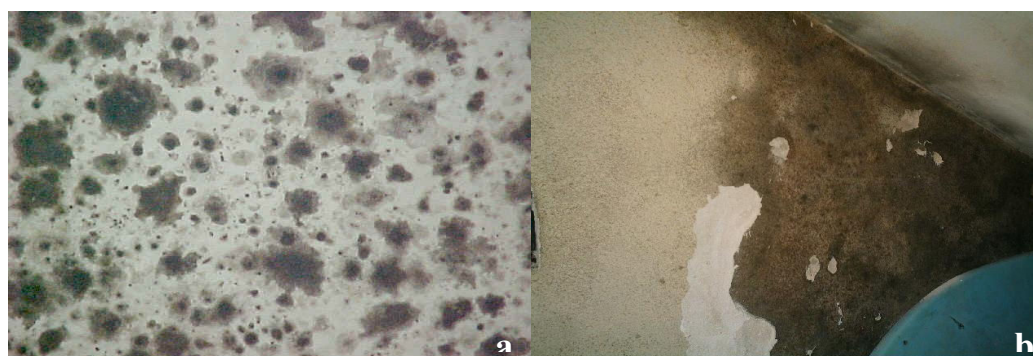


Figura 3- (a) Microrganismos crescendo em teto de banheiro (biodeterioração)¹; (b) Microrganismos desenvolvendo-se em paredes de garagem (foto: Flayane H. Silva)

1.1.2. Nutrientes

Para o desenvolvimento dos microrganismos, é necessária a presença de nutrientes e de fontes de energia e carbono. A disponibilidade desses nutrientes, de fontes de carbono e de energia são os responsáveis pela seleção de microrganismo que dará início a biodeterioração.

Estes elementos são necessários para a síntese e funções normais dos componentes celulares, sendo encontrados na natureza em forma de compostos orgânicos e inorgânicos, todos presentes no habitat natural dos microrganismos (PELCZAR, 1996).

¹ Fonte: <http://www.microbiologia.vet.br/ImagensMicologia.htm>

Certos elementos químicos são de extrema importância para o desenvolvimento das células, tais como carbono, nitrogênio, hidrogênio, oxigênio, enxofre e fósforo (PELCZAR, 1996).

1.1.3. Carbono

O Carbono é um elemento importante para o crescimento microbiano, segundo Pelczar (1996), compondo a formulação química de três das maiores classes de compostos orgânicos: os carboidratos, os lipídeos e as proteínas, fornecendo assim energia necessária para o crescimento celular, sendo portanto unidade básica da composição celular (PELCZAR, 1996).

1.1.4. Outros fatores

Fatores como temperatura, pH, concentração de oxigênio e o intervalo de tempo são determinantes no desenvolvimento e na seleção da comunidade microbiológica que pode desencadear o mecanismo de biodeterioração (SAAD, 2003).

2. **Bioreceptividade**

Muitos materiais de construção estão propensos à contaminação biológica. Desde os anos de 1960, época na qual a indústria petroquímica teve seu grande desenvolvimento, as alterações nas propriedades físico-químicas dos materiais dividiu-os em dois grupos distintos, o grupo dos materiais biodegradantes e os biodeteriorantes (GUILLITTE, 1995).

O termo biodeterioração é utilizado com relação à degradação do material, aplicando-se tal conceito de degradação por agentes ou substâncias biológicas (GUILLITTE, 1995). Entretanto, a presença de colônias de organismos vivos em determinados materiais não acarreta necessariamente uma degradação física ou química, apenas mudanças estéticas, como na cor e, em determinados casos, reversível de acordo com o tipo de material (GUILLITTE, 1995).

Segundo Gibson (GIBSON, 1981 apud GUILLITTE,1995), alguns autores consideram a mudança de coloração esteticamente aceita, inclusive como uma proteção natural contra agressões do homem e da poluição, tendo efeitos benéficos ao ambiente.

A influência das características dos materiais no processo de colonização ainda é pouco compreendida, com exceção da acidez, que é uma característica que torna seletiva a colonização do material para alguns organismos (GUILLITTE, 1995).

A bioreceptividade também pode ser conceituada, segundo Guillitte (1995), como um dos meios de elucidar o impacto da colonização no material, sem a necessidade de recorrer a uma aproximação analítica.

O termo suscetibilidade na ciência médica é descrito como a vulnerabilidade que um organismo apresenta em relação a doenças e infecções. Outra definição dada é a aptidão de um organismo para abrigar um agente patogênico e permitir seu desenvolvimento ou multiplicação sem necessariamente padecer (TOMA *et al*, 1991 apud GUILLITTE, 1995).

Em decorrência dessas conceituações Guillitte (1995) definiu o termo bioreceptividade como a capacidade (tendência) do material de ser colonizado por organismos vivos, sem necessariamente sofrer biodeterioração e ainda pode-se, segundo o mesmo autor, definir bioreceptividade como conjunto de propriedades do material que contribuem para a fixação e desenvolvimento da flora e da fauna (GUILLITTE,1995).

As características bioreceptivas dos materiais podem ser de ordem física como a rugosidade e a porosidade da superfície, permeabilidade e capacidade de reter ou não umidade e composição química da superfície do material (GUILLITTE,1995).

Para indicar esse potencial inicial da colonização, Guillitte (1995) sugere o uso do termo bioreceptividade primária. O termo bioreceptividade somente é aceito quando as propriedades dos materiais permanecem bastante semelhantes ou idênticas após a colonização pelos microorganismos, em relação ao seu estado inicial, tanto no âmbito físico como no químico.

Como a evolução dessa colonização acarreta novas características ao substrato e o deixa potencialmente suscetível a novas colonizações, surge um novo tipo de bioreceptividade, que o autor classifica como bioreceptividade secundária. Contudo, não se deve supor que o material não pode ser afetado, pois qualquer atividade humana pode afetar a bioreceptividade do material e a formação desse biofilme, como aplicação de biocidas, alteração da rugosidade da superfície através de polimentos e até mesmo alteração do microclima, em locais onde a umidade, a temperatura e a luminosidade podem ser controladas (GUILLITTE,1995).

Na Figura 4, onde está ilustrado o processo de biodeterioração de um material pétreo, as setas brancas indicam o processo de colonização dos microrganismos, as setas pretas mostram a deterioração físico-química sofridas pelo material, através de ácidos orgânicos e as linhas descontínuas, mecanismos de biodeterioração (GUILLETTI,1995).

Outros termos utilizados para definir essa bioreceptividade são: bioreceptividade extrínsecas, semi- extrínsecas e intrínsecas. Onde o primeiro termo se refere não diretamente às propriedades do material em si, mas a colonizações como vegetação que pode se estabelecer em consequência das condições geradas, tais como depósitos de solo, poeira e matéria orgânica. A bioreceptividade semi- extrínseca refere-se diretamente e simultaneamente às propriedades de substrato e às dos depósitos de substâncias exógenas² (GUILLETTE,1995).

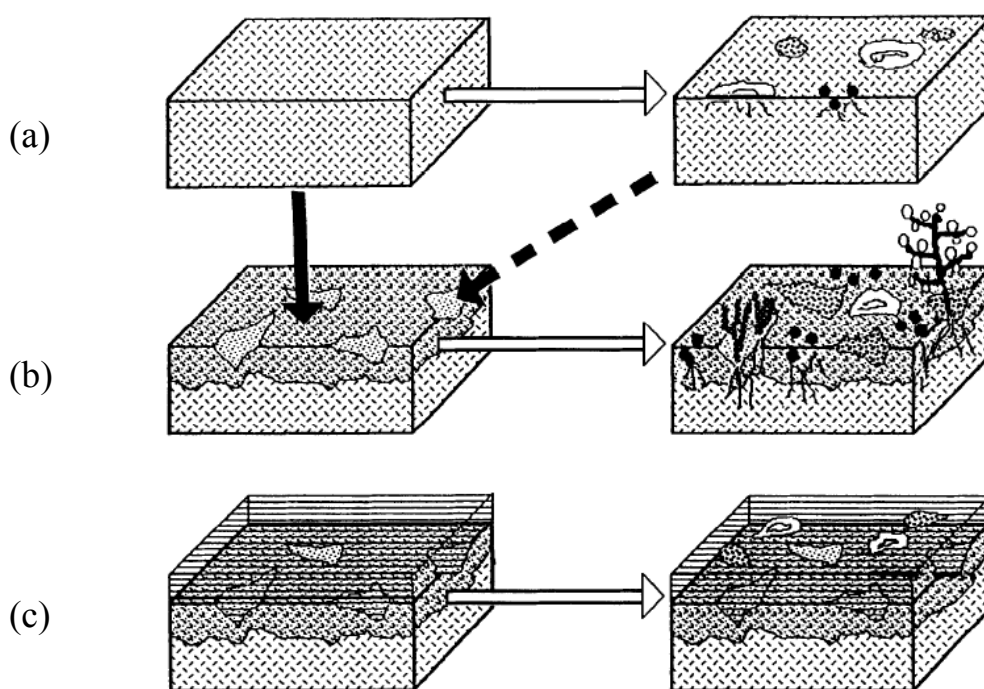


Figura 4 - (a) bioreceptividade de ordem primária, (b) secundária e (c) terciária em um material pétreo. (fonte GUILLETTE, 1995, p. 217).

Todavia, quando a colonização depende principalmente das propriedades do material, sem considerar a contribuição de exógenos, utiliza-se a expressão de bioreceptividade

² Refere-se ao que cresce exteriormente ou para fora. Que está à superfície.

intrínseca (GUILLITTE, 1995), como é o caso da colonização de microrganismos em película de tinta, que trata esse estudo.

Salienta-se também que as três fases da bioreceptividade descritas anteriormente: a bioreceptividade intrínseca, extrínseca e semi- extrínseca, segundo Guillitte (1995) e ilustradas pelo autor na Figura 5 podem ocorrer em um mesmo substrato.

O conceito de bioreceptividade trabalhado por Guillitte vem complementar um conceito desenvolvido por Heimans (1954) chamado acessibilidade, em que explica o processo de colonização de materiais envolvendo outros fatores ambientais e onde acessibilidade foi definida como “as características ambientais que determinam a abundância de fontes de diásporos³, proximidade e capacidade de transporte, e inclusive a exposição do material para essas fontes e vetores”⁴ (HEIMANS,1954 apud GUILLITTE,1995, p. 217).

Com base nesses princípios, pode-se considerar a possibilidade de avaliar a bioreceptividade de um material através da inoculação de microrganismos em ambiente controlado sob condições ambientais ideais para seu desenvolvimento (GUILLETTI e DREESEN, 1995).

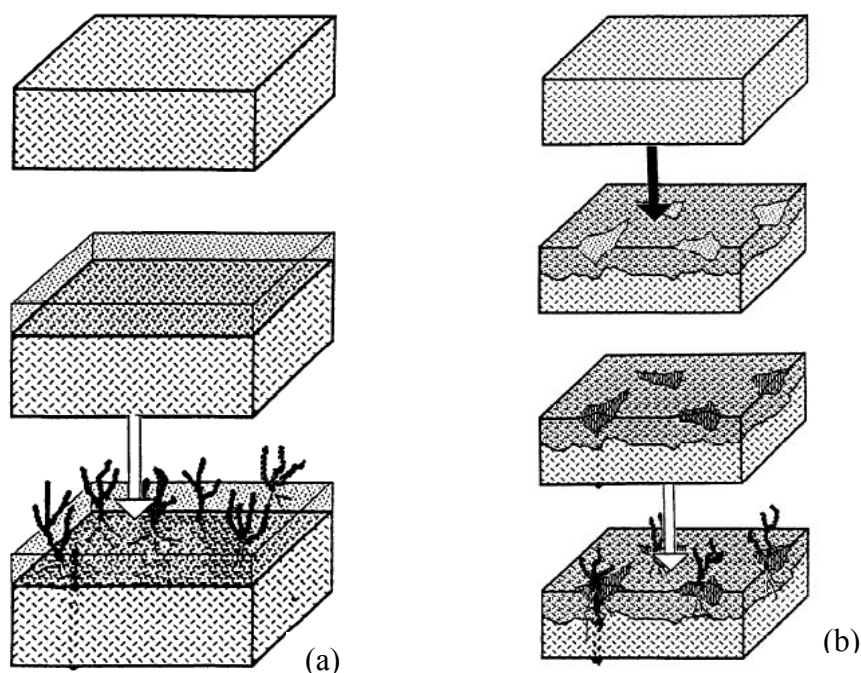


Figura 5- (a) Bioreceptividade extrínseca em rocha ; (b) Semi- extrínseca ou bioreceptividade secundária. (fonte: Guillitte,1995,p.218)

³ Unidade orgânica destinada à propagação das plantas superiores, e que consiste essencialmente no embrião, acompanhado de estruturas acessórias, podendo ser uma semente, um fruto, um bolbilho, etc.

⁴ Tradução do autor.

A Figura 5 ilustra a bioreceptividade em material pétreo e onde, na Figura 5-a, a seta representa o mecanismo de colonização em rocha que apresenta uma bioreceptividade extrínseca. Na Figura 5-b, as setas pretas representam a deterioração físico-química da rocha e as setas brancas representam a colonização de microrganismos, exemplificando a bioreceptividade semi-extrínseca ou secundária do material (GUILLETTI,1995).

A bioreceptividade em materiais de construção como o concreto e alvenaria de tijolos e argamassa é importante, sendo que o concreto, segundo Guillitte e Dreesen (1995), em experiências laboratoriais apresentou um alto grau de bioreceptividade primária, semi-intrínseca e quase-intrínseca devido a suas características naturais, como alta porosidade, capilaridade e a solubilidade do cimento em presença de ácidos orgânicos (GUILLITTE e DREESEN,1995).

A argamassa de tijolos no mesmo estudo apresentou uma bioreceptividade de ordem primária inferior ao concreto, sendo que a argamassa, por sua maior porosidade, apresentou maior índice de biodeterioração devido a sua bioreceptividade de ordem extrínseca secundária mais significativa que o tijolo, apesar deste apresentar maior capilaridade (GUILLITTE e DREESEN,1995).

Apesar desse conceito ser relativamente novo, o processo pode ser importante para o desenvolvimento de ferramentas para seleção de materiais construtivos (GUILLITTE, 1995).

A bioreceptividade promove a formação de uma camada superficial em diferentes materiais, sendo essa camada composta por organismos e seus metabólitos e denominada de biofilme.

3. Biofilme e sua formação

O biofilme são ecossistemas microscópicos compostos por diversas formas de microrganismos. São formados em ambientes onde há presença de água por microrganismos vivos com atividades metabólicas, nas quais são produzidas substâncias extracelulares compostas por produtos ácidos e polissacarídeos somados à decomposição de organismos mortos (SHIRAKAWA, 1998). Os microrganismos que compõem esse ecossistema consistem em um “consórcio complexo de bactérias aeróbias e anaeróbias, algas, fungos e protozoários” (SHIRAKAWA, 1999 *apud* Pinheiro, 2003, p. 47).

A formação do biofilme, como demonstra a figura 6, inicia-se com a fixação de macromoléculas de proteínas, polissacarídeos, ou seja, carboidratos que fornecem por hidrólise outros carboidratos de menor massa molecular e ainda, para a formação da colônia, necessitam de ácidos nucléicos, graxos, lipídeos e poluentes sobre a superfície do material, não apenas para a nutrição, como também fornecendo ancoragem (PINHEIRO, 2003). Essas substâncias modificam a superfície do material, alterando sua hidrofobicidade⁵ e sua carga elétrica superficial e proporcionam a adesão do microrganismo (LEWANDOWSHY; CUNNINGHAM, 1998 *apud* Pinheiro, 2003).

Após a sua fixação no material, os microrganismos passam a se multiplicar e a produzir uma substância com propriedades adesivas, “de aparência gelatinosa, composta predominantemente de exopolissacarídeos (EPS), estabelecendo assim a formação do biofilme” (LEWANDOWSHY; CUNNINGHAM, 1998 *apud* Pinheiro, 2003, p.47).

A formação do biofilme é condição para a fixação de outros microrganismos, pois ele fornece suporte para a adesão de outras partículas, dando origem assim a microambientes com concentrações diferenciadas de elementos vitais para o desenvolvimento microbiótico, como oxigênio e variações de pH, favorecendo assim o acúmulo e a manutenção de umidade (SHIRAKAWA, 1998).

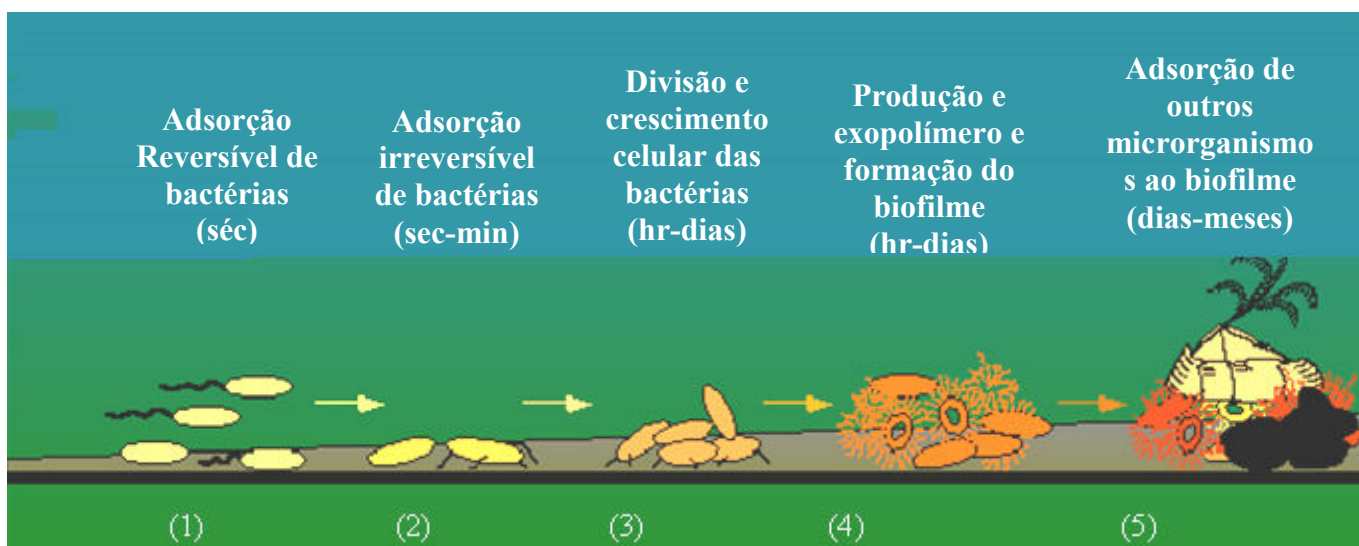


Figura 6 - Seqüência de formação do Biofilme (traduzido pelo autor) ⁶.

⁵ É uma medida físico-química da força de interação em um sistema de duas fases (fase aquosa e superfície das células no presente caso). Fonte: www.iq.unesp.br/flotacao/MODULO2/glossario.htm

⁶ fonte: The Microbial World -University of Wisconsin < <http://www.bact.wisc.edu>

<themicrobialworld/biofilm_formation.gif>

Na sequência da Figura 6 tem-se (1) adsorção reversível do microorganismo (bactéria), que pode levar segundos para ocorrer; (2) Adesão irreversível do microorganismo no material, sendo que essa fase pode durar de minutos a segundos; (3) Reprodução e crescimento, durando horas ou dias; (4) produção de exopolissacarídeos (EPS) e formação do biofilme e finalmente (5) há a fixação de outros microorganismos no biofilme, essa etapa permanece durante meses, pois à medida que novos organismos são incorporados ao biofilme este tem a tendência de um crescimento, cada vez maior.

4. Os Organismos Deteriorantes

Pode-se dizer que os microrganismos são bastante versáteis, adaptando-se facilmente ao meio, pois são muito diversificados no que diz respeito às exigências nutricionais, necessitando elementos químicos como Carbono(C), Nitrogênio(N), Fósforo(P), Hidrogênio(H), Oxigênio (O), Enxofre (S), Sódio (Na), Ferro (Fe) entre outras moléculas (PELCZAR, 1996).

Esses microrganismos causam uma perda anual de bilhões de dólares apenas em produtos materiais, ou seja, que não são de natureza alimentar, como papel, madeira, tecidos, borracha, metais entre outros (PELCZAR, 1981).

Segundo Pinheiro (2003) os microrganismos são agentes deteriorantes de materiais de origem mineral como, por exemplo, rochas calcárias e arenitos, onde por meio da biodeterioração ocorre a solubilização do cálcio e do potássio, tendo como mecanismos principais o ataque químico através dos ácidos e substâncias enzimáticas, a tensão entre os sais, complexão e ações do próprio biofilme (SAND e BOCK, 1991; SHIRAKAWA, 1994 apud Pinheiro, 2003).

Dentre os microrganismos estão os procarióticos, como as bactérias, que são organismos de morfologia simples. Entretanto algumas são capazes de se desenvolver em ambientes extremos devido a sua particular capacidade metabólica, podendo desenvolver-se praticamente em todos os lugares do planeta (PELCZAR, 1996).

Outros microrganismos biodeteriorantes importantes são classificados como eucarióticos, como algas e fungos, juntamente com a associação de ambos, chamados líquens.

Esses organismos possuem uma ampla variedade de formas e processos celulares, existindo algumas exceções e, embora diferentes das células animais, os fungos possuem parede celular. Podem apresentar-se de forma unicelulares, como multicelulares e macroscópicos (PELCZAR, 1996).

Os microrganismos podem ser classificados como autótrofos e heterótrofos, baseando-se em suas características nutricionais como demonstra o quadro 1. Os chamados autotróficos nutrem-se de componentes inorgânicos presentes na superfície, os heterotróficos, ao contrário, são organismos que se desenvolvem apenas em locais em que existam componentes orgânicos necessários para seu desenvolvimento, ambos preferem também superfícies com alto teor de umidade (KUMAR E KUMAR, 1999).

Categoria Nutricional	Fonte de energia	Fonte de Carbono	Doadores de elétrons	Receptores de elétrons	Grupo de organismos
Fotoautotróficos	Luz do Sol	CO ₂	água	Oxigênio e orgânicos	Organismos aeróbios: Cianobactérias, Algas (Bacillariophyta ou Diatoms), Algas (Chlorophyta), Líquenes, Musgos e hepaticópsidas, Plantas superiores.
Quimioautotróficos	Resulta de reações químicas	CO ₂	H ₂ Fe ²⁺ NH ₄ ⁺ NO ₂ S, S ₂ O ₃ ²⁻	oxigênio	Organismos aeróbios: Bactérias de hidrogênio, Bactérias fêrreas, Bactérias de Nitrificantes, Bactérias sulfo-oxidantes.
Fotoheterotróficos ou Fotoorganotróficos	Luz do Sol	Orgânica	Orgânica	Oxigênio	Organismos aeróbios: Bactérias fotossintetizantes, Algumas algas.
			H ₂ S H ₂	Orgânica	Organismos de Anaeróbios: Bactérias sulfurosas verdes e púrpuras Bactérias púrpuras não-sulfurosas
Quimioheterotróficos ou quimioorganotróficos	Reações químicas	-	-	Oxigênio	Organismos aeróbios: <i>Actinomyces</i> , Animais, Fungos e bactérias aeróbicos
		Orgânica	Orgânica S ₁ S ₂ O ₃ ²⁻ H ₂ S	Orgânicos NO ₂ ⁻ SO ₄ ²⁻	Organismos de Anaeróbios: Bactérias fermentadoras, Bactérias Desnitrificantes, Bactérias redutoras de enxofre.

Quadro 1- Classificação de organismos baseada nas suas exigências nutricionais. (fonte: KUMAR; KUMAR, 1999.p.4)

Os fatores ambientais em regiões tropicais com altas temperaturas e alta umidade relativa proporcionam um ambiente favorável para o desenvolvimento da maioria dos organismos. A presença de luz solar também é essencial para organismos fotossintetizantes e provê a energia necessária para biossíntese. Entretanto, essa regra não se aplica a organismos Quimiossintetizantes, que sobrevivem sem a presença da luz e sua energia provém de reações químicas (KUMAR; KUMAR, 1999).

4.1. Bactérias

Bactérias são organismos procariotos, diferente dos eucarotos por não possuírem membrana nuclear e outras estruturas intracelulares. Algumas apresentam flagelos para a sua locomoção, por esse motivo possuem agilidade em meio líquido (PELCZAR, 1996).

Por serem dotadas de habilidade para sobreviver em ambientes hostis, como locais de salinidade ou acidez elevados e altas temperaturas, podem ser encontradas nos mais diversos ambientes, sendo responsáveis pela deterioração de matéria orgânica (PELCZAR, 1996).

As bactérias são microrganismos tipicamente unicelulares com tamanhos que variam de 0,5 a 3,0 μm . Devido a seu tamanho apresentam uma elevada relação entre superfície e volume que vem a permitir uma transferência rápida de substratos solúveis na célula, por consequência, sua população é mais significativa que as de organismos maiores como os fungos (TOUMELA, 2000).

Bactérias, por exemplo, algumas espécies de bacilos são capazes de formar paredes muito resistentes a calor, radiação e até mesmo a desinfecção química (HAUNG, 1993 *apud* TOUMELA, 2000)

As bactérias apresentam-se morfologicamente com três formas básicas que podem ser esféricas, cilíndricas ou espiraladas. As células de formato esférico são denominadas *cocos*, podendo ser arredondadas ou de forma ovóide (achatadas). As células de forma cilíndricas são denominadas *bacilos*, podendo haver diferença de comprimento e largura, dependendo da espécie a ser observada. Já os *espirilos* são células de forma espiraladas, com formas helicoidais (PELCZAR, 1996).

Bactérias como os *Actinomicetos* têm forma multicelular, apresentando filamentos assemelhando-se a fungos, podendo se tornarem tão numerosos a ponto de sua colônia ser

visível no substrato. Esses microrganismos, como alguns fungos, têm a capacidade de degradar celulose e solubilizar lignina, tolerando maiores temperaturas e pH mais elevado que os fungos. Portanto, os Actinomicetos são importantes agentes de degradação de lignocelulose, embora seu grau de degradação seja inferior ao apresentado pelos fungos (TOUMELA, 2000).

Quanto a sua respiração, elas podem ser aeróbias ou anaeróbias. As bactérias anaeróbias podem ser facultativas ou obrigatórias (ou estritas). As bactérias anaeróbias facultativas são assim classificadas devido à capacidade de realizarem respiração aeróbia quando o ambiente fornecer oxigênio e anaeróbia, na falta deste elemento químico (LINHARES, 1992)

Os principais grupos de bactérias envolvidos na biodeterioração de materiais de construção civil são: bactérias quimioautotróficas sulfo-oxidantes e nitrificantes e bactérias heterotróficas, inclusive, os actinomicetos (GAYLARDE e MORTON, 1997)

4.1.1. Ação das Bactérias no Concreto e Argamassas

As bactérias quimioautotróficas são organismos que utilizam compostos químicos inorgânicos como fonte de energia e como fonte de carbono, o dióxido de carbono (PELCZAR, 1996), sendo agentes biodeteriorantes de rochas e materiais cimentícios como o concreto e as argamassas (PINHEIRO, 2003, SAAD, 2003).

Bactérias sulfo-oxidantes como *Thiobacillus concretivorus* têm como ambiente ideal substratos expostos a ambientes que contêm dejetos. Essas bactérias metabolizam os sulfetos, transformando-os em ácido sulfúrico, que ataca a argamassa. Os efeitos da produção desses ácidos na superfície do material causam uma reação corrosiva devido à redução do pH do substrato e conseqüentemente a perda de sua integridade (PAULA *et al*, 2005).

Durante essa reação química os sulfatos que se originaram tendem a precipitar-se na superfície do material cimentício e são lixiviados, ou dissolvidos ou ainda, estando esses localizados no interior dos poros do substrato, recristalizam-se podendo formar elementos com características expansivas ocasionando assim fissuração ou esfoliações na argamassa (KUMAR e KUMAR, 1999).

O concreto também é alvo das bactérias dessulfobríos que transformam enxofre em ácido sulfúrico que, em contato com a água, tem ação descalcificante, portanto agressiva nos compostos do concreto (ANDRADE *et al.*, 2003 *apud* LIMA, 2007). A biodeterioração

causada pelas bactérias sulfo-oxidantes consiste no ataque do ácido sulfúrico aos constituintes cálcicos da pasta de cimento, cujas reações envolvem fenômenos como lixiviações e formação de etringita expansiva (FERREIRA e ALMEIDA, 1999 *apud* Pinheiro, 2003). Esses fenômenos acarretam desde a fissuração, desagregação e problemas de coesão entre a pasta de cimento e os agregados e, por conseqüência, a perda de resistência mecânica do concreto (NEVILE, 1997).

Um dos grandes problemas de degradação do concreto se dá em dutos de concreto utilizados em obras de saneamento, embora o esgoto doméstico tenha pH alcalino, portanto não deteriorando o concreto. Entretanto, quando se reúnem dois fatores como temperaturas elevadas e a presença de bactérias aeróbicas, ocorre à deterioração do material (NEVILLE, 1997).

Os compostos de enxofre presentes no esgoto não têm propriedades deteriorantes, porém quando dissolvidos pela umidade na superfície exposta do concreto e submetidos à oxidação pela ação das bactérias aeróbicas, resultando em ácido sulfúrico e a pasta de cimento vai sendo dissolvida, ocasionando assim a deterioração do concreto acima do nível de esgoto no interior dos dutos. O mesmo fenômeno pode ocorrer em tanques de óleo (NEVILLE, 1997).

Outras bactérias nocivas à estrutura dos materiais cimentícios são as nitrificantes, como as *Nitrossomas* e as *Nitrobacter*, que oxidam compostos de amônia e óxidos e ácidos nitrosos. Esses organismos são responsáveis pela produção do ácido nítrico, que é capaz de dissolver os componentes cálcicos através da formação do nitrato de cálcio solúvel, enfraquecendo não só cimentos, como também mármore e arenitos (BOCK, 1990; SAND e BOCK, 1991a, 1991b *apud* Pinheiro, 2003). A ação das bactérias nitrificantes é caracterizada pela formação de eflorescências na superfície dos materiais (KUMAR e KUMAR, 1999).

O ataque de bactérias heterotróficas dá-se através de ácidos orgânicos que proporcionam a perda de material por meio da lixiviação, bem como modificação da porosidade, permeabilidade e a perda de sua coloração característica em decorrência das substâncias extracelulares sintetizadas por esse grupo de bactérias (KUMAR e KUMAR, 1999).

4.1.2. Ação das Bactérias em Material Rochoso

O desenvolvimento de espécie biológica específica em uma superfície rochosa é determinado pela natureza e propriedades do material, como os minerais que formam a rocha e sua porcentagem relativa na composição, pH, salinidade, umidade e textura. Também depende de certos fatores ambientais, tais como temperatura, umidade relativa, luminosidade, poluição atmosférica, quantidade de chuva. Portanto, a resposta dos microrganismos para uma superfície potencial de colonização depende das características ecológicas e fisiológicas exigidas para o desenvolvimento das espécies e essas condições são atendidas perfeitamente em se tratando de climas tropicais (KUMAR e KUMAR, 1999; WARSCHEID E BRAAMS, 2000).

Em ambientes de clima tropical foram identificados três grupos bacterianos como principais responsáveis pela deterioração de estruturas em pedra, o grupo das bactérias quimioautotróficas sulfo-oxidantes e bactérias nitrificantes; as fotoautotróficas e bactérias heterotróficas, inclusive as actinomicetos (KUMAR e KUMAR, 1999).

As sulfo-oxidantes atacam as pedras sob condições aeróbicas através da produção de ácidos inorgânicos, oxidando o enxofre presente em nutrientes do solo, convertendo-o em ácido sulfúrico. Este reage com os elementos que compõem a rocha, formando sulfatos na superfície da rocha em forma de crostas, os quais podem ser dissolvidos pelas águas pluviais (KUMAR e KUMAR, 1999).

Pode ocorrer também um processo de cristalização, em que esses sulfatos em forma de solução são absorvidos pelos poros das pedras e voltam a cristalizar-se no interior da rocha, criando tensões nas paredes do poro causando micro-fissurações e, por consequência, ocasionando esfoliação na pedra. Este fenômeno é comumente observado em rochas calcárias (LEPIDA e SCHIPPA, 1973 *apud* Kumar e Kumar, 1999).

Algumas bactérias heterotróficas têm presença representativa em material pétreo nas regiões tropicais, sendo que seu mecanismo de deterioração é através da produção de ácidos biogênicos, que podem causar a dissolução da rocha através da formação de cátions como Ca^{+2} , Fe^{+3} , Mn^{+2} , Al^{+3} e Si^{+4} . Algumas dessas bactérias também são associadas à descoloração da rocha (KUMAR e KUMAR, 1999).

As bactérias hoje não são apenas agentes biodeteriorantes, pois algumas delas são capazes de sintetizar carbonatos de cálcio, podendo ser usadas como agentes de controle biológico, atuando como protetor de superfícies de rocha calcária. Todavia, essa escolha deve

ser cuidadosa, pois podem ocorrer efeitos deletérios, como alteração da coloração da rocha entre outros (Revista Ciência Hoje nº 200, 2003).

O quadro 2 exemplifica os efeitos observados nas rochas pela ação dos microorganismos, a atividade microbiana no substrato e a relação dos principais agentes biodeteriorantes.

<i>Efeito observado</i>	<i>Atividade microbiana</i>	<i>Principais organismos envolvidos</i>
Alterações na cor	Presença de células ou produtos pigmentados	Algas, cianobactérias, fungos
Retenção de água	Presença física Produção de muco	Todos
Estímulo para o crescimento de organismos heterotróficos e superiores.	Presença de células vivas ou mortas e seus produtos	Algas, bactérias fotosintéticas, incluindo cianobactérias
Desagregação do material	Penetração e crescimento no interior da pedra	Fungos, actinomicetos, cianobactérias, algas e líquens
Formação de pátinas	Oxidação de cátions translocados	Bactérias oxidantes de ferro e manganês, fungos, cianobactérias
Degradação (“Corrosão”)	Produção de ácidos	Fungos, bactérias, cianobactérias (também líquens)
Enfraquecimento e dissolução da estrutura	Mobilização e quelação de íons	Todos
Dissolução alcalina	Absorção de íons H ⁺ pelas células	Algas, cianobactérias
Destruição de camadas de silicatos	Liberação de polióis (por exemplo, glicerol, polissacarídeos)	Todos

Quadro 2: Atividades microbianas as quais afetam a durabilidade da pedra. (fonte: ALLSOPP *et al.*, 2004)

4.1.3. Ação das Bactérias na Madeira

As bactérias xilófagas atacam de forma discreta, sendo que seus efeitos não são evidentes em curto prazo. O ataque se dá essencialmente em madeiras que estão submersas ou enterradas, em condições anaeróbias (SANTINE, 1988).

4.1.4. Ação das Bactérias nos Metais

A corrosão é um processo eletroquímico, em que a existência de uma zona anódica, onde há a oxidação que conduz a dissolução do material e uma reação catódica simultânea. Quando ocorrer a corrosão microbiana, o processo é semelhante, mas com a participação ativa de microrganismo nesse fenômeno eletroquímico (VIDELA, 1981).

Nos metais, quando ocorre a degradação bacteriana, os microrganismos podem oxidar o ferro (Fe), a exemplo da *Gallionella ferruginea*, ou reduzir os metais, tais como o ferro (Fe) e o manganês (Mg), através de suas atividades enzimáticas, como acontece durante a corrosão causada pela ação das bactérias *Pseudomonas sp.* e *Shewanella sp.* (GENTIL, 1996)

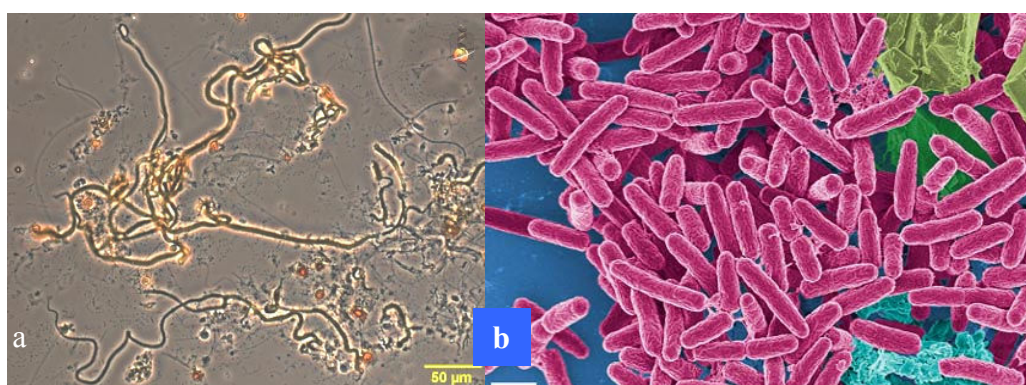


Figura 7- (a) *Gallionella ferruginea*⁷ e (b) *Pseudomonas sp.*⁸

Os microrganismos podem participar de diversas formas no processo corrosivo, podendo ser pela produção de substâncias enzimáticas durante seu crescimento ou metabolismos, através de substâncias de ordem química diversa como ácidos, álcalis, sulfetos entre outros que transformam o meio inicialmente inerte, em meio agressivo ao material.

Outra forma de participação biológica na corrosão é através da formação de células eletrolíticas de concentração diferenciais, diversas vezes aludidas como células de aeração diferencial, porque muito frequentemente surgem de um gradiente de oxigênio resultante do esgotamento de oxigênio pela colônia microbiana, onde ela está em contato com o metal

⁷ fonte: http://biology.kenyon.edu/Microbial_Biorealm/bacteria/proteobacteria/Gallionella/galionella_abw.jpg

⁸ fonte: www.microscopyconsulting.com/Gallery/images

(ALLSOPP *et al.*,2004). Este fenômeno é facilmente encontrado em tubulações de ferro ou em tanques de combustíveis feitos de alumínio (Al) ou ligas de Alumínio (VIDELA, 1981).

Atualmente pode-se classificar a corrosão microbiana por diferentes critérios, através do mecanismo em que os organismos participam ou produzem o processo de corrosão, pela relação com a concentração ou presença de oxigênio, pela natureza do metal corroído, pelo meio em que o processo se desenvolve ou pelo tipo de microrganismos envolvidos no processo deteriorante (VIDELA, 1981).

No que diz respeito à contribuição bacteriana no processo corrosivo, a classificação mais amplamente utilizada é de acordo com o mecanismo envolvido no fenômeno, que se classifica por três formas: através da produção de substâncias corrosivas metabolizadas, tais como ácidos e álcalis, participação cinética no processo como, por exemplo, através da despolarização catódica no caso das bactérias sulfato-redutoras e através da criação de zonas de concentração de oxigênio diferenciadas dentro das células, tal como ocorre com tubérculos (VIDELA,1981).

Também existem critérios que classificam de acordo com a ausência ou não de oxigênio e sua aeração diferencial e, também, em decorrência do tipo de ligas afetadas, como metais ferrosos ou não ferrosos e materiais não metálicos (VIDELA, 1981).

Bactérias que atacam o ferro, transformando os compostos solúveis em compostos insolúveis, tais como hidróxido de ferro, são extremamente nocivas. Os compostos podem ser excretados formando assim pedúnculos ou faixas de ligação entre as células, como no caso da bactéria *Gallionella* ou depositados em uma bainha ao redor de alguns organismos, como no caso da *Sphaerotilus* (PELCZAR, 1981).

Essas deposições e acúmulo de material insolúvel no sistema de distribuição de águas podem acarretar uma perda significativa de fluxo hídrico (figura 9) e ainda a alteração da qualidade da água, pois algumas dessas bactérias também produzem substâncias mucilaginosas que podem dar coloração à água e alterar seu sabor e odor de forma indesejável (PELCZAR, 1981).

Outras bactérias, como as bactérias do gênero *Thiobacillus* podem ser responsáveis pela corrosão de canos de ferro em consequência da produção de ácido sulfúrico pela oxidação do enxofre (PELCZAR, 1981).

O processo biocorrosivo pode encontrar maior resistência em determinadas ligas metálicas, como no aço inoxidável. Nesses casos, o biofilme pode estimular a corrosão de duas formas, através da formação de células de aeração diferencial ou ainda pelo aumento da taxa de reação catódica (CRAVO *et al.*, 2002).

Para a redução da biocorrosão em metais, devem ser tomados certos cuidados como limpeza do local, redução da quantidade de água e melhoria da drenagem, evitar espaços mortos, utilizar quando possíveis biocidas ou outros métodos de controle de organismos biológicos e métodos químicos ou eletroquímicos de controle de corrosão (GENTIL, 1996).

O quadro 3 referece a ação corrosiva das bactérias, através de deterioração química decorrentes de metabólicos agressivos. O quadro lista o tipo de organismos deteriorantes e os metabólicos corrosivos, os materiais por eles afetados, as condições para que ocorra a biodeterioração e o meio ambiente em que geralmente ocorrem.

Microrganismos	Produto corrosivo	Materiais afetados	pH	Meio Ambiente
Gênero Thiobacillus	Sulfetos, Sulfatos, Sulfossulfatos e Ácido sulfúrico.	Ferro, Ligas, Concreto.	0,5 – 7,8	Efluentes, Lodo, água do mar, Rios e solos.
Gênero Ferrobacillus	Íon férrico, Ácido sulfúrico	Ferro e ligas	1,4 – 7,0	Depósitos de pirita e minas
Gênero Lactobacillus	Ácidos orgânicos	Aço	-	Refinarias
Gênero Desulfovibrio	Ácidos sulfídrico e Sulfetos	Ferro e ligas, Alumínio.	5,5 – 9,0	Efluentes, lodos, solos, água do mar ou rios
Gênero Gallionella Chrenothrix Septothrix	Hidróxido Férrico	Ferro	4,0 – 10,0	Águas com ferro em solução

Quadro 3: Ação corrosiva das bactérias através de metabólicos agressivos. (fonte: VIDELA,1981.p.14)



Figura 8 - Tubo de aço carbono com tubérculos de óxido de ferro.(fonte: Gentil,1996.p.96)

4.2. Algas e Cianobactérias

As algas são microrganismos com estrutura celular eucariótica, sendo classificadas nutricionalmente como seres fotoautotróficos, embora algumas espécies possam crescer heterotroficamente. Quando crescem fotossinteticamente, produzem oxigênio (O₂) e utilizam dióxido de carbono (CO₂) como a única fonte de carbono. As algas, ao contrário das plantas superiores fotossintetizantes, não necessitam de sistema vascular para transportar nutrientes, pois todas as suas células são capazes de absorver diretamente nutrientes dissolvidos (PELCZAR, 1996).

Segundo Jaag (1945) apud WARSCHEID E BRAAMS (2000), a colonização de superfície inicia com microrganismos fototróficos. Esses organismos crescem sobre as superfícies externas das construções, causando descoloração e deterioração físico-química dos materiais de construção civil. O crescimento e atividade metabólica desses organismos são regulados por parâmetros naturais como luz e umidade (WARSCHEID e BRAAMS, 2000, GAYLARDE e GAYLARDE, 2000).

As algas estão associadas juntamente com as cianobactérias a patologias que envolvem alteração da coloração de rochas devido à presença de células pigmentadas, retenção de água, além de auxiliar no crescimento de novos microrganismos e organismos heterotróficos superiores, facilitando sua fixação pela presença de organismos vivos ou mortos formando um substrato rico em nutrientes. Pela penetração no interior da rocha e pela sua fixação possibilitam a degradação do material, acarretam em dissolução alcalina quando ocorre a absorção de íons H⁺ pela sua atividade celular e auxiliam na destruição de silicatos do material rochoso através da “liberação de polióis” (ALLSOPP *et al.*, 2004).

A maior incidência da ação de algas e cianobactérias são encontradas em edificações e monumentos de pedra e, em sua maioria associadas a outras bactérias, apresentando-se em forma de manchas diversas, podendo ser identificadas por sua coloração: manchas pretas, produzidas pela degradação da clorofila, ferro e minerais de manganês, manchas verdes oriundas de algas fotossintetizantes e cianobactérias; manchas vermelhas ou alaranjadas que derivam de pigmento oriundos de bactérias quimio-organitróficas e produtos da degradação de cianobactérias e algas, com enriquecimento férreo (PIETRINI *et al.*, 1985; REALINI *et al.*, 1985; URZI *et al.*, 1992; SCHOSTAK, 1993 *apud* WARSCHEID e BRAAMS, 2000).

As algas fotossintetizantes colaboram no mecanismo de biodegradação das rochas, fornecendo oxigênio durante o processo para as atividades enzimáticas das bactérias, fungos e

outros microrganismos presentes no biofilme (ISKANDAR e SYERS, 1972 *apud* WARSCHEID e BRAAMS,2000).

Alguns exemplos da ação das algas e cianobactérias observados por pesquisadores são: sobre o feldspato, sua atuação resulta na formação de hidróxidos de alumínio que se precipitam nos poros do material; sobre os carbonatos, ocasiona o aumento da taxa de dissolução do ferro, contribuindo para a formação de pátinas; sobre a calcita, resulta na liberação de cálcio (WARSCHEID e BRAAMS, 2000).

As cianobactérias criam biofilmes coloridos na superfície de monumentos e edifícios históricos, tornando a superfície aderente a outras substâncias presentes no ambiente, as quais se fixam no biofilme, como pólenes, lubrificantes, poluição originando pátinas de difícil remoção e ainda danos físico-químicos causados pelas substâncias que ali são aderidas (HYVERT, 1973; DANIN, 1983; SAIZ-JIMENEZ, 1994 *apud* KUMAR e KUMAR, 1999).

Esses microrganismos também são largamente encontrados em biofilmes nas paredes externas das edificações em regiões da América Latina, formando uma biomassa composta por algas, cianobactérias, fungos, bactérias e outros organismos simbióticos como líquens. As regiões tropicais e subtropicais apresentam uma característica que proporciona maior facilidade de desenvolvimento desses organismos, sua umidade natural, não sendo necessária nenhuma fonte de água. Em decorrência do desenvolvimento dos microrganismos fotoautotóxicos, ou seja, que produzem seus nutrientes a partir de substâncias inorgânicas e utilizando a luz como fonte de energia, as algas e cianobactérias podem causar deteriorações físico-químicas e descoloração do substrato (GAYLARDE; e GAYLARDE, 2000; ALLSOPP *al.*, 2004).

Além disso, esses organismos são facilmente encontrados em pontos da edificação que apresentam maior umidade, como próximos a tubulações com vazamentos ou calhas de telhados, em áreas frequentemente molhadas pela chuva e com sistema de drenagem insuficiente ou inadequado, enfim nos locais da alvenaria em que existam fontes de luz e água (ALLSOPP *et al.*, 2004).

A biodeterioração mais evidente causada por algas e cianobactérias está ligada à estética, causando manchas não só em rochas, como em materiais cimentícios, madeira e superfícies pintadas. O requisito básico para que ocorra esse tipo de biodeterioração é simplesmente haver luz suficiente para seu desenvolvimento. O aparecimento dessas manchas de coloração variada e crescimento rápido, podendo ser em tons de verde, rosadas ou marrons, dão à edificação uma aparência de desleixo (GAYLARDE e GAYLARDE, 2000, ALLSOPP *et al.* 2004).

Outra característica que também facilita a proliferação desses organismos é a facilidade de fixação, em especial a revestimentos rugosos que propiciam proteção contra dessecação. Apesar de que as cianobactérias serem muito resistentes a condições extremas de umidade e temperatura, sua maior proteção se dá a partir dos seus pigmentos internos, que protegem as células contra os raios UV (ALLSOPP *et al.* 2004).

4.3. Fungos

Os fungos são organismos eucariontes, não-fotossintéticos e, embora existam algumas formas unicelulares como as leveduras, a maioria são multicelulares, apresentando estruturas denominadas de hifas, cujo conjunto denomina-se micélio (LINHARES, 1992).

Sua nutrição é por absorção de moléculas orgânicas simples, que pode ser originária de uma digestão extracorpórea do próprio fungo. Sua respiração pode ser aeróbia ou anaeróbia (LOPES, 1988).

Sua reprodução é em forma de esporos, que são dispersos pelo ar e um dos meios de classificá-los é através desses esporos sexuais e de seus corpos de frutificação durante seu período reprodutivo (PELCZAR, 1996).

Apesar de alguns fungos serem utilizados para alimentos e produção de bebidas, deve-se salientar que também algumas espécies causam problemas tanto ao homem, quanto aos materiais. Dentre eles destacam-se: problemas de saúde, mau cheiro, degradação do substrato das pedras, do metal, dos plásticos, madeiras, papel, vidros etc. Também existem organismos do reino Fungi que são extremamente úteis para a medicina, como *Penicillium* do qual é extraída a penicilina (LINHARES, 1992; PINHEIRO, 2003).

A penetração das hifas causa uma degradação mecânica nos materiais e sua produção de metabólicos e excreção de enzimas produzem uma ação química (SAAD, 2002, PINHEIRO, 2003)

Os fungos necessitam de água para a germinação dos seus esporos, uma temperatura entre 20 a 25°C, pequena quantidade de oxigênio e luz e nutrientes (carbono e nitrogênio). As construções apresentam em geral um substrato ideal para a sua proliferação (PINHEIRO, 2003).

A biodeterioração de materiais de construção civil, através de microrganismos, principalmente do reino Fungi, é caracterizada pelo efeito antiestético, causando manchas na

superfície do material através da ação dos ácidos orgânicos e inorgânicos produzidos durante o seu metabolismo e pela “penetração das hifas na estrutura cristalina do material” (SAAD, 2002, PINHEIRO, 2003).

Segundo os estudos de GÓMEZ-ALACRON e TORRE (1994) em rochas, foram constatadas tensões causadas pela penetração de hifas que variam de 4,5 a 8,0 mm de profundidade em rochas como granito e arenito, entre outras.

4.3.1. Ação dos Fungos em Pedras , Concretos e Argamassas

Entre os fungos filamentosos encontrados na biodeterioração de materiais de construção civil, como as pedras naturais e os materiais cimentícios, destacam-se os gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Cladosporium*, que podem atuar associados com outras espécies de fungos, bactérias e algas (SAAD, 2003). Além desses, foi observada também a presença de leveduras em concretos deteriorados (PINHEIRO, 2003).

Os principais ácidos produzidos por esses fungos são os ácidos glucônico, cítrico, fumárico e oxálico, que podem solubilizar os minerais das pedras naturais e dos materiais cimentícios, como o alumínio, o cálcio, o sódio, o potássio, o manganês e o ferro, decompondo os silicatos, os feldspatos e as micas desses materiais (PINHEIRO, 2003). Além disso, esses ácidos produzidos podem reduzir o pH para menos de 5, aumentando os danos e a corrosão no concreto armado (SAAD, 2003).

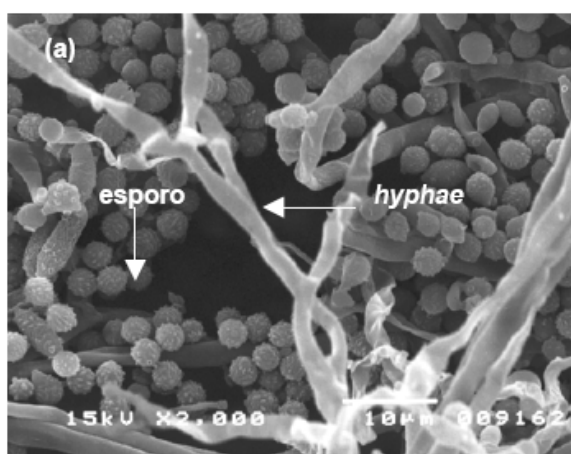


Figura 9- Esporos e Hifae do fungo *Cladosporium sphaerospermum* crescendo em argamassa (PINHEIRO, 2003. p. 102).

A seguir encontram-se algumas das características dos principais de alguns dos fungos encontrados em ambientes internos e externos e isolados durante essa pesquisa:

Alternaria sp.: o gênero *Alternaria* (Figura 10) é grande e muito disseminado, suas conídias são facilmente carregadas pelo vento, com picos de concentrações no verão e início do outono. Este gênero é encontrado geralmente em poeira da casa, tapetes, têxteis, em superfícies em interiores e exteriores de edificações, sendo um fungo alergênico. É associado com pneumonia (Domsch *et. al.* 1980, Ellis,1993, Santos *et al.*,1998).

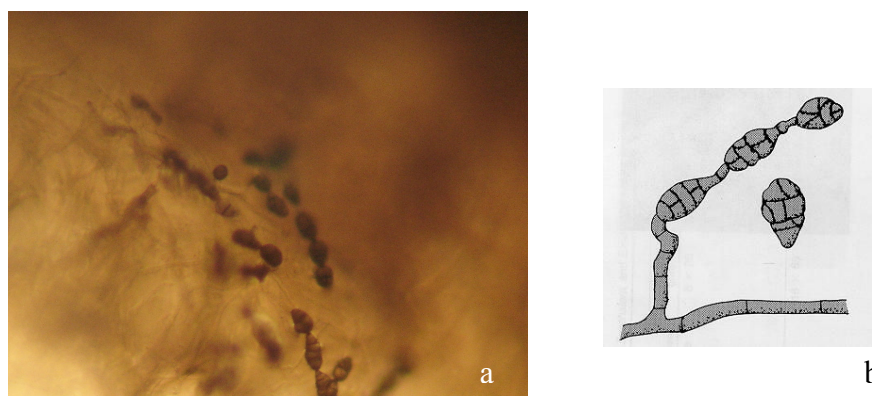


Figura 10- *Alternaria sp.*, onde (a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993)

Aspergillus sp. (Figura 11) é um fungo alergênico comum. São frequentemente isolados de vários locais inclusive materiais de construção em edificações danificadas por água. Os esporos também podem ser encontrados em sistemas úmidos de ventilação e em poeira da casa.

Há mais de 160 espécies diferentes de *Aspergillus*, sendo que dezesseis delas já foram documentadas como agentes de doenças em seres humanos, mas raramente ocorre em indivíduos cujo sistema imunológico está normal. Entretanto, devido ao aumento substancial nas populações dos indivíduos com HIV, pacientes de quimioterapia e aqueles em tratamento com corticosteróides, a contaminação em edificações com fungo, particularmente *Aspergillus*, é estudo de grande interesse. Aspergilose é agora o segundo tipo de infecção fúngica que ocorre nos Estados Unidos e que requer hospitalização. No Brasil, o problema com

aspergilose ficou conhecido após a morte do ministro Sérgio Mota (Revista Veja, 1998, Lopes, p.32).

Muitas espécies produzem micotoxinas que podem estar associadas com as doenças nos seres humanos e em animais. A produção da toxina é dependente da espécie, cepas e da fonte do alimento para o fungo. Algumas destas toxinas são carcinogênicas, incluindo aflatoxinas e ocratoxinas. *Aspergillus* é um fungo causador de asma e os casos crônicos podem desenvolver o enfisema pulmonar. Seu crescimento ocorre com valores de disponibilidade de água (A_w) entre 0.71 e 0.94 (Domsch *et. al.* 1980, Ellis,1993, Santos *et al.*,1998).

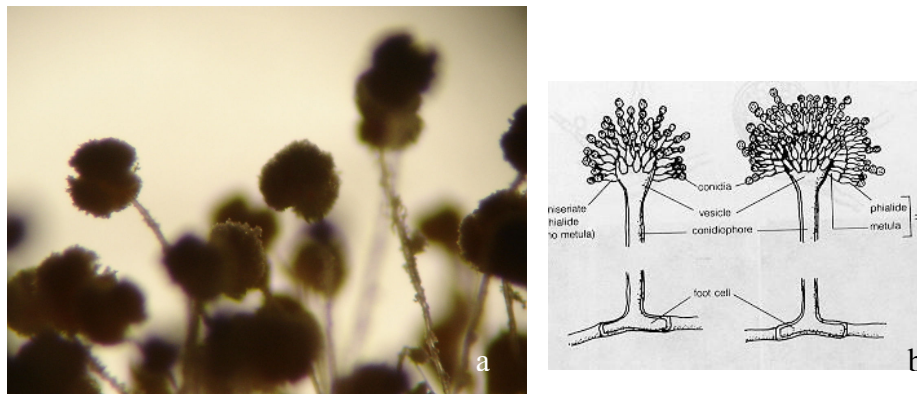


Figura 11- *Aspergillus* sp.: (a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993)

***Cladosporium* sp:** Este fungo (Figura 12) encontra-se frequentemente em ambientes internos e externos de edificações. Os esporos secos podem ser facilmente transportados por longas distâncias pelo ar. Outro local onde esse fungo pode ser encontrado é em refrigeradores sujos. Em marcos úmidos de janelas, pode facilmente cobrir toda a área pintada com uma camada aveludada verde-oliva. Esse fungo desfigura pinturas, papel de parede e produtos têxteis armazenados sob condições úmidas. As edificações com pouca ventilação e situadas em ambientes úmidos podem apresentar elevada concentração de *Cladosporium* sp.. A capacidade de *Cladosporium* de ter uma grande esporulação, com uma fácil dispersão, faz desse fungo um alergênico do ar, e junto com *Alternaria* comumente causa asma. Algumas espécies desse gênero causam doença, abscessos na pele, queratite micótica e pulmonar e têm sido encontradas em pacientes imuno-comprometidos. As colônias fúngicas são aveludadas, de tonalidades marrom ou verde-oliva (Domsch *et. al.* 1980, Ellis,1993, Santos *et al.*,1998).

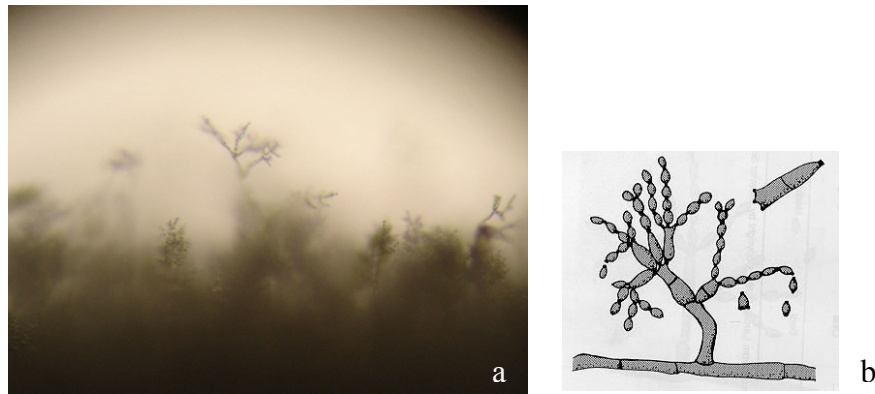


Figura 12– *Cladosporium* sp(a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993)

***Curvularia* sp.** Este fungo (Figura 13) tem sido relatado como alergênico e também pode causar infecções de córnea em pacientes imuno-comprometidos (Domsch *et. al.* 1980, Ellis,1993, Santos *et al.*,1998).

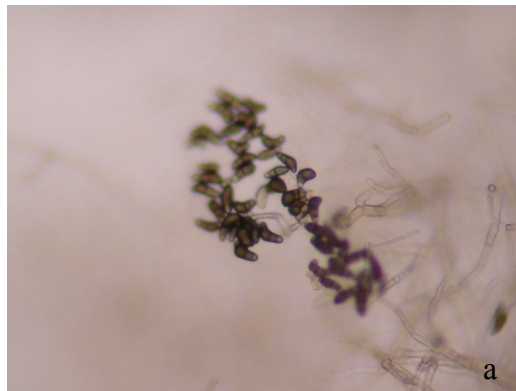


Figura 13– *Curvularia* sp(a) Microscopia ótica (Ellis,1993)

***Penicillium* sp.:** (Figura 14) Este fungo tem sua identificação em nível de espécie. Encontrado frequentemente em amostras do ar, podendo estar em pinturas. Pode ser encontrado também em carpetes, papel de parede e isolamentos com fibra de vidro. Embora seja menos alergênico do que outros mofos, o *Penicillium* sp. é descrito como alergênico de pele e pode causar pneumonia e alveolite alérgica em indivíduos suscetíveis. Pode causar outras infecções tais como a ceratoconjuntivite, a peniciliose, e a otomicose. Alguma espécie pode produzir micotoxinas, incluindo ocratoxina que é prejudicial aos pulmões e ao fígado e também é suspeito de ser carcinogênico. Há também evidência que este composto danifique o sistema

imunológico. Citrinina, é outra toxina que pode causar danos renais, vaso dilatação e constrição dos brônquios. A gliotoxina é uma toxina imuno-supressiva. A Patulina pode causar hemorragia do cérebro e nos pulmões e está associada com deterioração em maçã e uva e pode também causar a asma. A *P. camemberti* parece ser responsável por induzir alergias ocupacionais entre aquelas que trabalham com queijos, onde o fungo cresce (Domsch *et al.* 1980, Ellis,1993, Santos *et al.*,1998). O *P. chrysogenum* foi encontrado em filmes de tinta, divisórias de gesso e papel de parede (Adan *et al.*, 1994).

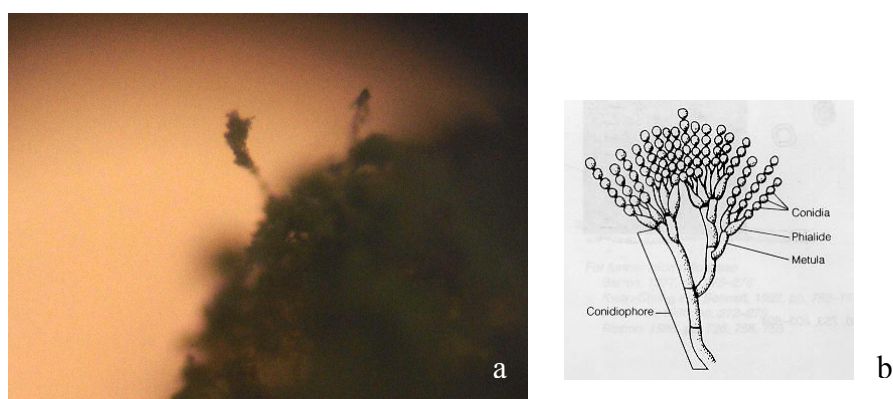


Figura 14– *Penicillium* sp.(a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993)

***Epicoccum* sp.:** (Figura 15) encontra-se geralmente como um invasor secundário nas plantas, no solo, em grãos, em têxteis e nos produtos de papel onde o *Cladosporium* *sp.* e *Aureobasidium* *sp.* estão presentes. É na maior parte saprófita, ou um parasita fraco. *Epicoccum* é isolado frequentemente do ar e ocorre ocasionalmente na poeira da casa. Relatado como alergênico, mas não com uma alta incidência. Esse fungo foi isolado e identificado de filmes de tinta base água expostas ambientalmente no Reino Unido (PRA, 2000, Saad, 2002).

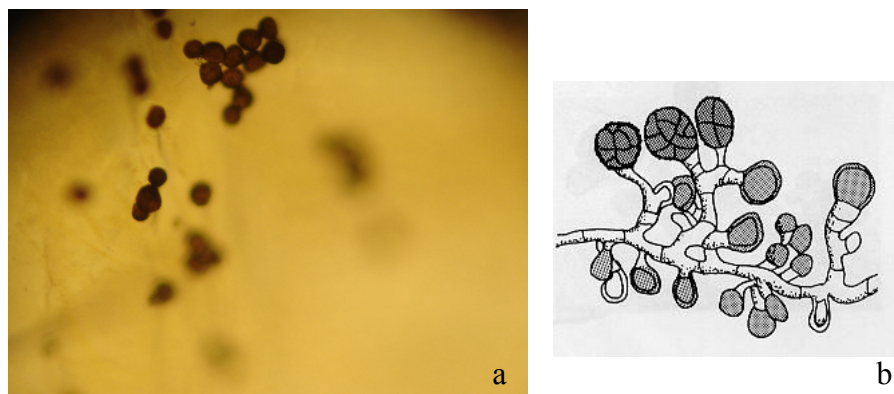


Figura 15–*Epicoccum* sp.:(a) Microscopia ótica (b) Morfologia dos esporos (Ellis,1993)

4.3.2. Ação dos Fungos na Madeira

Os efeitos do ataque dos fungos na madeira podem causar alteração da composição química do material, redução da resistência, diminuição do peso, modificação da cor natural, aumento de permeabilidade, redução da capacidade acústica, aumento da inflamabilidade, diminuição do poder calorífico e maior propensão ao ataque de certos insetos (SANTINI, 1988).

Os fungos que se alimentam das substâncias que compõe a madeira são chamados Xilófagos, dividindo-se basicamente em dois grupos distintos. O grupo dos fungos emboloradores ou apodrecedores e o grupo dos fungos manchadores ou cromógenos (SANTINI, 1988).

Os fungos que iniciam a colonização da madeira recém abatida em geral são os emboloradores. Atacam a madeira devido as suas reservas e características próprias de madeira recém derrubada, como sua umidade e substâncias de reserva (HANADA *et al*, 2003).

Os fungos cromógenos não degradam a parede celular da madeira (figura 16), causando apenas manchas e pouca alteração da resistência física do material, sendo esse efeito resultante da presença de hifas pigmentadas ou por pigmentos liberados pelos fungos durante o seu metabolismo. Ascomicetos ou fungos imperfeitos são classificados como fungos cromógenos, utilizando para sua nutrição amido, albumina, açúcares e sais minerais e outros nutrientes contidos nas células, basicamente materiais de reserva da madeira (SANTINI, 1988).

Os fungos apodrecedores, ao contrário dos manchadores, são os que mais causam prejuízos à madeira por sintetizarem nutrientes a partir das paredes celulares. Através da

produção de enzimas pelas hifas, as paredes celulares são desintegradas e produtos de degradação são catalisados, tornando-se assim em substâncias solúveis que podem ser assimiladas e digeridas (SANTINI, 1988).

Na categoria dos fungos apodrecedores destacam-se os responsáveis pelas chamadas podridão parda, podridão mole e podridão branca (SANTINI, 1988).

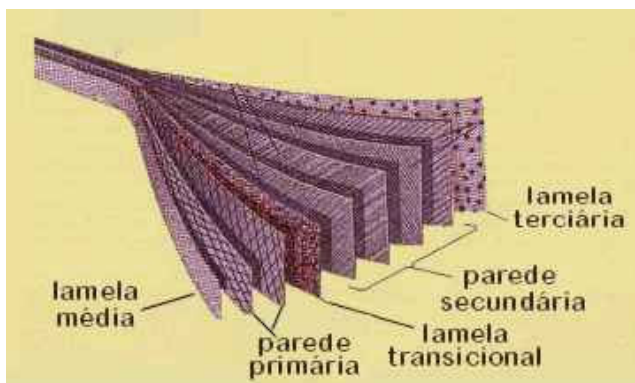


Figura 16- Parede celular vegetal⁹

4.3.2.1. Podridão Parda

A podridão parda (Figura 17) tem uma alta capacidade degenerativa, atacando a celulose e a hemicelulose, mas não atacando a lignina (SILVA, 2006).

Neste tipo de ataque, a madeira apresenta o aspecto levemente queimado, adquirindo coloração parda, mostrando rachaduras perpendiculares e paralelas às fibras, há perda de peso e redução das propriedades físicas e mecânicas da madeira (SANTINI, 1988).

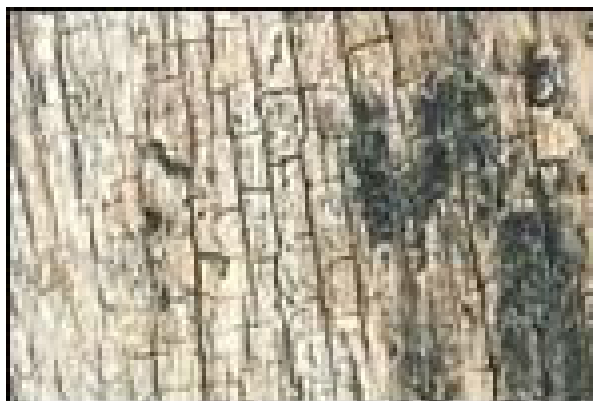


Figura 17 -Madeira atacada por podridão Parda¹⁰

⁹ fonte: <http://www.Herbário.com.br/cie/universi/teoria/1025celu.htm>

4.3.2.2. Podridão Mole

Na podridão mole ocorre uma degradação limitada na celulose, hemicelulose e lignina. Esses fungos toleram condições ambientais extremas e tornam a madeira amolecida, causando degeneração em todas as suas características mecânicas (SANTINI, 1988). Os fungos causadores da podridão mole distinguem-se dos demais por atacar a madeira apenas superficialmente. Nesse tipo de biodeterioração as hifas dificilmente penetram mais de 20 mm de profundidade, convertendo a madeira, quando úmida, em uma massa amolecida e ao secar a superfície do material torna-se escurecida, apresentando fissuras transversais, muito semelhantes ao ataque dos fungos da podridão parda (SANTINI, 1988).

4.3.2.3. Podridão Branca

A podridão branca, como mostra a figura 18, também possui grande capacidade de degradação das paredes celulares, degradando celulose, hemicelulose e lignina presentes na madeira e atacando também as paredes celulares secundárias (SATINI,1988). A podridão branca mais comumente encontrada em edificações tem como agente causador o *Phellinus contiguus*, (Coleman, 2003).



Figura 18-(a) Madeira com Podridão Branca¹¹, (b) madeiramento de telhado infectado. (fonte: arquivo do autor)

¹⁰ fonte: www.conhecendoamadeira.com/fungopodparda.gif.

¹¹ fonte: www.conhecendoamadeira.com/fungopodbranca.gif

4.3.2.4. Medidas Preventivas em Relação ao Ataque Fúngico em Madeira

O desenvolvimento fúngico na madeira, em especial fungos apodrecedores exige quatro condições essenciais: teor de umidade superior a 20%; temperaturas entre 0°C e 40°C; presença de ar e um substrato adequado, no caso a madeira (MACÁRIO, 2006).

O crescimento fúngico pode ser prevenido tomando-se os seguintes cuidados: redução de umidade do ar e em ambientes internos, controle de temperatura, boa ventilação, e onde for possível a utilização de biocidas e uma escolha adequada do material (SAAD, 2003).

O controle da umidade é um método prático de impedir a proliferação de fungos. Assim, mantendo-se a madeira abaixo da umidade de 20% em relação ao seu peso seco, que é o mínimo necessário para o desenvolvimento de microrganismos, evita-se proliferação. Outro modo é mantendo-as imersas, onde a taxa de oxigênio é nula (MACÁRIO, 2003).

Esse controle pode ser também de forma biológica, com a utilização de microrganismos que podem inibir o desenvolvimento dos fungos xilófagos, devido ao crescimento mais acelerado, competindo pelo espaço disponível ou pelo alimento ou inibindo-os através da produção de antibióticos naturais (MACÁRIO, 2003).

Atualmente a forma mais disseminada é através de biocidas, pois do ponto de vista comercial é mais viável economicamente. Essas substâncias químicas conhecidas como preservantes para a madeira são classificados em duas classes: os oleosolúveis como Creosoto, Pentaclorofenol, Naftenato de cobre, entre outros e os hidrossolúveis, por exemplo: Arseniato de Cobre Amonial (ACA), Cromato de Cobre ácido, Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), Cloreto de Zinco Cromatado, Sulfato de Cobre e outras combinações (MACÁRIO, 2006).

5. TINTAS

O setor de tintas no Brasil abrange cerca de 300 fabricantes, desde grandes indústrias multinacionais até pequenas e médias indústrias voltadas ao atendimento de segmentos específicos do mercado. No Brasil sempre se usou muito o acetato de polivinila (PVA),

contando com a produção local do monômero em Pernambuco, com base no metanol, da Cia. Alcoolquímica Nacional (CAN) (ABRAFATI¹²,2007).

Com um faturamento de aproximadamente US\$ 2,05 bilhões em 2006 e 16 mil empregos diretos, o setor de tintas tem no segmento de tintas imobiliárias uma representação de 77% do volume total, evoluindo constantemente como demonstra a tabela 1 e um montante de 59% a 62% do faturamento (ABRAFATI,2007; ZAPAROLLI,2007).

Tabela 1-Evolução das tintas imobiliárias no Brasil.(fonte: ABRAFATI,2007)

Evolução das Tintas Imobiliárias no Brasil

Ano	Milhões de Litros
2000	653
2001	654
2002	663
2003	662
2004	701
2005	722

Devido a grandes problemas de poluição e uma maior consciência ecológica há um grande enfoque para a sustentabilidade e preservação do meio ambiente. Em nível mundial hoje se desenvolvem produtos e sistemas de preservação e gerenciamento ambiental. As indústrias de tintas atualmente buscam uma forma de utilizar produtos menos nocivos a natureza e ao mesmo tempo em que garantem qualidade e eficiência (AZEVEDO, 2005).

Órgãos públicos ligados à segurança no trabalho e meio ambiente exigem um maior controle no manuseio e fiscalização, com relação ao grau de toxicidade dos produtos, principalmente referentes aos compostos orgânicos voláteis emitidos (VOCs¹³), como mostra

¹² Dados retirados da internet , site da ABRAFATI- Associação Brasileira de Fabricantes de tintas (<http://www.abrafati.com.br>) .

¹³ VOCs, são compostos orgânicos que participam de reações fotoquímicas na atmosfera (norma ASTM D 3960 apud UEMOTO,2006).

a tabela 2. A segurança para a utilização e a baixa toxicidade nos produtos deveria ser exigência dos consumidores, sem a perda de qualidade e a eficiência (UEMOTO, 2006).

Tabela 2 -Adaptação da proposta de regulamentação da European Council (2003) para teor máximo de VOC de subcategorias de tintas e vernizes da linha decorativa.(fonte: UEMOTO,2006)

Produto	Tipo	Limites (g/l)	
		max	min
Interior-fosco	Base de água	75	30
	Base solvente	400	30
Interior – brilho	Base água	150	100
	Base solvente	400	100
Exterior (substrato mineral)	Base água	75	40
	Base solvente	450	430
Interior e Exterior (madeira e metal)	Base água	150	130
	Base solvente	300	-
Interior e Exterior (vernizes e “strains”)	Base água	150	100
	Base solvente	500	400
Fundo preparador	Base água	50	30
	Base solvente	750	750

A união europeia e países como Canadá, Estados Unidos e Austrália já desenvolveram regulamentações sobre a emissão de compostos orgânicos voláteis nas linhas de tintas arquitetônicas, estipulando um teor máximo de emissão (UEMOTO, 2006).

Devido a problemas ambientais foram desenvolvidas tintas empregando como solvente a água. Em função dessa composição, as tintas apresentam alto grau de biodeterioração, trazendo assim uma grande preocupação na indústria no que diz respeito a sua conservação contra agentes biodeteriorantes. Problemas ocorrem na tinta, tanto na lata, quanto depois de aplicada, havendo também preocupação com relação à toxicidade dos produtos, que podem trazer sérios riscos ao usuário, tanto na fabricação e aplicação, como durante a vida útil da película na parede (MOLLE e SCARPINO, 1993).

5.1. Composição das Tintas

Por conceito a tinta é um produto de revestimento sólido, cuja aplicação se dá em camadas sendo formado pela polimerização de óleos secativos ou pela evaporação de um solvente(CARVALHO, 2006), no caso em estudo a água. Após processo de cura, ao ser

aplicada em forma de uma fina camada, torna-se uma película aderente ao substrato (FAZENDA,1995).

As tintas látex PVA são as mais populares no ramo imobiliário, trata-se de emulsão de água e acetato de polivinila, tendo como características principais sua secagem de forma rápida (ABRAFATTI, 2007). Essa tinta pode ser aplicada sobre reboco, gesso, massa corrida alvenaria, no caso das tintas PVA (FAZENDA,1995).

As tintas em geral são compostas de diversas substâncias que são: resinas, solventes, pigmentos, corantes, fillers e aditivos. Alguns compostos orgânicos naturais são utilizados largamente como resinas na composição das tintas, como breu ou goma-laca, outros são sintéticos, como resinas acrílicas, PVA Uretanas entre outras. As resinas são os compostos responsáveis pela formação da película nas tintas e vernizes (FAZENDA, 1995).

A composição de tintas PVA e acrílicas variam de acordo com sua aplicação, mas de uma forma geral são compostas de água, espessantes (carboximental celulose ou acrílicos), resinas (emulsão PVA, emulsão acrílica estirenada, etc.), aditivos (dispersantes, antiespumantes, glicóis, preservantes, entre outros), cargas (caulim, talco, diatomita, carbonetos de cálcio) e pigmentos (dióxido de titânio, óxido de ferro, etc.), podendo ser aplicadas sobre o reboco, gesso e massa corrida (MOLLE e SCARPINO, 1993, FAZENDA, 1995). A tinta látex acrílica é uma emulsão aquosa composta de resina acrílica (ABRAFATI, 2007).

5.1.1. Resinas

A resina é a parte não volátil do composto, servido para aglomerar as partículas de pigmentos, e a denominação da tinta ou revestimento empregado é de acordo com tipo de resina empregada no produto (FAZENDA, 1995).

As resinas hoje são obtidas através das indústrias petroquímicas e químicas, originando, por complexas reações químicas, polímeros que conferem às tintas suas propriedades atuais de durabilidade e resistência, sendo que a formação do filme de tintas está relacionada basicamente com o mecanismo das reações químicas do seu sistema polimérico (FAZENDA, 1995). Entre as resinas orgânicas naturais mais utilizadas estão o Breu e Goma-laca, entre as resinas sintéticas podem-se destacar as resinas acrílicas, PVA Uretanas (resinas a base de poliéster, epoxídicas ou acrílicas polihidroxilado) entre outras, sendo responsáveis pela formação da película nas tintas e vernizes (CARVALHO,2002).

5.1.2. Pigmentos

Material sólido finamente dividido e insolúvel que tem como objetivo conferir cor, opacidade e algumas características de resistência entre outros efeitos (FAZENDA, 1995; CARVALHO, 2002).

Os pigmentos são produtos de cobertura, em geral compostos por substância de origem inorgânica, podendo tratar-se, entretanto de um corante orgânico insolúvel ou uma substância inorgânica recoberta por um corante orgânico e são subdivididos em coloridos, não-coloridos e anticorrosivos, que são aplicados em material metálico. A insolubilidade é uma característica importante, pois de forma alguma deve ocorrer qualquer tipo de reação química com os demais compostos envolvidos na formulação da tinta, sendo suas propriedades aproveitadas na totalidade se o pigmento apresentar-se disperso no meio (SILVA *et al*, 2005, CARVALHO, 2002).

Algumas características da tinta estão diretamente relacionadas ao tipo de pigmento, como o índice de refração e poder de cobertura. Em se tratando de pigmentos coloridos, por exemplo, o índice de refração deve ser superior a 1,5 e cargas que possuem um índice de refração igual ou ligeiramente superior a 1,5 são transparentes ou quase transparentes (FAZENDA, 1995).

Compostos utilizados como pigmentos mais comuns são: dióxido de titânio (TiO_2), carbonato de cálcio, silicato de magnésio (talco), óxido de zinco, outros pigmentos orgânicos como o azul ftalo e o amarelo e inorgânicos como óxido de ferro vermelho, óxido de ferro marrom e óxido de ferro amarelo também são largamente utilizados (FAZENDA, 1995).

5.1.3. Solventes

O solvente é um produto de origem orgânica ou a base água que tem como função dissolver a resina. Em geral, trata-se de um líquido volátil possuindo um baixo ponto de ebulição. São classificados como ativos ou verdadeiros latentes e inativos (FAZENDA, 1995).

No caso de tintas base água, como é o caso das tintas vinílicas, mais conhecidas como PVA, o solvente utilizado é a água (FAZENDA, 1995, CARVALHO, 2002).

Alguns solventes úteis na formulação de tintas de alto teor de sólidos são dados na tabela 3.

Tabela 3: Solventes úteis na formulação de tintas de alto teor de sólidos. (fonte: Basso, 2004, p.02)

Solvente	Taxa de Evaporação	Densidade (KG/l)	Parâmetros de solubilidade				Solubilidade em água	Azeótropo (% de água)
			total	Dispersão	polar	Enlace de H		
Metil n-amil cetona (MAK)	0,4	0,82	8,6	7,9	2,8	2	0,5	48,0
Metil isoamil cetona (MIAK)	0,5	0,81	8,3	7,6	2,8	2	0,5	44,0
Etil-3-etoxipropionato	0,12	0,95	9,1	7,9	1,6	4,3	2,9	63,0
Propionato de n-butilo	0,5	0,87	8,5	7,1	3,6	3,1	0,4	Não há
Isobutirato de isobutilo (IBIB)	0,4	0,86	8,1	7,4	1,4	2,9	<0,1	39,4

5.1.4. Fillers

Os fillers fazem parte da chamada carga da tinta, podendo ser um composto orgânico ou não, sua utilização objetiva acrescentar volume ao produto, bem como influenciar na sua aplicabilidade, trabalhabilidade e encorpar a tinta (FAZENDA, 1995; CARVALHO, 2002). Os compostos tais como Alumina hidratada ($Al(OH)_3$), Diatomita (SiO_2) Sulfato de Bário ($BaSO_4$) entre outros são utilizados como fillers (CIMINELLI, 1989).

5.1.5. Aditivos

Compostos responsáveis pelas características especiais ou que trazem melhoria às propriedades da tinta, como melhor aplicabilidade, compostos niveladores, antiespumantes, secantes e de proteção durante a estocagem, tais como, antissedimentantes, bactericidas e fungicidas (FAZENDA, 1995).

A utilização de aditivos ou não na formulação da tinta depende do seu uso final. Esses compostos visam incrementar determinadas propriedades do material e devem ser observados diversos critérios para sua utilização, tendo cuidado especial em relação a dosagens e teores, pois seus usos incorretos ou exagerados podem acarretar perda da qualidade do produto (FAZENDA, 1995, CARVALHO, 2002).

Dentre os aditivos mais utilizados podem ser citados os produtos antinata, secantes, plastificantes, semissedimentantes, nivelantes, dispersantes, antiespumantes, agentes toxitrópicos, espessantes e biocidas (FAZENDA, 1995).

A adição de biocidas em geral é feita em tintas à base de água, evitando assim a putrefação durante o armazenamento na embalagem e o aparecimento de bolores após a aplicação. O agente mais comumente utilizado como este tipo de aditivo é o óxido de zinco (ZnO), entretanto sua ação é limitada; outras substâncias, como sais organomercuriais, fenóis clorados, fenóis substituídos e seus sais alcalinos também são utilizados para preencher as necessidades da indústria de tintas. Como são substâncias altamente tóxicas e frequentemente utilizadas na indústria, sua utilização deve ser criteriosa devido a sua potencial nocividade à saúde humana (CARVALHO, 2002).

A Associação de Normas Técnicas Brasileiras (ABNT) demonstra preocupação, pois apresenta parceria com laboratórios de microbiologias onde se desenvolvem pesquisas sobre técnicas de análise do teor de biodeterioração de materiais, de avaliação da eficiência dos biocidas utilizados e também desenvolvimento de técnicas de laboratório para simulação de condições ambientais como exposição à chuva de estruturas pintadas e simulação de condições normais de temperatura e umidade de climas tropicais (AGOSTINI, 2007).

Em 2005, o Comitê Brasileiro de Construção Civil lançou a NBR 15301, que visa normalizar métodos para a determinação da resistência ao crescimento de fungos sobre tintas, vernizes e complementos (ABRAFATI, 2006).

5.1.6. Espessantes

Atualmente as tintas imobiliárias, principalmente os produtos à base de água, evoluíram tecnicamente no que diz respeito à aplicabilidade do produto, não só visando facilitar o manejo profissional, como também encorajando as pessoas que desejam desempenhar a prática sem a ajuda de profissionais (ZAPAROLLI, 2007).

Para melhor eficiência dos produtos, os fabricantes estão cada vez mais investindo em aditivos como espessantes e modificadores de reologia. Os espessantes são aditivos que conferem viscosidade à tinta, facilitando sua aplicação. Os modificadores de reologia atuam sobre as propriedades do líquido em repouso, controlando e, em alguns casos, evitando a concentração no fundo da embalagem das cargas e pigmentos. Além disso, também influenciam na sua aplicabilidade, auxiliando no espalhamento e conferindo à tinta uma fluidez mais suave, ocasionando assim melhor acabamento (FAZENDA, 1995; ZAPAROLLI, 2002).

Os modificadores de reologia também evitam pequenos problemas de aplicação como respingos, comuns na aplicação com rolo, e reduzem patologias causadas em decorrência de problemas de aplicação incorreta como o popular “casca de laranja”, que é o acabamento com aspecto poroso. Estatisticamente esses dois aditivos compõem entre 2% e 3% da fórmula de uma tinta (ZAPAROLLI, 2006).

A principal linha de espessantes e modificadores de reologia celulósica são a hidroxietilcelulose (HEC) e carboximetilcelulose (CMC). Entretanto, esses espessantes e modificadores de reologia apresentam problemas, pois, por serem derivados de celulose, estão mais propensos a ataques de microrganismos como bactérias e fungos, exigindo assim uso intensivo de biocidas. Esses modificadores e espessantes celulósicos são os mais indicados para tintas tipo PVA, massas corridas e texturas (ZAPAROLLI, 2006).

Hidroxietilcelulose (HEC) e carboximetilcelulose (CMC) são os principais espessantes e modificadores de reologia. Entretanto, esses espessantes podem apresentar problemas, pois podem sofrer ataque de microrganismos como bactérias e fungos por serem derivados de celulose, determinando assim uso intensivo de biocidas. Os já referidos modificadores e espessantes celulósicos são os mais indicados para tintas tipo PVA, massas corridas e texturas (ZAPAROLLI, 2006).

No mercado já existem produtos que podem substituir esses aditivos, como associativos uretânicos e espessantes sintéticos, entretanto o custo ainda é um problema, pela necessidade de uma maior quantidade a ser utilizada (ZAPAROLLI, 2006).

No setor onde as decisões são mais técnicas, as vendas de produtos celulósicos e associativos se equilibram. Verifica-se que a aplicação de aditivos uretânicos confere uma maior resistência, entre 30% e 50% (ZAPAROLLI, 2006).

6. Biodeterioração de Pinturas

As tintas possuem função decorativa e de proteção e as contaminações biológicas, que podem ocorrer tanto na tinta líquida, como no filme seco podem comprometer o desempenho do material em ambas as funções (FAZENDA, 1995).

Microrganismos como bactérias, fungos, algas e cianobactérias apresentam grande capacidade de adaptação ao ambiente, o que possibilita sua sobrevivência em situações adversas, até mesmo extremamente críticas. As tintas aquosas estão sujeitas à contaminação biológica por microrganismos, os quais têm como requisitos básicos para seu desenvolvimento e proliferação a luz solar, oxigênio, pH, nutrientes, temperatura e água, como demonstrado no Quadro 4 (FAZENDA, 1995, PELCZAR, 1996).

Em tintas comerciais haverá o desenvolvimento de colônias na tinta úmida e no filme seco, devido aos compostos orgânicos presentes no material ou pelos depósitos de resíduos sobre a mesma (FAZENDA, 1995, FAIRBANKS, 2007).

Na composição das tintas aquosas, os antiespessantes, os compostos derivados da celulose e o próprio veículo da tinta, chamado binder látex, são nutrientes em potencial para os microrganismos (FAZENDA, 1995).

Esse processo de colonização acarreta um comprometimento das funções do produto. Em resposta ao problema, a indústria adota medidas preventivas, através do emprego de agentes microbicidas na formulação de seus componentes e também da tinta. Entre os aditivos utilizados destacam-se fungicidas, bactericidas e algicidas (FAZENDA, 1995).

A deterioração provocada pelos microrganismos nesses materiais e a conseqüente ação enzimática dos mesmos podem provocar alterações físico-químicas na tinta, tais como alteração da viscosidade, mau cheiro, gaseificação. Os gases gerados podem provocar a

deformação da embalagem no caso de tinta na lata (FAZENDA, 1995; ALLSOPP *et al.*, 2004, FAIRBANCKS, 2007).

	Bactéria	Fungos	Algas
Luz Solar	Não.	Não	Sim
O ₂	Aeróbicas Anaeróbicas	Sim	Sim Necessita CO ₂
pH	2,0 a 13,0	Meio ácido	Meio Alcalino
Nutrientes	Orgânicos Inorgânicos	Carbono Orgânico Nitrogênio e Minerais	CO ₂ N ₂ Minerais
Temperatura	Ampla Faixa	20°C a 50°C	Tropical
Água	Sim	Umidade	Sim

Quadro 4: Condições básicas para o desenvolvimento dos microrganismos.(FAZENDA, 1995)

Algumas bactérias pertencentes à família das gram-negativas, são as mais associadas à degradação das tintas, dentre as quais se podem destacar as *Pseudomonas*, *Aerobacter*, *Flavobacterium*, *Escherichia* *Proteus*. Dentre as bactérias do tipo gram-positivas destacam-se o *Bacillus sp.* (FAZENDA, 1995). Entretanto, em se tratando de fungos e algas, seu crescimento em latas fechadas não foi observado, mas sua atuação é intensa em filme seco (FAZENDA, 1995; SAAD, 2002).

Alguns fatores podem contribuir para a contaminação da tinta durante sua manufatura, como a contaminação da água, matérias-primas, tanques ou tubulações contendo colônias de microrganismos. Outros fatores que podem contribuir são: a sensibilidade das formulações, nível de contaminação dos materiais e equipamentos, o próprio processo de adição do biocida e o tempo de residência da tinta no processo (FAZENDA, 1995).

Os programas de higiene e desinfecção periódica são processos preventivos que visam evitar que os microrganismos desenvolvam resistência contra os biocidas empregados. Dentre as medidas preventivas destacam-se os cuidados especiais nas áreas chamadas de circulação morta de produtos, como cotovelos das tubulações e crostas dos tanques, bem com os reservatórios de armazenagem, com limpeza através de soluções estéreis (FAZENDA, 1995).

A colonização microbiana nas pinturas das edificações causa problemas estéticos e pode conduzir à degradação e lascamentos da cobertura (SHIRAKAWA *et al*, 2002). Em películas secas, em geral, são encontrados fungos, algas e cianobactérias como agentes biodeteriorantes. Os fatores que afetam seu desenvolvimento estão diretamente relacionados ao clima, tipo de filme de tinta e suas características. As condições em que se encontra o substrato e a probabilidade de exposição aos microrganismos também são fatores decisivos (FAZENDA, 1995).

O crescimento de biofilmes pode ocorrer tanto em filmes de tintas internos, quanto externos, uma vez que os esporos são transportados por ar e água, sofrendo influência de outros fatores ambientais (SAAD, 2002).

No caso dos fungos, atacam a pintura como a qualquer outro material de construção através de sua produção e excreção de ácidos e enzimas (SAAD, 2002). Em ambientes internos existe a predominância da contaminação fúngica, principalmente em locais onde o teor de umidade é alto, por exemplo, em banheiros.

O ataque no filme de tinta se dá em três etapas. Na primeira etapa, observa-se a ruptura mecânica do filme. Na segunda etapa, ocorre a degradação do material, que pode ocorrer devido aos efeitos corrosivos ou cáusticos dos metabólicos produzidos pelos microrganismos e numa terceira etapa, a deterioração é causada pela atividade enzimáticas dos microrganismos (SAAD, 2002).

Em estudos realizados por Gaylarde (1999), em superfícies pintadas no Brasil, englobando cidades dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e São Paulo, constatou-se que as cianobactérias e algas verdes filamentosas foram os organismos mais comumente encontrados nas superfícies analisadas.

Grant (1982) *apud* SHIRAKAWA *et al*, (2002) sugere que microrganismos fototróficos são os colonizadores iniciais do biofilme. Nos estudos realizados por Shirakawa *et al.*, (2002), em edificações nos campos da Universidade de São Paulo (USP), depois de limpezas realizadas, foram encontradas biomassas fúngicas, em sua maioria de *Cladosporium*, seguidos de *Aureobasidium* e uma grande diversidade fúngica. A maioria dos microrganismos detectados nas edificações alvo dos estudos de Shirakawa é classificada como coccoides, antes da colonização por organismos filamentosos, comprovando assim estudos anteriores realizados por Gaylarde (1999) analisando amostras de superfícies pintadas no Brasil.



Figura 19 – Desenvolvimento de microrganismos em pintura interna (a) e externa (b).(foto : Flayane H. Silva)

BRAVERY (1988) apud SHIRAKAWA *et al.* (2002) afirma que em climas temperados, a maioria da biomassa encontrada em pinturas de paredes internas é composta de *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* e *Aureobasidium*, e ainda os fungos *Stemphyllium* e *Stachybotris* são detectados.

Para minimizar os problemas da tinta na lata e do filme seco são empregados biocidas.

6.1. Biocidas

Um biocida deve atender requisitos mínimos, como: eliminar os microrganismos, não provocar efeitos indesejáveis no produto e nas instalações, prover eficácia para as diferentes formulações e não oferecer riscos aos operadores, usuários e ao meio-ambiente. Apesar de processos de higienização e desinfecção na indústria serem cada vez maiores, ainda não há garantias da eficácia dos biocidas aplicados em tintas (FAZENDA, 1995, SAAD, 2002).

Existem diversos tipos biocidas utilizados para a conservação da tinta ainda na lata durante a armazenagem, como exemplifica o quadro 5, com vários tipos de princípios ativos e são comercializados sobre diversos nomes comerciais.

Princípio Ativo	Substância Ativa	Nome Comercial
Formaldeído	Formazina	Vários
Liberação de Formaldeído	1(3-cloro)-3, 5-1-cloreto de azoniadamantano	Dowicil 75
Organomercuriais	Acetato de Fenilmercúrio Oleato de Fenilmercúrio Di(fenilmercúrio) dodecilsuccinata	Cosan PMA-30 e PMA-60 Cosan PMO-30 e PMO-60 Superadit
Cianobutano	1,2-Dibromo-2,4-dicianobutano	Tentamer 38
Benzotiazolonas	1,2-benzotiazolin 3-ona	Proxel
Isotiazolonas	Misturas de isotiazolonas	KathonLXE

Quadro 5: Os biocidas mais utilizados para proteção da tinta durante a armazenagem (FAZENDA, 1995, p.646)

Outro ponto que deve ser levado em consideração para a análise do rendimento do biocida é a dosagem necessária para a eliminação dos agentes biológicos. Assim, quanto mais eficaz for o biocida, menor será a quantidade necessária, o que incrementa a relação custo/benefício e ainda proporciona redução dos possíveis efeitos indesejáveis desse composto (FAZENDA, 1995, SAAD, 2002).

6.1.1. Atuação e composição dos Biocidas

Os incentivos oficiais do governo na construção civil refletirá no aumento de vendas de tintas imobiliárias e, conseqüentemente, haverá um incremento no consumo de biocidas (FAIRBANCKS, 2001). Além disso, outros setores em que há exigências de controle microbiológico é o setor de tintas hospitalares e apresenta maiores exigências no que diz respeito a avanços tecnológicos (FAIRBANCKS, 2007).

No setor de tintas há uma preocupação duplicada com relação à proliferação de microrganismos. Inicialmente, o fabricante precisa garantir a durabilidade da tinta na lata, ambiente no qual pode haver contaminação bacteriana. As tintas, por serem constituídas em sua maioria por resinas em solução aquosa, são materiais adequados à nutrição de bactérias de várias origens. O problema da contaminação pode ocorrer desde a água usada na preparação do material, até esporos carregados pelos seus ingredientes. Ao proliferarem, esses microrganismos nutrem-se de parte dos constituintes das tintas, liberando gases, produzindo cheiro desagradável (sulfídrico), ou aumento do volume da embalagem com sua deformação, evidenciando o apodrecimento da tinta. A tinta degradada perde suas propriedades técnicas, tornando-se inadequada para o uso (FAIRBANCKS, 2007).

Nessa etapa, a proteção é obtida através do uso de bactericidas. Segundo alguns fabricantes, além dos biocidas colocados diretamente na tinta, também são empregados em alguns componentes, tais como as resinas e pigmentos dispersos. Essa adição é suficiente para manter as tintas íntegras nas latas fechadas ou reduzir o emprego de biocida.

Usualmente as tintas imobiliárias tornaram-se mais vulneráveis ao ataque biológico, pois não é mais permitido o emprego de pigmentos à base de metais pesados em sua formulação, que são compostos naturalmente biocidas. Além disso, o próprio solvente empregado, a água, proporciona o desenvolvimento desses organismos. As primeiras formulações de base aquosa usavam espessantes celulósicos, passíveis de deterioração por microrganismos. Estes compostos estão sendo substituídos por produtos sintéticos, denominados associativos (FAIRBANCKS, 2007).

Apesar da proteção na lata, ainda existe o problema da proteção do filme seco, ou seja, da tinta pós-aplicação. Os principais microrganismos que deterioram o filme seco são fungos, algas e cianobactérias.

A evolução empreendida pelos fabricantes nacionais de tintas proporcionou a substituição de produtos à base de mercúrio, substituindo-os pelos liberadores de formol e, mais recentemente, pelas isotiazolonas. Algumas indústrias optam pelo produto moderno, a benzisotiazolona ou a clorometilistotiazolona (CMIT- figura 20). Embora sejam mais tóxicas, com uso limitado a 15 ppm na Europa, e menos estáveis em pH acima de 7, clorometil são as mais consumidas no ramo de tintas, principalmente em misturas com outros ativos (FAIRBANCKS, 2007).

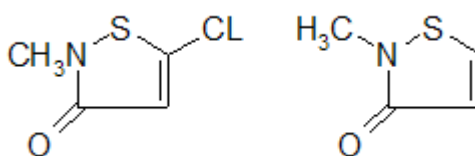


Figura 20-Formulações químicas do CMIT- C₄H₄ClNOS (CMIT: 5-cloro-2metil-isotiazona-3-one) e MIT - C₂H₅NOS (MIT: 2-Methyl-4-Isothiazolin-3-One.) (SinoHarvest Corp.¹⁴).

¹⁴ Fórmula extraída do site da SinoHarvest Corp indústria química, site : <http://www.sinoharvest.com/pic/products/CMIT.gif>.

A proteção na lata é usualmente feita através das formulações de isotiazolinonas (a dupla clorometil e metil, a chamada CMIT/MIT) com formaldeído ou produtos liberadores de formol (FAIRBANCKS, 2007).

Atualmente, o formol e seus liberadores são considerados inseguros por acarretarem problemas à saúde humana e ao meio ambiente. Um projeto nacional propõe produtos domissanitários livres de formol e seus liberadores (UEMOTO, 2006; FAIRBANCKS, 2007)

FAIRBANCKS (2007), analisando as alternativas de produtos em substituição aos liberadores de formol, indica que estas ainda se apresentam com maior custo e menor eficácia no controle microbiológico, por ter ação rápida e permitir trabalhar com dosagens relativamente baixas de CMIT/MIT.

Na proteção da tinta embalada, a preferência de mercado recai na mistura de CMIT/MIT e liberadores de formol para aproveitar as vantagens da CMIT e compensar suas deficiências, que são a falta de cobertura do espaço livre na lata e das faixas de pH acima de 9 (FAIRBANCKS, 2007). A ação desses produtos dá-se de forma combinada, a CMIT/MIT ataca as membranas celulares das bactérias, enquanto os liberadores destroem as proteínas nucleares, matando as bactérias (FAIRBANCKS, 2007).

A isotiazolinona é eficiente em reduzir bactérias nas linhas de produção, entretanto num período de dois a três meses este biocida perde sua ação na lata. Geralmente para dar estabilidade à CMIT/MIT são incorporados sais de cobre ou magnésio, mas também podem ser usados sais monovalentes ou teores reduzidos de sais, conforme a necessidade (FAIRBANCKS, 2007).

Outra tendência que se observa é o crescimento de tintas específicas para banheiros, cozinhas, quartos infantis ou hospitais, que necessitam aditivos diferenciados e eficazes (SANCHES, 2007).

Na maioria das vezes, a proteção da tinta na lata é feita com as isotiazolinonas. Algumas indústrias preferem substituir a CMIT pela benzisotiazolinona (BIT- C_7H_5NOS – figura 21) em mistura com a MIT devido a restrições para exportação, como é o caso do mercado norte-americano, onde existem restrições ao uso de clorados (FAIRBANCKS, 2007).

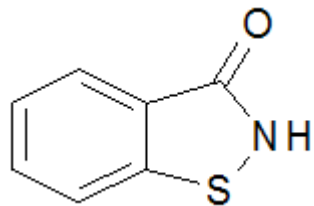


Figura 21 - Fórmula Química da Benzisotiazolinona- C₇H₅NOS (1,2-Benzisothiazolin-3-one).(Fonte: SinoHarvest corp.)

A benzisotiazolinona não agride a pele humana, tendo uma boa atuação numa faixa de pH de 3 a 13 e tem elevada estabilidade térmica. No entanto, a BIT não atua contra bactérias do gênero *Pseudomonas sp.*, que estão presentes em águas de processo. Nesse caso, é conveniente empregar uma formulação combinando BIT com bronopol ou mesmo CMIT (FAIRBANCKS, 2007).

As tintas nacionais recebem proteção suficiente na embalagem original, pelo menos enquanto fechadas, pois a dosagem média de biocidas para tintas embaladas é de aproximadamente 0,1% em peso. Além disso, o fabricante deve ignorar o percentual de residuais de biocidas contidos nos insumos para garantir uma melhor qualidade, precaução que em muitos casos não é observada (FAIRBANCKS, 2007).

A crescente preocupação das tintas industriais de limitar as emissões de compostos orgânicos voláteis (VOCs) levou a um maior emprego de formulações de base aquosa, antes restritas às linhas imobiliárias. Com teores superiores a 25%, qualquer tinta está sujeita ao ataque por bactérias (FAIRBANCKS, 2007).

Outra nova tendência de mercado são os texturizados nos acabamentos das paredes. Esse tipo de revestimento possibilitará maior biodeterioração, por apresentar uma superfície irregular, as texturas ajudam a fixar os microrganismos, exigindo assim uma maior proteção, ou seja, emprego de maiores quantidades de fungicidas e algicidas (FAIRBANCKS, 2007).

A película seca deve ter uma proteção diferenciada da que ocorre na tinta na lata, pois no processo de produção e embalagem da tinta há um maior controle. No entanto a tinta sofre diversas situações de contaminação, desde o momento que a lata é aberta, a contaminação do substrato até a manipulação incorreta e pouco higiênica do material (FAZENDA, 1995; FAIRBANCKS, 2007).

Segundo os fabricantes o processo de pintura exige cuidado em todas as fases, como limpar e desinfetar as paredes para reduzir a contaminação existente, antes da aplicação da nova camada de tinta (FAIRBANCKS, 2007). O comportamento do profissional responsável

pela pintura também é importante, pois muitas tintas requerem diluição antes de sua aplicação e essa água pode estar contaminada. Além disto, a presença de cloro pode desativar alguns biocidas empregados no material. Outro problema existente é o manuseio, pois o pintor para misturar a tinta pode utilizar materiais contaminados (FAZENDA, 1995).

No Brasil produtos como Carbendazin ($C_9H_9N_3O_2$) e Diuron ($C_9H_{10}Cl_2N_2O$) (Figura 22), ambos oriundos das linhas agroquímicas, são muito populares nas tintas. Esses produtos tiveram sua origem como fungicida e algicidas, respectivamente. Alguns microrganismos, tais como a *Alternaria sp.*, não podem ser controlados por Carbendazim (SAAD, 2002, FAIRBANKS,2007).

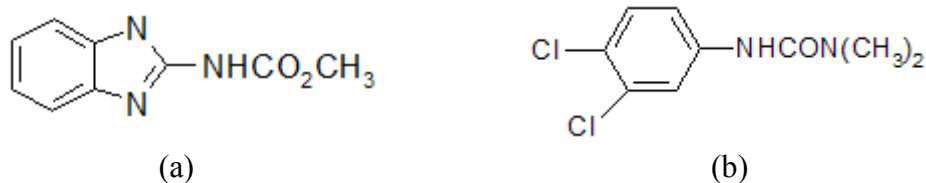


Figura 22- (a) Carbendazim; (b) Diuron. (fonte: SinoHarvest corp.)

As alternativas a esses produtos ainda são consideradas para o mercado nacional com custo elevado, como é o caso da n-octilisotiazolinona (OIT). Há o emprego do iodopropilbutilcarbamato (IPBC) como antimofa de combate, acrescidos de algumas bifuncionais, como a 663 e a S99, com efeito algicida (FAIRBANCKS,2007). Entretanto, existe um problema nos principais produtos utilizados hoje pela indústria, a n-octilisotiazolona sofre lixiviação, enquanto o metiltiocianato de benzotiazol (TCMTB) é instável a variações de pH, provocando amarelamento da tinta. Esses produtos também são pouco eficientes em relação ao combate a algas (FAIRBANCKS, 2001).

O peritionato de zinco denominado de ZOE atende às necessidades do segmento industrial. Aplicado em dosagens baixas, de até 4 ppm, o composto distribui-se homogeneamente sobre a película, não migrando para a superfície, nem sofrendo lixiviação, além de não emitir compostos orgânicos voláteis. O biocida tem sua aplicação em tintas para hospitais, clínicas médicas, vestiários e quartos de crianças (FAIRBANCKS, 2007).

Pesquisas de novos componentes têm por objetivo obter produtos de desempenho superior aos já disponíveis, porém com menor custo total de aplicação e baixa lixiviação. O

TSP 80025 combina três ingredientes ativos para controlar bactérias, fungos e leveduras dentro das latas, também atuando como fungicida e algicida no filme seco (FAIRBANCKS, 2001).

Portanto, o ponto fundamental para o bom desempenho dos biocidas em tintas é dispor de formulação equilibrada. Entretanto, apenas empregar um bom aditivo não proporciona garantia da qualidade e desempenho das tintas em serviço, principalmente no filme seco (FAZENDA, 1995).

Assim, após análise dos problemas que podem ocorrer em tinta, verifica-se que nos produtos base-água que foram desenvolvidos e que substituíram os de base-solvente, devido à poluição causada, a deterioração por microrganismos é um problema relevante.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

No capítulo a seguir serão descritos os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho de biodeterioração de tintas residenciais através da ação fúngica, englobando a descrição da preparação, materiais utilizados para a pintura dos painéis, exposição, monitoramento e inoculação do substrato.

O estudo foi desenvolvido em duas etapas, objetivando analisar a biodeterioração da película de tinta aplicada em painéis monitorados e expostos ao tempo, analisando a biodeterioração estética e estrutural no nível microscópico com monitoramento das condições climáticas as quais os painéis foram submetidos, conforme organogramas nas figura 23 e 24 .

Etapa 1: Exposição ambiental

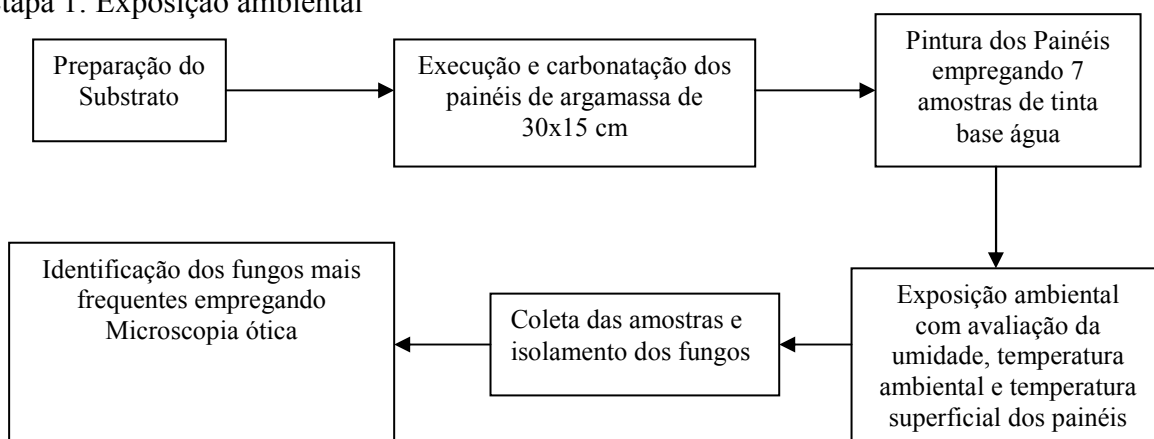


Figura 23-Organograma de avaliação ambiental

Etapa 2: Análise da contaminação de papel filtro

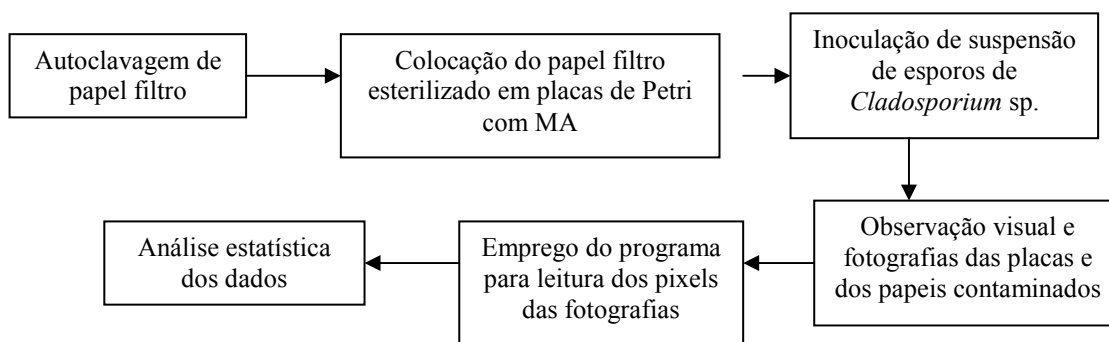


Figura 24- Organograma do teste acelerado.

7. Experimento em meio ambiente externo

7.1. Preparação de Substratos

Nessa primeira etapa foram preparados painéis, com traço de 1:6, de argamassa de cimento, cal e areia existente no mercado. Para moldagem, foram utilizadas formas metálicas, obtendo painéis de aproximadamente 30 cm x 15 cm, com espessura aproximada de 1 cm (Figura 25) sendo os painéis já moldados com alças de sustentação.

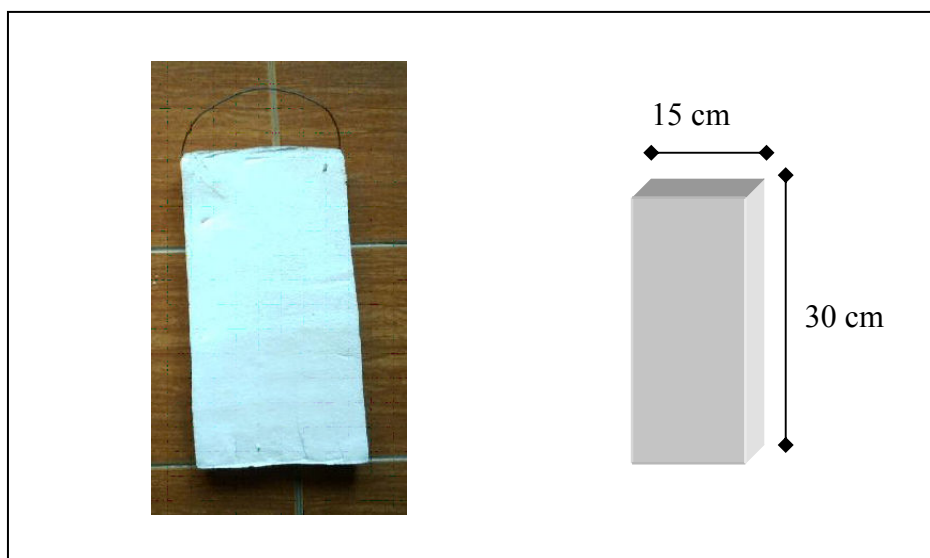


Figura 25- Painel de cimento e argamassa. (Foto: Flayane Höehr Silva)

Depois de desmoldados, os painéis foram submetidos à carbonatação em tanque no laboratório por um período de 4 semanas para a redução do pH, sendo a quantidade de CO₂ controlada. Os painéis tiveram o pH avaliado através da raspagem da superfície do painel e sua colocação em água. A avaliação do pH era feita com tiras de papel indicador de pH- CX 0,5-13 C/ ACILIT (Merck, Brasil). Após, os mesmos foram desinfetados com álcool 70% e secos para posterior pintura.

Os painéis foram pintados e expostos ao meio ambiente por um período de aproximadamente um ano a partir de dezembro de 2006, com temperatura superficial, temperatura ambiental e umidade controladas.

7.2. Carbonatação

Com o intuito de reduzir o pH e mais rapidamente obter a bioreceptividade da argamassa à base de cimento portland, propiciando meio adequado para o crescimento de fúngico, carbonatou-se as placas de forma acelerada em um tanque de carbonatação, pois foi observado por Shirakawa (1999) que valores de pH superiores a 10 inibem o crescimento fúngico.

A carbonatação deu-se em caixa estanque, com capacidade para 36 painéis de tamanho 30x15cm, que estavam expostos a CO₂ para provocar uma carbonatação acelerada do substrato.

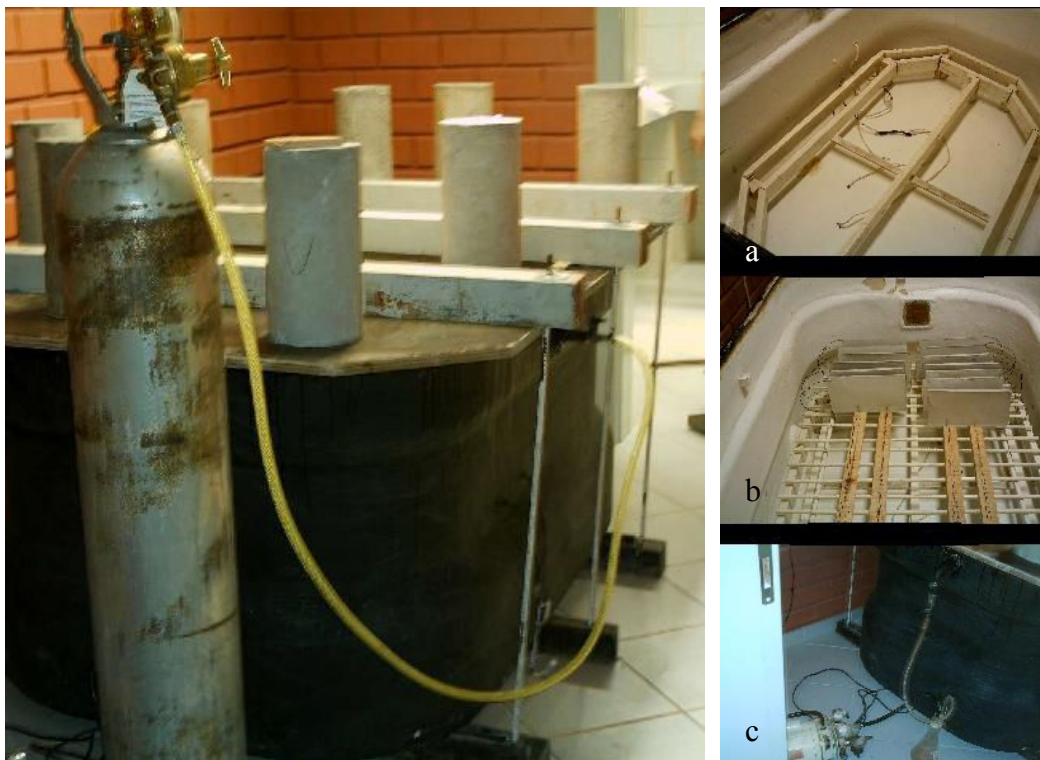


Figura 26- Caixa de Carbonatação. Etapas: (a) Montagem do estrado; (b) Colocação das placas; (c) Remoção do ar, com bomba de vácuo. (Fotos: Flayane H. Silva)

O recipiente utilizado foi feito com a adaptação de uma caixa d'água (Figura 26), onde foi ajustada, na entrada de água, uma válvula para a saída de ar ligada a um gerador de

vácuo; uma válvula para entrada de CO₂, ligada ao tanque e uma tampa cujo encaixe foi revestido em borracha para que a perda de CO₂ fosse reduzida.

Os painéis foram depositados em estrados metálicos no interior da caixa. Essa estrutura tinha por objetivo facilitar o movimento do gás dentro da caixa.

Para a inserção e melhor distribuição do CO₂ uma estrutura de canos de PVC, dotada de furos ao longo do seu comprimento, foi ligada à válvula de entrada do gás, assim, conforme o gás fosse sendo colocado, já era distribuído uniformemente.

Após, as placas foram colocadas como mostra a Figura 26-b, tendo-se o cuidado de evitar contato entre elas, para uma melhor distribuição do gás.

A tampa recebeu vedação em borracha e fechamento por parafusos. Também foram utilizados vários pesos, colocados sobre a tampa, para evitar empenamento e consequentemente vazamentos de dióxido de carbono. Após o fechamento da caixa, a bomba de vácuo foi ligada por 2 horas, a fim de retirar a maior quantidade possível de ar.

Quando concluída a fase de retirada de ar, a válvula da bomba de vácuo foi fechada e a válvula de entrada de CO₂ foi aberta, ficando esta por tempo suficiente para que a caixa ficasse impregnada do gás. Foram injetados 25 litros por minuto de CO₂ durante 30 minutos.

O tanque permaneceu fechado por 60 dias para uma completa carbonatação das placas, que posteriormente foram pintadas.

7.3. Tintas utilizadas e pintura dos painéis

Os painéis após a carbonatação foram armazenados no laboratório até a fase de pintura, quando foram limpos com álcool e após secagem aplicadas as duas demãos de tinta, deixando-se 24 horas de intervalo de tempo para secagem entre as demãos.

Para a execução da pintura foram utilizados 5 painéis para cada tipo das 9 tintas utilizadas, perfazendo um total de 45 painéis, dos quais foram eliminadas 2 tintas (10 painéis) devido a quebra dos mesmos.

Na pintura dos painéis foram utilizadas tintas látex PVA, de duas marcas, disponíveis no mercado, sendo apenas uma das tintas, tomada como tinta de controle, com a formulação diferente da mesma tinta comercializada, pois foi solicitado ao fabricante que a mesma não contivesse biocida.

As demais tintas utilizadas foram adquiridas no comércio local, sem qualquer alteração de sua formulação, e aplicadas de acordo com as indicações do fabricante, constantes na embalagem. Foram utilizadas tintas comerciais de primeira linha, segunda linha e linhas especiais de marcas consagradas no mercado nacional(quadro 6).

Os pinceis e hastes de mistura utilizadas foram autoclavados antes da aplicação e devidamente identificados com a tinta na qual foram usados, para que não ocorresse troca de material durante a aplicação.

As tintas alvo da pesquisa apresentavam em sua composição (quadro 9), além de resinas acrílicas, pigmentos orgânicos e não orgânicos, cargas inertes e água além de possuírem na sua composição biocidas. Foram identificados principalmente três compostos com essa função (quadro 7), Éter fenílico do propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$), Fenilglicol($C_8H_{10}O_2$) , Éter monometílico do dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$) com demonstrado no quadro 8.

Referência	Marca	Linha	tipo
1	Renner	Primeira linha	Fosca
2	Suvinil	Linha especial*	-
3	Suvinil	Segunda linha	Semibrilho
4	Renner	Segunda linha	Fosca
5	Suvinil	Primeira linha	Semibrilho
6	Killing	Controle – sem biocida	Semibrilho
7	Renner	Primeira linha	Semibrilho

** linha especial limpa fácil.*

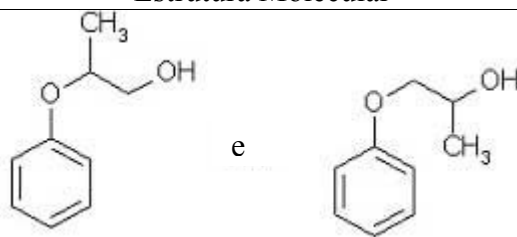
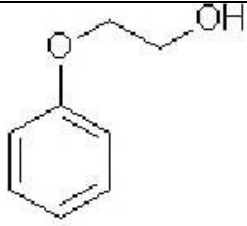
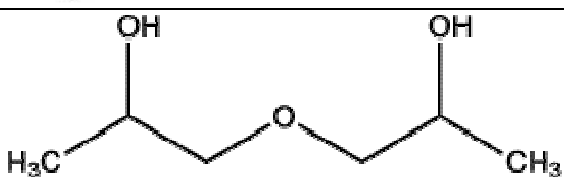
Quadro 6- Referência e tipo de tintas utilizadas na pesquisa.

Biocida	Fórmula	Tintas						
		1	2	3	4	5	6	7
Éter fenílico do propilenoglicol	$C_9H_{12}O_2$	+	+	-	+	-	-	+
Fenilglicol	$C_8H_{10}O_2$	-	-	+	-	+	-	+
Éter monometílico do dipropilenoglicol	$CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$	+	-	-	+	-	-	+

fonte: fispq¹⁵ de cada produto.

Quadro 7- Biocidas presentes na formulação das tintas estudadas.

¹⁵ Fispq - Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico, disponível em anexo a esse trabalho.

Biocida	Fórmula	Estrutura Molecular
Éter fenílico do propilenoglicol ¹⁶	C ₉ H ₁₂ O ₂	
Fenilglicol ¹⁷	C ₈ H ₁₀ O ₂	
Éter monometílico do dipropilenoglicol ¹⁸	CH ₃ -(OC ₃ H ₆) ₂ -OH	

fonte: BASF e MTS

Quadro 8- Fórmula química e estrutura molecular dos biocidas.

Compostos químicos	Tinta 1	Tinta 2	Tinta 3	Tinta 4	Tinta 5	Tinta 6	Tinta 7
Aguarrás Mineral	X	X	X	X	X		X
Butil diglicol	X			X	X		X
Carbonato de cálcio	X	X		X			X
Dietilenoglicol	X			X			X
Dióxido de Titânio	X		X	X			X
Éter monometílico do dipropilenoglicol	X			X			X
Éter Fenílico do propilenoglicol	X	X	X	X			X
Etilenoglicol	X	X	X	X			X
Fenilglicol			X		X		
Hexileno Glicol		X					
Hidróxido de Amônia	X		X		X		
Metilol-amidas. Semi-acetais e compostos sulfo-heterocíclicos	X		X				
Monoisobutirato de 2, 2 ,4-trimetil 1, 2-pentanodiol	X			X			X
Óxido de Ferro Amarelo	X			X			X
Óxido de Ferro vermelho	X			X			X
Pigmento Laranja 5	X			X			X
Sílica Amorfa	X			X			
Silicato de Alumínio e Magnésio	X			X			X

Quadro 9: composição química das tintas utilizadas (fonte: fispq de cada tinta)

¹⁶ Site da BASF .Disponível em < http://www.basf.de/basf/html/uk/biocides/products/Protectol_PP.html> acesso em 21 de junho de 2008.

¹⁷ Site da BASF. Disponível em < http://www.basf.de/basf/html/uk/biocides/products/Protectol_PE_Protectol_PE_S.html > acesso em 21 de junho de 2008.

¹⁸ Imagem disponível em http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2003/87-7614-055-5/html/kap102_eng.htm acesso em 21 de junho de 2008

7.4. Exposição dos painéis

Os painéis foram expostos na Universidade Federal de Santa Maria, junto ao Centro de Tecnologia(Figura 27). As placas pintadas foram penduradas em estruturas metálicas, os expositores metálicos (Figura 28) foram fabricados em tubo de metalão, sendo um com as dimensões de 2,10m de altura e 1,50 m de largura e outro com 2,10 m de altura e 1,0 m de largura. Os painéis foram expostos com a face pintada direcionada para o sul, em cinco alturas diferentes, sendo que as cinco placas pintadas com a mesma tinta foram colocadas cada qual em uma altura diferente em relação ao nível do solo, estando seu centro entre 1,80 m a 30 cm do nível do chão.

O tempo de exposição foi de aproximadamente 1 ano, sendo que houve monitoramento de umidade relativa do ar, temperatura externa e temperatura da superfície do substrato, além do monitoramento de contaminação biológica através da coleta de amostras.

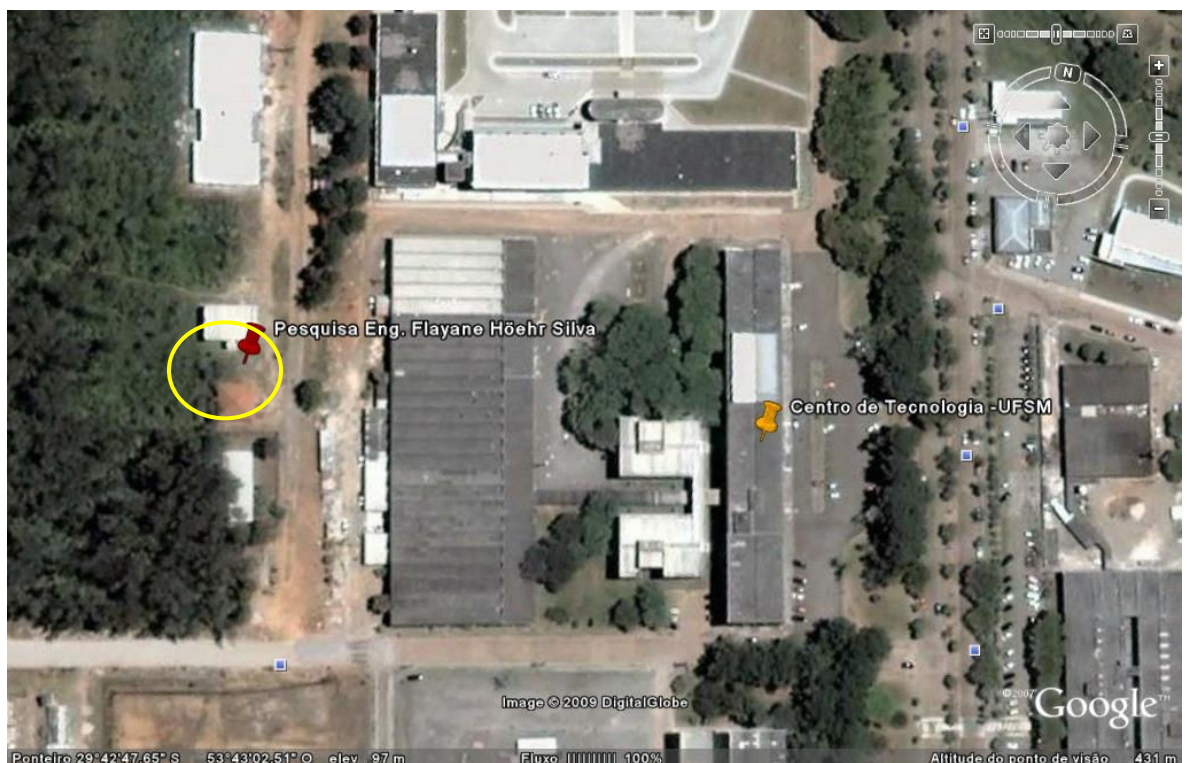


Figura 27: Localização geográfica dos expositores em relação ao centro de tecnologia da UFSM.(fonte: Google Earth, acesso em 18 de março de 2009)



Figura 28- Expositores externos: a) Foto do expositor 01; b) Foto do expositor 02;

7.5. Avaliação da temperatura ambiente, temperatura superficial e umidade

Após a fixação dos painéis expostos ao meio ambiente, foram instalados aparelhos de monitoramento para captação de dados referentes à temperatura ambiente, umidade relativa do ar e temperatura superficial do substrato.

Para tanto foram utilizados três sensores de medição de temperatura modelo TMC 50-HD, com cabo de 15,20m, ponta em aço inox Ø5mm x 38 mm contendo um termopar, fixados a três painéis, sendo dois a uma altura de 1,20m do solo, um em cada expositor e um sensor a 2,10m do solo.

Os sensores (Figura 30-b) foram fixados sobre a superfície pintada e isolados termicamente do ambiente através de um feltro de lã de vidro termo-isolante de 200 mm marca Isover, desenvolvido para aplicação em paredes de gesso acartonado, para proteção contra chuvas. A fixação desse isolante foi feita através de fita adesiva impermeável (Figura 29).

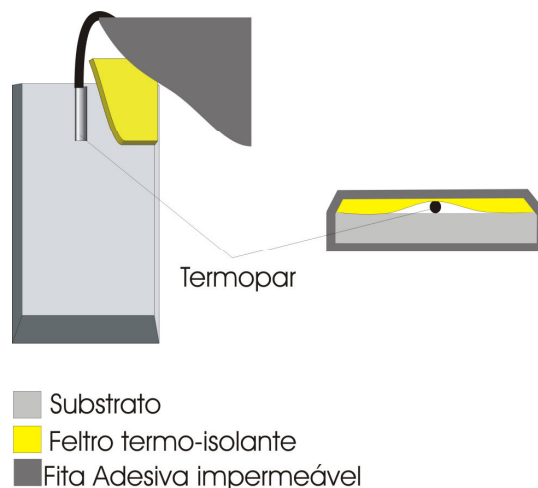


Figura 29- Esquema do arranjo para a fixação do termopar no substrato.

Os dados foram recolhidos por quatro registradores eletrônicos tipo HOBO H8 Data Loggers de 04 Canais modelo H08 HOBO RH/TEMP/LUZ/EXT (60 x 48 x 19 mm) , marca ONSET (Figura 30-a), sendo que três deles registraram as temperaturas superficiais do substrato e ficaram depositados dentro de uma edificação ligados através de cabos, o quarto registrador foi exposto do lado externo, devidamente protegido das intempéries e direcionado para o sul, a aproximadamente 2,20 m de altura e fixado na parede próximo a 4 metros de distância dos expositores na mesma orientação solar, programado para registrar a temperatura ambiente e umidade relativa do ar durante o tempo do estudo.

Os dados foram registrados de hora em hora, simultaneamente por um período aproximado de um ano e organizados de três em três horas para melhor tratamento estatístico. Os dados eram recolhidos a cada 80 dias, através de software Tracom Boxcar 4.3 próprio fornecido pela Onset.

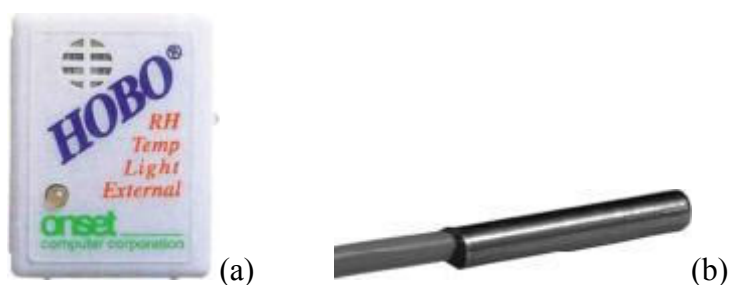


Figura 30- (a) Registrador H08 HOBO; (b) Sensor de medição de temperatura modelo TMC 50-HD.(fonte: catálogo do fabricante).

7.6. Coleta de Amostras

A biodiversidade foi avaliada utilizando-se a técnica de raspagem da tinta adotada por SAAD (2002). Para a tomada das amostras de filme de tinta, por meio de raspagem, os painéis foram escolhidos aleatoriamente e efetuada a raspagem com estilete esterilizado com álcool 70%, a fim de inocular os esporos contidos na película de tinta em placas de Petri, já preparadas em meio de cultura ágar malte (MA), para o desenvolvimento dos organismos.

Também poderíamos utilizar outros meios de cultura além do escolhido, como meio ágar com batata e dextrose (PDA) ou meio ágar dextrose Sabouraud (DAS).

Após cada raspagem, a placa de Petri era imediatamente vedada a fim de evitar contaminações pelo ar, utilizando-se fita adesiva para seu fechamento.

7.7. Incubação, Isolamento e Caracterização.

Após a coleta das amostras com raspagem, os microrganismos foram cultivados em meio ágar malte (MA) para posterior isolamento (Figura 31), sendo depois repicados no mesmo meio para a obtenção de colônias isoladas.

A identificação dos microrganismos foi realizada empregando-se os métodos tradicionais utilizando-se microscopia ótica, sendo empregada para tanto a morfologia dos esporos fúngicos (DOMSCH *et al.*, 1980).

Após a identificação, os organismos mais comumente encontrados foram empregados para preparação de suspensões.



Figura 31- Cultura fúngica da película de tinta dos painéis tipo A.(Foto: Flayane H. Silva).

7.8. Preparação da suspensão de esporos fúngicos

Foram preparadas suspensões de esporos dos fungos *Cladosporium* sp.. Na sua preparação empregaram-se culturas com sete a dez dias, cultivadas em placas de Petri com meio ágar malte (MA) e onde eram adicionadas 6 ml de água destilada esterilizada. As suspensões de esporos fúngicos formadas eram transferidas para frascos de Erlenmeyer vedados com papel alumínio, previamente autoclavados, sendo os mesmos agitados em vortex. A contagem dos esporos era realizada em câmara Neubauer, sendo ajustada a 10^8 - 10^6 propágulos/ml.

8. Experimento acelerado

A avaliação das películas de tinta no teste acelerado foi realizada seguindo a orientação do Federal Test method SDT №141C, método 6271.2, com modificação, onde se utilizou corpos de prova em papel filtro pintados com as amostras de tintas comerciais empregadas.

Para esse método de avaliação utilizou-se papel filtro branco com 0,5% de cinza de gramatura 80 g/m², espessura 205 µm e porosidade 14 µm em quadros de 3x3 cm.

O papel filtro recebeu duas demãos de tinta, sendo dividido em grupos para cada tipo de tinta, sendo uma das tintas (tinta 6) tomada como referência, pois não continha biocida na sua composição.

O conjunto de corpos de provas foi depositado no centro de uma placa de Petry, previamente autoclavada, contendo meio de ágar malte e sobre estes foram empregados suspensão de esporo fúngico do fungo *Cladosporium* sp., o principal fungo contaminante do filme de tinta.

Após foram tomadas fotografias das placas, realizada a avaliação visual das mesmas e fotografias dos papéis filtro contaminados, sendo que os pixels das fotos foram contados empregando o software Conta Pixel (2009), desenvolvido exclusivamente para esse estudo.

Os resultados sofreram tratamento estatístico para a tomada de decisões empregando teste t, análise de variância e teste de Tukey.

Os resultados e sua análise encontram-se no próximo capítulo.

9. Análise Estatística das Tintas Expostas ao Meio Ambiente Externo

Para análise estatística dos dados foram calculadas as estatísticas descritivas e posteriormente foram empregados testes a fim de verificar se existiam diferenças significativas entre as amostras no que diz respeito ao seu comportamento frente à contaminação microbiológica. Inicialmente, foram feitas comparações entre as amostras, tomadas duas a duas e, posteriormente, fizeram-se comparações múltiplas.

No caso de comparações entre duas amostras utilizou-se o teste t de Student. As hipóteses que foram testadas foram:

H_0 : não existiu diferença significativa entre as médias das amostras em relação ao comportamento da tinta frente à contaminação microbiológica, ou seja,

H_1 : existiu diferença significativa entre as médias das amostras em relação ao seu comportamento frente à contaminação microbiológica,

Aceitou-se H_0 quando $-t_{\text{crítico}} < t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$.

Rejeitou-se H_0 quando $-t_{\text{calculado}} < -t_{\text{crítico}}$ ou $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$.

Onde:

$t_{\text{calculado}}$ foi o valor calculado a partir do teste

$t_{\text{crítico}}$ foi o valor de t determinado a partir da tabela t de Student. Para determinar o valor necessitou-se do nível de significância do teste (α) e do número de graus de liberdade ($\varphi = n_1 + n_2 - 2$).

No caso de comparações para mais de duas amostras utilizou-se Análise de Variância (ANOVA). As hipóteses testadas foram:

H_0 : não existiu diferença significativa no comportamento das tintas frente à contaminação microbiológica entre as médias, ou seja, $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

H_1 = existiu diferença significativa no comportamento das tintas frente à contaminação microbiológica entre as médias, ou seja, pelo menos um par de médias é diferente.

Quando $F_{\text{calculado}}$ foi menor ou igual a $F_{\text{crítico}}$ aceitou-se H_0 , concluindo-se que o fator considerado não causou efeito sobre a variável analisada. Por outro lado, quando $F_{\text{calculado}}$ foi maior do que $F_{\text{crítico}}$, rejeitou-se H_0 , concluindo-se pela diferença das médias e consequentes influências do fator sobre a variável analisada.

Para determinar o valor de F crítico necessitou-se de $(K - 1)$ graus de liberdade no numerador e $(n - k)$ graus de liberdade no denominador, fixando-se certo nível de

significância (α), onde k representou o número de tratamentos e n foi o número total de amostras.

Outro teste estatístico que foi aplicado foi o teste de Tukey, onde, encontrando-se um valor significativo para F, concluiu-se haver uma diferença significativa entre as médias dos tratamentos. A seguir, aplicou-se o teste de Tukey que permitiu fazer uma comparação entre as diversas médias dos tratamentos. Toda vez que o valor absoluto da diferença entre duas médias foi igual ou maior do que a diferença mínima significante (dms) calculada a partir do teste, as médias foram consideradas estatisticamente diferentes em relação ao seu comportamento frente a contaminação microbiota, ao nível de significância estabelecida.

$$\text{Se } |\bar{X}_i - \bar{X}_m| \geq \text{d.m.s.}, \text{então } \bar{X}_i \neq \bar{X}_m$$

$$\text{Se } |\bar{X}_i - \bar{X}_m| < \text{d.m.s.}, \text{então } \bar{X}_i = \bar{X}_m$$

CAPÍTULO VI

RESULTADOS E ANÁLISE

Inicialmente será demonstrada a contaminação fúngica das várias tintas empregadas em ambiente externo. A tinta sem biocida (Tinta 6) foi utilizada como referência para comparação com as demais, uma vez que esta deveria sofrer maior contaminação pela condição inicial diferenciada. Em conjunto com o isolamento e a identificação dos fungos, que foram realizados empregando microscopia ótica, por um período de 12 meses, foram determinadas temperatura ambiental, temperatura superficial e umidade ambiental.

De posse desses dados, foram elaborados gráficos para verificar as condições de cada uma das tintas e, além disso, todos os dados coletados sofreram tratamento estatístico empregando o teste t, ANOVA e teste de Tukey.

10. Experimento no meio Ambiente Externo

10.1. Resultado da Contaminação Fúngica

Os resultados da contaminação nos painéis expostos ambientalmente encontram-se nas tabelas 1 a 7. Empregou-se uma graduação de + a +++, de acordo com a menor ou maior contaminação, respectivamente.

Após o isolamento das colônias fúngicas foram detectados 14 tipos diferentes de fungos através da análise de sua morfologia. Esses fungos foram caracterizados como: *Alternaria sp.*, *Aspergillus aureum*, *Aspergillus nigrum*, *Cladosporium sp.*, *Curvularia sp.*, *Penicillium sp.*, *Phoma sp.*, *Epicoccum sp.*, micélio fúngico rosado, micélio fúngico branco, *Aureobasidium sp.*, *Ulocladium sp.*, *Nigrospora sp.* e fungo mitosporico

As tabelas de 1 a 7 demonstram o grau de contaminação referente a cada mês do ano, em cada amostra de tinta analisada.

Tabela 2- Biodiversidade fúngica na Tinta 1

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Alternaria</i> sp.	+								+	+	+	
<i>Aspergillus aureum</i>												
<i>A.nigrum</i>	+									++		
<i>Cladosporium</i> sp.	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	+++
<i>Curvularia</i> sp.		+		+								
<i>Penicillium</i> sp.			+++	+++					++	+++		++
<i>Phoma</i> sp.												
<i>Epicoccum</i> sp.				+			+					
Micélio fúngico rosado				+		+	+	+				
Micélio fúngico branco		++		+				+			++	
<i>Aureobasidium</i> sp.												
<i>Ulocladium</i> sp.												
<i>Nigrospora</i> sp.												
Fungo mitospórico												

Tabela 3 – Biodiversidade fúngica na Tinta 2

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Alternaria</i> sp.	+	+	+	+	+				+	+	+	
<i>Aspergillus aureum</i>			+		+							
<i>A.nigrum</i>				++								
<i>Cladosporium</i> sp.		+++	+++	+++	+	+	+++	+++	++	++	+	+++
<i>Curvularia</i> sp.		+			+							
<i>Penicillium</i> sp.			+++	++				+++		++	++	+
<i>Phoma</i> sp.												
<i>Epicoccum</i> sp.							+					
Micélio fúngico rosado	+						+					
Micélio fúngico branco		++	+	+	+			+				+++
<i>Aureobasidium</i> sp.								+				
<i>Ulocladium</i> sp.												
<i>Nigrospora</i> sp.									+	+		
Fungo mitospórico												

Tabela 4– Biodiversidade anual da tinta 3

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Alternaria</i> sp.		+	+		+						+	+
<i>Aspergillus aureum</i>		++	+++		+++							
<i>A.nigrum</i>										+		
<i>Cladosporium</i> sp.		+++	+++	+	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	+++
<i>Curvularia</i> sp.			+									
<i>Penicillium</i> sp.			+++				+++		++	+	+	
<i>Phoma</i> sp.												
<i>Epicoccum</i> sp.												
Micélio fúngico rosado	+					+	+					+
Micélio fúngico branco	+	++					+	+				
<i>Aureobasidium</i> sp.												
<i>Ulocladium</i> sp.												
<i>Nigrospora</i> sp.												
Fungo mitospórico												

Tabela 5– Biodiversidade anual da tinta 4

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Alternaria</i> sp.	+								+			+
<i>Aspergillus aureum</i>		++	+++		++							
<i>A.nigrum</i>												
<i>Cladosporium</i> sp.	++	++	+++		+++	+++	+++	+++	+	++	++	++
<i>Curvularia</i> sp.												+
<i>Penicillium</i> sp.			+++						++	++	+++	
<i>Phoma</i> sp.			+		+							
<i>Epicoccum</i> sp.												
Micélio fúngico rosado	+	+			+		+					
Micélio fúngico branco				+				+				
<i>Aureobasidium</i> sp.												
<i>Ulocladium</i> sp.												
<i>Nigrospora</i> sp.												
Fungo mitospórico												

Tabela 6– Biodiversidade anual da tinta 5

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Alternaria</i> sp.									+			+++
<i>Aspergillus aureum</i>		++	+		++							
<i>A.nigrum</i>			+									
<i>Cladosporium</i> sp.	+++	++	++	+++	+	+++	+++	+++	++	++	+++	
<i>Curvularia</i> sp.	+	+										
<i>Penicillium</i> sp.			+++	+++		+			+	++	++	++
<i>Phoma</i> sp.			+						+			
<i>Epicoccum</i> sp.						+						
Micélio fúngico rosado	+					+	+					+
Micélio fúngico branco	+		+	+	+			+		+	++	+++
<i>Aureobasidium</i> sp.		+										
<i>Ulocladium</i> sp.										+	+	
<i>Nigrospora</i> sp.												
Fungo mitospórico												

Tabela 7– Biodiversidade anual da tinta 6

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Alternaria</i> sp.				+					+	+	+	
<i>Aspergillus aureum</i>		+	+++		+++	+						
<i>A.nigrum</i>					+							
<i>Cladosporium</i> sp.		++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+++	+	
<i>Curvularia</i> sp.	+	+	+		+						+	
<i>Penicillium</i> sp.			+++			+						
<i>Phoma</i> sp.						+			+		+	
<i>Epicoccum</i> sp.												+
Micélio fúngico rosado	+											
Micélio fúngico branco	+			+		+	+	+		+		+++
<i>Aureobasidium</i> sp.				+								
<i>Ulocladium</i> sp.									+	+		
<i>Nigrospora</i> sp.												
Fungo mitospórico						+						

Tabela 8– Biodiversidade anual da tinta 7

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Alternaria</i> sp.	+											
<i>Aspergillus aureum</i>	+	+	++		++							
<i>A.nigrum</i>												
<i>Cladosporium</i> sp.	+	+	+	+++	++		+++	+++	++	++	++	
<i>Curvularia</i> sp.												
<i>Penicillium</i> sp.			+++						+	+	++	
<i>Phoma</i> sp.												
<i>Epicoccum</i> sp.									+			
Micélio fúngico rosado				+								
Micélio fúngico branco				+		+	+		+		+++	+++
<i>Aureobasidium</i> sp.										+		
<i>Ulocladium</i> sp.	+	+								+	+	
<i>Nigrospora</i> sp.												
Fungo mitospórico												

Nos Gráfico 1 a 11 foi representada a biodiversidade fúngica mensal das tintas empregadas.

Observando-se o Gráfico 1, verificou-se que, para a tinta 1, o fungo *Cladosporium* sp., presente durante os 12 meses do ano, em conjunto com o fungo *Penicillium* sp., foram os principais contaminantes.

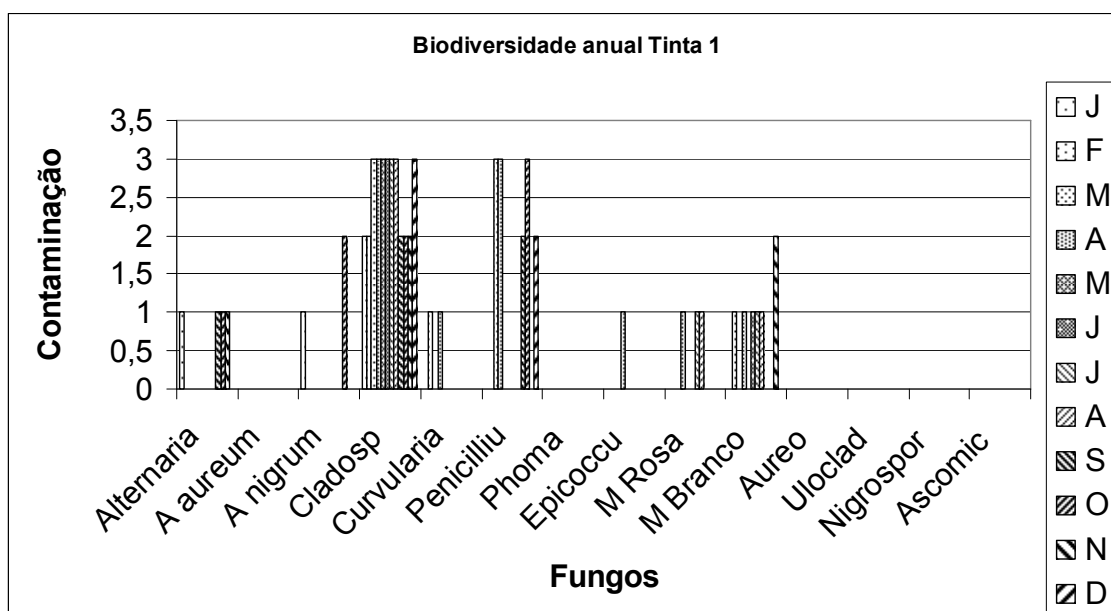


Gráfico 1- Biodiversidade anual da tinta 1

Observando-se o Gráfico 2 verificou-se que, para a tinta 2, o fungo *Cladosporium* sp., esteve presente durante os 11 meses do ano, exceto no mês de janeiro. Além desse,

Penicillium sp., e um fungo em que não ocorre esporulação e a coloração no meio utilizada é branca, foram os principais contaminantes.

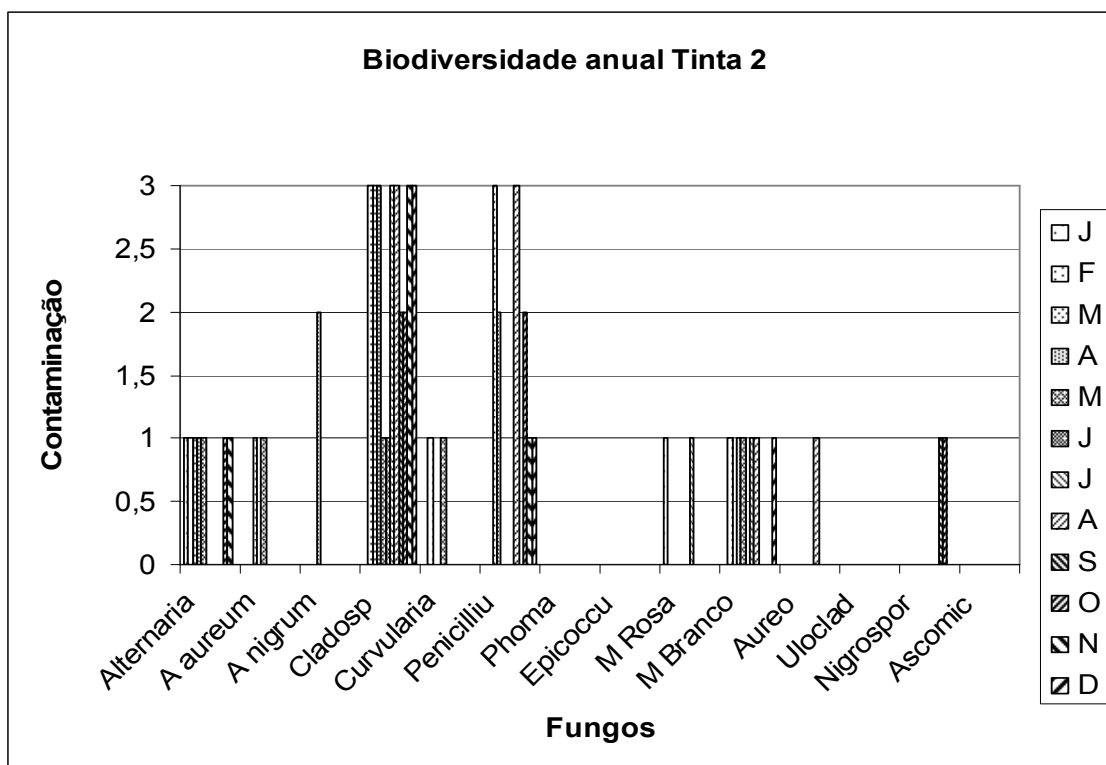


Gráfico 2- Biodiversidade anual da tinta 2

Na tinta 3, conforme Gráfico 3, novamente o *Cladosporium* sp. foi o principal contaminante, como nas tintas 1 e 2, e o *Penicillium* sp. somente apareceu nos meses de março, julho e durante a primavera. No final do verão e outono houve o aparecimento do fungo *Aspergillus aureum*.

Conforme o Gráfico 4, referente à tinta 4, *Cladosporium* sp. foi o principal contaminante e o comportamento foi similar à tinta 3 em relação aos fungos *Penicillium* sp. e *Aspergillus aureum*.

Na tinta 5, como demonstra o Gráfico 5 a seguir, verificou-se novamente a presença durante o ano do fungo *Cladosporium* sp., com grande incidência, permanecendo como principal contaminante. Também houve incidência de *Penicillium* sp., bem como do fungo sem esporulação, semelhante à tinta 2.

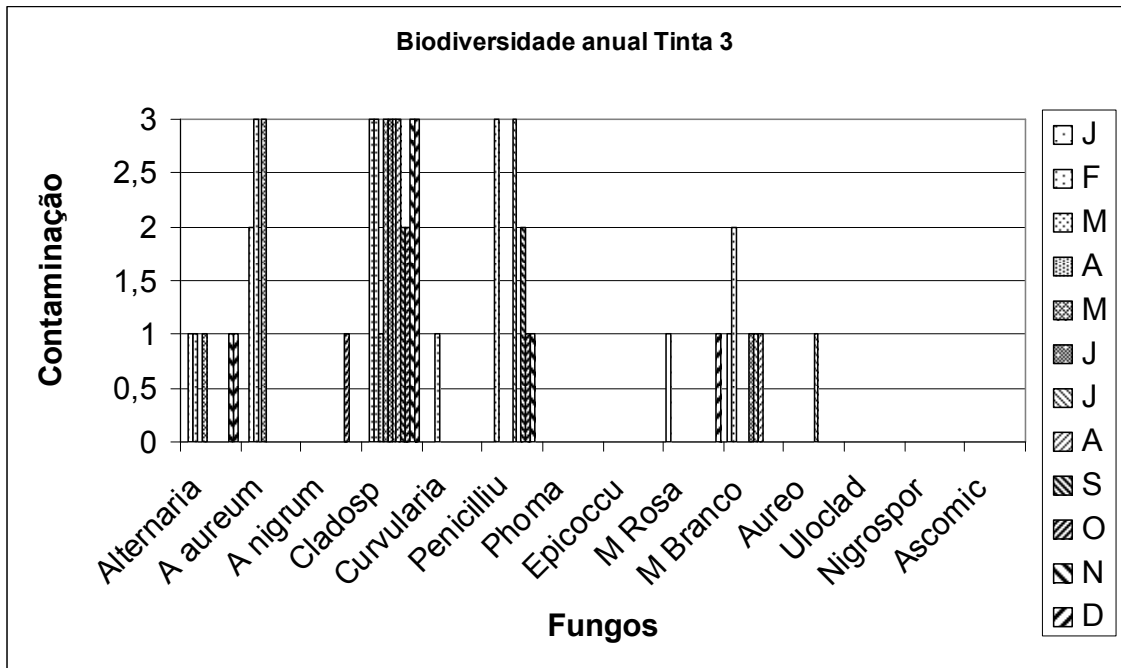


Gráfico 3- Biodiversidade anual da tinta 3

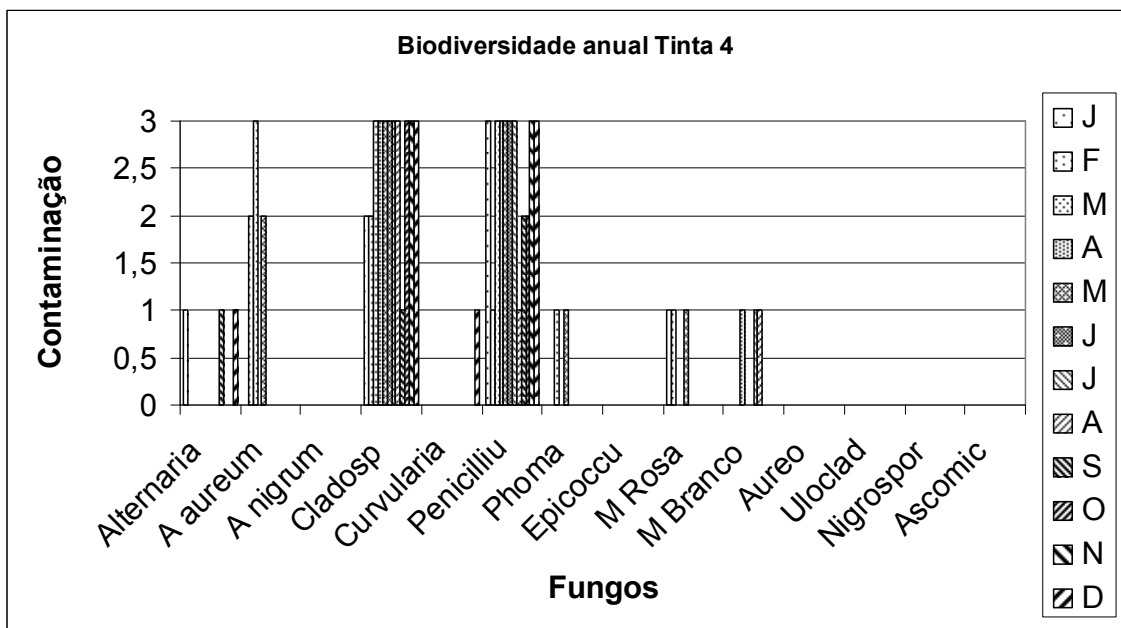


Gráfico 4- Biodiversidade anual da tinta 4

Conforme o Gráfico 6, na tinta 6, os fungos *Cladosporium sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus aureum*, bem como o fungo sem esporulação foram os principais contaminantes.

Na tinta 7, conforme o Gráfico 7, a incidência de *Penicillium* foi reduzida.

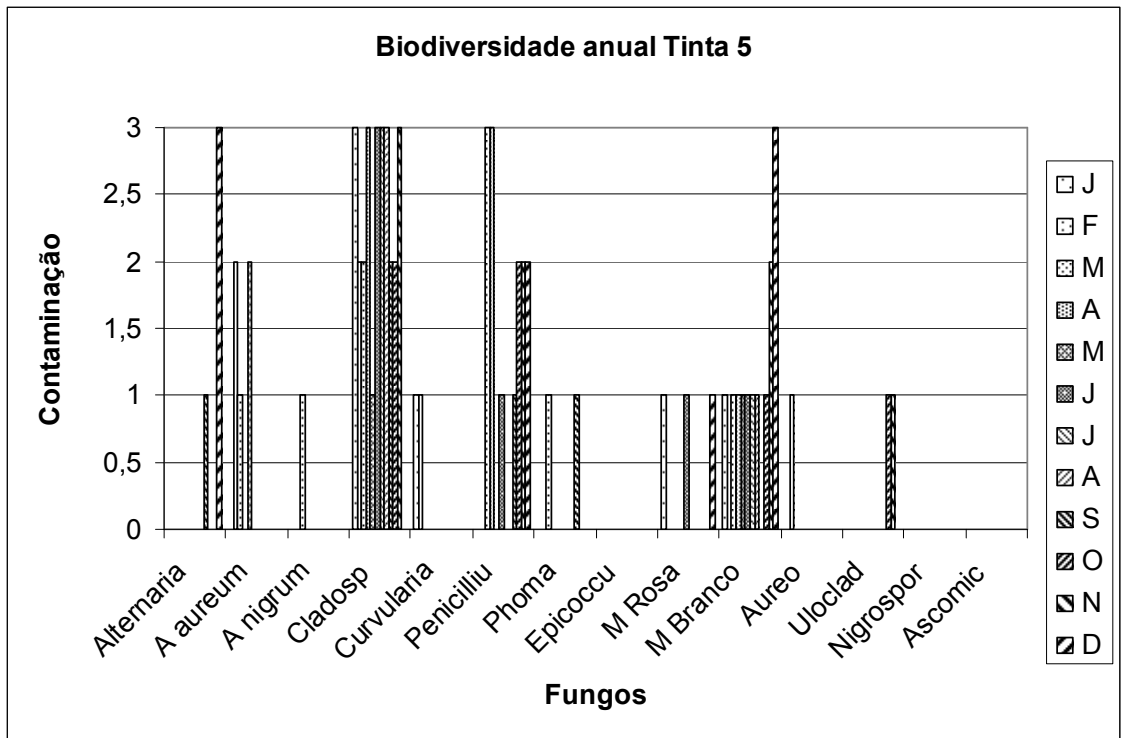


Gráfico 5- Biodiversidade anual da tinta 5

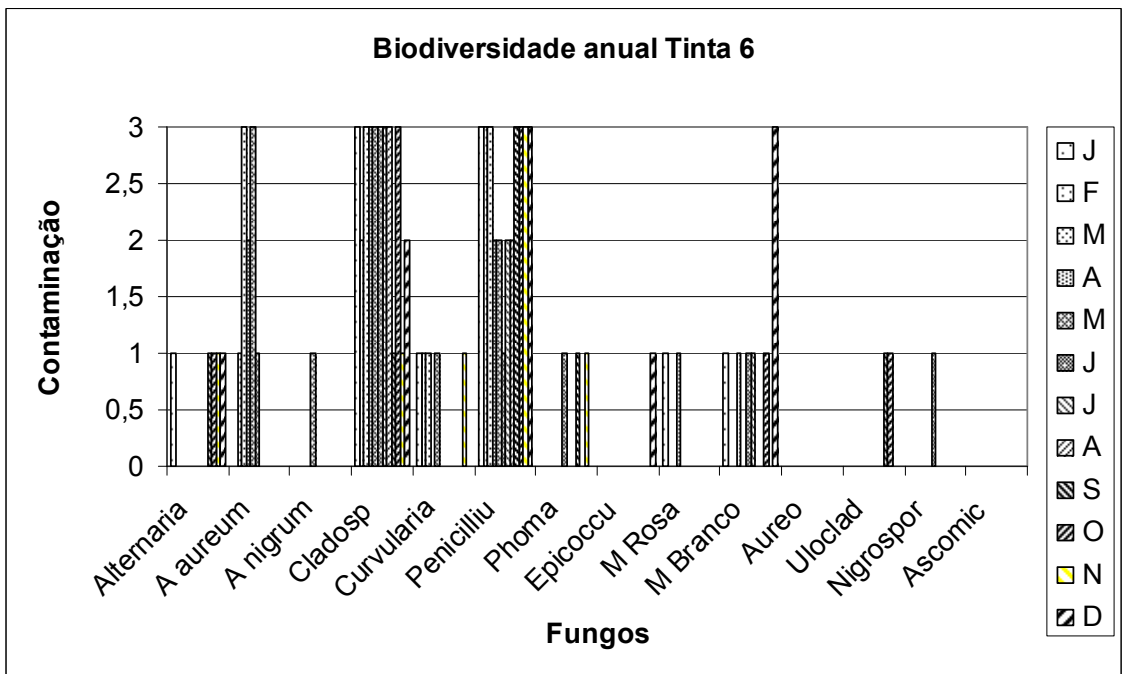


Gráfico 6- Biodiversidade anual da tinta 6

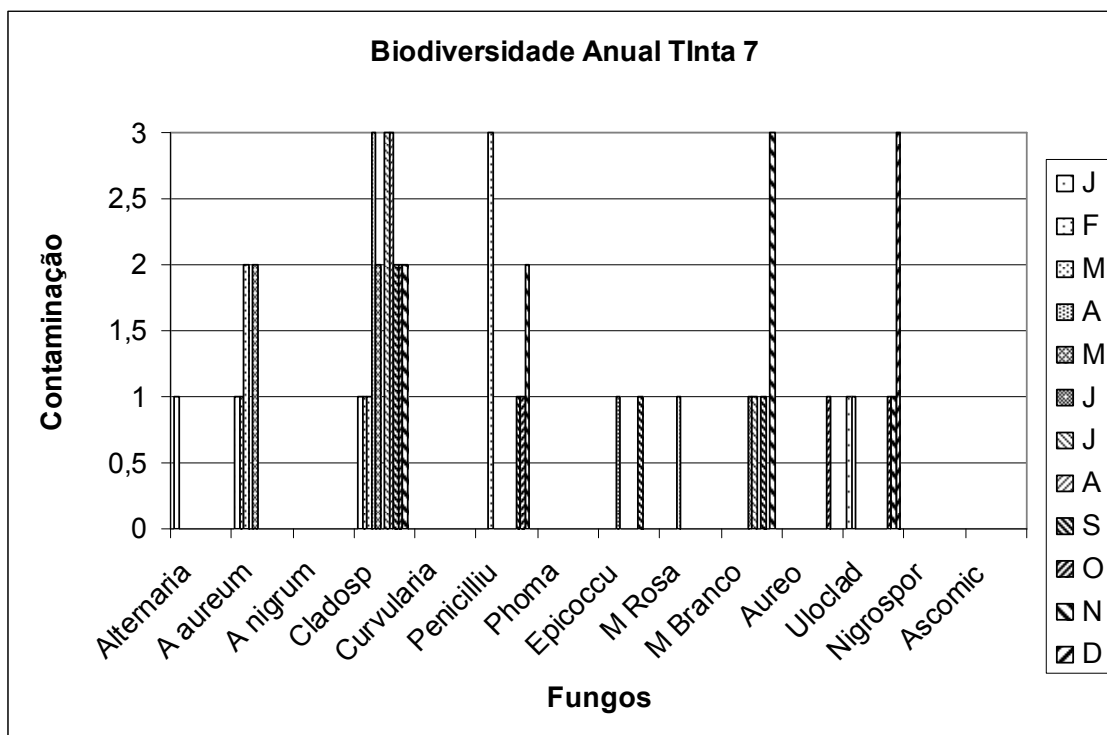


Gráfico 7-Biodiversidade anual da tinta 7.

No Gráfico 8 foi calculada a contaminação média mensal por tinta. Este cálculo foi realizado somando-se a incidência de fungos mensalmente e dividindo pelo número total de fungos detectados em todas as tintas. O resultado demonstrou que o mês de março houve uma maior contaminação média em todas as tintas. As contaminações nos meses de outono e primavera foram equivalentes, sendo esses os principais períodos de maior incidência.

No Gráfico 9 foi calculada a contaminação mensal total por tinta com a soma de todos os valores de contaminações indicadas nas tabelas 1 a 7.

Verificou-se novamente que as maiores contaminações ocorreram no período do outono e primavera, corroborando o resultado indicado anteriormente.

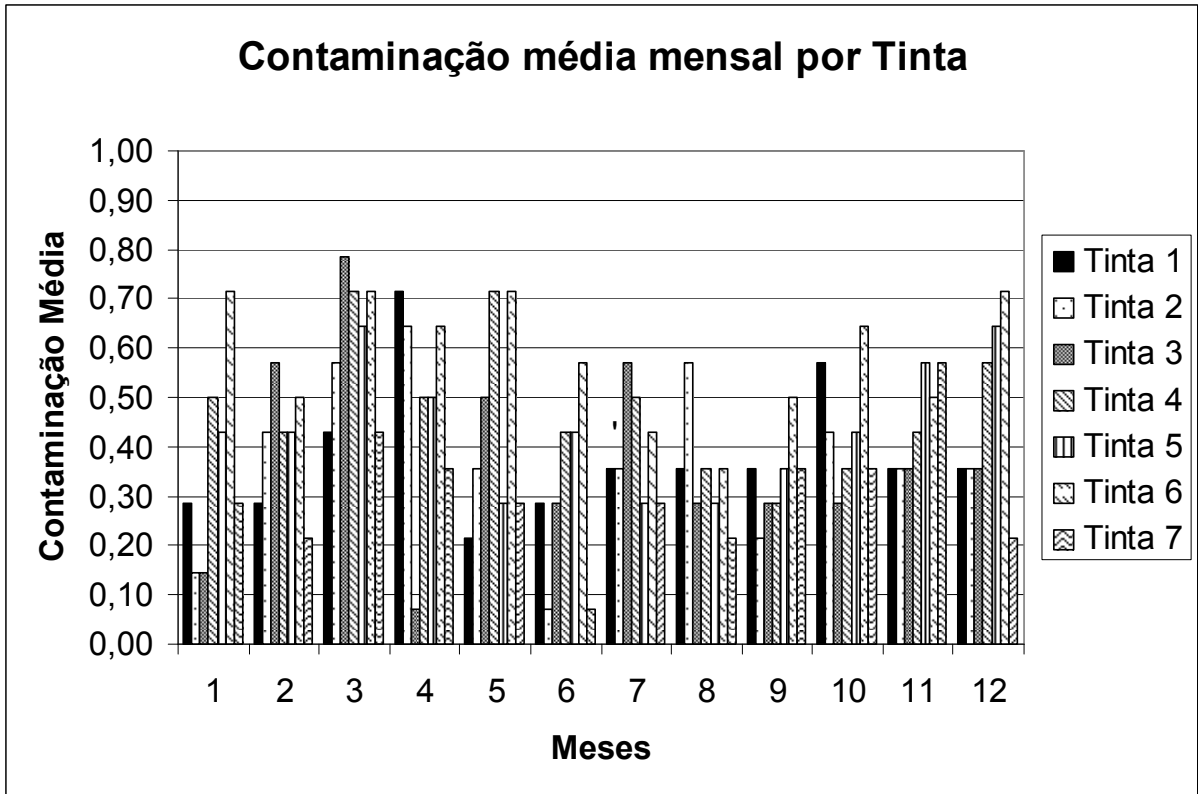


Gráfico 8-Contaminação média mensal por tintas.

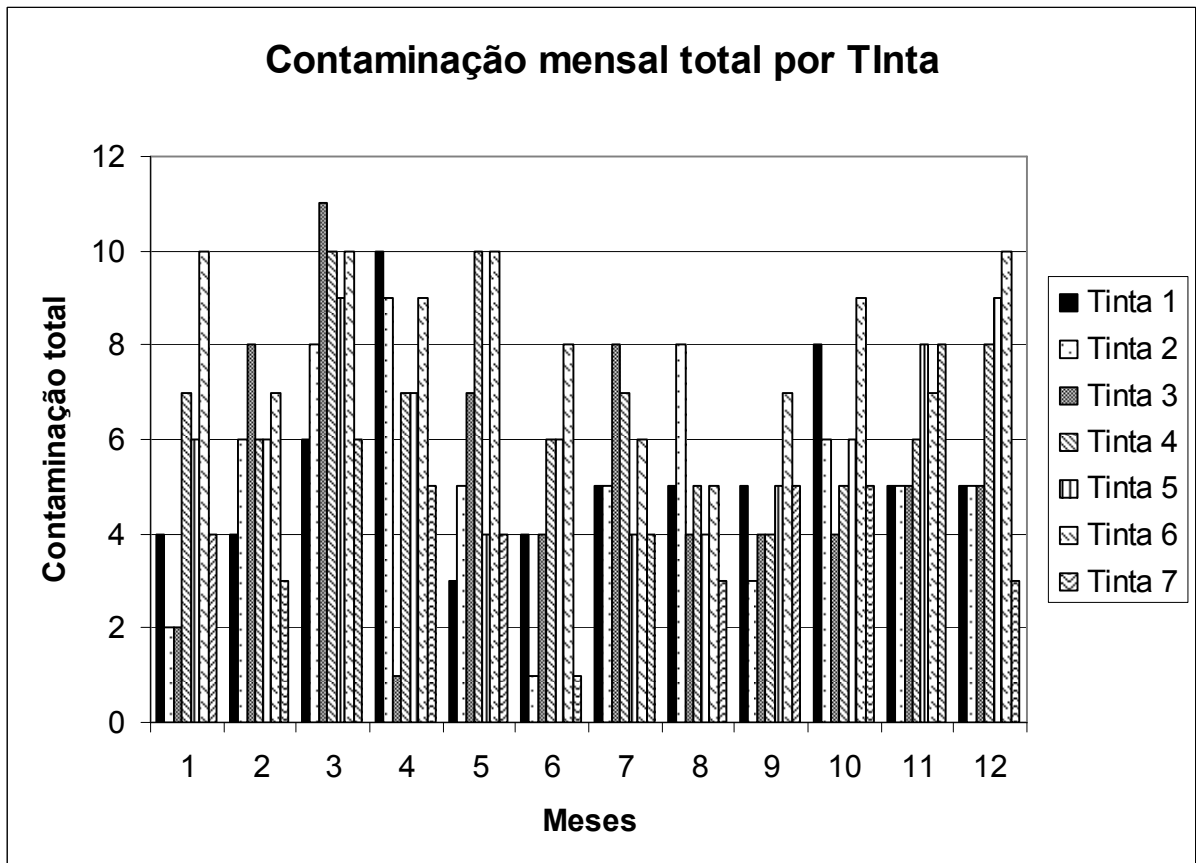
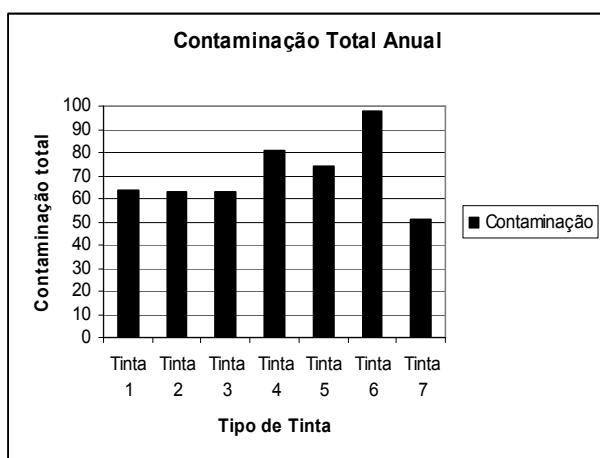


Gráfico 9- Contaminação mensal total por tinta.

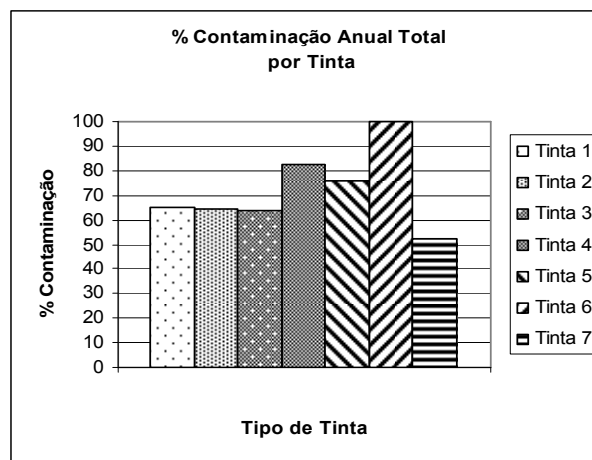
Na Tabela 9 encontra-se a contaminação total anual avaliada das sete tintas utilizadas, tomando a tinta 6 como referência. Essa contaminação foi determinada somando todos os valores das tabelas 1 a 7, em todos os meses do ano. Calculou-se também a percentagem de contaminação para melhor visualização. Os valores determinados encontram-se representados no Gráfico 10.

Tabela 9- Percentagem de Contaminação da Tinta em relação à Tinta 6 (de referência).

Tinta	Contaminação Total	% Contaminação
Tinta 1	64	65
Tinta 2	63	64
Tinta 3	63	64
Tinta 4	81	83
Tinta 5	74	76
Tinta 6 (referência)	98	100
Tinta 7	51	52



(a)



(b)

Gráfico 10- Contaminação anual total (a) Valores totais (b) Valores percentuais

A partir da visualização do gráfico pôde-se determinar uma seqüência de graduação de contaminação fúngica aproximada presente nas tintas, tomando-se a tinta 6, como 100%, sendo a primeira a mais contaminada e a última a menos contaminada. Salienta-se que os resultados podem ser relativos, pois a área analisada poderia não conter o fungo, mas que ele poderia estar presente em outro local não analisado.

A sequência da bioreceptividade das tintas de 1 a 7, determinadas com esse experimento foi:

Tinta 6 > Tinta 4 > Tinta 5 > Tinta 1 > Tinta 2 > Tinta 3 > Tinta 7

10.2. Frequência de Fungos nos vários meses do ano

Com os resultados das tabelas 1 a 7 foi analisada a frequência dos fungos nos vários meses do ano e os resultados encontram-se nos gráficos a seguir.

Conforme a Figura 32 no mês de janeiro os principais contaminantes foram *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. e fungo sem esporos que estiveram presentes em 5 das 7 tintas utilizadas.

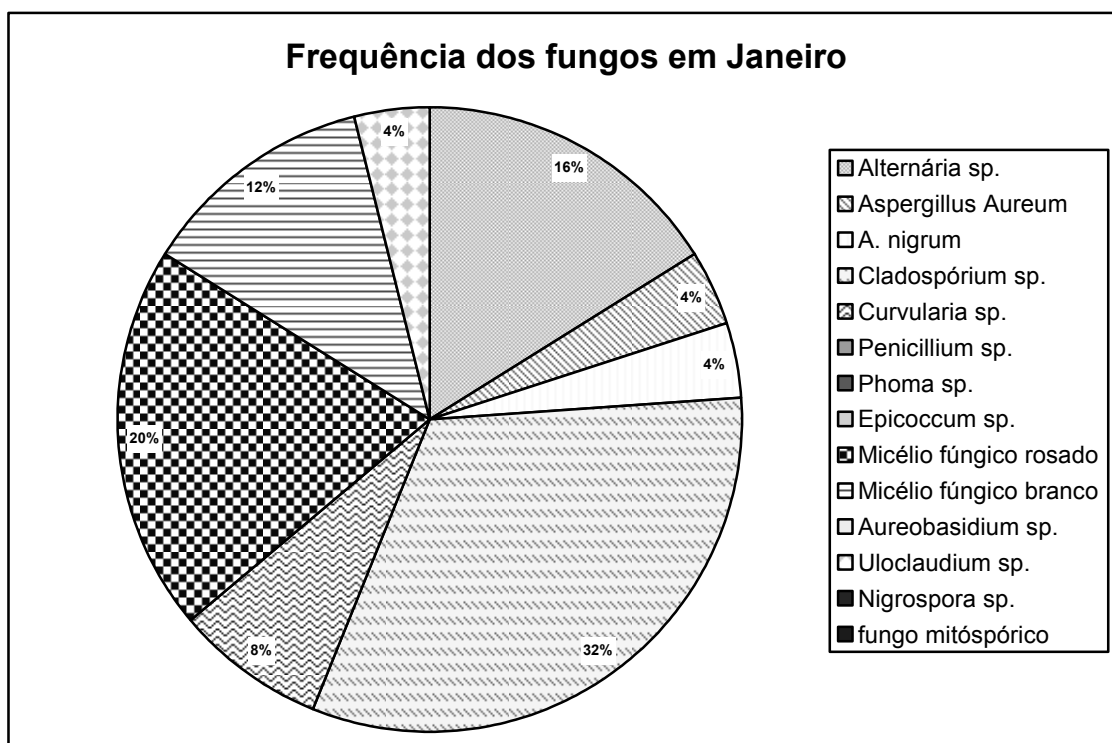


Figura 32 - Frequência dos fungos em janeiro

Na Figura 33 encontram-se os principais contaminantes no mês de fevereiro. *Cladosporium* sp. contaminou as sete tintas utilizadas. *Aspergillus aureum* foi detectado em cinco das sete tintas empregadas e *Curvularia* sp. estava presente em quatro tintas.

Em todas as tintas utilizadas, no mês de março (Figura 34) os principais fungos foram: *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp. que apareceram em todas as tintas presentes. *Aspergillus aureum*, foi detectado em seis tintas.

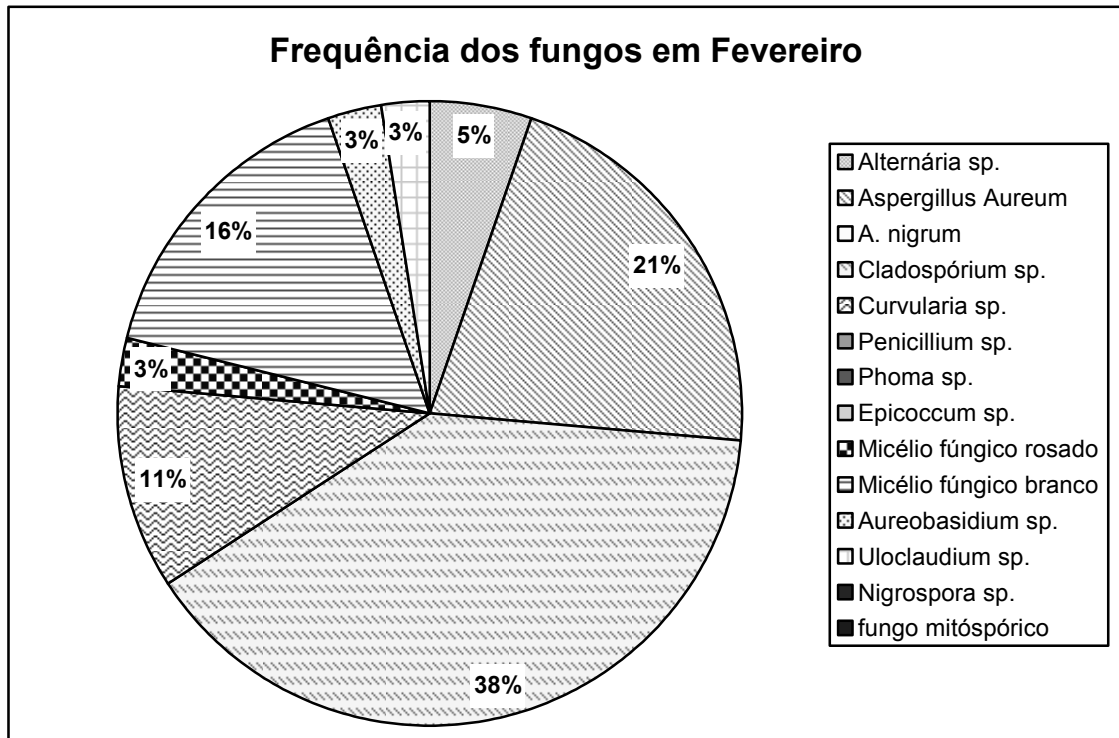


Figura 33- Frequência dos fungos em fevereiro

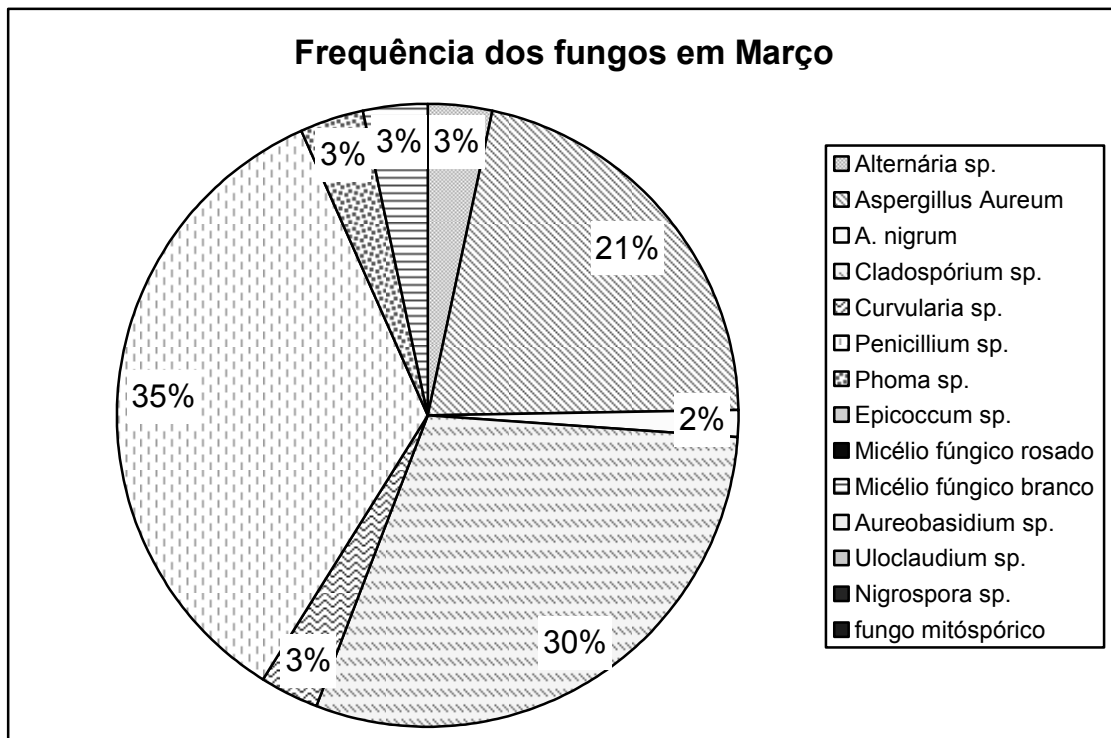


Figura 34- Frequência dos fungos em março

Na Figura 35 está indicada a frequência dos fungos no mês de abril. Verificou-se que o fungo *Cladosporium* sp. e o fungo *Penicillium* sp. Estiveram presentes nas sete tintas e nas seis tintas, respectivamente. O outro fungo com grande incidência é o fungo sem esporulação, presente em cinco das sete tintas.

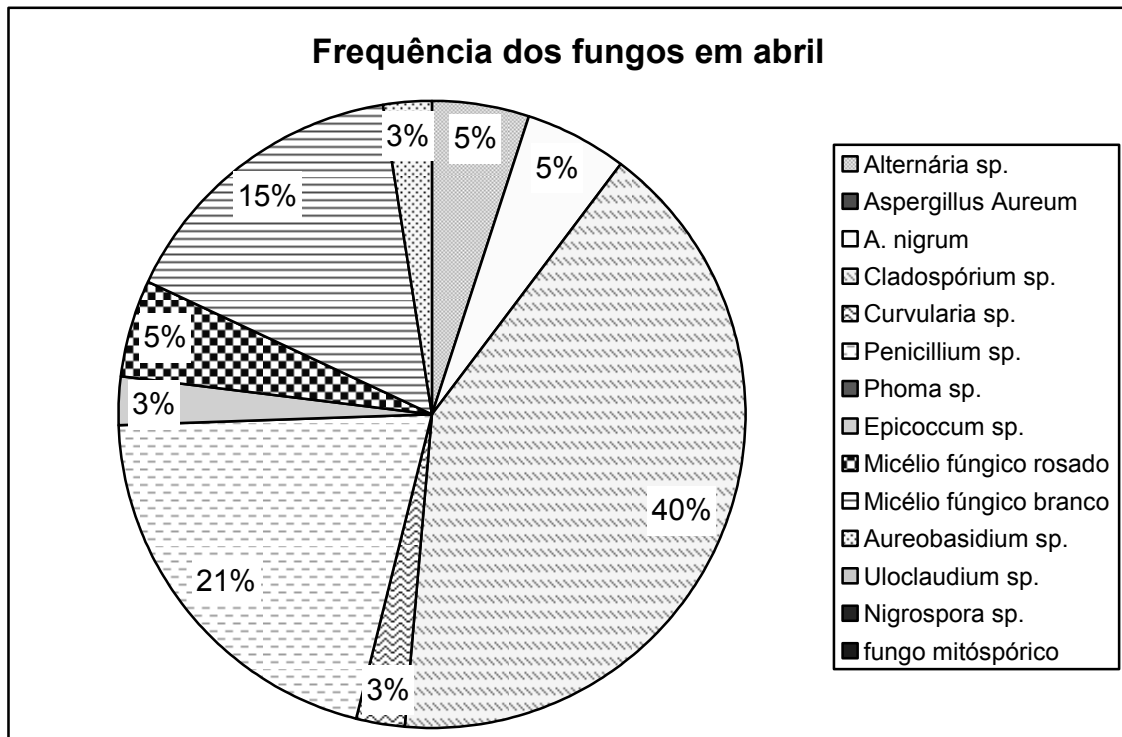


Figura 35- Frequência dos fungos em abril

Na Figura 36, representando a contaminação no mês de maio, verificou-se novamente a presença de *Cladosporium* sp. nas sete tintas e do fungo *Aspergillus aureum* em seis das tintas empregadas.

Na Figura 37, representando a contaminação no mês de junho, os principais contaminantes foram: *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp e fungo sem esporulação.

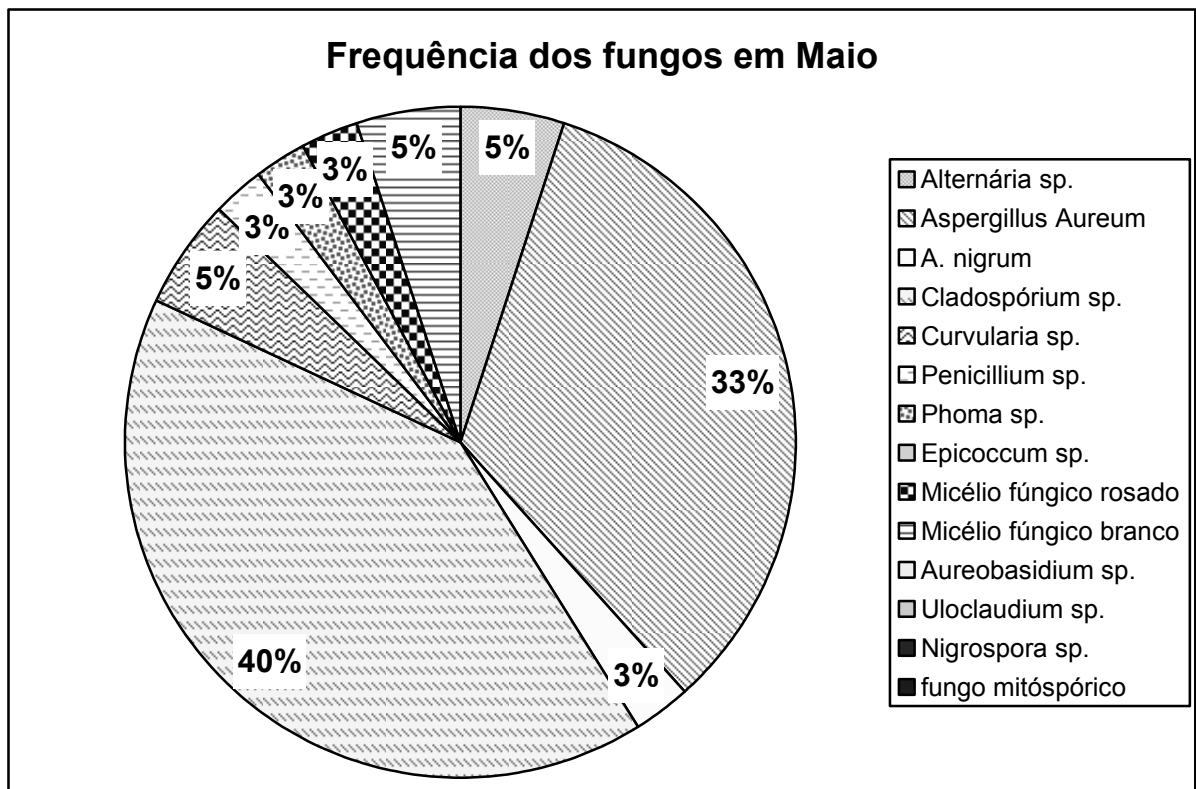


Figura 36 - Frequência dos fungos em maio

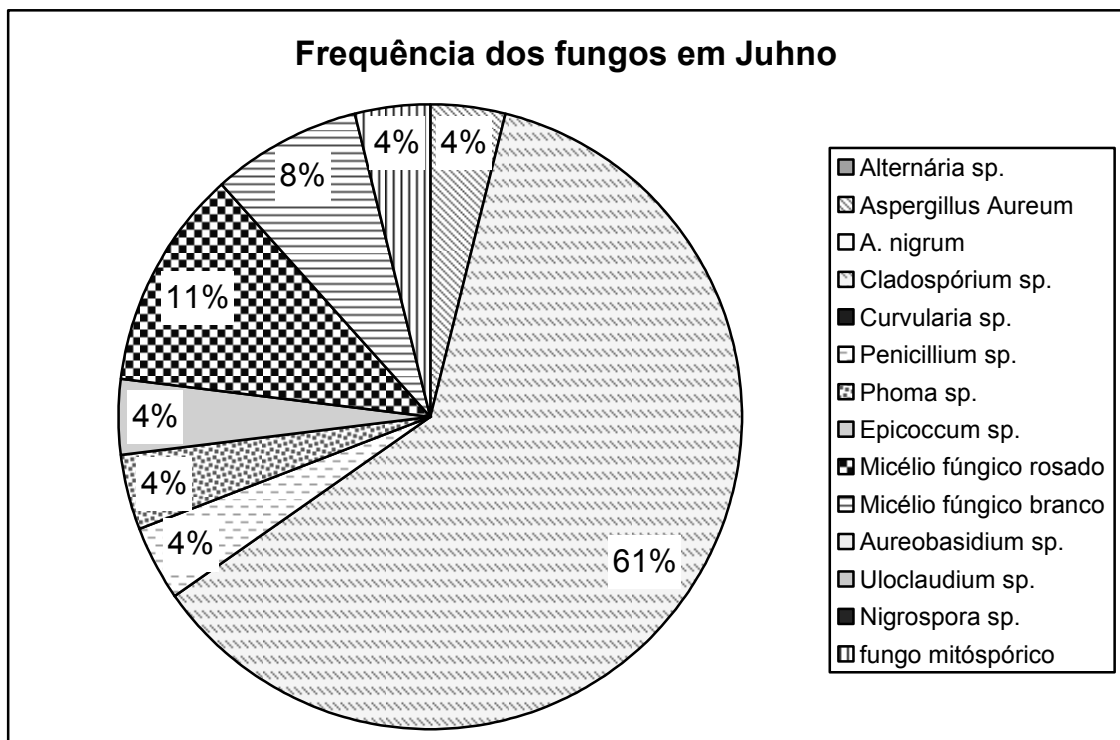


Figura 37 - Frequência dos fungos em junho

Na Figura 38, onde estão os resultados obtidos no mês de julho, os principais contaminantes foram *Cladosporium* sp. e o fungo que não esporulou no meio empregado. Outro principal contaminante foi o *Penicillium* sp.

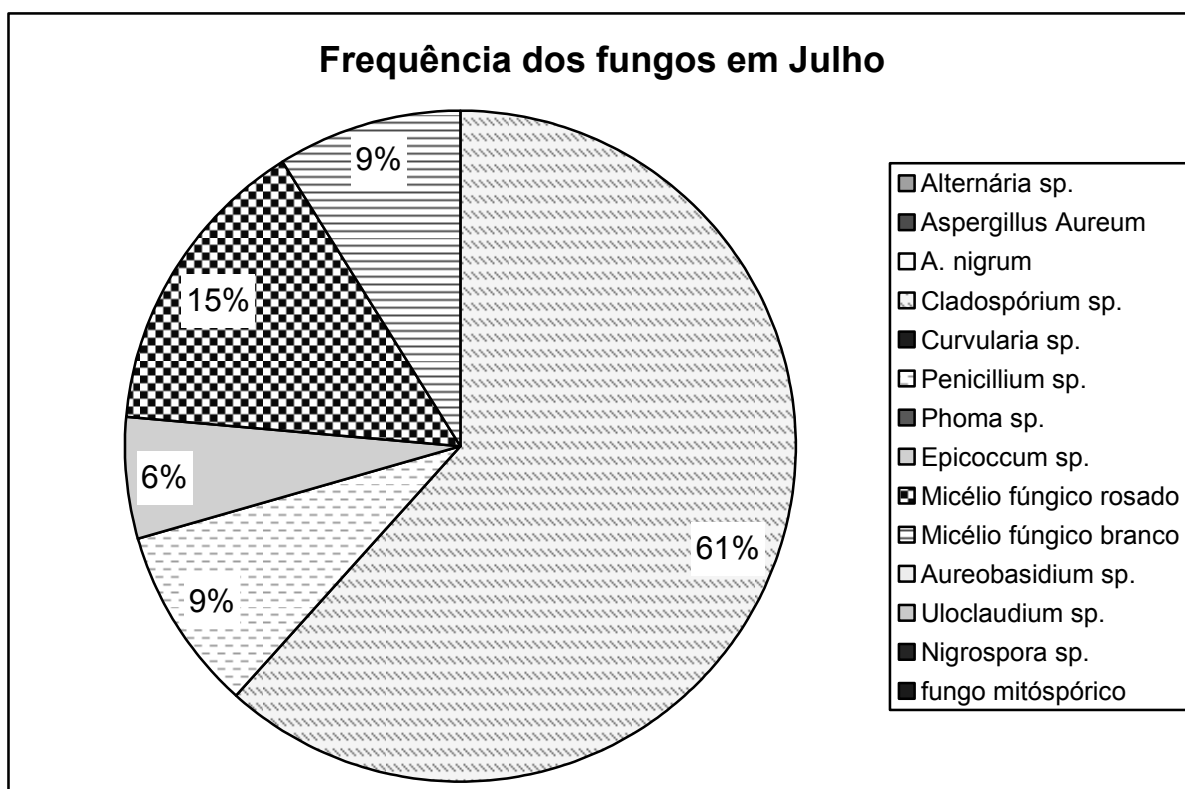


Figura 38 - Frequência dos fungos em julho

No mês de agosto (Figura 39), o fungo *Cladosporium* sp. esteve presente em sete das tintas, o fungo sem esporulação esteve presente em 5 das tintas e o *Penicillium*, sp. esteve presente em três das sete tintas utilizadas.

Em setembro, os principais contaminantes das tintas foram: *Cladosporium* sp. contaminando as 7 tintas analisadas, *Penicillium* sp. contaminando seis tintas e *Alternaria* sp. contaminando quatro tintas (Figura 40).

Em outubro como demonstra a Figura 41, novamente os maiores contaminantes foram *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp., em todas as tintas.

Em novembro (Figura 42), observou-se uma maior incidência dos fungos: *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp. e *Penicillium* sp., sendo as tintas mais contaminadas, respectivamente, 4, 5 e 7 das tintas empregadas.

No mês de dezembro, os fungos *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp. e *Alternaria* sp. contaminaram, respectivamente, 6, 5 e 4 das tintas empregadas.

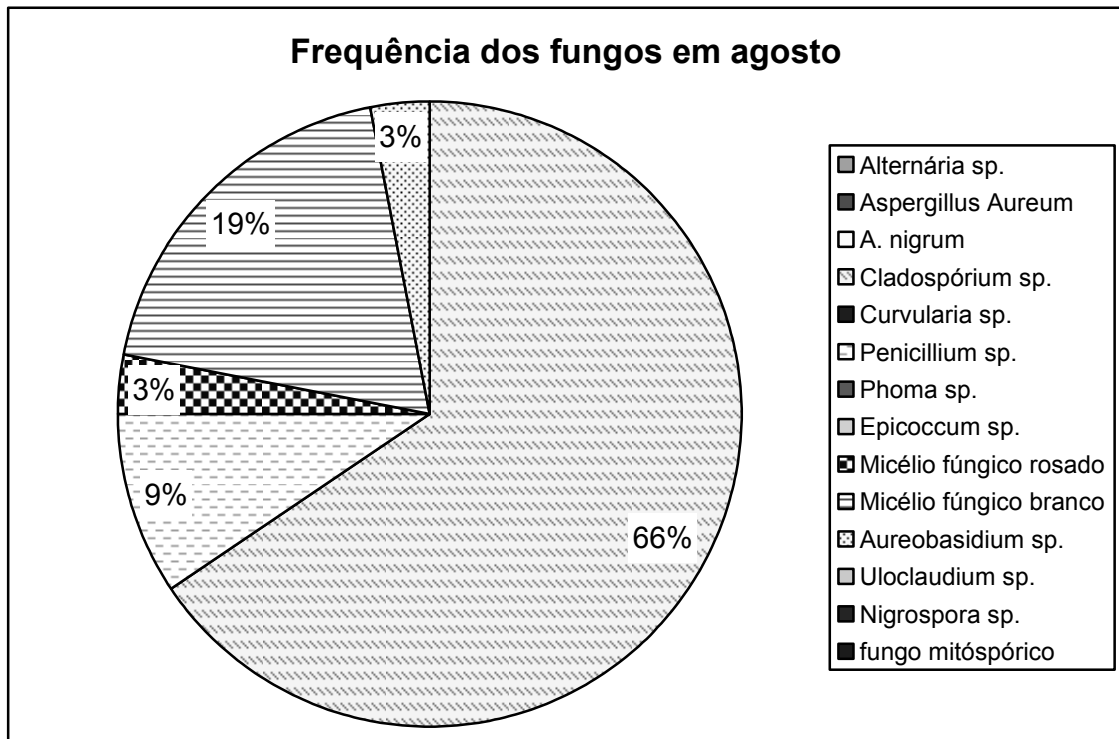


Figura 39 - Frequência dos fungos em agosto

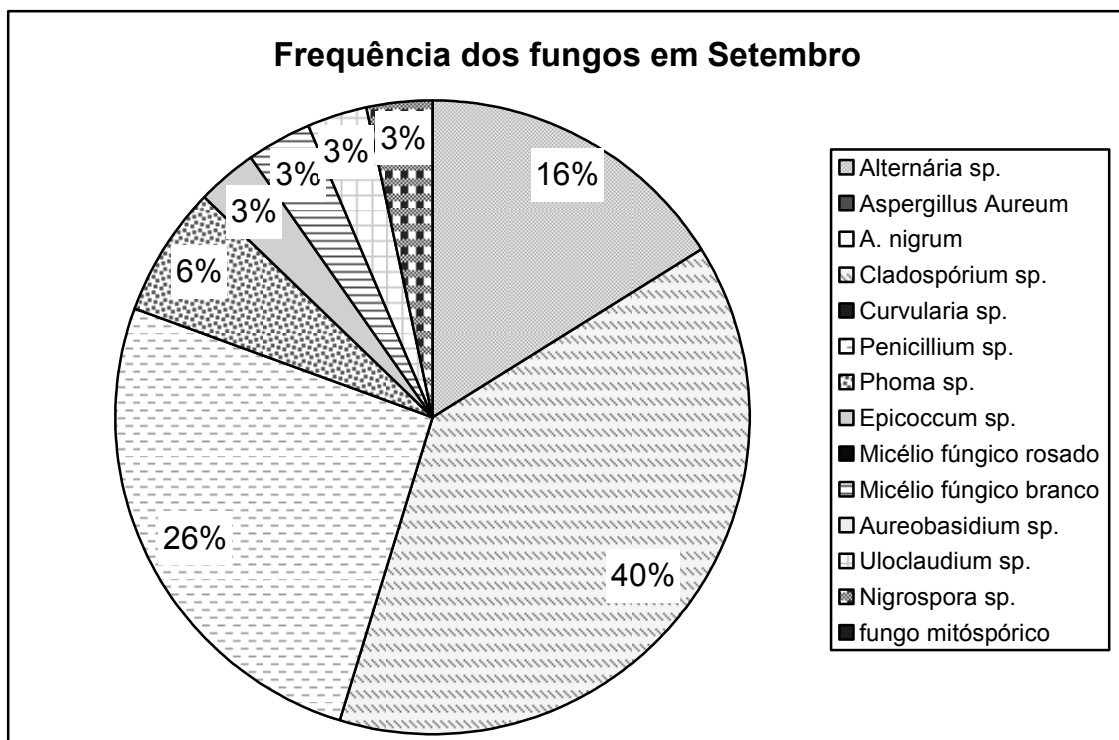


Figura 40 - Frequência dos fungos em setembro

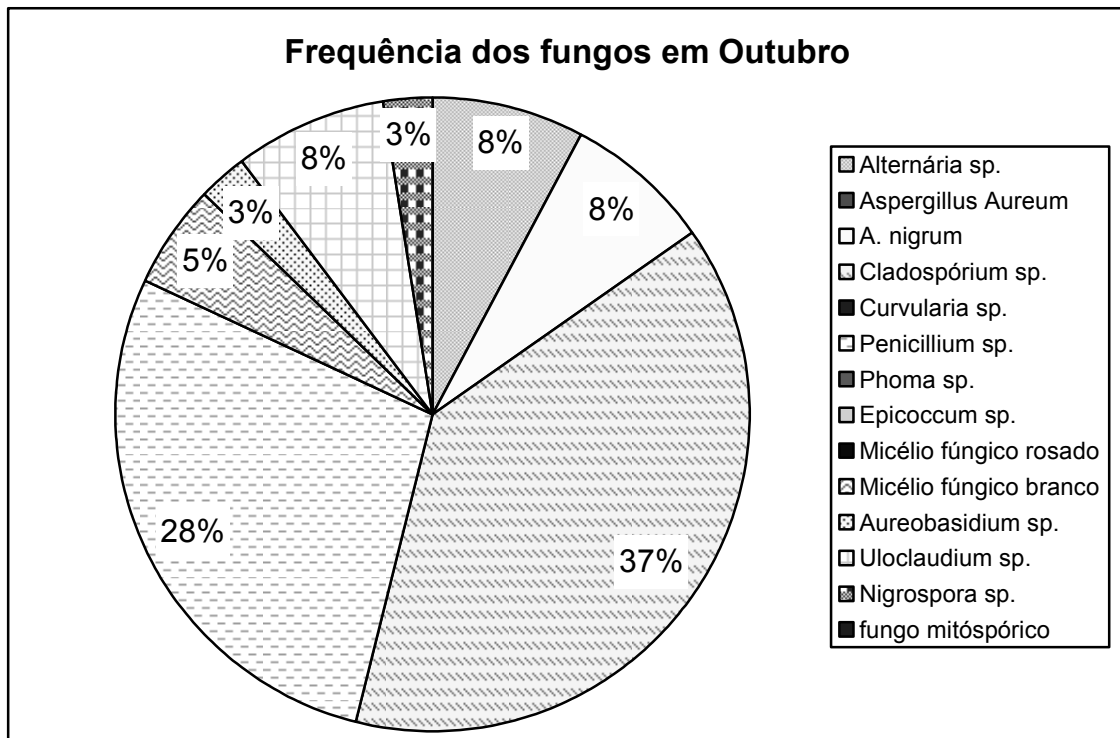


Figura 41 - Frequência dos fungos em outubro

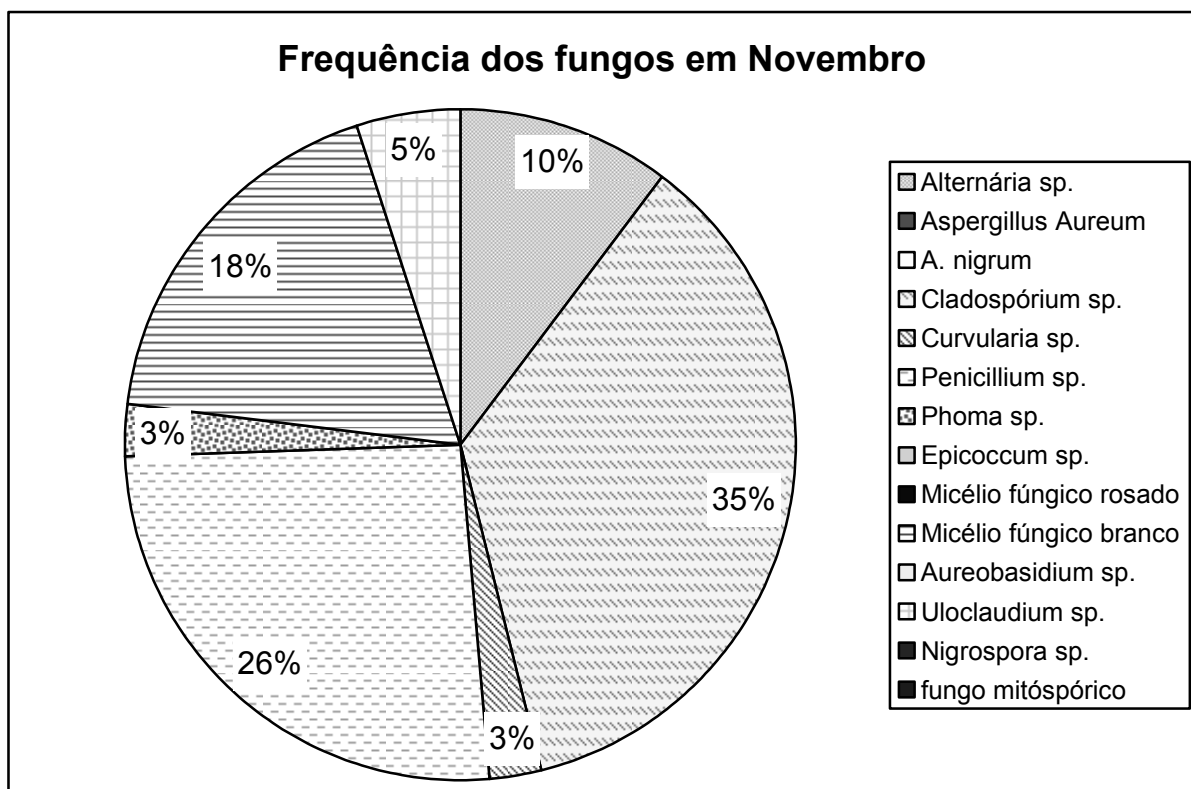


Figura 42 - Frequência dos fungos em novembro

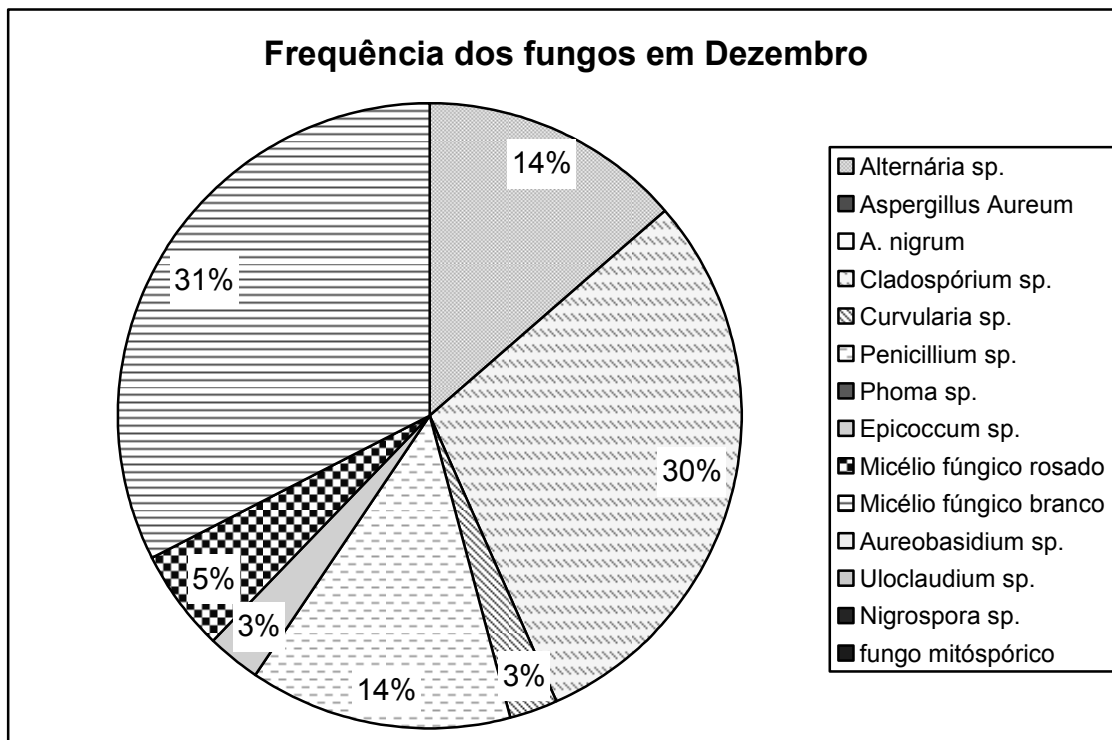


Figura 43 - Frequência dos fungos em dezembro

Os resultados das figuras das Figura 32 a Figura 43 foram agrupados na Tabela 10 a seguir, onde se encontra a frequência anual total de colônias de fungos contaminantes em todas as tintas utilizadas no decorrer da pesquisa.

Conforme resultado, os fungos que estavam presentes sobre os vários filmes de tintas empregados na avaliação ambiental (Tintas 1 a 7) corroboraram os resultados de Shirakawa *et. al* (2002) e Saad (2002). Dentre estes se tiveram: *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *A. nigrum*, *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp., *Penicillium* sp., *Epicoccum* sp., *Phoma* sp., *Aureobasidium* sp., *Ulocladium* sp., *Nigrospora* sp, e um fungo mitospórico não identificado.

Também estavam presentes dois fungos que não sofreram esporulação no meio utilizado, entretanto um deles, devido a seus produtos metabólicos, alterava a coloração do meio para um tom rosado, o que permitia sua diferenciação do outro fungo.

Tabela 10 – Biodiversidade anual das tintas utilizadas

Fungos	Frequência total (Colonias)
<i>Alternaria</i> sp.	27
<i>Aspergillus aureum</i>	20
<i>A.nigrum</i>	7
<i>Cladosporium</i> sp.	80
<i>Curvularia</i> sp.	13
<i>Penicillium</i> sp.	52
<i>Phoma</i> sp.	7
<i>Epicoccum</i> sp.	1
Micélio fúngico rosado	16
Micélio fúngico branco	40
<i>Aureobasidium</i> sp.	4
<i>Ulocladium</i> sp.	9
<i>Nigrospora</i> sp.	3
Fungo mitospórico	1

No gráfico a seguir está representada a tabela acima.

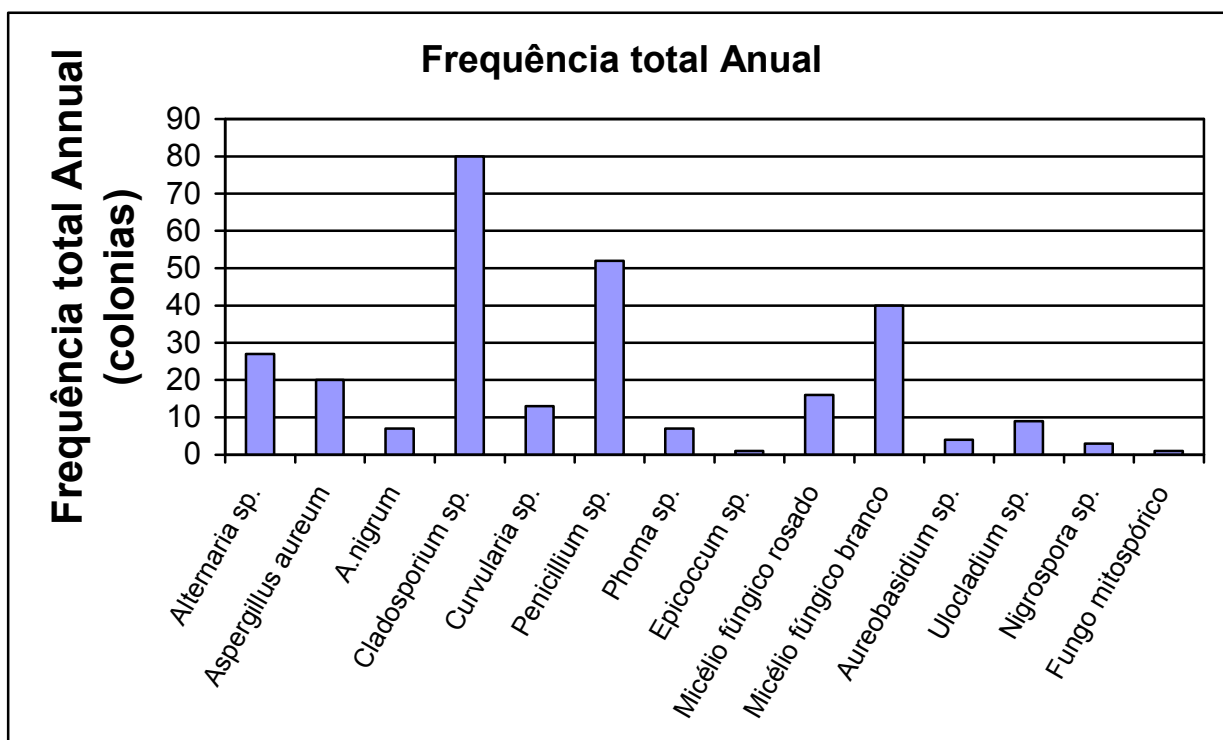


Gráfico 11-Frequência anual total da biodiversidade observada no estudo de campo.

Observando-se o Gráfico 11, vê-se que os principais contaminantes foram *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp.. Após estes fungos, verificou-se também o fungo sem esporulação e *Alternaria* sp, bem como *Aspergillus aureum*. Assim, principalmente os dois primeiros devem estar presentes quando da avaliação acelerada.

11. Resultados de temperatura superficial (TS), temperatura ambiental (TA) e umidade(H)

A

Tabela 11, retrata as médias das temperaturas superficiais, médias da temperatura ambiental, do meio ambiente externo, e a média da umidade relativa do ar, que foram monitoradas durante 12 meses no experimento em meio ambiente externo.

Tabela 11 – Dados médios de Temperatura Superficial (TS), Temperatura Ambiental (TA) e Umidade por um período de 12 meses.

Mês do ano	TS (°C)	TA(°C)	H(%)
Janeiro	26,10	26,44	65,62
Fevereiro	26,34	26,01	66,21
Março	25,26	24,47	76,50
Abril	22,28	20,90	76,72
Maio	14,50	13,77	78,8
Junho	14,49	14,37	79,26
Julho	11,20	10,78	75,88
Agosto	14,07	13,91	76,00
Setembro	19,46	19,39	74,08
Outubro	21,14	21,33	72,27
Novembro	21,46	20,94	59,58
Dezembro	26,16	26,78	62,57

O monitoramento das temperaturas superficiais e ambientais e de umidade relativa do ar foi realizado em intervalos de tempo de 3 horas por um período de 12 meses. Determinou-

se a média diária das temperaturas ambiental, superficial e umidade. Os dados indicados foram à média mensal por um período de 12 meses. Com esses valores apresentados na Tabela 11 construíram-se os gráficos que estão representados nos Gráfico 12 e Gráfico 13.

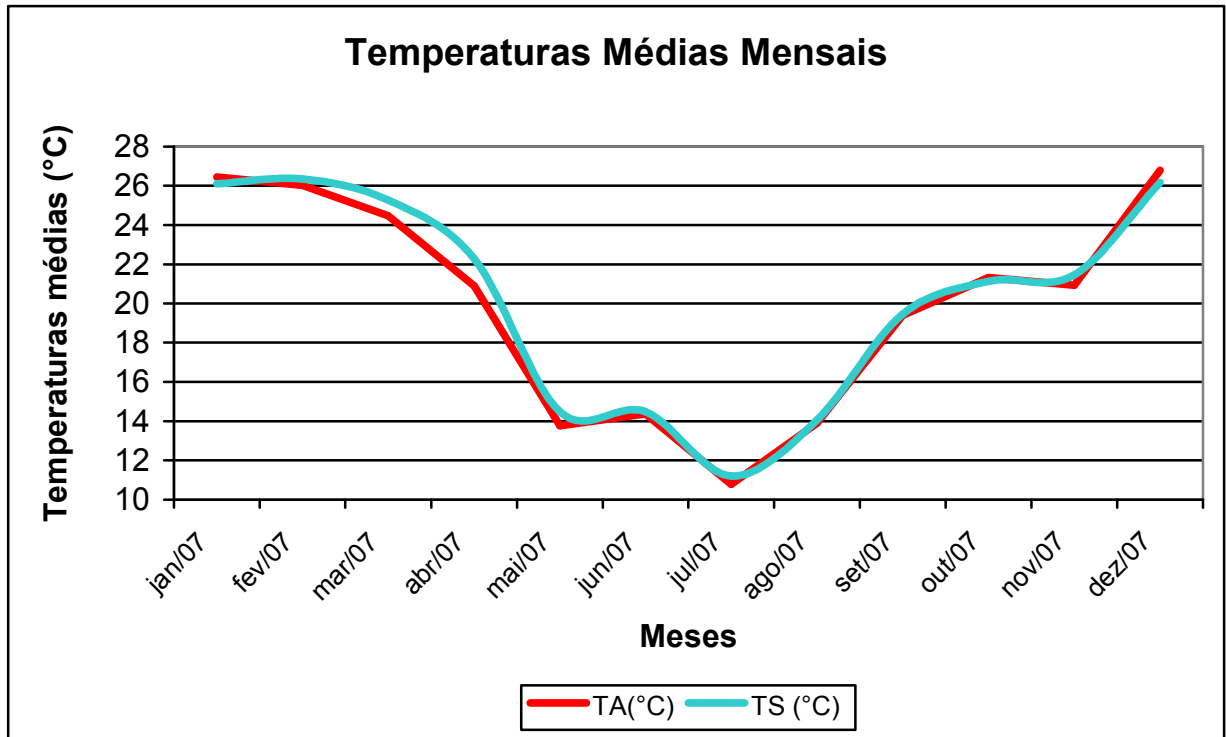


Gráfico 12 - Temperaturas médias ambientais e superficiais num período de 12 meses

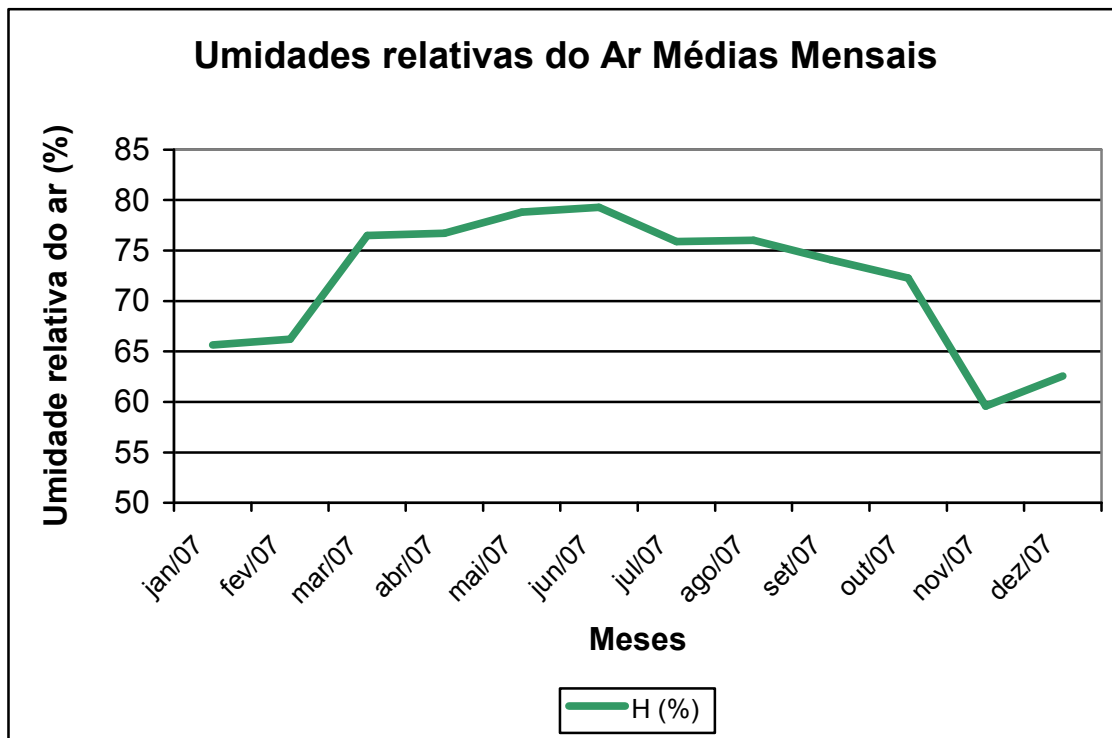


Gráfico 13-Umidade relativa do ar médias num período de 12 meses
Com os valores da

Tabela 11 foi possível determinar um dia típico para cada uma das estações do ano, cujos valores foram indicados na Tabela 12 e Gráfico 14(a) e 14(b).

Tabela 12 – Dados Sazonais de Temperatura Superficial (TS), Temperatura Ambiental (TA) e Umidade.

Dados	Estação do Ano			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Temp Amb (°C)	26,4	19,7	13,0	20,6
Temp Sup (°C)	26,2	20,7	13,2	20,7
Umidade (%)	64,8	77,3	77,0	68,6

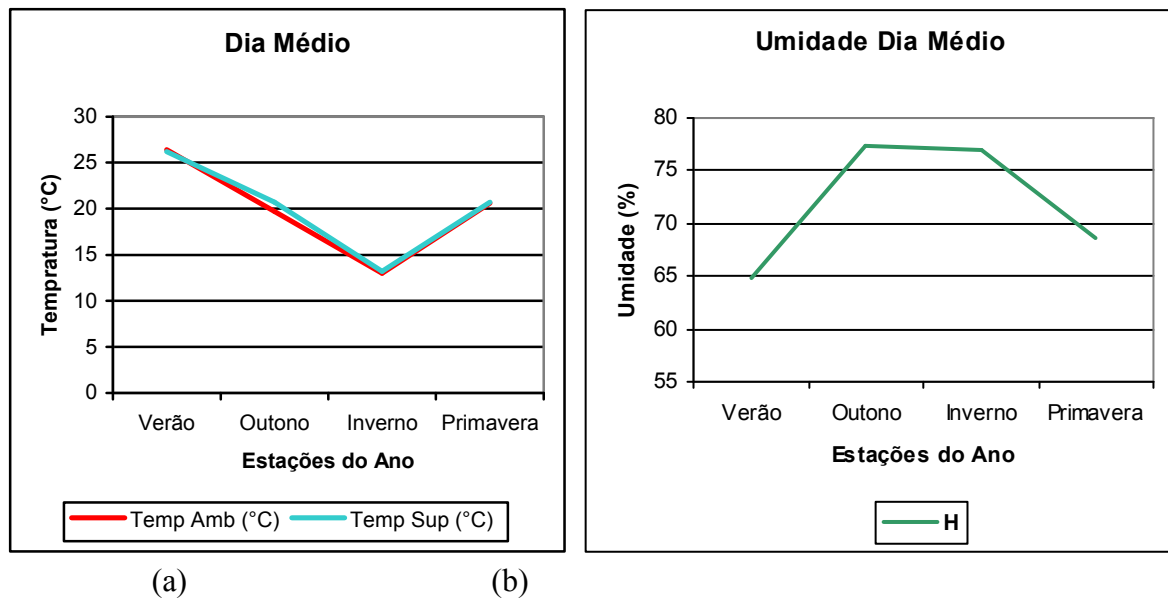


Gráfico 14– Gráfico representativo dos valores médios sazonais: (a) Dia médio da temperatura superficial e ambiental;(b) Dia médio da Umidade

Observando-se o Gráfico 14 verificou-se o comportamento similar entre os valores da temperatura ambiental e superficial, sendo os valores da temperatura superficial médios com valores um pouco inferiores aos medidos na temperatura média do meio ambiente. O gradiente de umidade permanece em uma faixa entre 60 e 80%.

A partir dos fungos isolados apresentados nas tabelas 1 a 7, em combinação com os dados de temperatura média superficial, temperatura média do meio ambiente e umidade, foi possível determinar as faixas de temperatura de crescimento dos fungos em cada uma das tintas utilizadas.

A faixa de temperatura para o crescimento de *Alternaria* sp. variava de menos de 15°C a valores acima de 25°C, para as tintas 2 e 3. Para a tinta 1, 4 e 5 essa faixa era reduzida para valores no intervalo entre 20°C e 25°C. Na tinta 6, o crescimento ocorria em torno de 20°C e para a tinta 7, temperaturas somente acima de 25°C. O fungo *Alternaria* sp. foi detectado na primavera, verão e outono.

Para o fungo *Aspergillus aureum*, o mesmo não foi isolado da tinta 1, sendo que a faixa de crescimento para as demais tintas não variou e estava em valores em torno de 15°C até 25°C. Esse fungo foi isolado dos painéis principalmente no outono.

Para o fungo *Aspergillus nigrum*, o comportamento foi similar entre as tintas 1 e 2, com crescimento entre 20°C e 25°C e na tinta 3 o isolamento ocorreu somente a temperaturas

médias de 20°C. Nas tintas 4 e 7 não houve detecção em nenhuma das estações do ano. Na tinta 5 e 6, com comportamento similar, a detecção ocorreu aos 25°C e 15°C, respectivamente.

Sabidamente um dos maiores contaminantes, o *Cladosporium* sp. foi isolado em uma ampla faixa entre valores em torno de 10°C a valores acima de 25°C, com exceção da tinta número 6, que não possui biocida, onde as temperaturas médias de desenvolvimento foi de aproximadamente de 20°C a 25°C. Este fungo apresentou uma elevada contaminação nas 4 estações do ano, sendo os maiores valores no outono, onde a umidade foi mais elevada.

A faixa de detecção e o isolamento do fungo *Curvularia* sp., o comportamento da tinta 1 e 2 foi similar, com uma faixa entre 20°C a valores acima de 25°C. Na tinta 3 a detecção ocorreu somente em valores de temperatura em torno de 15°C. Para as tintas 4, 5 e 6, a determinação da presença do fungo ocorreu numa temperatura acima de 25°C. Este fungo não foi isolado na tinta 7. Maiores valores de contaminação ocorreram durante o outono

Assim como o fungo *Cladosporium* sp., o *Penicillium* teve sua presença determinada numa ampla faixa para todas as 7 tintas avaliadas. A faixa variou desde a menor temperatura de 10°C para a tinta 3, até acima de 25°C, para todas as demais tintas. Este fungo, tanto quanto *Cladosporium* sp., foi detectado nas 4 estações do ano.

Somente nas tintas 4,5 e 6 foi detectado o *Phoma* sp., com comportamento similar, variando sua temperatura desde abaixo de 15°C até temperaturas acima de 25°C.

O fungo *Epicoccum* sp. somente ocorreu nas tintas 1, 2, 3, 5 e 6. Nas tintas 1 a 3, o comportamento foi similar, variando as temperaturas de 10°C a 20°C. Para as tintas 5 e 6, o isolamento ocorreu na faixa entre as temperaturas médias de 15°C a 25°C, respectivamente.

O fungo sem esporulação que tornou o meio numa coloração rosada foi detectado numa ampla faixa em todas as tintas, desde temperaturas de 10°C, até valores acima de 25°C, com exceção das tintas 6 e 7, onde as temperaturas inferiores e superiores apresentaram os mesmos valores acima de 20°C. Com relação ao outro fungo que não sofreu esporulação, este apresentava comportamento similar para todas as 7 tintas utilizadas com valores de temperaturas inferiores em torno de 10°C e temperaturas superiores acima de 25°C.

A seguir foi realizada a análise estatística empregando o teste t e ANOVA, com relação à contaminação dos fungos nas diversas tintas para verificar se houve ou não relação entre as diferentes tintas utilizadas.

12. Resultados da Análise Estatística

A seguir encontram-se os resultados obtidos através dos três métodos de análise estatística empregadas neste estudo, com o objetivo de comparar o comportamento de cada tinta e entre si em relação ao seu comportamento diante da contaminação biológica e bioreceptividade.

12.1. Emprego do Teste t

Primeiramente, as tintas foram comparadas duas a duas. Iniciou-se com a avaliação das tintas 1 e 2. Comparando os valores de t na Tabela 13 teve-se que $t_{\text{calculado}} = 0,093472 < t_{\text{crítico}} = 2,079614$, portanto aceitou H_0 . Assim, não existiu diferença significativa entre as médias das amostras.

Tabela 13 indicou a saída dos resultados do teste t no programa Microsoft®Excel 2003:

Comparando os valores de t na Tabela 13 teve-se que $t_{\text{calculado}} = 0,093472 < t_{\text{crítico}} = 2,079614$, portanto aceitou H_0 . Assim, não existiu diferença significativa entre as médias das amostras.

Tabela 13 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 2

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,380952	0,375
Variância	0,018862	0,029801
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	21	22
Stat t	0,093472	
P(T<=t) uni-caudal	0,463207	
t crítico uni-caudal	1,720743	
P(T<=t) bi-caudal	0,926414	
t crítico bi-caudal	2,079614	

Analisando as Tintas 1 e 3 (Tabela 14) os resultados demonstraram que $t_{\text{calculado}} = 0,084986 < t_{\text{crítico}} = 2,093024$, portanto, aceitou H_0 , não havendo diferença significativa entre as médias das amostras, assim como para as tintas 1 e 2.

Tabela 14 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 3

teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,380952	0,375
Variância	0,018862	0,040005
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	19	
Stat t	0,084986	
P(T<=t) uni-caudal	0,466581	
t crítico uni-caudal	1,729133	
P(T<=t) bi-caudal	0,933162	
t crítico bi-caudal	2,093024	

Os resultados da análise das tintas 1 e 4 encontram-se na Tabela 15, aceitou-se H_0 , e não houve diferença significativa entre as médias das amostras das Tinta 1 e Tinta 4, pois $t_{\text{calculado}} = 1,83219 < t_{\text{crítico}} = 2,073873$.

Os resultados da análise das tintas 1 e 5 encontram-se na Tabela 16, aceitou-se H_0 , e não houve diferença significativa entre as médias das amostras das Tinta 1 e Tinta 5, pois $t_{\text{calculado}} = 1,09584 < t_{\text{crítico}} = 2,073873$.

Tabela 15 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 4

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,380952	0,482143
Variância	0,018862	0,017741
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	-1,83219	
P(T<=t) uni-caudal	0,040248	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,080496	
t crítico bi-caudal	2,073873	

Na seqüência, também se encontram as análises das tintas 1 e 6 (Tabela 17). Comparando os valores de t na análise, pelo resultado como $t_{\text{calculado}} = 3,77566 > t_{\text{crítico}} = 2,073873$, portanto, rejeitou-se H_0 , ou seja, existiu diferença significativa entre as médias das amostras, da tinta 1 e da tinta 6.

Comparando os valores de t na análise das tintas 1 e 7 (Tabela 18), pelo resultado como $t_{\text{calculado}} = 1,717144 < t_{\text{crítico}} = 2,073873$, portanto aceitou-se H_0 e não existiu diferença significativa entre as médias das amostras.

Tabela 16 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 5

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,380952	0,440476
Variância	0,018862	0,016543
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	-1,09584	
P(T<=t) uni-caudal	0,142499	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,284999	
t crítico bi-caudal	2,073873	

Tabela 17 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 6

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,380952	0,583333
Variância	0,018862	0,015615
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	-3,77566	
P(T<=t) uni-caudal	0,00052	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,001041	
t crítico bi-caudal	2,073873	

As análises das tintas 1 e 7 estão na Tabela 18 a seguir.

Tabela 18 – Saída do teste t para Tinta 1 e Tinta 7

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,380952	0,303571
Variância	0,018862	0,015886
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	1,438003	
P(T<=t) uni-caudal	0,082253	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,164507	
t crítico bi-caudal	2,073873	

Na próxima etapa foi feita a comparação da tinta 2 com as demais: tinta 3, tinta 4, tinta 5, tinta 6 e tinta 7. Iniciou-se a comparação da tinta 2 com a tinta 3.

Com os valores de t na comparação entre as tintas 2 e 3 (Tabela 19), $t_{\text{calculado}} = 2,18 \times 10^{-15} < t_{\text{crítico}} = 2,073873$, portanto, aceitou-se H_0 e não houve diferença significativa entre as médias das duas amostras.

Na tabela 19 realizou-se a comparação entre as tintas 2 e 4.

Comparando os valores de t na tabela 19, pelo resultado como $t_{\text{calculado}} = 1,70222 < t_{\text{crítico}} = 2,079614$, portanto aceitou-se H_0 e não existiu diferença significativa entre as médias das amostras.

Tabela 19 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 3

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,375	0,375
Variância	0,029801	0,040005
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	2,18E-15	
P(T<=t) uni-caudal	0,5	
T crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	1	
T crítico bi-caudal	2,073873	

Tabela 20 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 4

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,375	0,482143
Variância	0,029801	0,017741
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	21	
Stat t	-1,70222	
P(T<=t) uni-caudal	0,051736	
t crítico uni-caudal	1,720743	
P(T<=t) bi-caudal	0,103473	
t crítico bi-caudal	2,079614	

Tabela 21 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 5

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,375	0,440476
Variância	0,029801	0,016543
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	20	
Stat t	-1,05361	
P(T<=t) uni-caudal	0,152313	
t crítico uni-caudal	1,724718	
P(T<=t) bi-caudal	0,304625	
t crítico bi-caudal	2,085963	

Através da análise das tintas 2 e 5, conforme Tabela 21, os resultados para t na tabela, $t_{\text{calculado}} = 1,05361 < t_{\text{crítico}} = 2,085963$, pôde-se aceitar a hipótese H_0 , não havendo diferença significativa entre as médias das amostras.

Os resultados da análise do teste t para as tintas 2 e 6 encontram-se na Tabela 22:

Comparando os valores de t na Tabela 22, pelo resultado como $t_{\text{calculado}} = 3,38646 > t_{\text{crítico}} = 2,085963$, portanto rejeitou-se H_0 , ou seja, existiu diferença significativa entre as médias das amostras, da tinta 2 e da tinta 6, resultado este igual à comparação das tintas 1 e tinta 6.

Tabela 22 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 6

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,375	0,583333
Variância	0,029801	0,015615
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	20	
Stat t	-3,38646	
P(T<=t) uni-caudal	0,001466	
t crítico uni-caudal	1,724718	
P(T<=t) bi-caudal	0,002931	
t crítico bi-caudal	2,085963	

As análises das tintas 2 e 7 estão na Tabela 23.

Tabela 23 – Saída do teste t para Tinta 2 e Tinta 7

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,375	0,303571
Variância	0,029801	0,015886
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	20	
Stat t	1,157628	
P(T<=t) uni-caudal	0,130327	
t crítico uni-caudal	1,724718	
P(T<=t) bi-caudal	0,260655	
t crítico bi-caudal	2,085963	

Comparando os valores de t na Tabela 23, pelo resultado como $t_{\text{calculado}} = 1,157628 < t_{\text{crítico}} = 2,085963$, portanto aceitou-se H_0 e não existiu diferença significativa entre as médias das amostras.

Portanto, as tintas 2, 3, 4, 5 e 7 não apresentaram diferença significativa entre as médias e este grupo com a tinta 6 apresentou diferença significativa.

A seguir foram analisadas as tintas 3, 4, 5, 6 e 7.

Tabela 24 – Saída do teste t para Tinta 3 e Tinta 4

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,375	0,440476
Variância	0,040005	0,016543
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	19	
Stat t	-0,95382	
P(T<=t) uni-caudal	0,176076	
t crítico uni-caudal	1,729133	
P(T<=t) bi-caudal	0,352153	
t crítico bi-caudal	2,093024	

Analisando as tintas 3 e 4 na Tabela 24, os resultados demonstraram que $t_{\text{calculado}} = 0,95382 < t_{\text{crítico}} = 2,093024$, portanto aceitou-se H_0 , não havendo diferença significativa entre as médias das amostras das tintas 3 e 4.

Na Tabela 25 a análise foi realizada entre as tintas 3 e 5. O resultado demonstrou que a hipótese H_0 pôde ser aceita, não havendo diferença significativa entre as amostras das tintas 3 e 5, pois $t_{\text{calculado}} = 0,95382 < t_{\text{crítico}} = 2,093024$.

A seguir foi realizada a comparação entre as tintas 3 e 6 (Tabela 26) e as tintas 3 e 7 (Tabela 27). Os resultados demonstraram que, para as tintas 3 e 6, a hipótese H_0 foi rejeitada pois $t_{\text{calculado}} = 3,06009 > t_{\text{crítico}} = 2,100922$. Para as tintas 3 e 7, $t_{\text{calculado}} = < t_{\text{crítico}}$ e a hipótese H_0 não foi rejeitada, portanto, não houve diferença significativa entre as médias das duas amostras.

Tabela 25 – Saída do teste t para Tinta 3 e Tinta 5

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,375	0,440476
Variância	0,040005	0,016543
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	19	
Stat t	-0,95382	
P(T<=t) uni-caudal	0,176076	
t crítico uni-caudal	1,729133	
P(T<=t) bi-caudal	0,352153	
t crítico bi-caudal	2,093024	2,0739

Tabela 26 – Saída do teste t para Tinta 3 e Tinta 6

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,375	0,583333
Variância	0,040005	0,015615
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	18	
Stat t	-3,06009	
P(T<=t) uni-caudal	0,003371	
t crítico uni-caudal	1,734064	
P(T<=t) bi-caudal	0,006742	
t crítico bi-caudal	2,100922	

Tabela 27 – Saída do teste t para Tinta 3 e Tinta 7

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,375	0,303571
Variância	0,040005	0,015886
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	19	
Stat t	1,046631	
P(T<=t) uni-caudal	0,154201	
t crítico uni-caudal	1,729133	
P(T<=t) bi-caudal	0,308403	
t crítico bi-caudal	2,093024	

A seguir foram avaliadas as tintas 4, 5, 6 e 7.

Na Tabela 28 encontram-se os resultados das análises das tintas 4 e 5. Os resultados demonstraram que $t_{\text{calculado}} = 0,77953 < t_{\text{crítico}} = 2,073873$, portanto, aceitou-se H_0 , não havendo diferença significativa entre as médias das amostras das tintas 4 e 5.

Tabela 28 – Saída do teste t para Tinta 4 e Tinta 5

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,482143	0,440476
Variância	0,017741	0,016543
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	0,77953	
P(T<=t) uni-caudal	0,221987	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,443973	
t crítico bi-caudal	2,073873	

Analisando-se as tintas 4 e 6 na tabela abaixo (Tabela 29), os resultados demonstraram que $t_{\text{calculado}} = 1,91929 < t_{\text{crítico}} = 2,073873$, portanto, aceitou-se H_0 , não havendo diferença significativa entre as médias das amostras das tintas 4 e 6.

Entretanto para o grupo de tintas 4 e 7, (Tabela 30) a hipótese H_0 foi rejeitada, havendo diferença significativa entre os grupos, pois $t_{\text{calculado}} = 3,373323 > t_{\text{crítico}} = 2,073873$.

Tabela 29 – Saída do teste t para Tinta 4 e Tinta 6

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,482143	0,583333
Variância	0,017741	0,015615
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	-1,91929	
P(T<=t) uni-caudal	0,034006	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,068012	
t crítico bi-caudal	2,073873	

Tabela 30 – Saída do teste t para Tinta 4 e Tinta 7

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,482143	0,303571
Variância	0,017741	0,015886
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	3,373323	
P(T<=t) uni-caudal	0,00137	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,00274	
t crítico bi-caudal	2,073873	

Na próxima etapa foram testadas as tintas 5, 6 e 7 e após o grupo formado entre as tintas 6 e 7.

Tabela 31 – Saída do teste t para Tinta 5 e Tinta 6

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,440476	0,583333
Variância	0,016543	0,015615
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	-2,7596	
P(T<=t) uni-caudal	0,005718	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,011436	
t crítico bi-caudal	2,073873	2,0739

Na Tabela 31 foram analisadas as tintas 5 e 6, os valores de t obtidos são $t_{\text{calculado}} = 2,7596 > t_{\text{crítico}} = 2,073873$, portanto o resultado demonstrou que se rejeitou a hipótese H_0 , havendo diferença significativa entre as médias das amostras das tintas 5 e 6. Rejeitou-se H_0 , portanto T5 e T6 não foram iguais.

Tabela 32 – Saída do teste t para Tinta 5 e Tinta 7

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,440476	0,303571
Variância	0,016543	0,015886
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	2,63356	
P(T<=t) uni-caudal	0,007586	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,015172	
t crítico bi-caudal	2,073873	2,0739

Os resultados na Tabela 32, para o teste t para as amostras das tintas 5 e 7, indica que a hipótese H_0 deve ser rejeitada, pois $t_{\text{calculado}} = 2,63356 > t_{\text{crítico}} = 2,073873$, havendo diferença significativa entre os grupos.

Rejeita-se H_0 , portanto T5 e T7 não são iguais

Tabela 33 – Saída do teste t para Tinta 6 e Tinta 7

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,583333	0,303571
Variância	0,015615	0,015886
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	5,460286	
P(T<=t) uni-caudal	8,71E-06	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	1,74E-05	
t crítico bi-caudal	2,073873	2,0739

A última análise realizada foi com as tintas 6 e 7. Os resultados na Tabela 33, em que $t_{\text{calculado}} = 5,460286 > t_{\text{crítico}} = 2,073873$, a hipótese H_0 foi rejeitada, portanto houve diferença significativa entre os grupos.

Rejeitou-se H_0 , portanto T6 e T7 houve diferença significativa entre os grupos.

A Tabela 34 mostra um resumo dos resultados estatísticos obtidos, cruzado informações entre as tintas estudadas onde definimos quias as tintas que tem ou não diferença significativa entre seus comportamentos em relação a contaminação fúngica.

Tabela 34 – Tabela resumo para o teste t das diferentes tintas empregadas

Cruzamento	t	t crit	Decisão
T1 e T2=T2 e T1	0,093472	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 2 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T3=T3 e T1	0,084986	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 3 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T4 =T4 e T1	-1,83219	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 4 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T5 =T5 e T1	-1,09584	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 5 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T6 =T6 e T1	-3,77566	2,0739	$t > t_{crit}$ - Rejeitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 6 havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T7 =T7 e T1	1,438003	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 7 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2 e T3=T3 e T2	2,18E-15	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 3 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2 e T4 =T4 e T2	-1,70222	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 4 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2 e T5 =T5 e T2	-1,05361	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 5 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2 e T6 =T6 e T2	-3,38646	2,0739	$t > t_{crit}$ - Rejeitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 6 havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2 e T7 =T7 e T2	1,157628	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 7 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T3 e T4 =T4 e T3	-1,54452	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 3 e Tinta 4 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T3 e T5 =T5 e T3	-1,54452	2,0739	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 3 e Tinta 5 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T3 e T6 =T6 e T3	-3,06009	2,0739	$t > t_{crit}$ - Rejeitou-se Ho, Tinta 3 e Tinta 6 havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras

Tabela 34 – Tabela resumo para o teste t das diferentes tintas empregadas (continuação)

Cruzamento	t	t crít	Decisão
T3 e T7 =T7 e T3	1,046631	2,0739	$t < t_{crit}$ - Aceitou-se Ho, Tinta 3 e Tinta 7 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T4 e T5 =T5 e T4	0,77953	2,0739	$t < t_{crit}$ - Aceitou-se Ho, Tinta 4 e Tinta 5 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T4 e T6 =T6 e T4	-1,91929	2,0739	$t < t_{crit}$ - Aceitou-se Ho, Tinta 4 e Tinta 6 não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T4 e T7 =T7 e T4	3,373323	2,0739	$t > t_{crit}$ - Rejeitou-se Ho, Tinta 4 e Tinta 7 havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T5 e T6 =T6 e T5	-2,7596	2,0739	$t > t_{crit}$ - Rejeitou-se Ho, Tinta 5 e Tinta 6 havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T5 e T7 =T7 e T5	2,63356	2,0739	$t > t_{crit}$ - Rejeitou-se Ho, Tinta 5 e Tinta 7 havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T6 e T7 =T7 e T6	5,460286	2,0739	$t > t_{crit}$ - Rejeitou-se Ho, Tinta 6 e Tinta 7 havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras

O Quadro 10 demonstra a relação dos grupos de tintas, levando em consideração seu comportamento perante a contaminação fúngica, os itens pintados, as tintas que apresentaram diferenças significativas estatisticamente em relação a contaminação fúngica

Tintas	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Quadro 10 - Resumo dos resultados

12.2. Análise das Variâncias (ANOVA):

Para analisar os grupos formados por mais de duas tintas empregou-se Análise das Variâncias (ANOVA). Na Tabela 35 encontram-se os resultados obtidos empregando o programa Excel (2003):

Tabela 35- Resumo com os resultados do teste estatístico ANOVA

Grupo	F	Fcrit	p	Conclusão
T1, T2,T3,T4,T5,T6 e T7	4,540207	2,218817	0,000543	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1, T2 e T6	7,877931	3,284918	0,001596	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1, T3 e T5	0,625833	3,284918	0,541043	F < Fcrit Aceitou-se H ₀ , não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1, T3 e T6	6,798651	3,284918	0,003369	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1, T2 e T3	0,004795	3,284918	0,995217	F < Fcrit Aceitou-se H ₀ , não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1, T5 e T6	7,633333	3,284918	0,001885	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1, T2, T3 e T5	0,463385	2,816466	0,709287	F < Fcrit Aceitou-se H ₀ não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1,T2,T3 e T6	4,903385	2,816466	0,005019	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1, T3, T5 e T6	4,949611	2,816466	0,004779	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras

Tabela 35- Resumo com os resultados do teste estatístico ANOVA (continuação)

Grupo	F	Fcrit	p	Conclusão
T2, T3 e T5	0,595792	3,284918	0,556946	F < Fcrit Aceitou-se H ₀ , não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2, T3 e T6	6,097285	3,284918	0,005579	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T3, T5 e T6	5,662025	3,284918	0,00769	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T4, T5 e T6	3,893881	3,284918	0,030321	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T4, T6 e T7	14,66954	3,284918	0,000027	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T4, T5 e T7	6,262712	3,284918	0,0049464	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T4, T5, T6 e T7	9,806502	2,816466	0,000045	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T5, T6 e T7	14,66372	3,284918	0,000028	F > Fcrit Rejeitou-se H ₀ , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras

O Quadro 11 representa o resultado do teste ANOVA. As células hachuradas representam os grupos em que a hipótese H₀ foi aceita, ou seja, as tintas em que estaticamente não há diferença significativa entre as médias das duas amostras, levando em consideração o comportamento das tintas frente a ação dos microorganismos.

Verificou-se que para as tintas 1,2 3 e 5 a hipótese testada pôde ser aceita, ou seja, estas tintas estatisticamente não apresentaram diferenças significativas no que diz respeito a contaminação fúngica, o que não ocorreu com os demais grupos.

Tintas	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Quadro 11- Resumo dos resultados obtidos do teste ANOVA, onde foram marcadas as tintas estatisticamente iguais..

Verificou-se que para as tintas 1,2 3 e 5 a hipótese testada pôde ser aceita, ou seja estas tintas apresentaram comportamento estatisticamente semelhante, o que não ocorreu com os demais grupos.

12.3. Teste de Tukey

Aplicou-se o teste de Tukey para os resultados obtidos a partir da ANOVA e as médias foram estatisticamente diferentes nos seguintes casos, ao nível de 5% de significância:

T1≠T5
T1≠T6
T2≠T5
T2≠T6
T3≠T5
T3≠T6
T4≠T7
T5≠T6
T5≠T7
T6≠T7

No Quadro 12 encontra-se o resultado final após a análise estatística com todos os grupos formados para o experimento ambiental. As células hachuradas de mesma cor pertencem às tintas estatisticamente iguais, assim, teve-se:

- a) Tintas 1,2, 3 pertenceram ao mesmo grupo;
- b) Tintas 4 e 6 pertenceram a outro grupo;
- c) Tinta 5 pertenceu ao terceiro grupo;
- d) Tinta 7 pertenceu ao quarto grupo.

Tintas	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Quadro 12-Resultado final dos grupos de tinta

Onde se pode observar que as tintas 1,2 e 3 como determinado na alise de variância apresentaram-se sem diferença significativa no que diz respeito a contaminação por microorganismos.

Entretanto a tinta 4 comportou-se sem diferença significativa, do ponto de vista estatístico em relação a contaminação fúngica que a tinta 6, que era a tinta de controle, sem biocida, portanto com baixo rendimento do biocida incorporado na sua formulação.

13. Testes de Bioreceptividade Acelerada

Os testes acelerados de contaminação das tintas sobre papel filtro forneceram resultados rápidos baseados na observação visual e quantificação das amostras durante 4 dias (96 horas).

Nas

Figura 44 a 50 estão os resultados dos ensaios acelerados sobre placa de petri das sete tintas analisadas.

A documentação fotográfica foi feita no intervalo de 24 horas ,registrando assim a evolução da colônia fúngica.

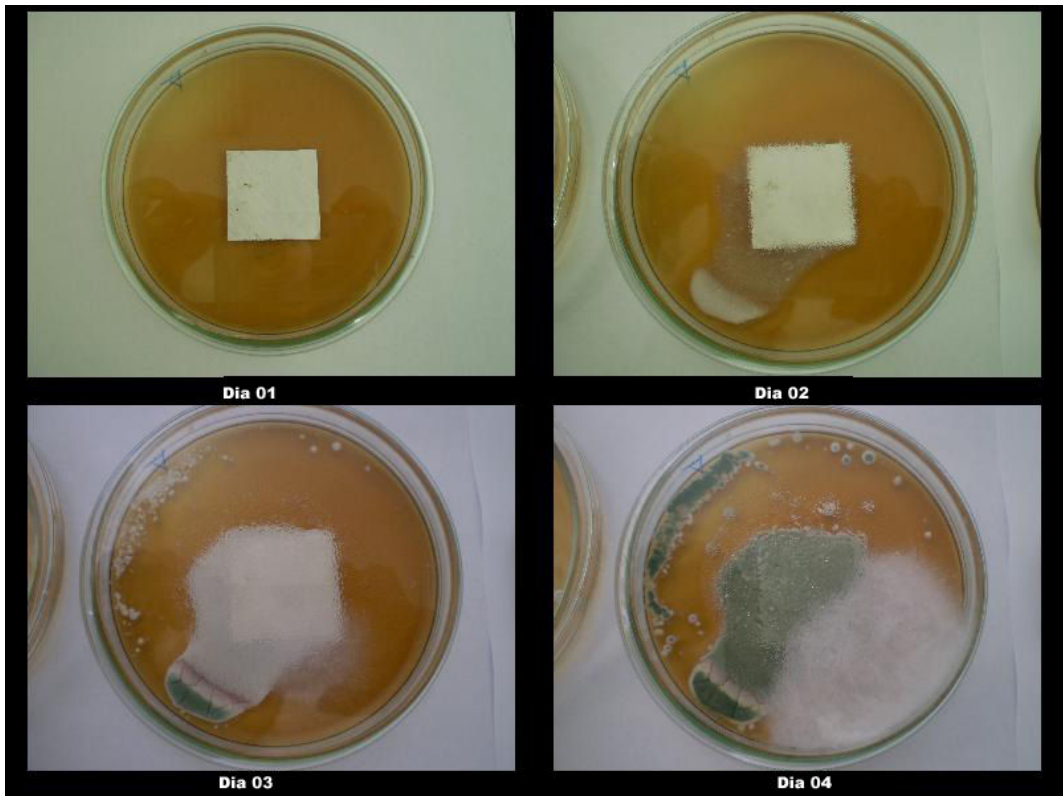


Figura 44 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 1. (foto: Flayane Hoehr Silva)

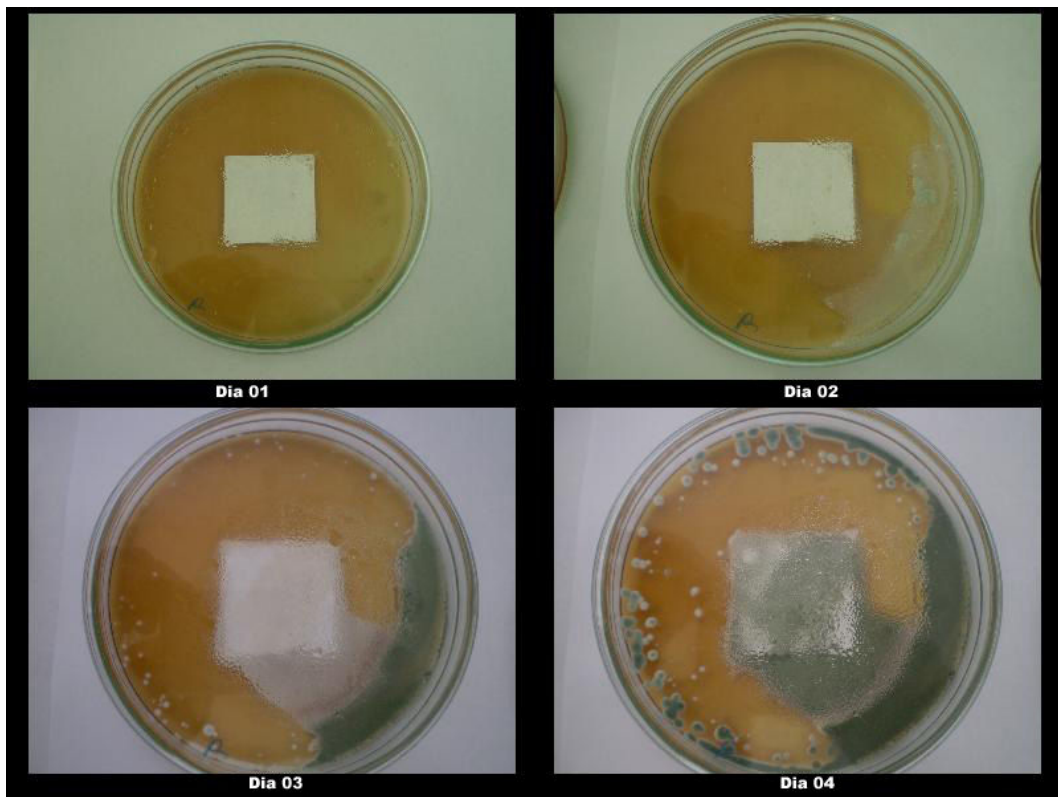


Figura 45 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 2. (foto: Flayane Hoehr Silva)

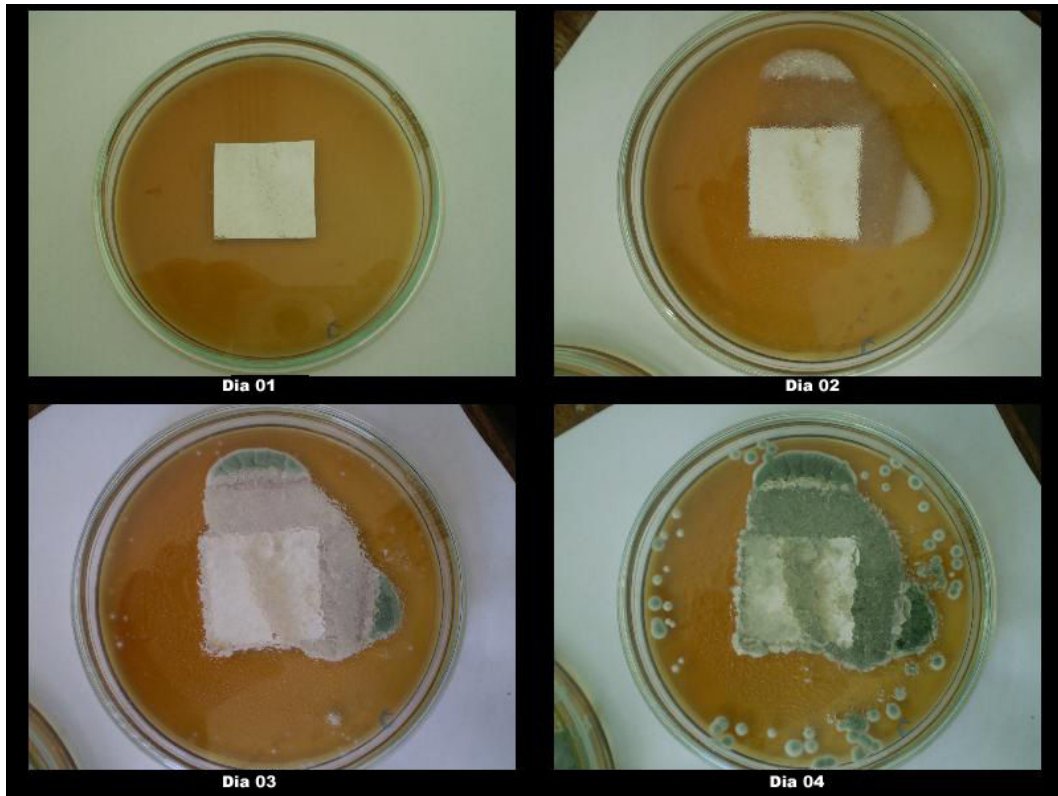


Figura 46 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 3. (foto: Flayane Hoehr Silva)

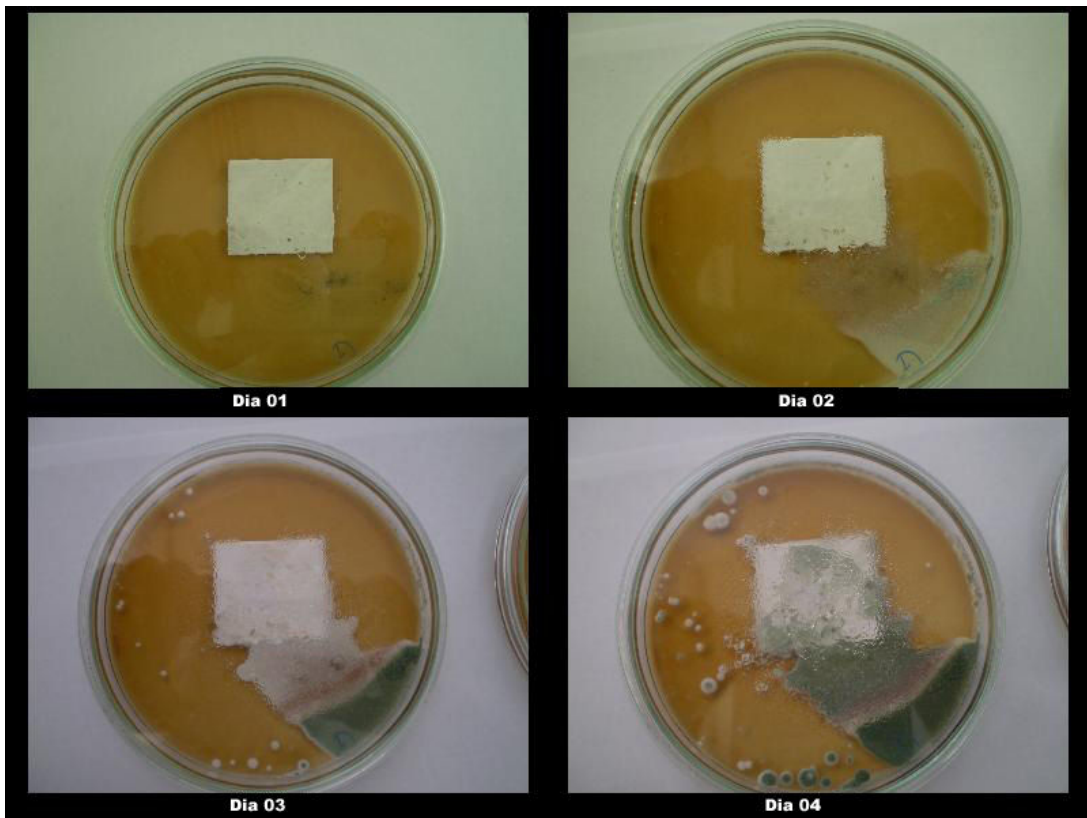


Figura 47 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 4. (foto: Flayane Hoehr Silva)

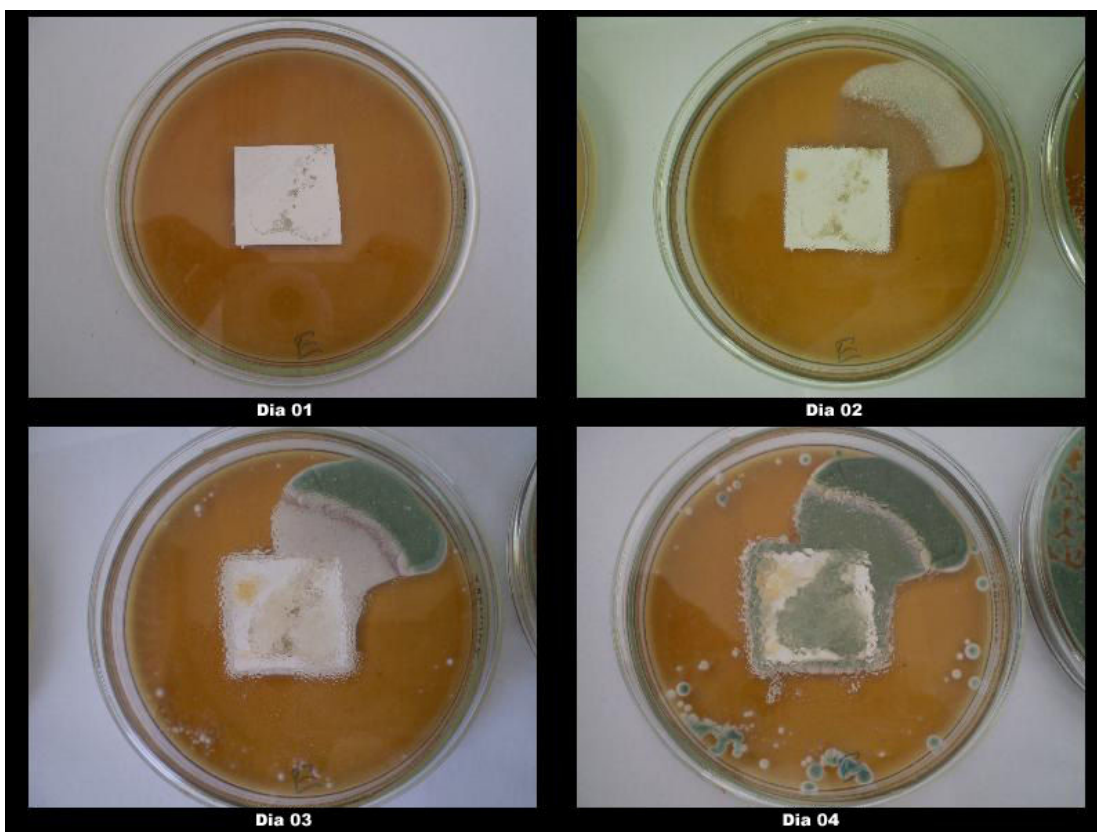


Figura 48 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 5. (foto: Flayane Hoehr Silva)

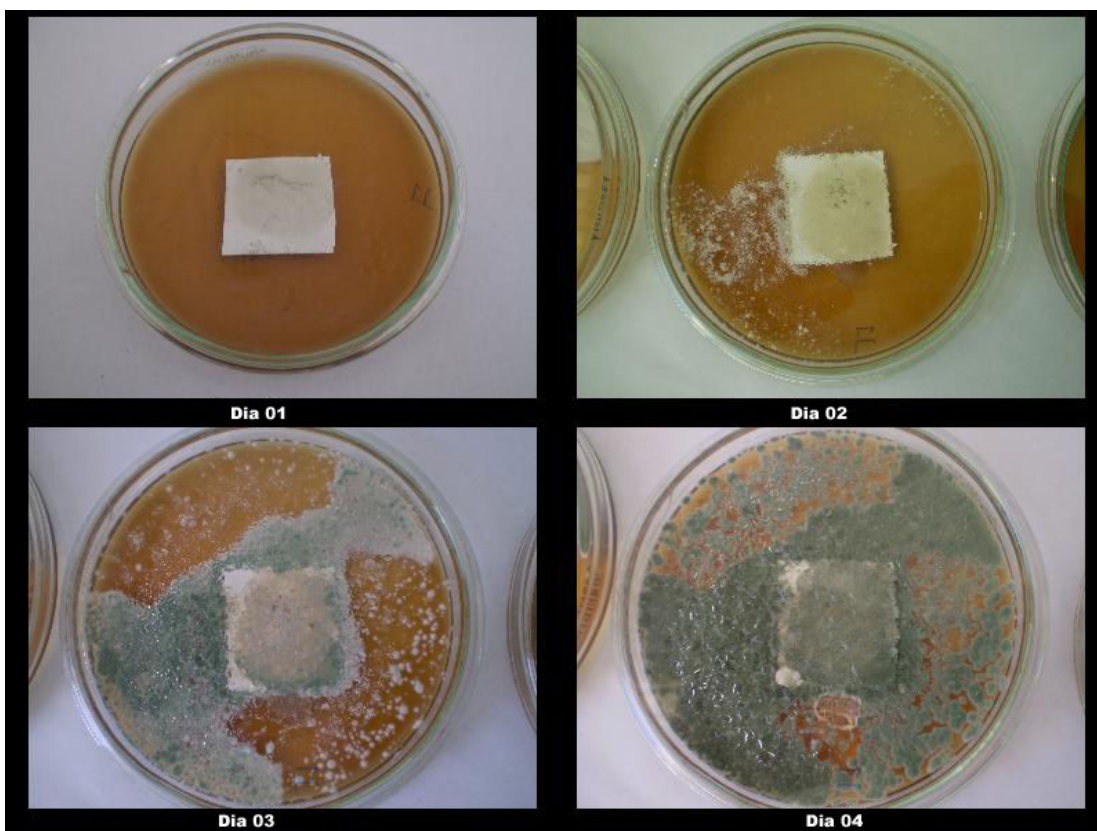


Figura 49 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 6. (foto: Flayane Hoehr Silva)

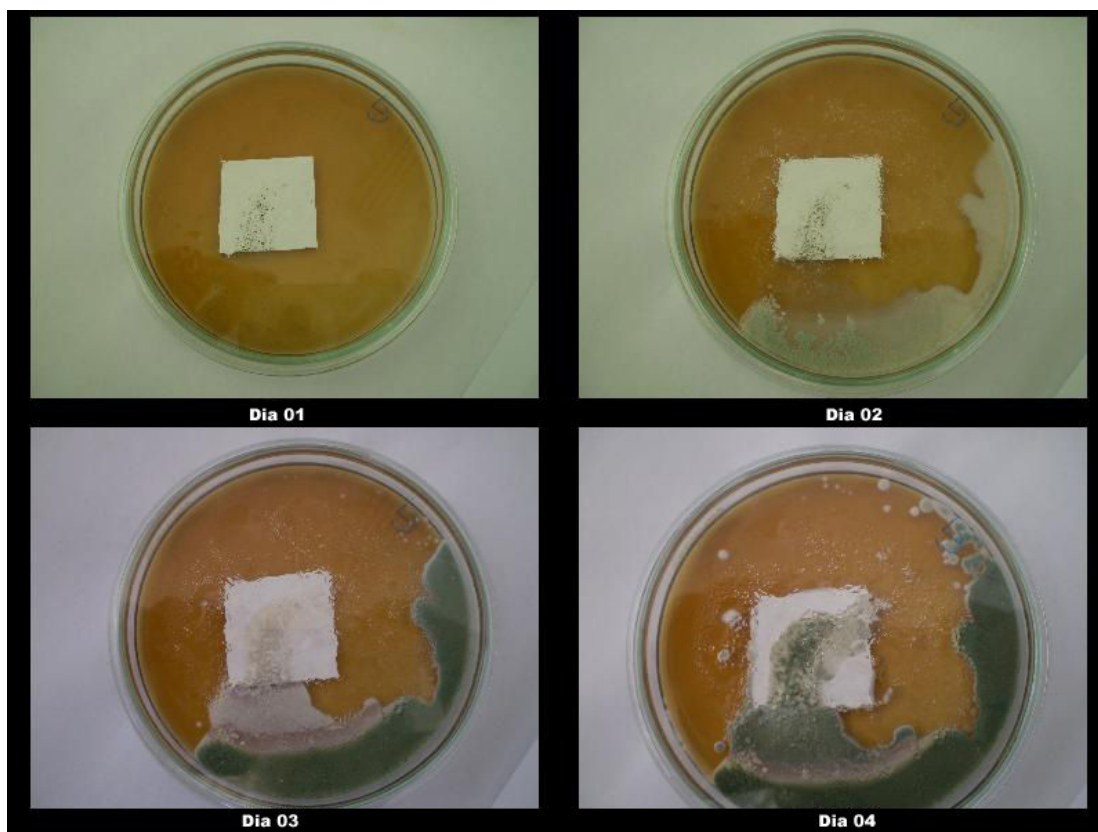


Figura 50 - Sequência de crescimento fúngico da amostra de tinta 7. (foto: Flayane Hoehr Silva)

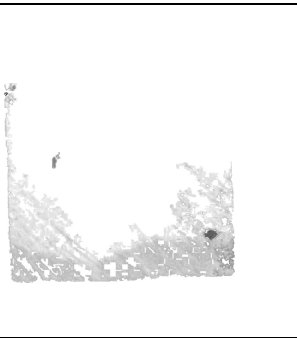
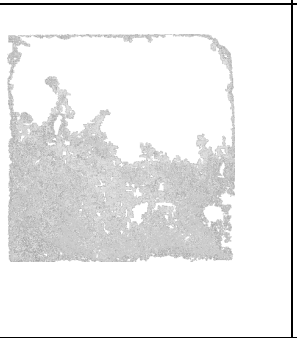
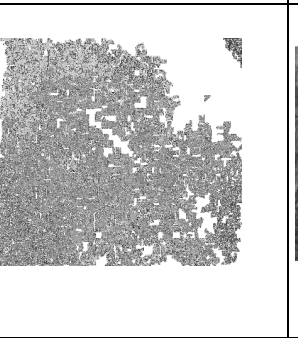
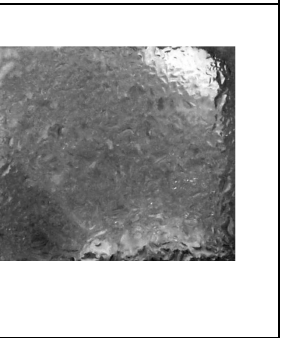
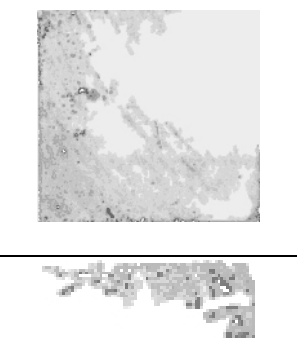
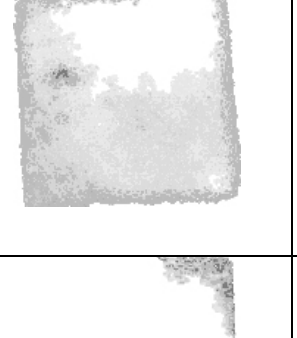
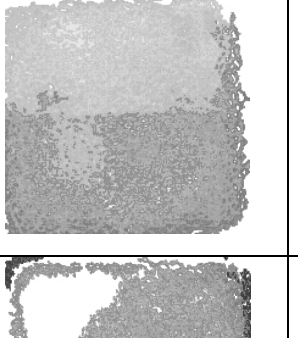
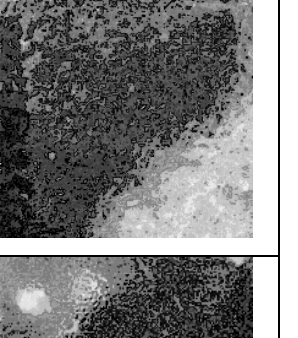
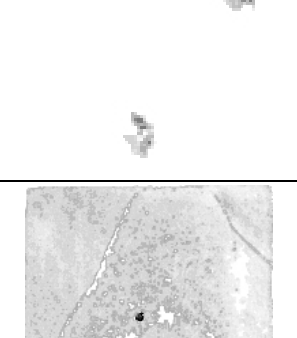
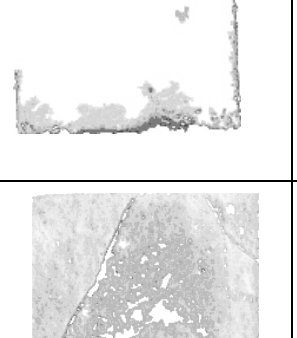
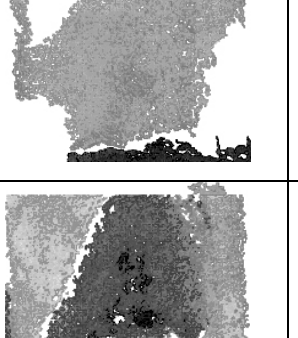
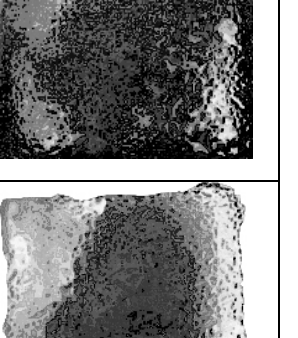
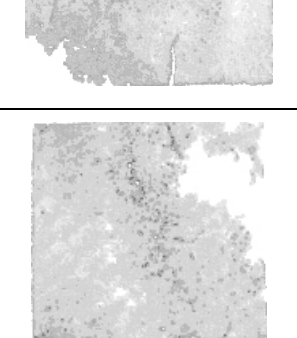
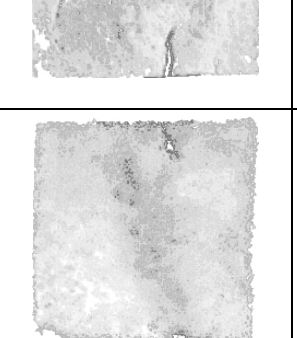
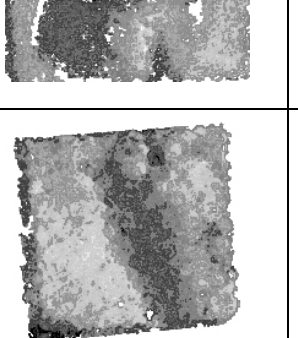
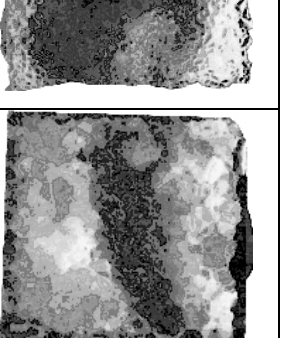
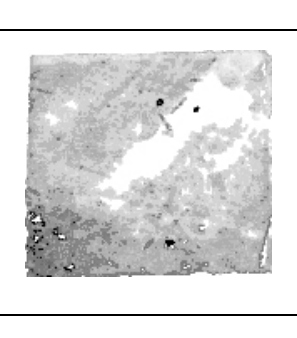
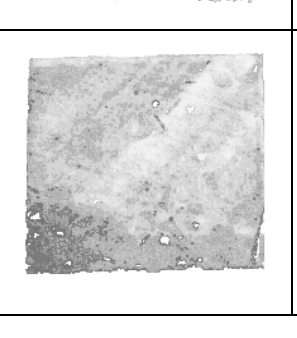
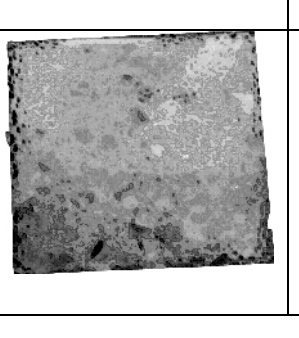
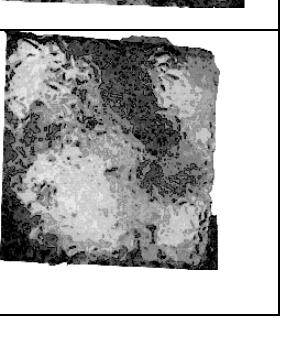
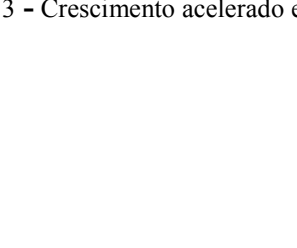
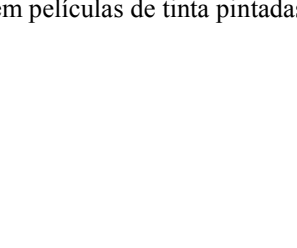
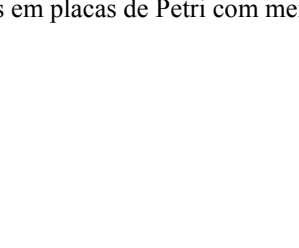
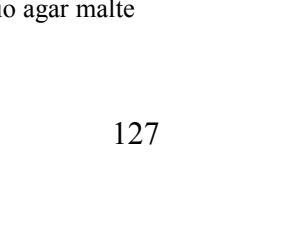
Observou-se que, para todas as amostras, a contaminação cresceu do primeiro até o quarto dia. Verificou-se também uma maior contaminação na tinta 6, tinta de referência, pois a mesma não continha biocida, o que já era um resultado esperado.

A análise visual classificou as tintas de acordo com o crescimento na seguinte sequência:

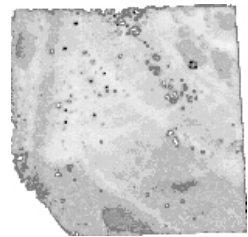
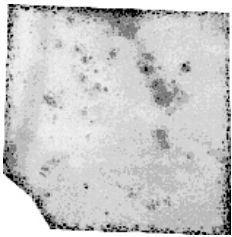
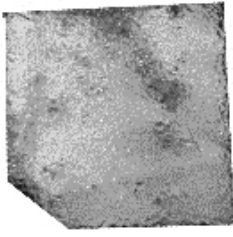
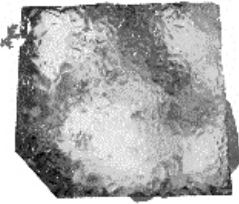

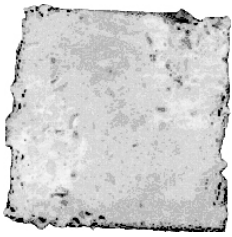
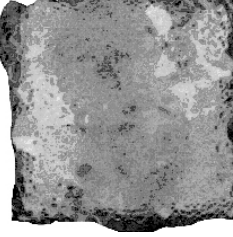
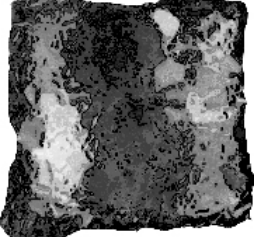
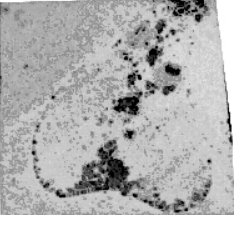
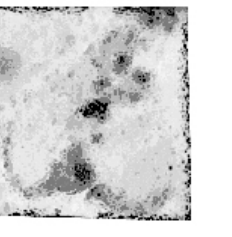
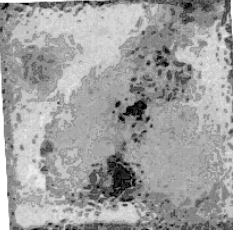
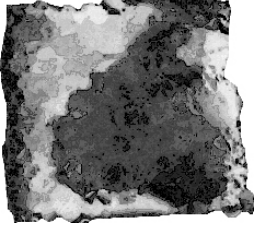
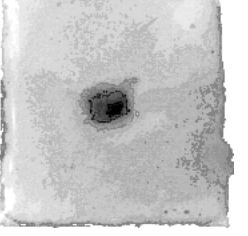
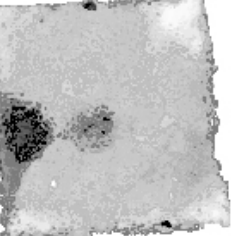
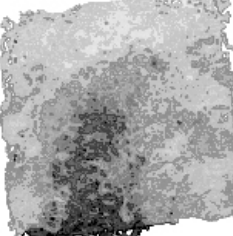
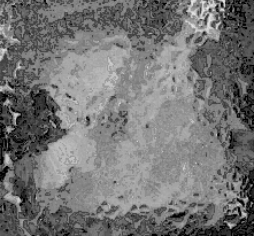
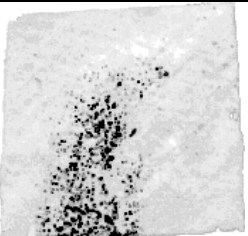
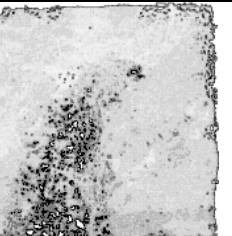
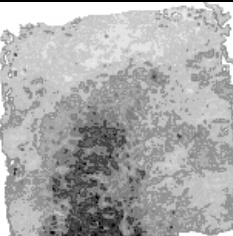
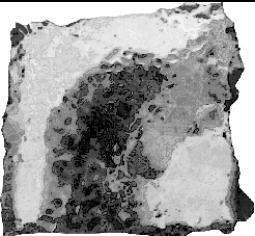
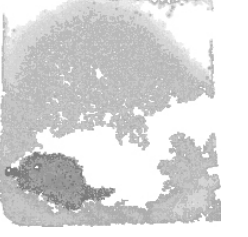
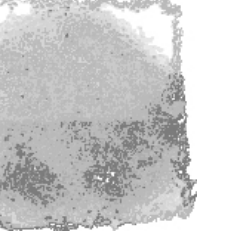
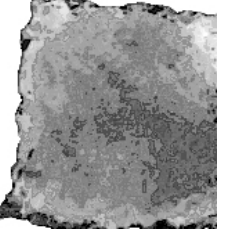
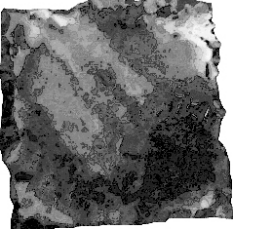
Tinta 6 > Tinta 1>Tinta 2> Tinta 5>Tinta 3>Tinta 4>Tinta 7

Entretanto, para uma melhor análise, foram tiradas fotografias dos vários papéis filtro contaminados e, através de um programa de leitura pixels, estes foram contados para sua quantificação e a área de contaminação calculada.

No Quadro 13 encontram-se as fotografias, digitalmente trabalhadas das amostras utilizadas.

Amostras	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
1				
1.a				
2				
3				
3.a				
4				

Quadro 13 - Crescimento acelerado em películas de tinta pintadas em placas de Petri com meio agar malte

Amostras	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
4.a				
5				
5.a				
6.a				
7				
7.a				

Quadro 13 - Crescimento acelerado em películas de tinta pintadas em placas de Petri com meio agar malte (continuação)

Através da leitura dos pixels das fotografias do Quadro 13, foi construída a tabela 36. Para melhor visualização da evolução da contaminação, foi construído o Gráfico 15

Tabela 36- - Evolução da contaminação em número de pixels

Tinta	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias
Tinta 1	134658	276506	389992	420572
Tinta 2	95092	159949	371964	516645
Tinta 3	330964	421068	456144	484982
Tinta 4	213028	290508	414054	500813
Tinta 5	352732	384372	479183	505076
Tinta 6	352110	364940	503059	538134
Tinta 7	293885	382410	437942	567612

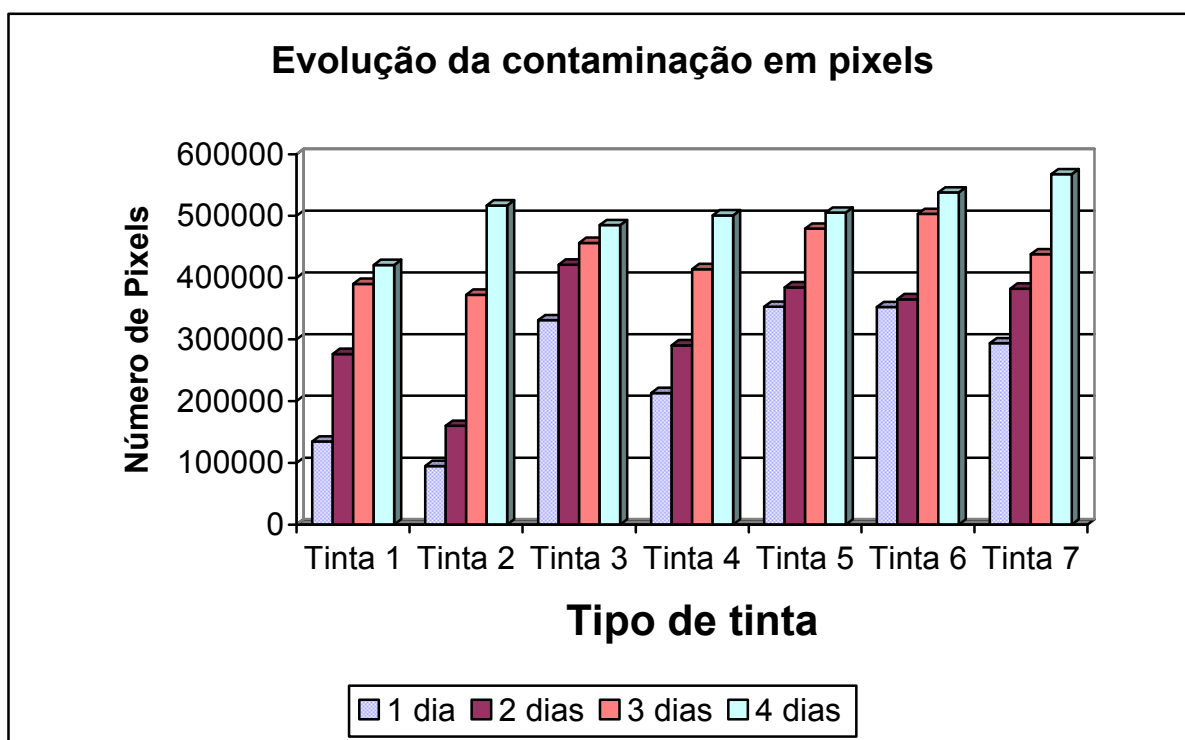


Gráfico 15- Evolução da contaminação em pixels das 7 tintas empregadas

Analisando-se o resultado do gráfico 15, verificou-se que no primeiro dia a menor contaminação esteve na tinta 2 e a maior, nas tintas 5. No segundo dia, a menor contaminação permaneceu na tinta 2 e a maior contaminação, na tinta 3. No terceiro dia, as contaminações

estiveram em torno de 400 mil pixels, sendo menor na tinta 2 e a maior contaminação esteve na tinta 6 em torno de 500 mil pixels.

No último dia a maior contaminação esteve na tinta número 7, contradizendo o resultado ambiental. Este resultado pôde ser explicado em função do pouco número de repetições utilizadas, o que provavelmente interferiu no resultado do experimento. Portanto, sugere-se numa próxima etapa aumentar o número de repetições. Além disso, outro fator que poderia ser citado seria o emprego de um único fungo para a análise. É possível que um consórcio de fungos apresente resultado mais significativo.

Outra análise realizada foi em função da área e da velocidade de evolução do resultado.

Tabela 37-Evolução da contaminação em mm²

Tinta	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias
Tinta 1	184	299,5	721	900
Tinta 2	80,5	212,5	428	620,5
Tinta 3	209,5	281,5	517,5	896,5
Tinta 4	103	114,5	226	656
Tinta 5	91	255	334	861,5
Tinta 6	72,5	352	756,5	900
Tinta 7	132,5	332,5	472,5	719

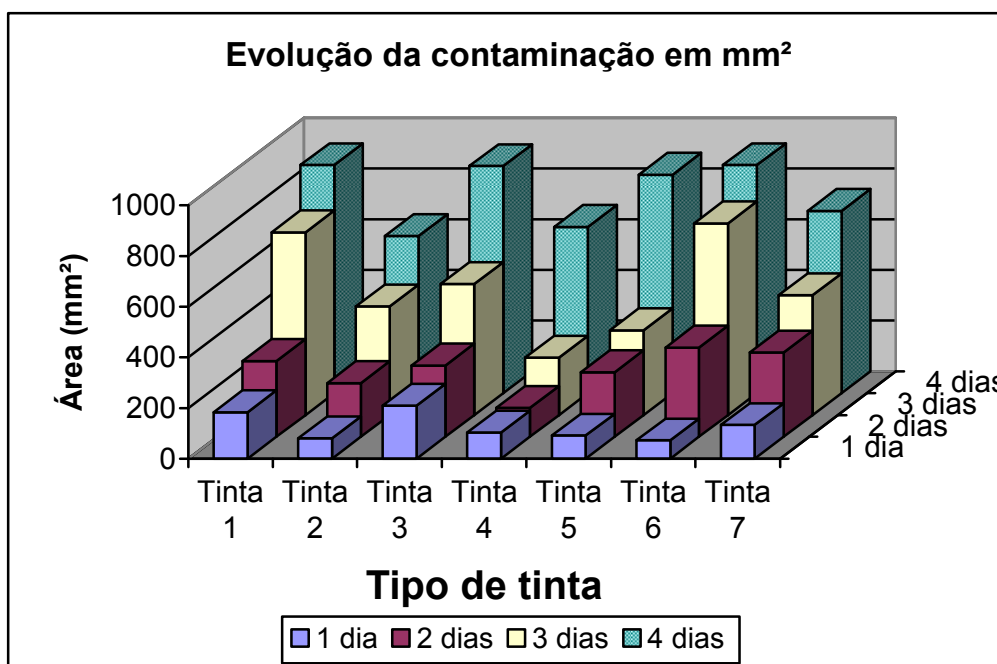


Gráfico 16- Evolução da contaminação sobre papel filtro em mm²

Tomando como base a tabela 38 e o gráfico 16 pôde-se afirmar que o maior aumento da área ocorreu na tinta 6 com um aumento de 611,5 mm², seguida da tinta 1 com um aumento de 716 mm². O menor aumento de área ocorreu na tinta 4, com apenas 551 mm².

Calculando-se a velocidade de avanço da contaminação, através da divisão da área (mm²) pelas 24 horas do dia, teve-se:

Tabela 38-Evolução da contaminação em mm²/h

Tinta	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias
Tinta 1	7,67	4,81	17,56	7,46
Tinta 2	3,35	5,50	8,98	8,02
Tinta 3	8,73	3,00	9,83	15,79
Tinta 4	4,29	0,48	4,65	17,92
Tinta 5	3,79	6,83	3,29	21,98
Tinta 6	3,02	11,65	16,85	5,98
Tinta 7	5,52	8,33	5,83	10,27

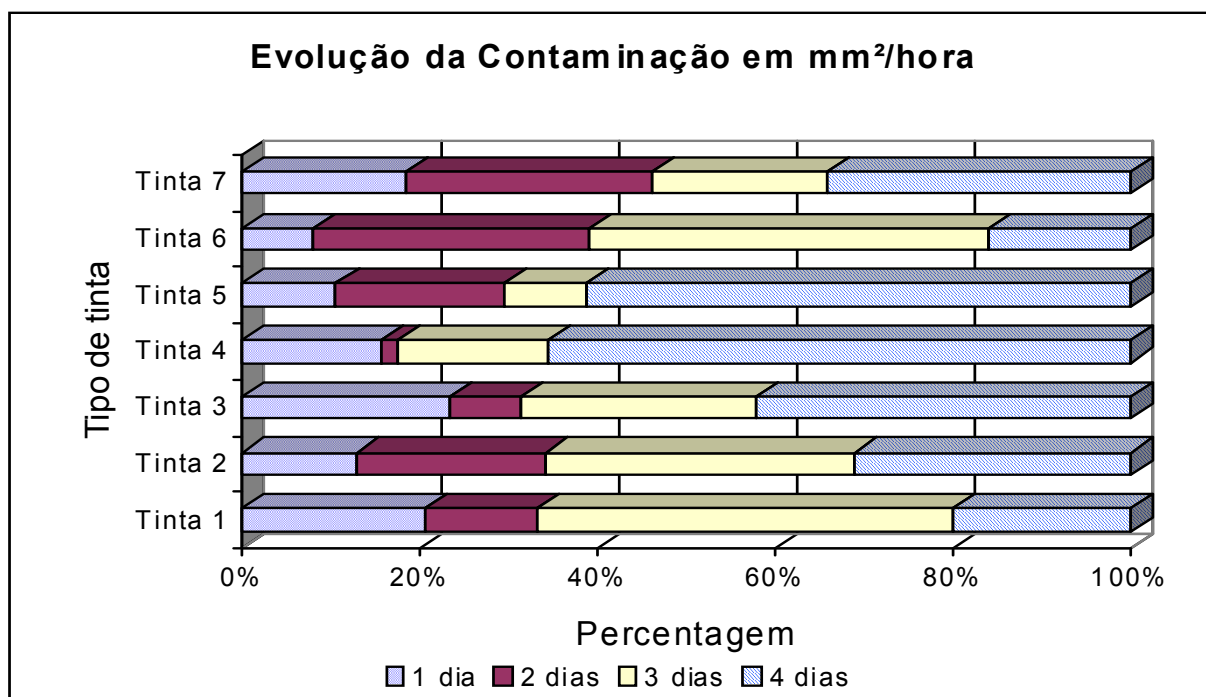


Gráfico 17- Evolução da contaminação sobre papel filtro em mm²/h

Observando-se o Gráfico 17, verificou-se que no primeiro dia as maiores velocidades pertenceram às tintas 1 e 3, sendo a velocidade da tinta 3 de 8,7 mm²/h. A partir do segundo dia, a tinta sem biocida começou a apresentar a maior velocidade de contaminação de 11,65

mm²/h. No terceiro dia, as maiores velocidades estiveram nas tintas 1 e 6 e no último dia a maior velocidade, de aproximadamente 22 mm²/h, foi a da tinta 5.

Na tabela 39 apresenta-se a análise do acréscimo de área contaminada, tomando como referência a superfície inicial contaminada.

Tabela 39-Evolução da contaminação em mm²

Tinta	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias
Tinta 1	1	1,63	3,92	4,89
Tinta 2	1	2,64	5,32	7,71
Tinta 3	1	1,34	2,47	4,28
Tinta 4	1	1,11	2,19	6,37
Tinta 5	1	2,80	3,67	9,47
Tinta 6	1	4,86	10,43	12,41
Tinta 7	1	2,51	3,57	5,43

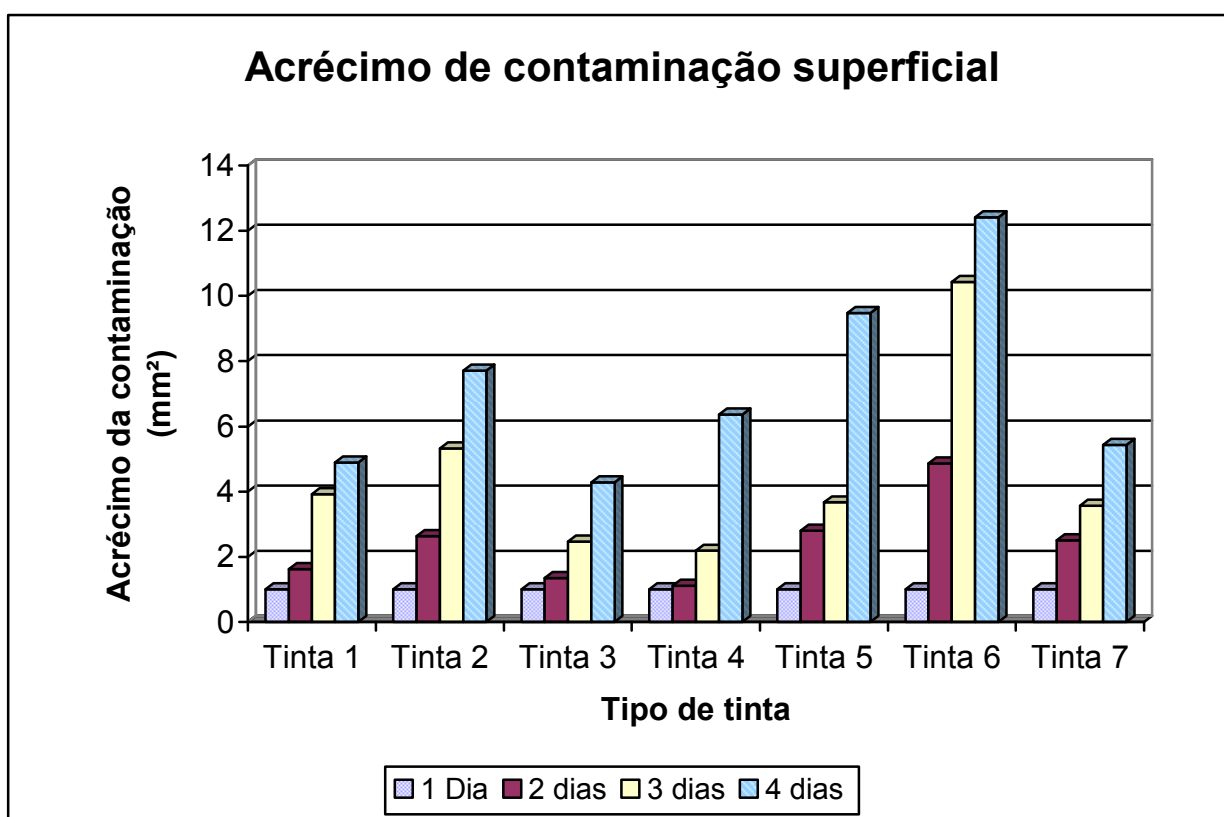


Gráfico 18- Evolução média do acréscimo de contaminação sobre papel filtro em mm²

O maior aumento observado, em todos os dias de avaliação, foi na tinta 6, sem biocida, o que já era um resultado esperado.

Observando-se o resultado do Gráfico 18, pôde-se determinar a sequência de aumento da contaminação superficial, tomando-se como referência a superfície inicial contaminada. A sequência das tintas da maior para a menor contaminação, a maior foi:

Tinta 6 > Tinta 5 > Tinta 2 > Tinta 4 > Tinta 7 > Tinta 1 > Tinta 3

3.2.1 Teste t para a bioreceptividade acelerada:

Empregando-se novamente o teste t para amostras duas a duas, na tabela a seguir apresenta-se os resultados obtidos.

Tabela 40-Teste t para o teste acelerado.

Cruzamento	T	t_{crit}	Decisão
T1 e T2 = T2 e T1	0,444109	3,182446	t < t _{crit} - Aceitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 2 , não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T3 = T3 e T1	3,666758	3,182446	t > t _{crit} - Rejeitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 3, havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T4 = T4 e T1	2,966478	3,182446	t < t _{crit} - Aceitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 4 , não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T5 = T5 e T1	3,970108	3,182446	t > t _{crit} - Rejeitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 5, havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T6 = T6 e T1	4,705828	3,182446	t > t _{crit} - Rejeitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 6 , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T1 e T7 = T7 e T1	4,582596	3,182446	t > t _{crit} - Rejeitou-se Ho, Tinta 1 e Tinta 7 , havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2 e T3 = T3 e T2	2,003535	3,182446	t < t _{crit} - Aceitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 3 , não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2 e T4 = T4 e T2	1,875414	3,182446	t < t _{crit} - Aceitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 4 , não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras

Tabela 40-Teste t para o teste acelerado (continuação)

Cruzamento	T	t_{crit}	Decisão
T2 e T5 =T5 e T2	2,360196	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 5 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2 e T6 =T6 e T2	3,008659	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 6 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T2 e T7 =T7 e T2	3,037644	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 2 e Tinta 7 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T3 e T4 =T4 e T3	1,061979	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 3 e Tinta 4 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T3 e T5 =T5 e T3	0,483146	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 3 e Tinta 5 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T3 e T6 =T6 e T3	0,64806	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 3 e Tinta 6 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T3 e T7 =T7 e T3	0,097952	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 3 e Tinta 7 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T4 e T7 =T7 e T4	0,226304	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 4 e Tinta 7 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T5 e T7 =T7 e T5	0,367135	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 5 e Tinta 7 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras
T6 e T7 =T7 e T6	0,771925	3,182446	$t < t_{crit}$ -Aceitou-se Ho, Tinta 6 e Tinta 7 ,não havendo diferença significativa entre as médias das duas amostras

No Quadro 14 encontram-se os resultados do teste t de Student, no qual a hipótese Ho foi rejeitada, ou seja, as tintas não foram estatisticamente iguais, comparando-se duas a duas.

Quadro 14 – Resumo dos resultados obtidos

Tintas	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Testando o grupo de tintas, na Tabela 41 encontram-se os resultados do ANOVA, no qual a hipótese H_0 foi aceita, ou seja, as tintas foram estatisticamente iguais.

Tabela 41 – Análise das Variâncias para o teste acelerado.

Grupo	F	Fcrit	p	Conclusão
T1, T3 e T5	2,21762	4,256495	0,164811	F < Fcrit , aceitou-se H_0 , as tintas foram iguais
T1,T3 e T6	2,124457	4,256495	0,175501	F < Fcrit , aceitou-se H_0 , as tintas foram iguais
T1,T3 e T7	1,576563	4,256495	0,258818	F < Fcrit , aceitou-se H_0 , as tintas foram iguais
T1, T5 e T6	2,161598	4,256495	0,171141	F < Fcrit , aceitou-se H_0 , as tintas foram iguais
T1, T5 e T7	1,638515	4,256495	0,24727	F < Fcrit , aceitou-se H_0 , as tintas foram iguais
T1, T6 e T7	1,622611	4,256495	0,250174	F < Fcrit , aceitou-se H_0 , as tintas foram iguais
T1, T5, T6 e T7	1,425702	3,490295	0,283685	F < Fcrit , aceitou-se H_0 , as tintas foram iguais
T1, T3, T5, T6 e T7	1,262649	3,055568	0,327723	F < Fcrit , aceitou-se H_0 , as tintas foram iguais

Para o ensaio acelerado, comparando os resultados, verificou-se que todos os grupos não apresentaram diferença significativa entre as médias, ou seja, aceitou-se a hipótese H_0 , o que não era um resultado esperado, mas pôde ser explicado pelo número reduzido de replicatas no experimento e provavelmente ao baixo nível de diferenciação do programa produzido.

13.1. Comparação entre as tintas de primeira linha

As tintas classificadas como de primeira linha, independente do fabricante e do acabamento foram comparadas entre si em relação ao desenvolvimento da contaminação fúngica (Gráfico 19).

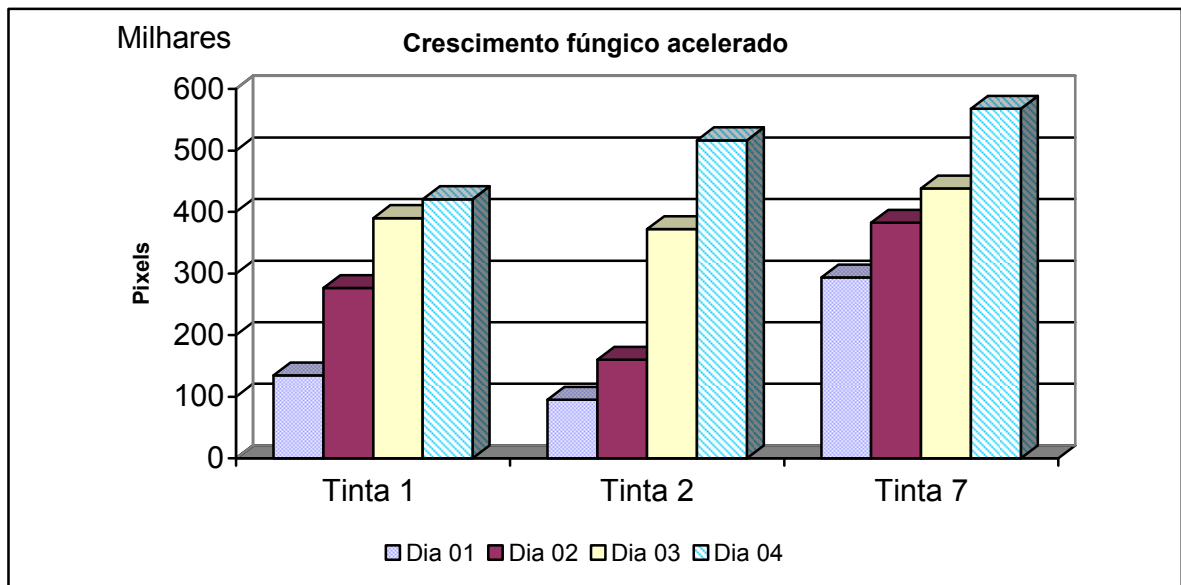


Gráfico 19- Gráfico comparativo entre o desenvolvimento da biomassa, no experimento de crescimento acelerado entre as tintas classificadas como de primeira linha, independente do fabricante.

Apesar das tintas possuírem classificações e acabamentos diferentes, as tintas mostraram-se semelhantes em relação ao desenvolvimento da colônia fúngica.

A tinta 2 mostrou-se mais resistente na fase de fixação do biofilme, sendo mais bioreceptiva na fase de desenvolvimento da colônia, já as tintas 1 e 7, protuzidas pela mesma indústria demonstraram maior eficácia durante o desenvolvimento da colônia, não na fase de fixação.

13.2. Comparação entre as tintas de segunda linha

As tinta classificadas comercialmente como de segunda linha, independente do fabricante, apresentaram resultados bastante semelhantes no que diz respeito ao crescimento fúngico, como demonstra o

Gráfico 20, onde foram comparadas tintas de fabricantes diferentes e acabamento final semelhante.

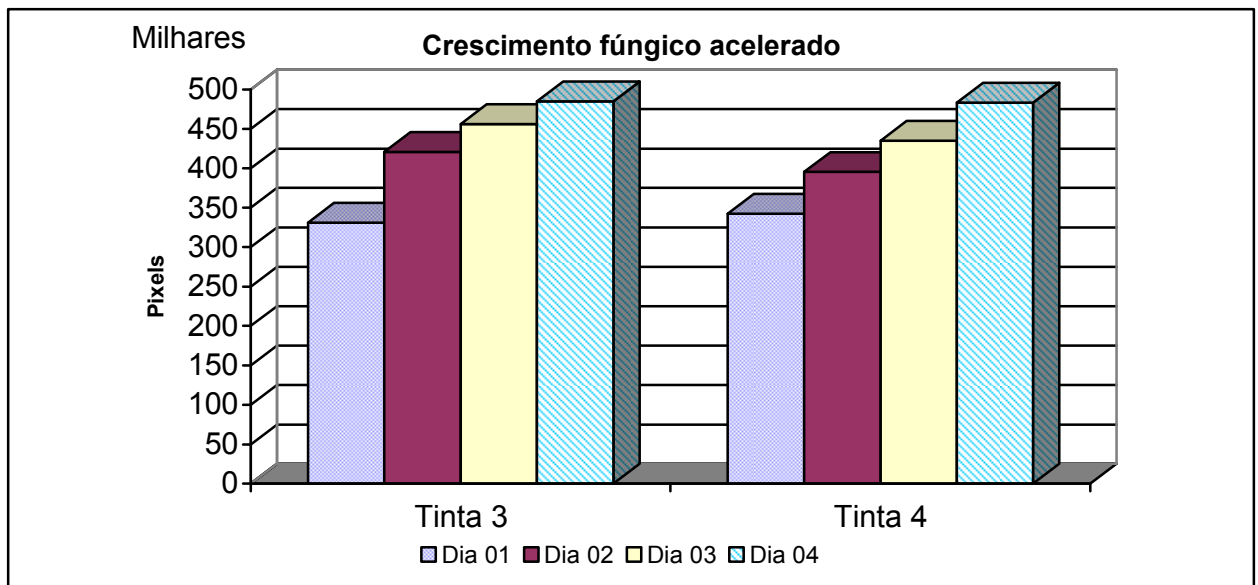


Gráfico 20- Gráfico comparativo entre o crescimento fúngico acelerado das tintas classificadas comercialmente como de segunda linha, independente do fabricante.

13.3. Comparação entre as tintas com o mesmo acabamento

O Gráfico 21, compara tintas com acabamento fosco, do mesmo fabricante, porém a tinta 1 classificada como de primeira linha e a tinta 4 como de segunda linha.

Pode-se notar que a eficácia em relação à bio-patogenicos são bastante diferentes, visto que a tinta de primeira linha (tinta 1), mostrou-se mais resistente a fixação do biofilme, entretanto o desenvolvimento depois desta fase mostrou-se acelerado, a tinta 4, de segunda linha, mostrou-se bastante bioreceptiva a fixação do biofilme, e um pouco mais resiste durante a fase de desenvolvimento.

Foram comparadas tintas de fabricantes diferentes e acabamento semi-brilho, independente da classificação de primeira e segunda linha e a tinta de controle sem biocida (tinta 6) como demonstra o Gráfico 22.

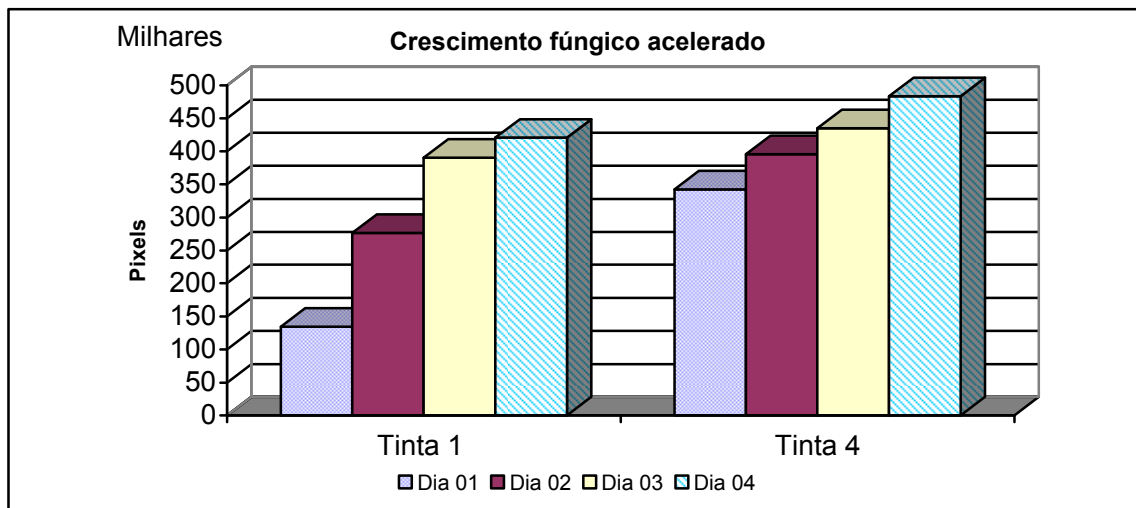


Gráfico 21- Comparativo entre as tintas de acabamento fosco, independente do fabricante e da classificação comercial da linha.

No Gráfico 22, notamos que existe uma diferença bastante significativa entre as tintas classificadas de primeira linha, tintas 5 e 7, mas de indústrias diferentes, onde a composição química da tinta retardou mais o crescimento fúngico, entretando seu desempenho acemelhou-se a tinta 6, que não continha biocida em sua formulação.

A tinta 3, uma tinta de segunda linha, em relação ao desenvolvimento da colônia, mostrou-se um pouco mais resistente que as demais.

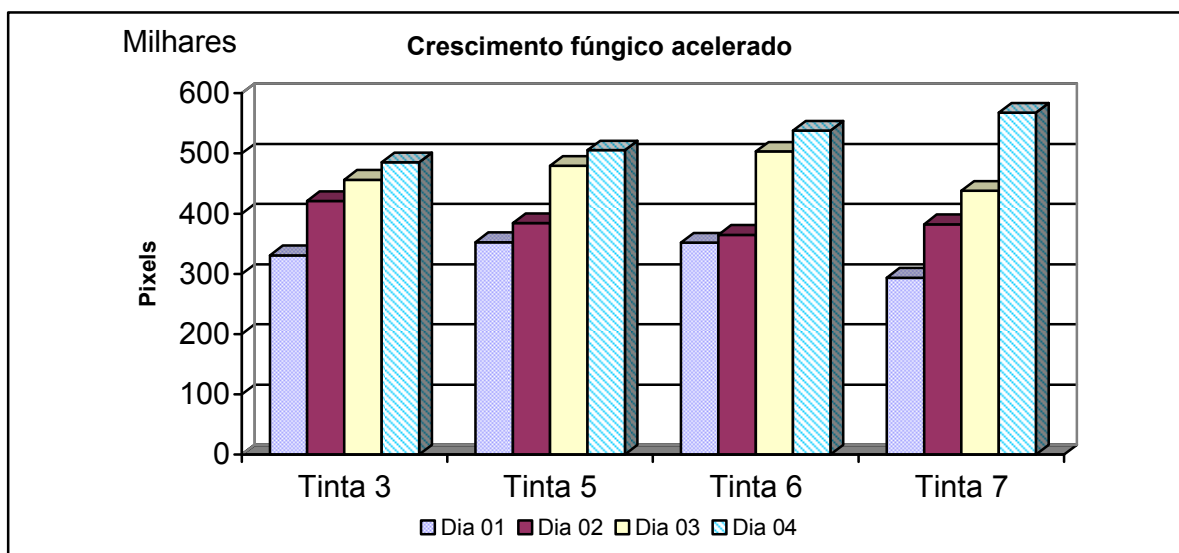


Gráfico 22- Gráfico comparativo entre as tintas de acabamento semibrilho, independente do fabricante e da classificação comercial da linha.

13.4. Comparação entre as tintas com o mesmo fabricante

As tintas com mesmo fabricante, independentemente do acabamento e da classificação comercial, analisando o Gráfico 23, em relação ao crescimento fungico, podemos verificar que existe uma disparidade muito grande entre produtos da mesma industria.

As tintas classificadas como de primeira linha, entretanto com acabamentos diferentes, apresentam comportamentos bem diferenciados, a tinta 1, com acabamento fosco, mostrou-se mais resistente a fase de fixação do biofilme, já a tinta 7, de acabamento semi-brilho, mostrou-se mais bioreceptiva nesta fase.

Em relação à fase de desenvolvimento do biofilme as duas tintas mostraram comportamento semelhante, mas a tinta 1 ao término do quarto dia apresentou menor contaminação.

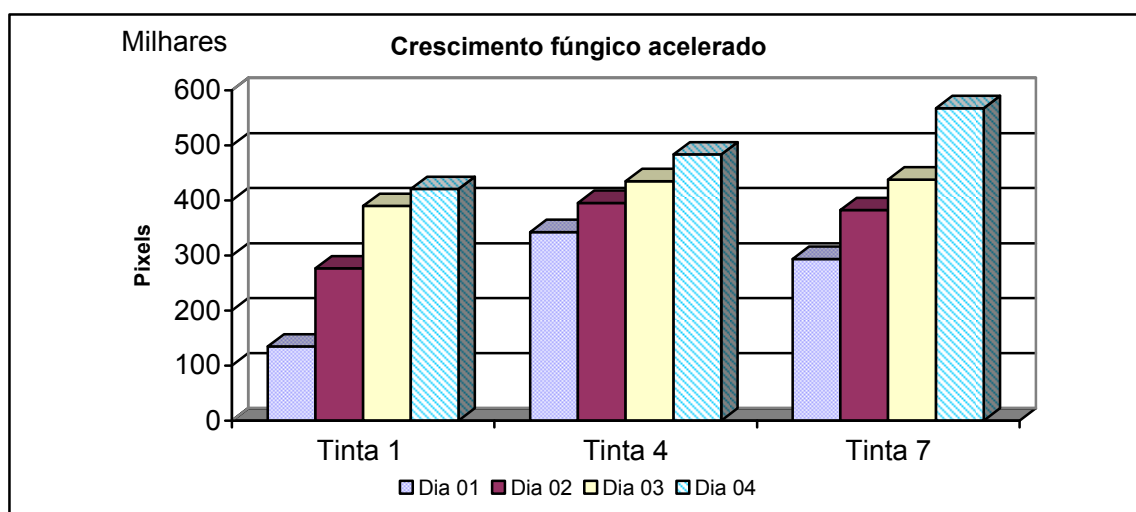


Gráfico 23- Representação gráfica da comparação do crescimento fúngico no processo acelerado, nas tintas do fabricante A, independente da classificação comercial e acabamento final.

Já as tintas 2, 3 e 5, fabricadas pela segunda indústria, sendo a tinta 2 de uma linha especial, a tinta 5 de primeira linha e a tinta 3 de segunda linha, apresentaram contaminação final bem aproximada, como demonstra o Gráfico 24.

A tinta 2 ofereceu maior resistência durante a fase inicial de formação do biofilme, entretanto depois da colônia estabelecida, seu crescimento foi bastante acelerado.

As tintas 3 e 5 apresentaram resultados bastante semelhantes em todas as fases do desenvolvimento do biofilme, diferenciando-se apenas no ritmo da evolução do crescimento da biomassa.

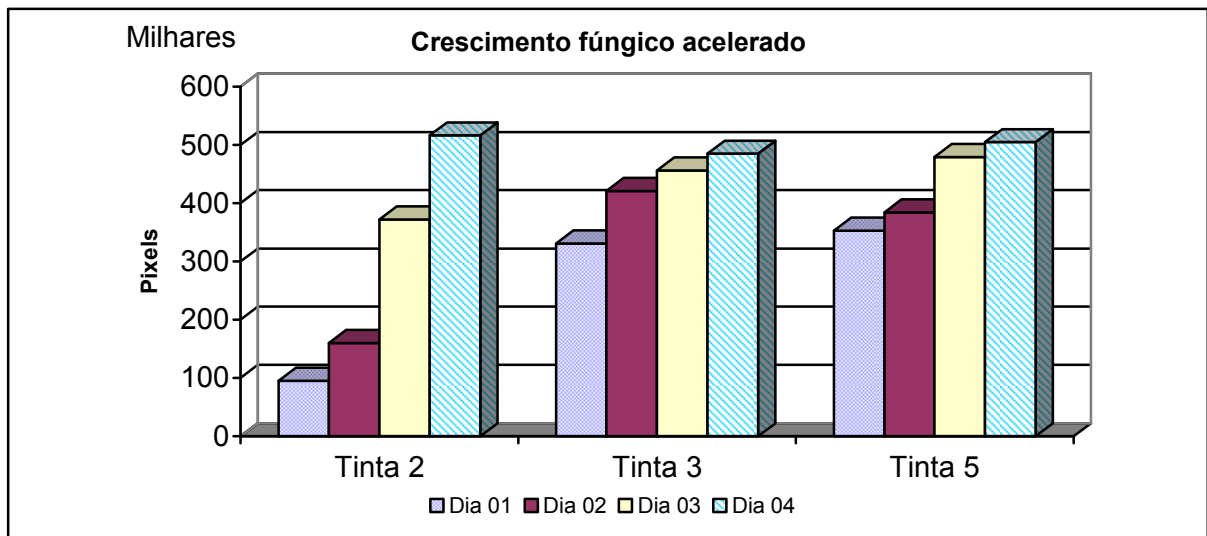


Gráfico 24- Representação gráfica da comparação do crescimento fúngico no processo acelerado, nas tintas do fabricante B, independente da classificação comercial e acabamento final.

No capítulo seguinte descrevem-se as considerações finais sobre o presente trabalho, onde além das conclusões finais, existem sugestões para futuras pesquisas.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

Em edificações geralmente são empregados revestimentos superficiais com o objetivo principal de prevenir a deterioração das alvenarias. Dos materiais mais utilizados para tal fim, têm-se as tintas residenciais à base de água (PVA). Vários agentes ambientais estão envolvidos na durabilidade destes materiais, tais como temperatura, radiação, chuva, agentes químicos, físicos e biológicos.

O trabalho desenvolvido visou estudar os efeitos dos agentes biodeteriorantes, levando em consideração os fatores climáticos que auxiliam no seu desenvolvimento.

As tintas PVA à base de água estão disponíveis no mercado classificadas como tintas de primeira e segunda linha e com acabamento final fosco ou semibrilho, e ainda tintas especiais que têm o diferencial de ser de fácil limpeza.

Através dos testes de campo realizados no decorrer deste trabalho identificaram-se os agentes bio-patológicos mais comuns na região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, bem como as épocas do ano em que o desenvolvimento foi mais significativo, sendo mais prejudicial à película de tinta.

Nos experimentos de campo, as tintas mostraram-se bastante biorreceptivas ao fungo *Cladosporium* sp., independente da época do ano. Pode-se dizer que na região de Santa Maria, em virtude das condições climáticas, identificaram-se os fungos *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *A. nigrum*, *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp., *Penicillium* sp., *Epicoccum* sp., *Phoma* sp., *Aureobasidium* sp., *Ulocladium* sp., *Nigrospora* sp, e um fungo mitosporico não identificado.

Os principais contaminantes identificados durante a pesquisa foram *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp. O fungo sem esporulação e *Alternaria* sp, bem como *Aspergillus aureum* foram os contaminantes secundários mais comumente encontrados.

Com base nos resultados apresentados e na análise estatística realizada, concluiu-se que as maiores incidências de contaminações foram equivalentes e ocorreram nos meses do outono e da primavera, onde as temperaturas apresentaram-se mais amenas, com uma temperatura ambiente média registrada em torno de 20°C e umidade relativa do ar de 60% a 80% .

O *Cladosporium* sp. foi isolado em uma ampla faixa de temperatura, entre temperaturas médias de 10°C a 25°C. O fungo *Penicillium* também teve sua presença determinada numa ampla faixa para todas as 7 tintas avaliadas. A faixa variava da menor temperatura de 10°C para a tinta 3, até acima de 25°C, para todas as demais tintas, entretanto, não houve presença constante em todas as épocas do ano como aconteceu com o *Cladosporium* sp.

Os microrganismos desenvolveram-se em uma temperatura da superfície do substrato em média um pouco inferior a da temperatura do meio ambiente externo.

Durante os meses do ano determinou-se a sequência de biorreceptividade das tintas que ficaram expostas ao meio ambiente externo. Como já era esperado, a tinta de controle (tinta 6), sem a adição de biocida antifúngico, apresentou maior variabilidade de agentes contaminantes, corroborando as análises das outras tintas, possibilitando saber quais as amostras possuíam maior ou menor biorreceptividade, e assim identificar qual a tinta que possui maior eficácia quanto a este tipo de deterioração.

No ensaio em meio ambiente externo pôde-se concluir que a *Alternaria* sp. possuía padrão de desenvolvimento variado de tinta para tinta. Nas tintas 2 e 3, produzidas pelo fabricante B e em cuja composição encontraram-se Éter fenílico do propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$) e Éter monometílico do dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$), o desenvolvimento do fungo *Alternaria* sp. ocorreu com menos intensidade na faixa de temperaturas médias entre 15°C e 25°C.

Entretanto na tinta 6, onde não havia aditivos antifúngicos, o desenvolvimento deu-se na temperaturas médias de 20°C.

A partir dos três testes estatísticos aplicados pôde-se concluir que as tintas 1, 2 e 3 possuíam comportamentos semelhantes em relação à sua bioreceptividade, tendo a tinta 5 resultados muito próximos, podendo ser classificada em um grupo compatível com o grupo a qual as três primeiras pertenciam.

As tintas 1, 2 e 3 estatisticamente pertencentes ao mesmo grupo possuíam características físicas, químicas e comerciais diferentes. A tinta 1 foi comercialmente classificada como um revestimento de primeira linha, com película seca de acabamento fosco, enquanto a tinta 2 foi comercialmente classificada como uma tinta de linha especial de fácil limpeza e a tinta 3 foi uma tinta comercialmente de segunda linha e acabamento semibrilho, e apenas as tintas 2 e 3 foram produzidas pela mesma indústria química.

A tinta 2 possuía características diferentes das outras tintas látex PVA, entretanto, os índices de contaminação biológicos mostraram que seu comportamento, em relação à

biomassa, foi equivalente as outras tintas, apesar de que, segundo o fabricante, esta tinta de interiores permitir melhor manutenção devido à sua superfície visualmente menos rugosa que as outras tintas e aparentemente de menor porosidade, podendo esta característica ser um dos determinantes na fixação inicial do biofilme.

A tinta 4, apesar de ter em sua formulação compostos químicos como Éter Fenílico do Propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$) e Éter Monometílico do Dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$), no experimento de campo apresentou comportamento semelhante à tinta de referência 6, que foi quimicamente preparada sem a adição de fungicida. Portanto, a tinta 4 apresentou-se insatisfatória, sendo uma película altamente vulnerável ao ataque de fungos, e os compostos químicos citados anteriormente, adicionados na sua formulação, foram insuficientes ou ineficazes para tal fim. Essa tinta comercialmente foi classificada como uma tinta de segunda linha, com acabamento fosco, visivelmente poroso e permeável, portanto essas características além da baixa eficácia dos fungicidas proporcionaram suporte para a formação e fixação do biofilme.

A tinta 7 que mostrou em campo maior eficácia, e estatisticamente apresentava um desempenho totalmente diferente do restante das tintas testadas, é uma tinta comercializada como de primeira linha e acabamento de filme seco semibrilho. Essa tinta, onde ocorreu desenvolvimento fúngico em temperaturas médias superiores a $25^{\circ}C$, possuía aditivos antifúngicos em sua formulação como Éter Fenílico do Propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$), Éter Monometílico do Dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$), Fenilglicol ($C_8H_{10}O_2$).

O Fungo *Aspergillus aureum* não foi isolado na tinta 1 que possuía antifúngicos como Éter Fenílico do Propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$) e Éter Monometílico do Dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$). Mesmo assim, nas demais tintas que possuíam os mesmos compostos ocorreu desenvolvimento na faixa de temperatura entre 15 e $25^{\circ}C$. Portanto, neste caso, o teor incorporado ou outros compostos presentes na formulação podem ter influenciado o resultado.

Ainda, nos ensaios de campo, a tinta 1 mostrou-se eficaz no controle de grande parte da biodiversidade, a qual foi naturalmente submetida, apresentando contaminação anual de 48% abaixo da contaminação da tinta que não possuía agente fungicida, e mais de 12% superior as outras tintas que alcançaram bom desempenho, como as tintas 2 e 3 que foram produzidas por um fabricante diferente da tinta 7.

As tintas que apresentaram maior e menor desempenho no ensaio de campo foram produtos do mesmo fabricante. Tendo basicamente a mesma formulação, portanto a diferença no desempenho pode ser basicamente devido às proporções em que cada composto químico é adicionado a sua fórmula.

Para o *Aspergillus aureum*, que foi isolado nos meses de outono, um dos fatores determinantes do desenvolvimento da colônia pode ser a umidade relativa do ar, que nesta época permanece entre 70 a 80%.

O fungo *Aspergillus nigrum*, entretanto, foi isolado nas tintas 1 e 2 em faixas de temperatura que variaram entre 20°C e 25°C, não sendo detectado nas tintas 4 e 7, que possuíam em comum o mesmo fabricante, apesar de apresentar um desempenho diferenciado.

A grande diferença na formulação destas tintas foram as proporções de cada substância química empregada, de onde se pôde concluir que foi o fator determinante para sua eficácia, visto que possuíam basicamente a mesma formulação como pode ser verificado no Quadro 15.

Quadro 15-Comparação da composição entre as tintas 4 e 7 (fonte :FISPQ de cada tinta)

Composto químico	Faixa de concentração na tinta 4 (%)	Faixa de concentração na tinta 7 (%)
Carbonato de cálcio	0 - 40	0 – 20
Dióxido de Titânio	0-18	0-25
Silicato de Alumínio e Magnésio	0-16	0-5
Sílica Amorfa	0-7	Não possui
Óxido de Ferro Amarelo	0-6	0-4,5
Butil diglicol	0-1	0-2
Aguarrás Mineral	0-2	0-1,5
Monoisobutirato de 2, 2 ,4-trimetil 1, 2-pentanodiol	0-15	0-2
ÉterFenílico do propolenoglicol	0-1	0-1
Éter monometílico do dipropilenoglicol	0-1	0-1
Pigmento Laranja 5	0-3	0-2,5
Etilenoglicol	0-1	0-3
Dietilenoglicol	0-1	0-1
Óxido de Ferro vermelho	0-4	0-4

Nos ensaios acelerados de laboratório, em ambiente interno, os resultados foram diferentes do ensaio de campo, apresentando uma sequência de biorreceptividade diferente. A tinta 1 obteve melhor desempenho, tendo sido classificada pelo fabricante como de primeira linha com o acabamento fosco.

No ensaio de laboratório, o comportamento da tinta 1 claramente demonstrou se tratar de uma tinta em que o efeito dos fungicidas teve uma ação gradual, em comparação com as

outras tintas, retardando o desenvolvimento da biomassa com bastante uniformidade nos quatro dias de teste.

Entretanto, a tinta 7 que no ensaio de campo foi a mais eficiente, em laboratório, em ambiente interno, apresentou desempenho inferior, ficando em terceiro lugar em eficácia em relação contaminação fúngica na análise de área contaminada.

Fazendo apenas uma observação visual podia-se dizer que a tinta 7 era a mais eficaz, por apresentar quantidade inferior de colônias fúngicas em fase mais avançada, o que se pode comprovar ser uma avaliação pouco confiável ao considerar a contagem de área contaminada através da análise de pixels das fotografias.

A tinta 4, que no ensaio de campo apresentou o pior desempenho, foi classificada em quarto lugar entre as mais eficientes em relação a bioreceptividade, através da análise de contagem de área contaminada.

As tintas 1, 4 e 7 foram fabricadas pela mesma indústria, sendo que as tintas 1 e 4, em sua composição química, possuíam o mesmo tipo de aditivo anti-mofo, Éter fenílico do propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$) e Éter monometílico do dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$). Já a tinta 7, além dos dois compostos já citados, ainda possuía um terceiro composto, o Fenilglicol ($C_8H_{10}O_2$).

De acordo com os resultados estatísticos do teste t de Student, as tintas utilizadas nesse estudo estatisticamente não apresentaram diferenças significativas entre si, no que diz respeito a bioreceptividade fúngica, ou seja, entre as tintas 4 e 6 e entre as tintas 1, 2, 3, e 7.

Através do teste estatístico ANOVA, chegou-se a conclusão que as tintas 1, 2, 3 e 5 podem ser consideradas com comportamento semelhante frente a ação de microrganismos.

No teste estatístico de Tukey, as tintas 1, 2, e 3 foram semelhantes entre si e também as tintas 4 e 6 foram semelhantes entre elas.

Pôde-se assim concluir que as tintas 1, 2 e 3, no experimento de campo, mostraram-se com desempenho semelhante, apesar de a tinta 1 ter sido fabricada por indústria diferente das tintas 2 e 3.

As diferenças encontradas nos dois experimentos, o de campo e o teste acelerado pode ser consequência das agredões mecânicas sofridas pela película de tinta seca exposta ao meio ambiente externo, onde foi submetida a ação das intempéries, onde a chuva constantemente lavou o substrato, assim prejudicando o desenvolvimento da colônia fúngica e talvez o biocida incorporado a tinta possa ter sofrido as ações da chuva e raios solares, outro fator determinante é que o ensaio acelerado se deu durante um curto espaço de tempo, 96 horas, onde as temperaturas apresentaram-se quentes e constantes, e o substrato em campo

sofreu variações extremas de temperatura ,estando exposto a todas as estações do ano, e temperaturas muito baixas e bastante elevadas.

Através do experimento acelerado, outras conclusões podem ser obtidas, comparando-se as tintas com as mesmas classificações comerciais.

Independentemente do fabricante, as tintas classificadas como primeira linha obtiveram resultados bastante diversos, apesar de algumas amostras como 1, 2 e 7 utilizarem em sua formula Éter fenílico do Propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$), como biocida. No entanto, as tintas 1 e 2 obtiveram melhores resultados nas primeiras 24 horas do ensaio acelerado, sendo mais eficazes no combate à formação do biofilme; a tinta 1 certamente por possuir na sua composição outros biocidas integrados como Éter Monometílico do Dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$) e a tinta 2 por apresentar características físicas que dificultaram a fixação dos esporos.

Durante o desenvolvimento da colônia de microrganismos, essas diferenças entre os produtos tornaram-se cada vez mais acentuadas, onde as amostras 2 e 7 mostraram-se mais eficientes no retardo do desenvolvimento da biomassa, durante o segundo dia. No terceiro dia de observação, novamente o quadro inverteu-se, sendo a tinta 7 a de maior eficácia.

Através desta análise, verificou-se que existem diferenças bastante significativas entre as tintas classificadas pelos fabricantes como de primeira linha. Cada fabricante possui parâmetros próprios, entretanto analisando-se em relação à resistência à biodeterioração pôde-se afirmar que todas as marcas possuíam bons desempenhos, porém em fases diferentes da formação e desenvolvimento dos microrganismos.

As tintas classificadas comercialmente como de segunda linha apresentaram diferenças significativas no que diz respeito à resistência à contaminação fúngica em relação a tintas classificadas como de primeira linha. A tinta de segunda linha que apresentou melhores resultados foi a tinta 4, que possuía na sua formulação agentes biocidas compostos por Éter Fenílico do Propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$) e Éter Monometílico do Dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$).

Ao serem confrontadas as tintas com o mesmo tipo de acabamento de filme seco, independente do fabricante, verificou-se que sua formulação química foi um importante fator a ser considerado.

As fórmulas que apresentaram melhor desempenho possuíam em comum na sua formulação a presença de Éter Fenílico do Propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$) e Éter Monometílico do Dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$).

As tintas com acabamento semibrilho apresentaram comportamento semelhante, apesar de apresentarem classificação comercial diferente no que diz respeito à qualidade, pois com acabamento semibrilho foram trabalhadas tintas tanto de primeira como de segunda linha.

As tintas semi-brilho 3, 5, 6 e 7, sendo a tinta 6 a amostra de controle, ou seja, sem a presença de biocida na formulação, e as tintas restantes, nas suas formulações possuíam apenas o Fenilglicol ($C_8H_{10}O_2$) atuando como fungicida.

As tintas quando agrupadas de acordo com o fabricante, independente da classificação comercial e acabamento final, sendo que o fabricante “A” utiliza os seguintes agentes fungicidas Éter Fenílico do Propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$) e o Éter Monometílico do Dipropilenoglicol ($CH_3-(OC_3H_6)_2-OH$) nas tintas 1 e 4 e sendo encontrado o Fenilglicol ($C_8H_{10}O_2$), agindo em conjunto com ambos, apenas na formulação da tinta 7 .

As tintas observadas, que foram manufaturadas pelo fabricante “B”, independente de seu acabamento e classificação comercial, apresentaram resultados que demonstraram que a qualidade da tinta sofreu diferenciação em relação à sua biorreceptividade. A tinta 2 apresentou somente como agente anti-mofo em sua formulação o Éter Fenílico do Propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$), sendo que as restantes, tintas 3 e 5, apresentam apenas o Fenilglicol ($C_8H_{10}O_2$).

Apesar do fabricante não divulgar as proporções em que esses produtos químicos foram utilizados, pôde-se facilmente observar que o Éter fenílico do propilenoglicol ($C_9H_{12}O_2$) teve influência na formação do biofilme, pois houve um retardo no crescimento da biomassa. Este fato pode ter sido em razão das características físicas do substrato.

As tintas 3 e 5, apesar de apresentarem classificação comercial diferente, obtiveram um desempenho semelhante, portanto o Fenilglicol ($C_8H_{10}O_2$), não demonstrou influenciar a fixação do biofilme e sim retardar o desenvolvimento da biomassa.

Conforme os resultados observados, o experimento de campo e laboratório apresentou resultados divergentes, que podem ser também pela influência do tipo de inoculação, visto que nos testes de campo a inoculação ocorreu naturalmente, e o processo de formação do biofilme ocorreu influenciado pela intempérie. No laboratório a inoculação forçada pode ter influenciado o desenvolvimento da biomassa.

No experimento de campo, a sequência determinada, com relação ao grau de contaminação das tintas foi a seguinte:

Tinta 6> Tinta 4> Tinta 5> Tinta 1> Tinta 2> Tinta 3> Tinta 7

Os testes t de Student utilizado demonstraram que a tinta 6 foi estatisticamente diferente de 1, 2, 3, 5, e 7. Com relação à análise das variâncias, verificou-se que as tintas 1, 2, 3 e 5 foram estatisticamente iguais. Além disso foi empregado o teste de Tukey e os resultados das análises estatísticas empregadas demonstraram a existência de quatro grupos de tintas:

- a) Tintas 1,2, 3 pertenciam ao mesmo grupo;
- b) Tintas 4 e 6 pertenciam a outro grupo;
- c) Tinta 5 pertencia ao terceiro grupo;
- d) Tinta 7 pertencia ao quarto grupo.

Nos ensaios acelerados de laboratório, em ambiente controlado, os resultados foram diferentes do ensaio de campo, apresentando uma sequência de biorreceptividade diferente, através da análise visual, o que em parte corroborou o resultado anterior:

Tinta 6> Tinta 1> Tinta 2> Tinta 5> Tinta 3 > Tinta 4> Tinta 7

Entretanto ao analisar mais profundamente, empregando a contagem de pixels, para a determinação da área contaminada a sequência de contaminação foi a seguinte:

Tinta 6> Tinta 5> Tinta 2> Tinta 4> Tinta 7> Tinta 1> Tinta 3

Apresentando assim no teste acelerado em laboratória a tinta 3 como a de mais eficácia em relação a contaminação fúngica e a tinta 5 como a tinta mais vulnerável e que mais propiciou o desenvolvimento dos patogênicos.

O experimento de campo , devido as agregões as quais as colônias foram submetidas durante o transcurso do estudo, com condições mais próximas as condições em que o revestimento sofre nas edificações podem ser consideradas mais confiáveis.

Com relação aos fungos presentes verificou-se que os principais fungos identificados no experimento de campo durante a pesquisa foram *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp.. Outros fungos identificados foram: *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *A. nigrum*, *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp., *Penicillium* sp., *Epicoccum* sp., *Phoma* sp., *Aureobasidium* sp., *Ulocladium* sp., *Nigrospora* sp, e um fungo mitospórico não identificado.

Portanto, as tintas utilizadas no acabamento das edificações e posteriormente na sua manutenção possuíram papel relevante, não só para a sua vida útil, como também para o conforto e saúde dos seus ocupantes.

Na região de Santa Maria, os patogênicos fúngicos mais comuns, tais como o *Cladosporium* sp., que é um agente alergênico, com sua frequente esporulação e em grande quantidade, pode ser um dos fatores relevantes para a saúde local, podendo ser considerado um dos fatores chave para a possibilidade de existência de síndrome do edifício doente nessa cidade.

Apesar do problema de contaminação biológica fúngica não ser novidade, os fabricantes ainda não encontraram uma solução eficaz definitiva para o problema. Como se pôde comprovar a formação do biofilme praticamente iniciou durante a pintura, ou até mesmo antes dela.

O fabricante recomenda que as edificações devam ser pintadas a cada 5 anos, manutenção esta que em geral não é realizada. Os mutuários geralmente levam em consideração apenas o aspecto estético da edificação, entretanto neste período o polímero praticamente já foi atacado físico, química e biologicamente, não possuindo mais as propriedades as quais ele se propõe.

Sugere-se que o ensaio acelerado seja repetido e melhor analisado, devido aos resultados diferentes dos obtidos em ensaio de campo. A avaliação do ensaio acelerado, se bem aplicada, pode ser empregada em conjunto com o ensaio de tinta acelerado, e em ensaios em câmara ambiental, para avaliar o desempenho do filme de tinta em relação à contaminação fúngica.

No futuro, seria importante desenvolver-se um estudo da contaminação fúngica no interior da edificação durante a sua utilização, avaliando o tipo de patogênico a que os usuários estão expostos, para analisar-se melhor o grau de contaminação fúngica no interior e exterior da edificação, permitindo comparação, bem como seus efeitos tanto na edificação, quanto no usuário.

Seriam convenientes estudos visando adaptarem-se os aditivos antifúngicos a cada região, levando-se em consideração os microbiotas locais e propiciando à tinta características que retardem a formação e desenvolvimento do biofilme.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAFATI – Disponível em < <http://www.abrafati.com.br>>, acesso em 23 de agosto de 2007.
2. ABREU, L. D.; MARINHO, R. H. ; MESQUITA, J.B. E RIBEIRO, G.T. Degradação da **Madeira de *Eucalyptus sp.* Por Bacidiomicetos de Podridão Branca**. Revista Arquivo do Instituto Biológico . V. 74, n4, p 321-328, outubro/dezembro 2007. Disponível em <http://www.biologico.sp.gov.br/docs/arq/v74_4/abreu.pdf> . Acesso 23 de maio de 2008.
3. ADAN, O.C.G. SAMSON, R.A.WIJNEN, J.T.M. Fungal resistance tests of gypsum based interior finishes under steady-state air humidities. Em: **HEALTH IMPLICATIONS OF FUNGI INDOOR ENVIRONMENTS**. Elsevier, Amsterdã, p 451-484, 1994.
4. AGOSTINI, Gerson. **A Larga Experiência da Miracema em Biocidas Contribui com Normas da ABNT**. Revista Miracema-Nuodex, n°. 22. Março 2007.p.8-9.
5. ALLSOPP, Denis. SEAL, Kenneth J.; GAYLARD, Chirstine C. **Introduction to Biodeterioration**. Second Edition, Cambridge University Press. United States. 2004. 252p.
6. AZEVEDO, Márcio. **Tintas - Solventes especiais ampliam mercado** Revista Química e Derivados. Edição n° 442 de Outubro 2005. Disponível em <<http://www.quimica.com.br/revista/qd442/tintas1.html>> acesso em 13 de outubro de 2007.
7. BACH, Erna Elisabeth; RANGEL, Áurea Renata. **Biodeterioração de Tintas à Base de Água por Fungos**. Revista Exacta, vol.3 . pg. 79-84. São Paulo. 2005. Disponível em < <http://www.uninove.br/revistaexacta>> acesso em 20 de junho de 2008.
8. BASSO, Marcos. **Tintas: Novas tendências mudam formulação dos solventes**. Revista Química e Derivados .Edição n° 426 de Maio de 2004. Disponível em <<http://www.quimica.com.br/revista/qd426/tintas1.htm>> acesso em 31 de agosto de 2007.
9. BIBLIA, 1981. **A Bíblia Sagrada: Antigo e Novo Testamento**. Tradução dos originais mediante a versão dos Monges de Maredsous (Bélgica) pelo centro bíblico católico. 30° edição. Ed. São Paulo: Ave Maria, 1981 .
10. CASA DO ALÉRGICO disponível em <http://www.casadoalergico.com.br/alergias/edificios_doentes.html>. Acesso na internet em : 1 de maio de 2006.
11. CARVALHO, Gláucio de Almeida. **Materiais Poliméricos II: Tintas e Vernizes**. Material didático . Centro de ciências Exatas e Tecnologia da Universidade de Caxias do Sul. Departamento de Engenharia Química. UCS- GTPol 2002.
12. CRAVO JÚNIOR, Walter Barreiro; FRANÇA, Francisca Pessoa de; DUTA, Flávia Pereira. **Efeito do Teor de Cromo Na Aderência de Microorganismos em Ligas de Aço**

Carbono.6° COTEQ Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos, 22° CONBRASCORR – Congresso Brasileiro de Corrosão.Salvador – Bahia, 2002. ABRACO- Associação Brasileira de Corrosão .1 CD-Rom.

13. CIMINELLI, Renato Ribeiro . **Parâmetros para a seleção e formulação de cargas minerais na indústria de tintas.** Anais do 1º Congresso Internacional de Tintas. 2 a 5 de maio de 1989. São Paulo – SP.Disponível em <[http://www.mercadomineral.com.br/site_final/artigos/ Maio1989.doc](http://www.mercadomineral.com.br/site_final/artigos/Maio1989.doc)> acesso em 24 de maio de 2008.

14. COLEMAN, Graham Roy. **Conheça os fungos da podridão da madeira.**Concise Guide to the identification of Insect attack and fungal decay of Timbers.CD-rom. Tradução Antonio de Borja Araújo, 2003. Disponível em <<http://www.quintacidade.com/wp-content/uploads/2008/04/conheca-os-fungos-da-podridao-da-madeira.pdf>> acesso :sexta-feira, 23 de maio de 2008.

15. DEDECEK, Renato Antonio; GAVA, José Luiz. **Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto.** *Rev. Árvore* , Viçosa, v. 29, n.3, 2005.

16. DOMSCH,K.H. GAMS, W. ANDERSON, T.H. **Water-borne coatings: The Environmentally-friendly Alternative.** Hanser publishers, Cincinnati, 204p.1994.

17. EL-SHEEKH. Mostafa M.; OSMAN, Mohamed E.H.; DYAB, Mohamed A. and AMER, Mohamed S. **Production and characterization of antimicrobial active substance from the cyanobacterium *Nostoc muscorum*** . *Environmental Toxicology and Pharmacology* Volume 21, Issue 1, January 2006, Pages 42-50. 8p.

18. FAZENDA, Jorge M. R.(Coord.).**Tintas e Vernizes : ciência e tecnologia.** 2. edição.Vol 1. ABRAFATI, São Paulo,1995.692p.

19. FAZENDA, Jorge M. R.(Coord.).**Tintas e Vernizes : ciência e tecnologia.** 2. edição.Vol 2 ABRAFATI, São Paulo,1995.588p.

20. FAIRBANKS, Marcelo. **Garantia da Qualidade Anima Vendas-Uso de Biocidas Aumenta para Prevenir o Ataque Microbiológico a diversos Produtos. Conjuntura Favorece o Uso de Blends em vez do Lançamento de novas Moléculas.** *Revista Química e Derivados.* Edição nº 395 de Julho de 2001. Disponível em <[http://www.quimica.com.br/revista/ d395/biocidas1.htm](http://www.quimica.com.br/revista/d395/biocidas1.htm)> acesso 31 de agosto de 2007.

21. FAIRBANKS,Marcelo.**Biocidas -Sofisticação de tintas e avanços da construção civil animam produtores.**Revista Química e derivados.Edição nº 458 de Fevereiro 2007. Disponível em <<http://www.quimica.com.br/revista/qd458/biocidas1.html>> acesso em 31 de agosto de 2007.

22. FERNANDES, Lia; LEITE, Clarice Loguercio-; ESPOSITO, Elisa; REIS, Marcelo Menezes. **In vitro wood decay of *Eucalyptus grandis* by the basidiomycete fungus *Phellinus flavomarginatus*.** *International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 55, Issue 3, April 2005, Pages 187-193.*

23. GAYLARDE, Christine Claire. **Notas de aula**. Curso de Especialização em Conservação e Restauração de Patrimônio Cultural. Curso de Biodeterioração. UFSM,2003
24. GAYLARDE,Christine C. ; GAYLARDE, Peter M.A **comparative study of the major microbial biomass of biofilms on exteriors of buildings in Europe and Latin America**.*International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 55, Issue 2*, March 2005, Pages 131-139. 9p. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09648305> > acesso em 08 de janeiro de 2006.
25. GAYLARDE, Peter M.; GAYLARDE, Christine C.. **Algae and cyanobacteria on painted surfaces in Southern Brazil**. *Rev. Microbiologia* , São Paulo, v. 30, n. 3, 1999 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37141999000300005&lng=&nrm=iso >acesso em: 21 julho 2008.
26. GAYLARDE, Peter M.; GAYLARDE ,Christine C..**Algae and cyanobacteria on painted buildings in Latin America**.*International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 46, Issue 2*, September 2000, Pages 93-97.5p. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09648305> > acesso em 08 de janeiro de 2006.
27. GENTIL,Vicente. **Corrosão**.3º edição. Rio de janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora,1996.
28. GOMES-ALARCON,G; TORRE, M.A. **The effect of filamentous fungi on stone monuments: the Spanish experience**. In: **building mycology**, London: chapman & Hall,1994, p 295-309. 20p.
29. GUILLETTI, O. **Bioreceptivity:a new concept for building ecology studies**. The Science of the total Environment 167,1995. Pág. 215-220. 6p. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00489697>> acesso em 20 de janeiro de 2006.
30. GUILLETTI, O. DREESEN, R. **Laboratory chanber studies and petrographical analysis as bioreceptivity assessment tools of building materials**. The Science of the total Environment 167,1995. Pág. 365-374. 10p. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00489697>> acesso em 20 de janeiro de 2006.
31. HANADA, Rogério Eiji; SALES-CAMPOS, Ceci; ABREU, Raimunda Liége Souza de; PFENNING ,Ludwig. **Fungos Emboloradores e Manchadores de Madeira em Toras Estocadas em Indústrias Madeireiras no Município de Manaus, Amazonas, Brasil** . Recebido em 19/02/2002 e aceito em 20/04/2003 Disponível em : <<http://acta.inpa.gov.br/fasciculos/33-3/PDF/v33n3a13.pdf>>acesso internet: 2 de maio de 2006
32. KONDRATYEVA, I. A.; GORBUSHINA, A. A.; BOIKOVA, A. I. **Biodeterioration of Construction Materials**. *Glass Physics and Chemistry, 2006, Vol. 32, No. 2, pp. 254–256*. disponível em <

http://www.springerlink.com/content/k4p22m7r6q33/?sortorder=asc&p_o=10 > acesso 30 de dezembro 2007.

33. KUMAR, Rakesh; KUMAR, Anuradha V. **Biodeterioration of Stone in Tropical Environments- An Overview.** 1^a. Edição. the J. Paul Getty Trust EUA. 1999 .

34. LIMA, Munique ; OLIVEIRA, Danielle ; MEIRA, Gibson ; PADILHA, Marcos LIRA, Raphaele . **COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS SUBMETIDAS À ATAQUE ÁCIDO.** II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa - PB – 2007. Disponível em <http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20071221_090538_CIVI-012.pdf> acesso em 02 de maio de 2008.

35. LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia Hoje : Seres Vivos.** Vol. 02. Ed.São Paulo:Atica,1992.

36. LOPES, O. G. Conforto ambiental e qualidade do ar em ambientes internos. Disponível em <<http://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/ct-og.pdf>> acesso em 24 de fevereiro de 2009.

37. LOPES, Sônia. **BIO: Livro Amarelo.** 4^a. Edição. São Paulo: Ed.Saraiva, 1988

38. MACÁRIO, Carlos Marques. **Caracterização de Madeiras Usadas em Estruturas de Telhado em Edifícios Antigos.** Universidade Federal Fluminense. Disponível em <http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&lr=lang_pt&q=cache:pEheYVz2LqEj:www.carloszz.hpq.ig.com.br/carac.pdf+biodeteriora%C3%A7%C3%A3o> acesso em 27 de abril de 2006.

39. MADIGAN, M.T. MARTINKO, John M. ; PARKER, Jack. **Brock- Biología de los microorganismos.** Tradução Fernadéz *et al* .10^a. Edição . Editora Pearson-Prentice Hall, Madrid, Spain, 2004.1085p.

40. MOLLE, Suely Dalle; SCARPINO, Armando Marcos. **Conceito Ecológico na Preservação de Tintas.** Anais 3^o. Congresso Internacional de tintas .Vol. 2 ABRAFATI.1993. São Paulo .Brasil. p.821-829.

41. MORFARDINI, Lucélia. **Biocidas: em posição de largada.** Latin Chemical - O seu Portal de Química e Petroquímica da América Latina. Edição 24. Abril/maio/junho 2006. Disponível em < http://www.latinchemical.com.br/edicao24_biocidas.asp> acesso em 16 de junho de 2007.

42. NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto.** Tradução Salvador E.Giammusso. 2^a. Edição. São Paulo: PINI, 1997.828p.

43. PAULA, Marcos Oliveira de; SOUZA, Cecília de Fátima; TINOCO, Ilda de Fátima Ferreira ; PEREIRA, Sheila Cristina Martins. **CORROSÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA USADOS EM TANQUES DE ARMAZENAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS E BOVINOS.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.13, n.1, 19-25, Jan./Mar., 2005. Disponível em < <http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol13/v13n1p19-25.pdf>> acesso 2 de junho de 2008.

44. PELCZAR Jr, Joseph Michael.CHAN,E.C.S., KRIEG, Noel R. **MICROBIOLOGIA:CONCEITOS E APLICAÇÃO**.Vol. 1 , 2ª. Edição.São Paulo. MACRON Books,1996.524p.
45. PELCZAR Jr, Joseph Michael.CHAN,E.C.S. REID, Roger. **MICROBIOLOGIA**.Vol.2 , .São Paulo. McGraw-Hill do Brasil,1981.548p.
46. PINHEIRO, Sayonara Maria de Moraes. **IMPACTO DA COLONIZAÇÃO DO FUNGO *Cladosporium sphaerospermum* SOBRE A ARGAMASSA DO CONCRETO**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UFES.2003.
47. PRA- PAINT RESEARCH ASSOCIATION. **Test methods to predict microbial attack of water-based coatings**. Paint Research Association, Wellington, 135 p, 2000.
48. REVISTA ABRAFATI. **Qualidade-Grande avanço na Produção de Normas**. Ano XIX, nº.71. Março2006. pág.5 Disponível em <www.abrafati.com.br/bn_conteudo.asp?cod=237>acesso 24 de agosto 2007.
49. REVISTA CIÊNCIA HOJE - **Biodeterioração - ataque de microrganismos a monumentos históricos**. Vol. 34. Número 200, dezembro 2003.p. 34-39.
50. REVISTA ENGENHARIA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – **Biodeterioração do Concreto**. Revista Digital do CT-UFES. Disponível em <<http://www.webinbox.com.br/ctrevista/Materia.asp?CodMater=40>> acesso na internet: 15 de abril de 2006.
51. REVISTA VEJA – **Governo perde Sérgio Mota** . Revista digital Nº. 1543, 22/04/1998. Disponível em < http://veja.abril.com.br/220498/p_032.html>. Acesso em 24 de fevereiro de 2009.
52. SHIRAKAWA, M.A. *et al.* **A biodeterioração de materiais de construção civil**. Revista Técnica – A revista de tecnologia da construção civil. Editora PINI. São Paulo. Vol.5, Nº 33 – pg. 36-39, março/abril 1998.
53. SHIRAKAWA, M.A. Biodeterioração de argamassas por fungos: desenvolvimento de testes acelerados para avaliação de bioreceptividade. São Paulo, 1999 Tese de (doutorado) Escola Politécnica Universidade de São Paulo.
54. SHIRAKAWA, M. Gaylarde, C. John, V. Gaylarde, P. Gambale, V. The effect of biocide on the microbial colonization of newly painted buildings. In: **LABS IV Simpósio Latino de Biodeterioração**, Buenos Aires, Argentina, 2001, CD-ROM.
55. SHIRAKAWA, M. A. ; GAYLARDE, C. C. ; Peter Gaylarde ; JOHN, V. M. ; GAMBALE, W. . Fungi Colonization and sucession on newly painted buiding.. FEMS Microbiology Ecology, v. 39, n. 2, p. 165-173, 2002.

56. SHIRAKAWA, Marcia A.; GAYLARDE, Christine C. ;GAYLARDE, Peter M.; JOHN, Vanderley; GAMBALE, Walderez .**Fungal colonization and succession on newly painted buildings and the effect of biocide.** *FEMS Microbiology Ecology, Volume 39, Issue 2*, February 2002, Pages 165-173. Disponível em < <http://www.blackwell-synergy.com/toc/fem/39/2>> acesso em 20 de outubro de 2007.
57. SHIRAKAWA, M. A.; BEECH, I. B.; TAPPER, R. ; CINCOTTO, M. A.; GAMBALE, W. **The development of a method to evaluate bioreceptivity of indoor mortar plastering to fungal growth.***International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 51, Issue 2*, March 2003, Pages 83 – 92 < <http://www.sciencedirect.com / science/journal /09648305> > acesso em 20 de outubro de 2007.
58. SAAD, D. S., Saad, D. S., Kinsey, G.C., Paterson, R., Gaylarde, C. **Ergosterol analysis for the quantification of fungal growth on paint films. Proposal for standard method.** *Surface Coatings International. Part B: Coatings Transactions*, 2003, v.86, p.131-134.
59. SAAD, D.S. Kinsey, G.C. Seungbum, K. Gaylarde, C. (2004). Extraction of genomic DNA from filamentous fungi in biofilms on water-based paint coatings, **Internat.Biodet. Biodeg**, In press.
60. SAAD, DENISE. **Métodos Bioquímicos e Moleculares Para a Avaliação da Biodeterioração em Tintas Residenciais** . Tese para obtenção do título de Doutor em Engenharia.UFRGS,2002.
61. SAAD, DENISE. **Notas de aula** . Curso de Especialização em Conservação e Restauração de Patrimônio Cultural. Curso de Biodeterioração.UFSM,2003.
62. SANCHEZ, Análise . **TINTAS: Europa estimula pintura ecológica** . **Revista Química e Derivados** .Edição nº 461 de Maio 2007. Disponível em <<http://www.quimica.com.br/revista/qd461/atualidades1.html> >acesso em 31 de agosto de 2007.
63. SANTINI, Elio José. **Biodeterioração e Preservação da Madeira**. Santa Maria, UFSM,1988.
64. SILVA, Ailton Roberto et al . Identificação e quantificação de resinas, cargas e pigmentos em tintas látex branca. **Eclet. Quím.** , São Paulo2008 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46702000000100010&lng=en&nrm=iso>. acesso em: 20 Setembro 2008.
65. SILVA, Cláudio Oliveira; CINCONOTTO, Maria Alba. **Análise crítica dos requisitos, critérios e ensaios para argamassa colante.** *E-Mat – Revista de Ciência e tecnologia de materiais de Construção Civil*, Vol.1,n.2, p.128-147, novembro de 2004. Disponível em < <http://www.antac.org.br/emmat/volumes-V1-N2.htm>> acesso 05 de dezembro de 2006.

66. SILVA, Elisabete Aparecida. et al. **Animais Sinantrópicos - Como Prevenir- Manual do educador**. São Paulo .Secretaria municipal de saúde da cidade de São Paulo.
67. SILVA,Ricardo Ribeiro;COELHO,Glauciane Danuza. FUNGOS: PRINCIPAIS GRUPOS E APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS INSTITUTO DE BOTÂNICA – IBtPrograma de Pós Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente,Curso de Capacitação de monitores e educadores.São Pulo , 2006. Disponível em http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/estagio_docencia/RicardoSilvaeGlaucianeCoelho.pdf. acesso em 30 de agosto 2007.
68. STERLING, Theodor D.; COLLETT, Chris; RUMEL, Davi. **A epidemiologia dos "edifícios doentes"**. Rev. Saúde Pública , São Paulo, v. 25, n. 1, 1991 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101991000100012&lng=pt&nrm=iso>. acesso em: 19 Jun 2006.
69. TAVARES, Martha Lins ; VEIGA, M^a do Rosário ;**A Conservação de Rebocos Antigos - Restituir a Coesão Perdida Através da Consolidação com Materiais Tradicionais e Sustentáveis**. CONSERVACAL, Portugal,2004. disponível na internet em <<http://conservacal.lnec.pt/pdfs/Artigo%20Tavares%20Veiga%20VII%20SBTA%202a.pdf>>acesso em 2 de junho de 2008.
70. TUOMELA, M. ; VIKMAN,M.; HATAKKA, A.; ITÄVAARA, M. **Biodegradation of lignin in a compost environment: a review** *Bioresource Technology, Volume 72, Issue 2, April 2000, Pages 169-183. 15p.* Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09608524>> acesso em 26 de maio de 2008.
71. UEMOTO, Kai Loh; Ikematsu, Paula; Agopyan, Vahan. **Impacto ambiental das tintas imobiliárias**. Construção e Meio Ambiente - Coletânea HABITARE Volume 7. Editores Miguel Aloysio Sattler e Fernando Oscar Ruttkay Pereira. 2006.Porto Alegre .p 58-95.
72. VIDELA, Héctor A. **Biotecnologia – Corrosão Microbiana** . Vol 4 .Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo , 1981. 65p.
73. WARSCHEID, Th; BRAAMS J. **Biodeterioration of stone: a review**. International Biodeterioration & Biodegradation 46 p. 343-368.
74. ZAPORALI, Domingos. **BIOCIDAS- Substâncias agressivas prejudicam inovações. Revista Química e Derivados**. Edição n° 441 de Setembro 2005. Disponível em <<http://www.quimica.com.br/revista/qd441/biocidas1.html>> acesso 31 de agosto de 2007.
75. ZAPORALI, Domingos . **Tintas - Epessantes :Insumos ajudam a aplicar tintas com facilidades** .Revista Química e derivados.Edição n° 459 de Março 2007.Disponível em <<http://www.quimica.com.br/revista/qd459/epesantes1.htm> > acesso em 31 de agosto de 2007.

BIBLIOGRAFIA DE IMAGENS

1. HEALTH PROTECTION AGENCY. Disponível em: < http://www.hpa.org.uk/infections/topics_az/fungal_infections/images/aspergillus.jpg> acesso internet em : 12 de novembro de 2006 .
2. MICROBIOLOGIA disponível em <http://www.microbiologia.vet.br/> imagens Micologia.htm: acesso internet : 05 de novembro de 2006.
3. MICROSCOPYCONSULTING.COM . Disponível em: <<http://www.microscopyconsulting.com/Gallery/images>> acesso internet : 20 de maio de 2006.
4. MOLD IMAGES . Disponível em: <http://byebyemold.com/mold_images/images/penicillium/penicillium_c.html> acesso internet :12 de novembro de 2006.
5. SAFEAIRTESTING. Disponível em:<<http://www.safeairtesting.com/gfx/molds/cladosporium.jpg>> acesso internet em : 20 de maio de 2006.
6. BIOLOGY AT KENYON. Disponível em:<http://biology.kenyon.edu/Microbial_Biorealm/bacteria/proteobacteria/Gallionella/alionella_abw.jpg> acesso internet: 5 de maio de 2006.
7. TOXIC MOLD, BLACK MOLD, MOLD PROBLEM AND MOLD DAMAGE INFORMATION CENTER Disponível em :< http://www.mold.ph/fusarium_files/image001.gif> acesso internet :12 de maio de 2006.
8. CONHECENDO A MADEIRA Disponível em: <<http://www.conhecendoamadeira.com/fungopodparda.gif>> : acesso internet : 11 de maio de 2006.
9. BIOLOGY AT KENYON. Disponível em: <http://biology.kenyon.edu/Microbial_Biorealm/bacteria/proteobacteria/Gallionella/galionella_abw.jpg> acesso internet: 5 de maio de 2006

10. COISA DI CASA . Disponível em :< <http://www.coisadicasa.com.br/dicas/matérias%20especiais/cupins.htm>> acesso em : 08 de maio de 2006.

11. The Microbial World -University of Wisconsin, disponível em <http://www.bact.wisc.edu/themicrobialworld/biofilm_formation.gif> acesso internet : 25 de maio 2008.

12. CMIT/MIT extraído do site da SinoHarvest corp. Disponível em <<http://www.sinoharvest.com/pic/products/CMIT.gif>> acesso 18 de junho de 2008.

13. BIT extraído do site da SinoHarvest corp. Disponível em <<http://www.sinoharvest.com/pic/products/BIT.gif>> acesso 18 de junho de 2008.

14. Cabendazim extraído do site da SinoHarvest corp. Disponível em <<http://www.sinoharvest.com/products/b-Carbendazim.shtml>)> acesso 18 de junho de 2008.

15. Diuron extraído do site da SinoHarvest corp. Disponível em <<http://www.sinoharvest.com/pic/products/b-diuron.gif>> acesso 18 de junho de 2008.

Anexos

ANEXO I

Tabela de controle da coleta de amostras biológicas em quinzenas.

Planilha de Coleta de Amostras

TINTA	PAINEL	2006					2007								
		1/dez	2/dez	1/jan	2/jan	1/mar	1/abr	1/mai	1/jun	1/jul	1/jul	1/set	1/out	1/nov	1/dez
1	1		X		X	X									X
	2	X			X		X								
	3	X		X			X	X	X	X	X	O	X		
	4		X								X				X
	5		X		X						X	X	X		
2	1	X													
	2		X												
	3		X		X										
	4	X			X										
	5		X												
3	1		X	X											
	2		X	X											
	3	X				X	X	X			X				
	4		X			X	X			X	X	X			
	5			X				X		X				X	
4	1				X										
	2	X	X												
	3		X					X						X	
	4		X		X				X	X	X	X			
	5	X			X			X		X					
5	1		X	X			X							X	
	2		X	X		X								X	
	3	X		X	X		X	X	X	X	X	X			
	4			X		X									
	5		X							X	X				
6	1	X	X												
	2		X	X			X	X	X	X	X	X			
	3	X			X		X		X	X				X	
	4		X	X		X		X	X	X	O			X	
	5				X					X					
7	1		X												
	2			X				X	X					X	
	3	X	X			X	X	X		X	X	X	X	X	
	4			X						X		X			
	5		X												
8	1		X												
	2	X		X		X									
	3		X		X		X	X	X	X	O	X		X	
	4		X		X		X		X	X					
	5			X					X		X	X		X	
9	1		X												
	2		X		X		X			X	X			X	
	3			X		X			X		X	X			
	4	X	X				X	X							
	5	X												X	

Painéis quebrados

Painel com defeito na tinta

Amostras coletadas da tinta do painel

Amostras da argamassa, parte de traz do p

ANEXO II

Teste t de student

Para o teste t foram comparados

Tinta T1

Tinta T1 e T2

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 1	0,29	0,29	0,43	0,71	0,21	0,29	0,36	0,36	0,36	0,57	0,36	0,36
Tinta 2	0,14	0,43	0,57	0,64	0,36	0,07	0,36	0,57	0,21	0,43	0,36	0,36

Tinta T1 e T3

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 1	0,29	0,29	0,43	0,71	0,21	0,29	0,36	0,36	0,36	0,57	0,36	0,36
Tinta 3	0,14	0,57	0,79	0,07	0,50	0,29	0,57	0,29	0,29	0,29	0,36	0,36

Tinta T1 e T4

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 1	0,29	0,29	0,43	0,71	0,21	0,29	0,36	0,36	0,36	0,57	0,36	0,36
Tinta 4	0,50	0,43	0,71	0,50	0,71	0,43	0,50	0,36	0,29	0,36	0,43	0,57

Tinta T1 e T5

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 1	0,29	0,29	0,43	0,71	0,21	0,29	0,36	0,36	0,36	0,57	0,36	0,36
Tinta 5	0,43	0,43	0,64	0,50	0,29	0,43	0,29	0,29	0,36	0,43	0,57	0,64

Tinta T1 e T6

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 1	0,29	0,29	0,43	0,71	0,21	0,29	0,36	0,36	0,36	0,57	0,36	0,36
Tinta 6	0,71	0,50	0,71	0,64	0,71	0,57	0,43	0,36	0,50	0,64	0,50	0,71

Tinta T1 e T7

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 1	0,29	0,29	0,43	0,71	0,21	0,29	0,36	0,36	0,36	0,57	0,36	0,36
Tinta 7	0,29	0,21	0,43	0,36	0,29	0,07	0,29	0,21	0,36	0,36	0,57	0,21

Tinta T2

Tinta T2 e T3

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 2	0,14	0,43	0,57	0,64	0,36	0,07	0,36	0,57	0,21	0,43	0,36	0,36
Tinta 3	0,14	0,57	0,79	0,07	0,50	0,29	0,57	0,29	0,29	0,29	0,36	0,36

Tinta T2 e T4

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 2	0,14	0,43	0,57	0,64	0,36	0,07	0,36	0,57	0,21	0,43	0,36	0,36
Tinta 4	0,50	0,43	0,71	0,50	0,71	0,43	0,50	0,36	0,29	0,36	0,43	0,57

Tinta T2 e T5

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 2	0,14	0,43	0,57	0,64	0,36	0,07	0,36	0,57	0,21	0,43	0,36	0,36
Tinta 5	0,43	0,43	0,64	0,50	0,29	0,43	0,29	0,29	0,36	0,43	0,57	0,64

Tinta T2 e T6

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 2	0,14	0,43	0,57	0,64	0,36	0,07	0,36	0,57	0,21	0,43	0,36	0,36
Tinta 6	0,71	0,50	0,71	0,64	0,71	0,57	0,43	0,36	0,50	0,64	0,50	0,71

Tinta T2 e T7

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 2	0,14	0,43	0,57	0,64	0,36	0,07	0,36	0,57	0,21	0,43	0,36	0,36
Tinta 7	0,29	0,21	0,43	0,36	0,29	0,07	0,29	0,21	0,36	0,36	0,57	0,21

Tinta T3

Tinta T3 e T4

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 3	0,14	0,57	0,79	0,07	0,50	0,29	0,57	0,29	0,29	0,29	0,36	0,36
Tinta 4	0,50	0,43	0,71	0,50	0,71	0,43	0,50	0,36	0,29	0,36	0,43	0,57

Tinta T3 e T5

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 3	0,14	0,57	0,79	0,07	0,50	0,29	0,57	0,29	0,29	0,29	0,36	0,36
Tinta 5	0,43	0,43	0,64	0,50	0,29	0,43	0,29	0,29	0,36	0,43	0,57	0,64

Tinta T3 e T6

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 3	0,14	0,57	0,79	0,07	0,50	0,29	0,57	0,29	0,29	0,29	0,36	0,36
Tinta 6	0,71	0,50	0,71	0,64	0,71	0,57	0,43	0,36	0,50	0,64	0,50	0,71

Tinta T3 e T7

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 3	0,14	0,57	0,79	0,07	0,50	0,29	0,57	0,29	0,29	0,29	0,36	0,36
Tinta 7	0,29	0,21	0,43	0,36	0,29	0,07	0,29	0,21	0,36	0,36	0,57	0,21

Tinta T4

Tinta T4 e T5

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 4	0,50	0,43	0,71	0,50	0,71	0,43	0,50	0,36	0,29	0,36	0,43	0,57
Tinta 5	0,43	0,43	0,64	0,50	0,29	0,43	0,29	0,29	0,36	0,43	0,57	0,64

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,482143	0,440476
Variância	0,017741	0,016543
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	0,77953	
P(T<=t) uni-caudal	0,221987	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,443973	
t crítico bi-caudal	2,073873	2,0739

Aceita Ho, portanto T4 e T5 são iguais

Tinta T4 e T6

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 4	0,50	0,43	0,71	0,50	0,71	0,43	0,50	0,36	0,29	0,36	0,43	0,57
Tinta 6	0,71	0,50	0,71	0,64	0,71	0,57	0,43	0,36	0,50	0,64	0,50	0,71

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,482143	0,583333
Variância	0,017741	0,015615
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	-1,91929	
P(T<=t) uni-caudal	0,034006	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,068012	
t crítico bi-caudal	2,073873	2,0739

Aceita Ho, portanto T4 e T6 são iguais

Rejeita-se Ho, portanto T4 e T7 não são iguais

Tinta T4 e T7

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 4	0,50	0,43	0,71	0,50	0,71	0,43	0,50	0,36	0,29	0,36	0,43	0,57
Tinta 7	0,29	0,21	0,43	0,36	0,29	0,07	0,29	0,21	0,36	0,36	0,57	0,21

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	Variável 1	Variável 2
Média	0,482143	0,303571
Variância	0,017741	0,015886
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	3,373323	
P(T<=t) uni-caudal	0,00137	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,00274	
t crítico bi-caudal	2,073873	2,0739

Rejeita-se Ho, portanto T4 e T7 não são iguais

Tinta T5

Tinta T5 e T6

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 5	0,43	0,43	0,64	0,50	0,29	0,43	0,29	0,29	0,36	0,43	0,57	0,64
Tinta 6	0,71	0,50	0,71	0,64	0,71	0,57	0,43	0,36	0,50	0,64	0,50	0,71

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,440476	0,583333
Variância	0,016543	0,015615
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	-2,7596	
P(T<=t) uni-caudal	0,005718	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,011436	
t crítico bi-caudal	2,073873	2,0739

Rejeita-se Ho, portanto T5 e T6 não são iguais

Tinta T5 e T7

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 5	0,43	0,43	0,64	0,50	0,29	0,43	0,29	0,29	0,36	0,43	0,57	0,64
Tinta 7	0,29	0,21	0,43	0,36	0,29	0,07	0,29	0,21	0,36	0,36	0,57	0,21

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,440476	0,303571
Variância	0,016543	0,015886
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	2,63356	
P(T<=t) uni-caudal	0,007586	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	0,015172	
t crítico bi-caudal	2,073873	2,0739

Rejeita-se Ho, portanto T5 e T7 não são iguais

Tinta T6

Tinta T6 e T7

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tinta 6	0,71	0,50	0,71	0,64	0,71	0,57	0,43	0,36	0,50	0,64	0,50	0,71
Tinta 7	0,29	0,21	0,43	0,36	0,29	0,07	0,29	0,21	0,36	0,36	0,57	0,21

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>
Média	0,583333	0,303571
Variância	0,015615	0,015886
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	22	
Stat t	5,460286	
P(T<=t) uni-caudal	8,71E-06	
t crítico uni-caudal	1,717144	
P(T<=t) bi-caudal	1,74E-05	
t crítico bi-caudal	2,073873	2,0739

Rejeita-se Ho, portanto T6 e T7 não são iguais