UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Luciana Manzoni Pereira

Santa Maria, RS, Brasil,
2012

AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM

Luciana Manzoni Pereira

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil.**

Orientadora: Profª Drª Denise de Souza Saad

Santa Maria, RS, Brasil,
2012

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

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

AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM

elaborada por

Luciana Manzoni Pereira

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

_____
Denise de Souza Saad, Dra.
(Presidente/ Orientadora)

_____
Caryl Eduardo Jovanovich Lopes, Dr. (UFSM)

_____
Maria Isabel Pimenta Lopes, Dra. (UNIFRA)

Santa Maria, 30 de agosto de 2012.

Este trabalho é dedicado a minha mãe, Fátima, por ser minha inspiração para lutar pelos meus sonhos, pelo incentivo, pela compreensão das minhas ausências e também pela alegria a cada uma de minhas vitórias.

AGRADEDIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por tudo o que Ele me proporciona, por ser minha fonte de energia e a única certeza de minha vida. Agradeço a capacidade que Ele me deu para que eu batalhe pelos meus ideais e por estar realizando mais um sonho. Agradeço a Ele também por ter colocado pessoas maravilhosas nessa trajetória, às quais eu gostaria muito de agradecer...

A minha mãe, Fátima, por toda a compreensão neste período que me mantive afastada, pelo esforço para me manter em outra cidade, num período complicado de nossas vidas. Toda a minha gratidão se revela ao me relembrar do carinho, do amor e da dedicação dessa magnífica mulher, por isso, a minha maior força vem dessa pessoa maravilhosa que Deus me deu como mãe.

A minha prima Alessandra, por toda sua atenção e carinho com a minha mãe no tempo que estive fora e por tudo que representa em nossas vidas.

À orientadora, Prof.ª. Denise Saad, pela oportunidade e pela ajuda para que fosse possível a realização deste trabalho, pela tolerância evidenciada durante nossos encontros e por todo o ensinamento passado no decorrer deste curso. Principalmente, por ter me concedido uma bolsa de estudos através da CAPES (CNPq), possibilitando meu deslocamento para a cidade de Santa Maria. Muito obrigada por tudo, Denise!

Aos Professores Caryl Lopes e Maria Isabel Lopes, pela disponibilidade em estarem presentes na banca examinadora deste trabalho.

À amiga Raquel Martinelli, pela orientação e incentivo para que eu seguisse a carreira acadêmica e, principalmente, mesmo que distante, por estar sempre presente em minha vida.

Especialmente, gostaria de agradecer a uma amiga que fiz no decorrer do Mestrado, que foi mais que uma colega, foi um anjo em minha vida... Cláudia Gaida, muito obrigada por todos os momentos que esteve ao meu lado, por tudo que pude aprender contigo e por todo carinho por mim dedicado.

À minha amiga de ontem, hoje e sempre, Elenice Gindri e pela ajuda dispensada nos momentos finais da conclusão deste trabalho.

Ás minhas amigas que estiveram sempre ao meu lado, fazendo com que a falta de casa diminuísse em suas presenças.

Muito obrigada amigas, não citarei nomes para não ser injusta, caso esqueça alguém, mas sintam-se homenageadas.

Às pessoas especiais que eu conheci nesse período em que residi na cidade de Santa Maria, principalmente, à Paula Mattana, que me recebeu com muita confiança e amizade.

RESUMO

Dissertação

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental

Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM

AUTORA: LUCIANA MANZONI PEREIRA

ORIENTADORA: Prof.ª Dr.ª DENISE DE SOUZA SAAD

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 30 de agosto de 2012.

Agentes climáticos, biológicos e a ação do homem são os principais responsáveis pela degradação das edificações históricas, com isso a crescente preocupação com a conservação e manutenção desses prédios. Este trabalho foi realizado na Biblioteca Central Manuel Marques de Souza – Conde de Porto Alegre, localizada na Universidade Federal de Santa Maria e tem como objetivo principal identificar a contaminação fúngica no local, que vem sendo uma das causas da biodeterioração incidente na edificação. Para a realização deste trabalho, foram abordados referenciais teóricos pertinentes ao assunto, levantamentos fotográficos, como também a utilização de uma metodologia voltada à coleta de fungos, servindo de subsídio para a identificação e caracterização de microrganismos que estejam biodeteriorando a edificação. Posteriormente, foi realizada a representação gráfica das patologias do prédio através de Mapas de Danos. Após a identificação e a avaliação dos agentes biológicos causadores das biodeteriorações, que estão atingindo a edificação, os dados foram tabulados a fim de avaliar a contaminação fúngica da Biblioteca Central da UFSM, que podem causar deterioração como também causar doenças nos usuários e ocupantes desse ambiente.

Palavras-chave: Agentes patológicos. Biodeterioração. Biblioteca Central

ABSTRACT

Dissertation

Postgraduate program in Civil and Environmental Engineering

Universidade Federal de Santa Maria

EVALUATION OF MEDICAL CONDITIONS AND THE CENTRAL LIBRARY OF BIODETERIORATION UFSM

AUTHOR: LUCIANA MANZONI PEREIRA

ADVISOR: PROF. DR. DENISE DE SOUZA SAAD

Date and Place of Defense: Santa Maria, August 30, 2012.

Agents climatic, biological and human action are the main responsible for deterioration of historic buildings, thus the growing concern with the preservation and maintenance of these buildings. This study was conducted at the Central Library Manuel Marques de Souza - Conde de Porto Alegre, located at the Federal University of Santa Maria and its main objective is to identify fungal contamination at the site, which has been a cause of biodeterioration incident in the building. For this work were discussed theoretical frameworks relevant to the subject, photographic surveys, as well as the use of a methodology aimed at collecting fungi, serving as a subsidy for the identification and characterization of microorganisms that are biodeteriorando the building. This was followed by a graphical representation of the pathologies of the building, through maps Damage. After the identification and evaluation of biological agents that cause biodeteriorações that are hitting the building, the data were tabulated to assess the fungal contamination of the Central Library UFSM, which can cause deterioration and also cause disease in users and occupants of that environment.

Keywords: Pathological agents. Biodeterioration. Central Library

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 Objetivo Geral 15
1.2 Objetivos Específicos 15
2 REVISÃO DE LITERATURA 16
2.1 A Universidade Federal de Santa Maria 16
2.1.1 Localização 16
2.1.2 Histórico da Universidade 18
2.2 Definições e conceitos para o estudo das manifestações patológicas em edificações 25
2.2.1 Patologia em Edificações 25
2.2.2 Degradação, Biodegradação e Biodeterioração 26
2.3 Biodeterioração - Classificações 27
2.3.1 Fatores que atuam na Biodeterioração 28
2.3.1.1 Radiação solar 29
2.3.1.2 Temperatura 30
2.3.1.3 Umidade 31
2.3.1.4 Água Disponível 35
2.3.1.5 Microrganismos seus nutrientes e fontes energéticas 35
2.3.1.6 Outros fatores relevantes 36
2.4 Biofilme 37
2.5. Bioreceptividade 39
2.6 Organismos Deteriorantes e Mecanismos de biodeterioração 41
2.6.1 Agentes Biológicos 41
2.6.2 A ação dos microrganismos 42
2.6.2.1 Bactérias 44
2.6.2.2 Cianobactérias e Algas 45
2.6.2.3 Fungos 46
2.7 Manifestações Patológicas em Edificações 50
2.7.1 Principais Patologias em alvenaria e revestimentos 51
2.7.2 Fissuras, trincas e rachaduras 52
2.7.3 Destacamento, deslocamento ou revestimento solto 54
2.7.4 Manchas 54
2.7.5 Eflorescências 55
2.8 Investigação, detecção e avaliação de patologias em edificações 56
2.8.1 Métodos e procedimentos na investigação dos danos 58
2.8.2 Mapa de danos – Conceituação e Finalidade 61
2.8.2.1 Representação das patologias e a composição do Mapa de Danos 64
3 MATERIAIS E MÉTODOS 67
3.1 Escolha do tema 68
3.2 Revisão de Literatura 68
3.3 Estudo de Caso 69
3.3.1 Levantamentos de dados 71

3.3.2 Coleta das amostras 72
3.3.3 Mapa de Danos 74
3.3.4 Análise das patologias ocorrentes 75
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 76
4.1 Caracterização dos elementos construtivos da Biblioteca 76
4.2 Fungos isolados do ambiente interno e externo da Biblioteca Central da UFSM. 76
4.3 Avaliação da contaminação fúngica ... 804.3.1 Dados referentes às coletas nos pontos internos (I1, I2, I3) 81
4.3.1.1 Coleta no Ponto Interno 1 (I1) 81
4.3.1.2 Coleta no Ponto Interno 2 (I2) 83
4.3.1.3 Coleta no Ponto Interno 3 (I3) 85
4.3.1.4 Compilação de dados referentes aos Pontos Internos de coleta 87
4.3.2 Dados referentes às coletas nos Pontos Externos (E1, E2, E3) 88
4.3.2.1 Coleta no Ponto Externo 1 (E1) 88
4.3.2.2 Coleta no Ponto Externo 2 (E2) 91
4.3.2.3 Coleta no Ponto Externo 3 (E3) 92
4.3.2.4 Compilação de dados referentes aos Pontos Externos de coleta 95
4.3.3 Variação da contaminação ambiental sazonal nos Pontos Internos e Externos 96
4.3.3.1 Fungos detectados no Ponto Interno 1 (I1) 96
4.3.3.2 Fungos detectados no Ponto Interno 2 (I2) 96
4.3.3.3 Fungos detectados no Ponto Interno 3 (I3) 97
4.3.3.4 Fungos detectados no Ponto Externo 1 (E1) 97
4.3.3.5 Fungos detectados no Ponto Externo 2 (E2) 98
4.3.3.6 Fungos detectados no Ponto Externo 3 (E3 99
4.3.4 Avaliação sazonal 99
4.4 Manifestações Patológicas 103
4.4.1 Avaliação patológica na Fachada Oeste 110
4.4.2 Avaliação patológica na Fachada Sul 111
4.4.3 Avaliação patológica na Fachada Leste 112
4.4.4 Avaliação patológica na Fachada Norte 113
4.4.5 Avaliação patológica no Interior da Edificação 113
5 CONCLUSÃO 115
REFERÊNCIAS 118

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização Geográfica da cidade de Santa Maria. 17
Figura 2 - Localização geográfica da Universidade Federal de Santa Maria. 18
Figura 3 - Esquema da Cidade Universitária, mostrando a sua conexão com a cidade de Santa Maria e espacialização das relações funcionais propostas. 19
Figura 4 - Perspectiva do Plano Diretor adotado por Valdetaro e Nadalutti. 20
Figura 5 - Dependências da Universidade Federal de Santa Maria, Reitoria – localizada no Centro da cidade. 21
Figura 6 - Desenvolvimento da Cidade Universitária. 23
Figura 7 - Universidade Federal de Santa Maria em 1972. 23
Figura 8 - Inauguração oficial da Biblioteca Central da UFSM. 24
Figura 9 - Biblioteca Central Manoel Marques de Souza, “Conde de Porto Alegre”. 25
Figura 10 - Fatores que influenciam o crescimento fúngico em bibliotecas 37
Figura 11 - Ilustração das cinco principais fases da formação e desenvolvimento do biofilme com suas respectivas micrografias eletrônicas de varreduras reais. 38
Figura 12 – Sequência da formação de biofilme sobre a superfície de um material. 39
Figura 13 – (a)Bioreceptividade de ordem primária,(b) secundária, (c) terciária em um material pétreo. 40
Figura 14 – Lei de evolução de custos. 51
Figura 15 - Principais tipos de fissuras ou trincas encontradas em uma edificação. 54
Figura 16 – Mapa de Danos do museu gama Deça. 65
Figura 17 – Fluxograma da metodologia adotada para a pesquisa. 67
Figura 18 – Fachada Sul da Biblioteca Central. 70
Figura 19 – Fachada Leste da Biblioteca Central. 70
Figura 20 – Fachada Oeste da Biblioteca Central. 70
Figura 21 – Fachada Oeste da Biblioteca Central. 70
Figura 22 – (A) Planta Baixa do Pavimento térreo (B) Planta Baixa Subsolo. 71
Figura 23 - Planta Baixa do Subsolo da Biblioteca Central, distribuição das placas de Petri com meio de cultura (I1 – Interna 1 , I2 – Interna 2 , I3 – Interna 3). 72
Figura 24 - Planta Baixa do Subsolo da Biblioteca Central, distribuição das placas de Petri com meio de cultura (E1 – Externa 1, E2 – Externa 2, E3 – Externa 3). 73
Figura 25 – Materiais para a elaboração do Meio de cultura. (A) Meio Ágar com extrato de Malte (B) Meio Ágar dissolvido em água destilada (C) Autoclave (D) Placas de Petri com meio de cultura. 74
Figura 26 – Placas de Petri com coletas dos pontos Internos: I1, I2 e I3. 77
Figura 27 – Placas de Petri com coletas dos pontos Externos: E1, E2 e E3. 77
Figura 28 - Microscopia ótica dos esporos de Aspergillus sp. 78
Figura 29 - Microscopia ótica dos esporos de Cladosporium sp. 79
Figura 30 - Microscopia ótica dos esporos de Curvularia sp. 80
Figura 31- Microscopia ótica dos esporos de Epicoccum nigrum 80
Figura 32 - Gráfico das Contaminações Fúngicas Mensais no local I1. 82

Figura 33 – Gráfico de Contaminação Total Mensal em I1. 82
Figura 34 – Gráfico da Contaminação Fúngica Total em I1. 83
Figura 35 – Gráfico das Contaminações Fúngicas Mensais no local I2. 84
Figura 36 – Gráfico da Contaminação Total Mensal em I2. 84
Figura 37 - Gráfico da contaminação Fúngica Total em I2. 85
Figura 38 – Gráfico das Contaminações Fúngicas Mensais no Local I3. 86
Figura 39 – Gráfico da Contaminação Total Mensal em I3. 86
Figura 40 - Gráfico Contaminação Fúngica, Total em I3. 87
Figura 41 – Gráfico da Contaminação Total Mensal Média Interna. 88
Figura 42 – Gráfico das Contaminações Fúngicas Mensais no local E1. 89
Figura 43 – Gráfico da contaminação total E1. 90
Figura 44 - Gráfico Contaminação fúngica total E1. 90
Figura 45 – Contaminação fúngica mensal em E2. 91
Figura 46 – Gráfico de Contaminação total Mensal em E2. 92
Figura 47 – Gráfico da Contaminação fúngica total em E2. 92
Figura 48 – Contaminação mensal em E3. 93
Figura 49 – Gráfico de Contaminação total mensal em E3. 94
Figura 50 – Gráfico da Contaminação Fúngica total em E3. 94
Figura 53 – Gráfico com a avaliação das Patologias incidentes na Fachada Oeste. 110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Etapas da construção do campus. 22
Quadros 1 e 2: Relação das origens e origem das umidades das construções. 31
Quadro 3: Distribuição dos tipos de manifestações patológicas. 34
Quadro 4: Classificação de organismos baseada nas exigências nutricionais. 43
Quadro 5: Ação dos ácidos orgânicos provenientes de fungos sobre os minerais de arenitos rochas calcárias e granito. 47
Quadro 6: Produtos de deterioração provenientes da ação de fungos sobre os minerais de arenitos, rochas calcárias e granito. 48
Quadro 7: Principais patologias de revestimentos, vedações verticais e seus fatores intervenientes. 52
Quadro 8 – Causas de problemas patológicos ocorrentes em edificações. 58
Quadro 9 – Métodos para investigação sobre o estado de conservação de uma edificação. 59
Quadro 10 – Etapas para o estudo e recuperação de uma edificação. 61
Quadro 11 - Finalidade do mapa de danos. 63
Quadro 12 – Fungos detectados em I1. 81
Quadro 13: Fungos detectados em I2. 83
Quadro 14 – Fungos detectados em I3. 85
Quadro 15 – Cálculo da Contaminação Total Média Mensal. 87
Quadro 16 – Fungos detectados em E1. 89
Quadro 17 – Contaminação fúngica em E2. 91
Quadro 18 – Contaminação fúngica em E3. 93
Quadro 19: Cálculo da contaminação total média mensal externa. 95
Quadro 20 – Fungos detectados em I1. 96
Quadro 21 Fungos detectados em I2. 97
Quadro 22 – Fungos detectados em I3. 97
Quadro 23 – Fungos detectados em E1. 98
Quadro 24: Fungos detectados em E2. 98
Quadro 25 - Contaminação fúngica em E3. 99
Quadro 26 – Contaminação Total Média no verão. 100
Quadro 27 – Contaminação Total Média no Outono. 100
Quadro 28 – Contaminação Total Média no inverno. 101
Quadro 29 – Contaminação Total Média na primavera. 102

1 INTRODUÇÃO

O estudo das manifestações patológicas em edificações tem apresentado várias considerações com relação à degradação dos materiais de construção civil, principalmente no que se relaciona à biodeterioração causada por microrganismos.

As edificações estão expostas a diversas agressões do meio em que se encontram como ações mecânicas, mudanças de temperatura, umidade do ar e ação de agentes biológicos, que provocam a deterioração nos materiais de construção.

A importância deste estudo de Patologias das Construções centra-se na necessidade de identificar manifestações patológicas incidentes em uma edificação, a fim de obter o conhecimento da evolução do problema que está atingindo o local, com isso fornecer subsídios para prevenção e reparação de danos. Pode-se destacar como patologias mais comuns observadas em edificações: as fissuras, queda de reboco, umidade superficial, eflorescências, destacamento de revestimentos, bem como problemas de biodeterioração.

A biodeterioração é um mecanismo de degradação gerado pela atividade vital de organismos sobre os materiais, provocando alteração indesejável nas propriedades dos mesmos. Ocorre em meios distintos e inicia pela fixação dos microrganismos sobre o material, fornecendo suporte para o desenvolvimento do biofilme, onde este proporciona à superfície uma aparência esteticamente indesejável, além de causar danos físicos e químicos.

Assim, considerando as patologias existentes, bem como os mecanismos de biodeterioração e seu impacto na durabilidade das edificações, esta pesquisa foi realizada na Biblioteca Central Manoel Marques de Souza, "Conde de Porto Alegre", localizada na Universidade Federal de Santa Maria. O trabalho visou a um levantamento das patologias do prédio e da presença de fungos, que podem ser deletérios tanto à edificação, ao seu acervo, bem como aos seus empregados e usuários.

Para tanto, os objetivos da pesquisa são:

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a contaminação fúngica da Biblioteca Central da UFSM, que pode causar deterioração na edificação e no acervo nela contido, como também causar doenças nos usuários e ocupantes desses ambientes.

1.2 Objetivos Específicos

- Detectar a microbiota fúngica dessa edificação, utilizando técnicas tradicionais de identificação.
- Avaliar as patologias existentes no prédio.

A pesquisa foi desenvolvida a fim de atingir os objetivos nas seguintes etapas:

O primeiro capítulo, **Introdução**, apresenta a contextualização do trabalho, a sua justificativa, os objetivos gerais e específicos, bem como a indicação do seu conteúdo.

O Capítulo 2, **Revisão Bibliográfica**, apresenta um breve histórico da Universidade Federal de Santa Maria e da Biblioteca Manuel Marques da Rocha e também os principais conceitos relacionados ao tema.

O Capítulo 3 descreve os **Materiais e Métodos utilizados** para a obtenção e análise de resultados.

O Capítulo 4 ressalta os **Resultados obtidos e a Discussão**

O Capítulo 5 contém a **Conclusão**.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para o desenvolvimento deste trabalho, o qual se destina a avaliar a contaminação fúngica da Biblioteca Central da UFSM, partindo-se do pressuposto que agentes nocivos estejam causando a deterioração da edificação, foram levantados referenciais teóricos sobre a localização do local de estudo, definições e caracterização desses agentes para o estudo voltado às patologias dos materiais.

2.1 A Universidade Federal de Santa Maria

2.1.1 Localização

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) está localizada na cidade de Santa Maria, (no centro geográfico do estado do Rio Grande do Sul), (Figura 1), distante, via Santa Cruz do Sul, 290 km da capital, Porto Alegre.

A UFSM tem sua sede na Cidade Universitária Professor José Mariano da Rocha Filho. O campus está localizado no bairro Camobi, km 9, Rodovia RS 509, onde se realiza a maior parte das atividades acadêmicas e administrativas, existindo também, no centro da cidade, outras unidades acadêmicas e de atendimento à comunidade. (http://sucuri.cpd.ufsm.br/_outros/loc_geog.php).

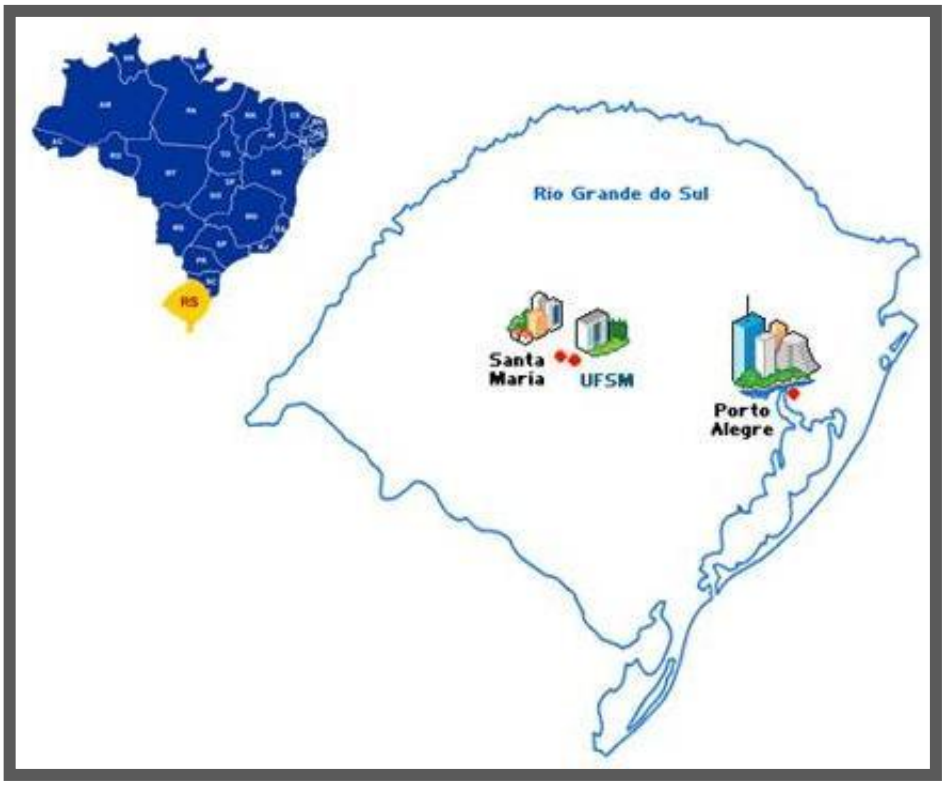


Figura 1 - Localização Geográfica da cidade de Santa Maria.
Fonte: http://jararaca.ufsm.br/websites/acustica/f9933c1805dc190a5336dedebcbe4c79.htm

Idealizada e fundada pelo Prof. Dr. José Mariano da Rocha Filho, foi criada pela Lei n. 3.834-C, de 14 de dezembro de 1960, com a denominação de Universidade de Santa Maria (USM), instalada, solenemente, em 18 de março de 1961. A UFSM é uma Instituição Federal de Ensino Superior, constituída como Autarquia Especial, vinculada ao Ministério da Educação (www.ufsm.br).

A Universidade possui uma área territorial total de 1.863,57 hectares (Figura 2), sendo que as edificações atingem 284.285,49 m² de área construída no campus.

Figura 2 - Localização geográfica da Universidade Federal de Santa Maria.
Fonte: Google Earth, 2011.

2.1.2 Histórico da Universidade

Os arquitetos cariocas, Oscar Valdetaro e Roberto Nadalutti, foram os responsáveis pela concepção do projeto e a construção da sede universitária, asseverando que seria “uma universidade moderna”, ou seja, “uma nova universidade” (Schlee, 2003). Conforme Schlee (2003), na proposta de trabalho apresentada à Reitoria, Valdetaro e Nadalutti exibem as características e o modelo de cidade que viriam a projetar, consistindo na determinação das unidades acadêmicas a serem construídas (edificações) ou tratadas (vias de acesso, estacionamentos, parques e jardins) e a sua respectiva localização, baseados em um “anteprojeto de zoneamento”, com o estabelecimento de diversas “zonas”: a de ensino, a administrativa, a residencial, a recreativa, a esportiva e a de serviços agrários. Para os arquitetos, uma cidade universitária significava “o conjunto de

edificações dispostas de modo ordenado, de acordo com as funções que desempenham" (SCHLEE, 2003).

Uma das questões dentro da organização funcional (Figura 3) e espacial da UFSM foi o entendimento de que os alunos e os professores deveriam possuir dedicação exclusiva para o estudo e para o regime de trabalho integral. Contudo, a concentração de todas as unidades universitárias dentro de um mesmo lugar viria a facilitar esse sistema, evitando maiores gastos e perda de tempo com deslocamentos (CARDOSO, 1962).

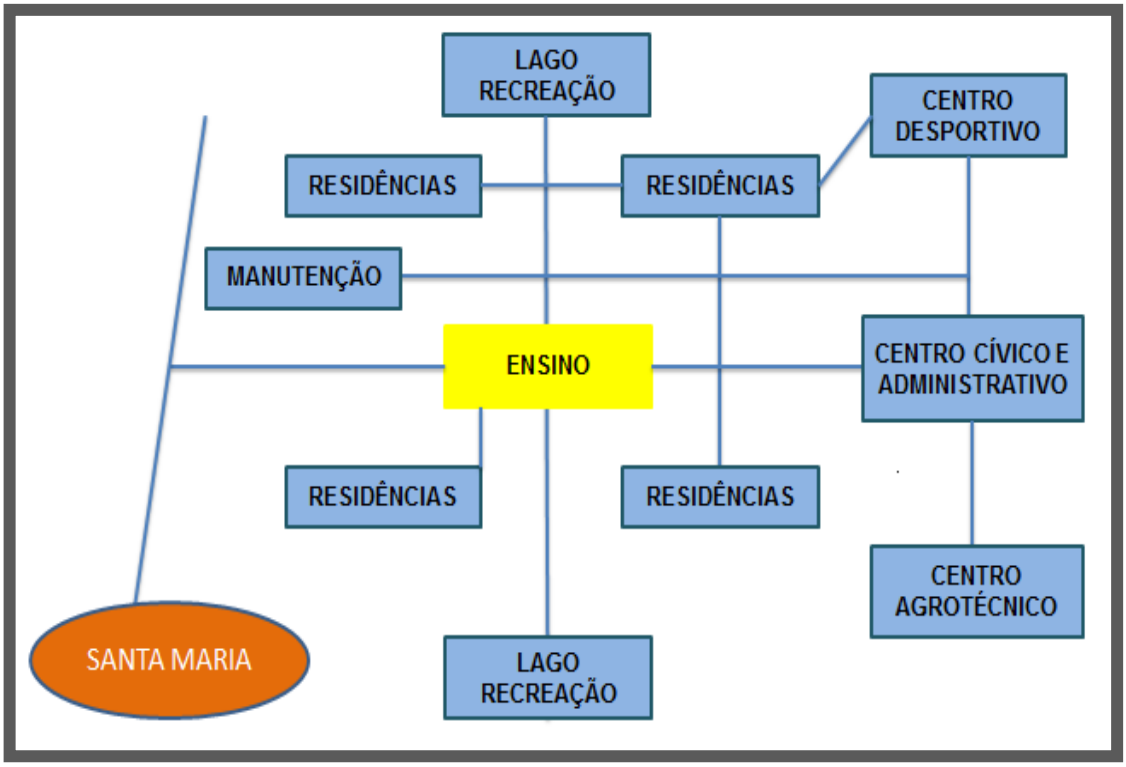


Figura 3 - Esquema da Cidade Universitária, mostrando a sua conexão com a cidade de Santa Maria e espacialização das relações funcionais propostas.
Fonte: Adaptado pela autora de Cardoso, (1962).

A capacidade das faculdades tinha por base a previsão de 15.000 alunos, tendo em vista a população de Santa Maria, as condições econômicas locais e as possibilidades de atendimentos às populações dos municípios vizinhos (CARDOSO, 1962).

A proposta de implantação da Cidade Universitária seguia a proposta das experiências norte-americanas de ensino, no entanto, no campo urbanístico, adotava a ideia de cidade parque, isolada do centro urbano tradicional e organizada

segundo rígido funcionalismo, ou seja, sua concepção era inspirada na Carta de Atenas:

- Zoneamento rígido.
- Hierarquização das vias.
- Adoção do parque como base para novas construções.
- Monumentalidade.
- Abolição do parcelamento do solo em quadras e lotes rigidamente definidos.
- Criação de um tecido edificado marcado por barras e torres.

Segundo Schlee (2003, p. 05),

> Oscar Valdetaro e Roberto Nadalutti propuseram um projeto que transita entre as propostas de Lúcio e Corbusier, atestando filiação e respeito. Criaram um campus organizado em torno de um eixo estruturador e ordenador que se desenvolve no sentido norte-sul, em linha reta, do pórtico de acesso principal até a grande praça cívica (delimitada por prédios isolados e funcionalmente expressivos, como o teatro museu e planetário). Tal eixo tem seu ponto focal no prédio da Reitoria, único edifício em altura, cuja empena cega serve como "fecho da composição". As demais unidades distribuem-se paralelamente ao eixo principal e agrupam-se segundo as "áreas de concentração" ou setores acadêmicos (resolvidos em prédios lineares, com dois ou três pavimentos sobre pilotis.

A figura 4 mostra a perspectiva da organização espacial do campus.

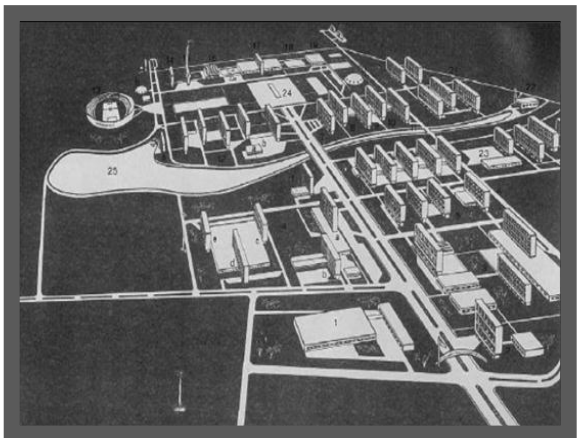


Figura 4 - Perspectiva do Plano Diretor adotado por Valdetaro e Nadalutti.
Fonte: Cardoso, 1962, p. 2.

O campus da UFSM apresenta um partido de implantação axial e um princípio de composição elementar, caracterizado pela decomposição do programa de necessidades em unidades com funções repetidas, tratadas de maneira semelhante e unidades com funções especiais, tratadas de maneira individual.

O traçado retilíneo e monumental da atual Avenida Roraima, com cerca de 25m de largura, determina a implantação dos edifícios, colocados paralelamente à Avenida, com suas maiores fachadas voltadas para leste e oeste, o que, do ponto de vista ambiental, não se configura como a melhor orientação para a latitude local (GRIGOLETTI, 2008).

No que diz respeito às características arquitetônicas, Grigoletti (2008) afirma que, no Plano adotado pelos arquitetos, a sua concepção segue a lógica das técnicas construtivas de Lúcio Costa nos seguimentos da linha de Le Corbusier, baseada nos cinco pontos da arquitetura. Os edifícios também fazem o uso profuso de brises, pavimentos térreos em pilotis ou com transparências, grandes saguões marcando os acessos, estruturas aparentes, fenestração em cortina perpassando vários pavimentos ou janelas em fitas, tratamento apurado para os pilares, murais, cobogós, coroamentos, planta livre e, consequentemente, flexibilidade de ambientes internos, entre outros recursos típicos do modernismo.

Datada de 1959, a Figura 5 retrata a construção de uma das dependências da Universidade Federal de Santa Maria. Curiosamente, a UFSM começou fora do campus, com a estruturação da – naquela época – reitoria, localizada no centro de Santa Maria. Atualmente, o prédio abriga a direção do Centro de Ciências Sociais e Humanas (CCSH), além de Biblioteca Setorial, gabinetes de leitura e diversos laboratórios (www.ufsm.br).

Figura 5 - Dependências da Universidade Federal de Santa Maria, Reitoria – localizada no Centro da cidade. (Fonte: www.ufsm.br).

A construção do campus da UFSM, conforme a proposta apresentada pelos arquitetos, estava estruturada para ser construída em três etapas, conforme o quadro a seguir:

FASE/ PERÍODO	OBRA	ANDAMENTO
Primeira 1961-1962	Instituto Eletrotécnico	Obra em prosseguimento
	Hospital de Clínicas	Início de obras
	Hospital de Neuropsiquiatria	
	Instituto de Patologia	
	Instituto de Pesquisas Bioquímicas	
	Centro Agrotécnico	
Segunda 1962-1963	Instituto Eletrotécnico	A concluir
	Hospital de Clínicas	Em andamento
	Hospital de Neuropsiquiatria	
	Instituto de Patologia	
	Instituto de Pesquisas Bioquímicas	
	Centro Agrotécnico	
	Institutos de Física, Química, Matemática e Ciências	Início de obras
	Escola Técnico-Profissional	
	Edifícios residenciais para alunos, professores e funcionários	
	Restaurante universitário	
	Garage e oficinas	
	1 prédio para outros Institutos afins	
Terceira 1964-1965	Instituto Eletrotécnico	Concluído
	Hospital de Clínicas	A serem concluídas
	Hospital de Neuropsiquiatria	
	Instituto de Patologia	
	Instituto de Pesquisas Bioquímicas	
	3 prédios residenciais	
	Escola Técnico-Profissional	
	Restaurante	
	Parte do Centro Agrotécnico	
	Reitoria	A ser iniciada
	Biblioteca e instituições Culturais	
	Instituto de Administração e Planejamento	
	Edifícios residenciais (2 e 3)	
	Outros institutos afins	

Quadro 1: Etapas da construção do campus.
Fonte: Muller (2010) apud Cardoso, (1962).

A Figura 6 mostra o desenvolvimento da Cidade Universitária, que, em 1963, apresentava poucas instalações; já a seguinte imagem, (Figura 7), é um retrato aéreo da universidade em 1972, quando muitos dos prédios da UFSM já haviam sido construídos.

Através destas fotografias, é possível visualizar a notável evolução da universidade em menos de uma década.

Figura 6 - Desenvolvimento da Cidade Universitária.
Fonte: www.ufsm.br

Figura 7 - Universidade Federal de Santa Maria em 1972.
Fonte: www.ufsm.br

Com o avanço estrutural da universidade, as instalações internas também se aperfeiçoaram, evoluindo paralelamente às tecnologias, das quais se dispunha na época. Alimentada por essa rápida evolução, no ano de 1972, houve a inauguração oficial da Biblioteca Central da UFSM, no campus (Figura 8).

Figura 8 - Inauguração oficial da Biblioteca Central da UFSM.
Fonte: www.ufsm.br

A Biblioteca Central foi fundada em 1961, logo após a criação da UFSM, tendo funcionado por 10 anos no Prédio da Administração, Antiga Reitoria, no Centro da cidade. Em 1972, mudou-se para o Campus Universitário, instalando-se em um prédio próprio, quando recebeu o nome “Biblioteca Central Manuel Marques de Souza”.

Em 1979, ocorreu uma reforma no prédio para a expansão e o melhor aproveitamento do espaço físico. Em 2007, uma nova intervenção foi feita com a reforma do subsolo e parte da fachada da Biblioteca, além da utilização de espaços ociosos para a redistribuição do acervo. Devido a problemas estruturais que a edificação começou a apresentar, foi transportada parte do acervo para o subsolo, gerando então o espaço onde hoje é ocupado pelo curso de Arquitetura e Urbanismo.

A Figura 9 mostra a fachada principal, nos dias atuais, da Biblioteca Conde de Porto Alegre.

Figura 9 - Biblioteca Central Manoel Marques de Souza, “Conde de Porto Alegre”.
Fonte: www.ufsm.br

Na próxima seção, serão abordados os principais conceitos que caracterizam o estudo, os quais foram utilizados como referência para a identificação e a análise das patologias do local de estudo.

2.2 Definições e conceitos para o estudo das manifestações patológicas em edificações

2.2.1 Patologia em Edificações

O termo patologia nas edificações vem sendo usado desde o último século, em analogia com as enfermidades da medicina. A patologia consiste em estudos de danos, como um estudo sistemático dos acidentes e suas causas.

Paulo R. L. Helene (1992) assim conceitua Patologia: *“Patologia pode ser considerada como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema”.*

Conforme Cánovas (1988), a Patologia das Construções não é uma ciência moderna, mesmo que tenha ganhado proeminência recentemente. A presença de

problemas nas edificações, nas primeiras casas, construídas rusticamente pelo homem primitivo, já eram relatadas, como se pode constatar pelo próprio Código de Hamurabi (SAAD, 2003).

2.2.2 Degradação, Biodegradação e Biodeterioração

A norma ASTM (American Society for Testing and Materials) E632 (1998), define que degradação é “qualquer fator externo que afete de maneira desfavorável o desempenho de um edifício ou de suas partes, incluindo nisto as intempéries, agentes biológicos, esforços, incompatibilidade e fatores de uso” (JOHN, 1987, p.33).

Algumas considerações podem ser feitas em relação à classificação dos fatores de degradação. Segundo Lersch (2003), primeiramente, deve-se levar em consideração que as condições de exposição podem variar para um mesmo componente, não só devido às condições do clima, mas também a outros fatores, como os de uso. Também se deve observar que a importância dos fatores varia de acordo com o material, com suas características e propriedades intrínsecas, bem como a função que desempenha; e, em terceiro, considera-se que os diversos tipos de manifestações patológicas que ocorrem em edificações, dificilmente apresentam uma única causa, sendo geralmente o resultado da mescla e da dependência existente entre diversos fatores que promovem a degradação.

Diversas classificações foram adotadas para sistematizar os agentes de degradação e suas formas de atuação nos materiais, como a de Fitch (1981), que separa os agentes em químicos, físicos e biológicos, Lichtenstein (1986), o qual separa os agentes em mecânicos, eletromagnéticos, térmicos e biológicos, exteriores e interiores à edificação. Verçosa (1991) divide por elemento construtivo: fundações, alvenarias, concreto armado, obras de madeira, pinturas e umidade. Carrió (in GARCIA, 1993) classifica as causas em diretas e indiretas. A norma ISO 15686-2 de 2001, citada por John et al. (2002) classifica os agentes de degradação em mecânicos, eletromagnéticos, térmicos, químicos e biológicos. Outra classificação, proposta por Feilden (2003), separa as causas em climáticas biológicas e botânicas, desastres naturais, causas internas à edificação e causas

geradas pelo homem. Lersch (2003), por sua vez, faz a separação desses conceitos em agentes ambientais ou climáticos, agentes biológicos, fenômenos da natureza e uso e ação do homem.

Os termos biodegradação e biodeterioração, que são palavras empregadas desde a década de 60, definem as alterações dos materiais pelos organismos, porém não se devem confundir os conceitos, mesmo que ambos envolvam seres vivos.

Biodegradação e biodeterioração abrangem muitos significados e algumas classificações, uma vez que a biodegradação descreve a ação benéfica dos microrganismos sobre materiais, tornando-os mais ecologicamente aceitáveis. Hueck também definiu biodegradação como “o aproveitamento pelo homem da capacidade dos organismos de tornarem resíduos mais úteis e aceitáveis” (HUECK apud ALLSOPP *et al.*, 2004, p.1). Já biodeterioração, por sua vez, é a atividade vital de organismos sobre os materiais, que provoca uma alteração indesejável nas propriedades dos mesmos (HUECK, 1965, 1968). Pode-se afirmar que o principal determinante da ocorrência de biodeterioração é a transformação constante dos materiais de construção relacionada à sua interação com o meio, visto que essas transformações, quando irreversíveis, geram perda de valor, verificando-se, então, esse processo de deterioração. No entanto, o fato dos conjuntos das características físicas e químicas dos materiais reagirem diante dos fatores ambientais, mesmo assim não deixam de ser fatores que geram a degradação (JOHN, 1987).

Para Andrade (1997), são importantes os estudos desses processos de deterioração e, ao se detectarem manifestações patológicas incidentes e se acompanhar a evolução dos problemas, tais procedimentos fazem com que sejam diminuídos os custos para o reparo das construções.

2.3 Biodeterioração – Classificações

Os danos causados pela biodeterioração de materiais de construção podem ser tanto de ordem estéticas quanto funcionais (GAYLARDE, 2003) e podem ser classificadas em quatro classes:

a) Biodeterioração física ou mecânica

A principal característica desse tipo de biodeterioração é o rompimento do material devido à pressão exercida em sua superfície por organismos, durante seu crescimento ou locomoção. Neste caso, o material não é utilizado como nutriente. Exemplos de biodeterioração física ou mecânica são as causadas por organismos macroscópicos, como a destruição de estruturas enterradas pelas raízes das árvores e a destruição de cabos elétricos por roedores, entre outros (ALSSOPP, 2004).

b) Biodeterioração estética

A biodeterioração estética é apresentada somente na superfície, através da presença de organismos nas edificações, resultando na alteração da coloração, ocorrendo a formação de manchas escuras, causadas por algas, fungos, bactérias e cianobactérias. Essa biodeterioração altera somente a aparência estética, não provocando nenhuma alteração na composição química ou no desempenho do material (KUMAR E KUMAR, 1999; PINHEIRO, 2003).

c) Biodeterioração química assimilatória

Quando o microrganismo utiliza o material para sua nutrição, como fonte de energia, designa-se de biodeterioração bioquímica assimilatória. Há a liberação de ácidos no meio e outros compostos químicos que danificam o material (KUMAR; KUMAR, 1999).

d) Biodeterioração química não assimilatória

O que ocasiona esse tipo de biodeterioração é a ação gerada pelo metabolismo dos microrganismos, que liberam, para o meio, metabólitos que reagem quimicamente sobre o material. A biodeterioração química não assimilatória é gerada por produtos metabólicos ácidos, que atuam no material, decompondo seus minerais por meio da produção de sais e quelatos, que são posteriormente lixiviados (KUMAR; KUMAR, 1999).

2.3.1 Fatores que atuam na Biodeterioração

A ocorrência do crescimento e desenvolvimento de microrganismos, que causam deterioração, está relacionada a diversos fatores como a umidade, a falta de ventilação, o uso, a qualidade do ar interno, as condições térmicas, o ar externo, as variações sazonais, a temperatura, os microclimas internos, os projetos de construção, os tipos de materiais orgânicos, a ocupação, a manutenção e o gerenciamento (SAAD, 2002).

Os materiais de construção em geral estão submetidos a esforços mecânicos e a fatores naturais, dentre os quais, deve-se destacar: a radiação solar, a temperatura, a água, a umidade, bem como a ação de agentes microbiológicos, principais características que influenciam no processo de deterioração de uma edificação.

2.3.1.1 Radiação solar

Três faixas principais compõem a radiação solar: os raios ultravioletas, o espectro de luz visível e os raios infravermelhos.

Conforme Fielden (2003), configura-se como a principal causa das condições climáticas, sendo que, principalmente, os raios ultravioleta constituem-se como agentes destrutivos, particularmente para materiais orgânicos.

Referente às condições ambientais, consideradas como fator determinante para o crescimento dos microrganismos, alerta-se que muitos destes conseguem sobreviver por longos períodos em condições adversas. No caso de documentos ou livros, a incidência de luz solar (UV), diretamente nas superfícies que não suportem iluminação direta, bem como a luz branca (lâmpadas fluorescentes) deve receber cuidados especiais. Esses materiais devem ser mantidos numa determinada distância da superfície, sendo importante também o uso de filtros protetores nas janelas e nas lâmpadas (FILHO, 1993), para a diminuição da incidência de luz nos ambientes internos.

Há muitas formas de modificar o comportamento do edifício em relação à incidência da radiação solar. No caso de ambientes internos, pode-se realizar sistemas de controle ambiental para manter um ambiente desejado. Para o exterior,

talvez seja necessário adaptar a natureza do entorno como uma estratégia de construção.

2.3.1.2 Temperatura

Conforme Feilden (1982), a causa da mudança de temperatura no ar é o efeito de aquecimento pelo sol ao longo do dia, através de ondas curtas e longas de radiação e a perda de calor pelas ondas longas de radiação durante a noite. De acordo com isso, os materiais de construção sofrem mudanças físicas devido a essa variação de temperatura, gerando a dilatação quando aquecidos e contração quando resfriados. Essas mudanças dimensionais causam tensões que levam a deformações ou rupturas.

Vicente (2002) afirma que quase todos os materiais são sensíveis às solicitações térmicas, em função de alguns fatores como:

- Condições de exposição aos agentes atmosféricos.
- Geometria dos elementos construtivos em que se inserem.
- Características térmicas intrínsecas (condutibilidade térmica, coeficiente de absorção da radiação solar, massa específica e calor específico).

As variações de temperaturas provocam dilatações e contrações, enquanto que a restrição gera tensões que podem ser responsáveis pela fissuração e por desprendimentos e, em outros casos, podem mesmo constituir um fator adicional para a perda da estabilidade da edificação.

Para Petrucci (2000), a temperatura ambiental tem influência indireta no processo de formação de manchas nas fachadas por sujidades. Em concordância, Consoli (2006) complementa que, dos fatores provenientes da atmosfera, a temperatura é um dos agentes mais agressivos aos revestimentos de fachadas, provocando variações físicas e químicas dos materiais, gerando fissuras, deslocamentos e rupturas, principalmente nos revestimentos porosos, por absorverem água, umidade e radiação solar, gerando grandes tensões nas interfaces dos componentes.

2.3.1.3 Umidade

Os problemas de umidade podem se manifestar em diversos elementos das edificações – paredes, pisos, fachadas, elementos de concreto armado, etc. Geralmente, eles não estão relacionados a uma única causa. Para Verçoza (1991), a umidade não é apenas uma causa de patologias, ela age também como um meio necessário para que grande parte das patologias em construções ocorra. Ela é fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais.

Nos quadros abaixo, no da esquerda, apresenta-se a relação das origens da umidade nas construções. No mesmo demonstrativo, destacam-se os locais onde podem ser encontradas.

Ao lado deste, à direita, o quadro apresenta a origem das umidades nas construções.

ORIGENS	PRESENTE NA
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do concreto Confecção de argamassas Execução de pinturas
Umidade oriunda de chuvas	Coberturas (telhados) Paredes Lajes de terraços
Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensional)	Terra, através do lençol freático
Umidade resultante do vazamento de redes de água e esgotos	Paredes Telhados Pisos Terraços
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos Peças com pouca ventilação Banheiros, cozinha e garagens

Quadros 1 e 2: Relação das origens e origem das umidades das construções.
Fonte: Adaptada pela autora de KLEIN, modificada, 1999.

Em relação à umidade, deve-se observar que uma edificação é composta por vários tipos de materiais com capacidade de absorção distinta.

O teor de umidade é dado pela presença de água, gelo ou vapor de água no material (CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION Revue, 1982 apud POLISSENI, 1986). Esse teor de umidade possui a tendência de distribuir-se uniformemente por toda a massa do material. O mesmo autor afirma que as causas da presença de umidade nas edificações estão relacionadas com a:

- Umidade ascensional proveniente do solo: originada na absorção, pelas fundações, da água existente no terreno, a qual migra para as paredes e pisos da edificação. Seele (2000) declara que, em paredes de alvenaria de tijolo, o horizonte de capilaridade, ou seja, a altura, que a umidade ascensional pode alcançar, chega, em média, a 80 cm e alcança a altura máxima de 1,50m. Este mecanismo causa manchas nas regiões próximas ao solo, bolor, criptoflorescência e eflorescências.
- Absorção e penetração de água de chuva: é a ação da chuva associada com o vento – umidade por infiltração. As características que condicionam a penetração de água da chuva são a forma e a constituição dos materiais empregados, os quais determinam a intensidade dos fenômenos de capilaridade, difusão e absorção de umidade, bem como a ação da força da gravidade na penetração da água nas fendas ou trincas (PEREZ, 1985).
- Umidade de condensação: gerada em consequência de grande umidade no ar e da existência de superfícies que estejam com temperatura abaixo da correspondente ao ponto de orvalho. Esse fenômeno ocorre pela redução de capacidade de absorção de umidade pelo ar quando é resfriado, na interface da parede, precipitando-se. Pode-se afirmar então que os diferentes materiais, conforme suas densidades, acabam por se comportar de forma diferenciada quanto à condensação
- Umidade devido à higroscopicidade dos materiais: teor higroscópico é o conceito que se dá ao teor mínimo de umidade que, na prática, pode estar presente em um material poroso. Quando um material poroso se encontra em um meio úmido, seus poros absorvem uma quantidade de umidade que é função do diâmetro dos poros e da umidade relativa do meio ambiente (POLISSENI, 1986). A umidade higroscópica é consequência da difusão do vapor da água existente no ar para o interior do material através dos poros.

- Umidade incorporada durante o processo de construção: é a caracterizada pela umidade que ficou interna aos materiais na sua execução e que acaba por se exteriorizar em decorrência do equilíbrio que se estabelece entre o material e o meio ambiente. Um exemplo é a umidade contida nas argamassas de reboco que, logo após executadas, transferem o excesso de umidade para a parte interna das alvenarias, necessitando de um prazo maior do que o da cura do próprio reboco para entrar em equilíbrio com o ambiente em que está situada.
- Umidade acidental: Para Klüppel e Santana (2006), a umidade acidental costuma caracterizar-se pelo surgimento de manchas isoladas nas paredes, com formato próximo ao circular e com o centro mais úmido e por gerar pulverulências na área afetada.

Sobre a proliferação dos agentes biológicos, em relação à umidade e à temperatura, Filho (1993) afirma que essa proliferação é favorecida justamente pelos fatores antes mencionados, por isso, para ambientes internos, deve-se manter a temperatura entre 19º a 23º centígrados e a umidade relativa do ar entre 50% e 60% (sendo ideais 55%). Para se obter esses parâmetros, pode-se valer de meios auxiliares para o controle através de aparelhos como o ar condicionado, higrômetro (mede a umidade relativa do ar), termoigrômetro (mede temperatura e umidade) e desumificador (retira a umidade do ambiente).

O quadro 3 apresenta os principais tipos de manifestações patológicas constatadas. Lichtenstein (1985) afirma que estudos feitos pelo CSTC (Centro Scientifique et Technique de La Construction), na Bélgica, em 1976, em que foram comparadas 1200 manifestações patológicas, chegando à conclusão que os maiores problemas foram a umidade (37%), depois fissuração (16%), em seguida, deslocamento (15%) e o mínimo de problemas detectados dizia respeito ao aquecimento com apenas 4%.

Quadro 3: Distribuição dos tipos de manifestações patológicas.
Fonte: Adaptado pela autora de Lichtenstein (1985).

Entre as manifestações mais comuns referentes aos problemas de umidade em edificações, encontram-se mancha de umidade, corrosão, bolor, fungos, algas, liquens, eflorescências, descolamentos de revestimentos, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentíceas, fissuras e mudança de cor dos revestimentos.

A ação combinada do vento (pressão), a direção e a intensidade, tanto da chuva como do vento e as condições de exposição da alvenaria podem intensificar a infiltração de água.

Segundo Araújo (2003), são considerados danos típicos provocados pela umidade ascendente:

- Manchas na base das construções.
- Destruição dos rebocos e da argamassa de ligação, pela formação de sulfatos e pela consequente subida de água na superfície.
- Formação de bolores.
- Aumento da dispersão de calor proveniente do interior do edifício.
- Fenômenos de condensação em alvenarias de paredes mais finas.
- Ambiente insalubre.
- Destacamento das camadas superficiais em algumas pedras e no tijolo, por efeito da cristalização de sais.

2.3.1.4 Água Disponível

A água é imprescindível para a sobrevivência de qualquer ser vivo. É vital aos fungos também, pois auxilia no seu crescimento. Esse fator abiótico (a água), associado à atividade da água no material, à temperatura e ao oxigênio, são os fatores mais importantes para o crescimento de fungos (SANTOS et al., 1998).

A melhor definição para a concentração de água (água disponível), em termos de propriedades físico-químicas, em materiais, refere-se à medição de sua atividade (aw), ou seja, medição do teor de água livre no material. A água pode ocorrer como água ligada e água livre, resultando em conteúdo total de água (umidade), podendo apresentar-se intimamente ligada às moléculas constituintes do material. No entanto, essa água não pode ser removida ou utilizada para qualquer tipo de reação, uma vez que o metabolismo dos microorganismos é paralisado, não havendo desenvolvimento ou reprodução; ou pode encontrar-se livre, estando disponível para as reações físicas (evaporação), químicas (escurecimento) e microbiológicas, tornando-se a principal responsável pela deterioração. A velocidade das reações químicas, desejáveis ou não, depende da mobilidade e concentração dos compostos e enzimas envolvidos, que são conferidas pela quantidade de água livre (www.lamic.ufsm.br/info_aw.html).

2.3.1.5 Microrganismos, seus nutrientes e fontes energéticas

Os microrganismos necessitam de nutrientes e fontes de energia de carbono para seu desenvolvimento. Como resultado disso e por sua condição de seres heterotróficos, precisam obter água, minerais, vitaminas, glicídicos, lipídios e proteínas do meio ambiente, alimentando-se de outros organismos e dos seus produtos. O processamento de alimentos pelos seres heterotróficos inclui os processos de ingestão, digestão e absorção.

Nos materiais de construção, são utilizados, como nutrientes, diversos tipos de matéria orgânica, como os hidrocarbonetos, constituintes dos derivados de

petróleo, que podem estar aderidos aos materiais (SHIRAKAWA, et al., 1997b). Também há alguns aditivos que são utilizados no concreto (SHIRAKAWA, et al., 1998), como a sílica, constituinte do concreto, que pode ser utlizada no metabolismo das algas diatomáceas (RIBAS SILVA, 1995), bem como aditivos em tintas e vernizes, que podem servir de fonte de nutriente para os microrganismos (SAAD, 2002). Outras fontes de nutrientes são os poluentes atmosféricos, ricos em ácidos graxos e hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos e policílicos (MITCHELL; GU, 2000) que, ao serem depositados sobre a superfície dos materiais, são utilizados por microrganismos heterotróficos, gerando danos ao material (ZANARDINI, et al., 2000).

2.3.1.6 Outros fatores relevantes

O oxigênio é fator determinante para a seleção do microrganismo, sendo sua presença fundamental para os microrganismos aeróbicos, como os fungos, e sua ausência é determinante para o crescimento das bactérias anaeróbicas (SHIRAKAWA; et al., 1998).

Saad (2002) afirma que existem diversos fatores a influenciar no crescimento fúngico em edificações, destacando os edifícios de bibliotecas conforme se mostra na Figura 10. Nessas edificações, pode-se destacar que, desde a fase do seu projeto, precisa- se de cuidados fundamentais e em detalhes para o melhor conforto, evitando problemas causados pela falta de prevenção. Além disso, a fase de construção é de extrema importância que seja acompanhada com bastante cuidado, para evitar problemas futuros. A figura também aponta sobre a ocupação da edificação, onde, em algumas vezes, acontece a troca de atividades, tornando o ambiente inadequado. Está exposto, também, na imagem, os fatores imprescindíveis a serem observados, como por exemplo, o microclima interno, o ar externo,a falta de ventilação, dentre outros.

Figura 10 - Fatores que influenciam o crescimento fúngico em bibliotecas
Fonte:SAAD, 2002.

2.4 Biofilme

Em 1674, ocorreu a descoberta do biofilme pelo cientista Antonie van Leeuwenhoek, quando, pela primeira vez, observou, por um primitivo microscópio, um conjunto de microrganismos, que habitavam uma superfície dentária, vivendo em associação, determinando-os de “animálculos”. Com isso, acreditou-se na existência de uma forma de associação complexa e diferenciada. No entanto, somente em 1970, a palavra biofilme foi introduzida na literatura científica para definir essa forma de associação (COSTERTON et al., 1887).

O termo biofilme possui vastas e variadas definições. Singh et al. (2006) definem como um acúmulo de células microbianas que atacam a superfície abiótica ou bioticamente, cuja formação só ocorre quando há um fluxo de nutrientes suficientes. Shirakawa *et al*. (1998) asseveram que o biofilme é como uma película produzida principalmente em “presença de água por microrganismos vivos com atividade metabólica”, expelindo substâncias extracelulares, formadas por polissacarídeos e produtos ácidos.

A formação do biofilme, que acontece de forma muito lenta, é um processo cumulativo, não uniforme no tempo e no espaço (CHARACKLIS & MARSHALL, 1990).

Entre tantas teorias, a mais aceita para a formação do biofilme é a denominada por Bott (1993), que considera a formação do biofilme como resultado da agregação de substâncias orgânicas, microrganismos e produtos derivados do próprio metabolismo desses organismos. Seu desenvolvimento se dá em cinco fases conforme a Figura 11.

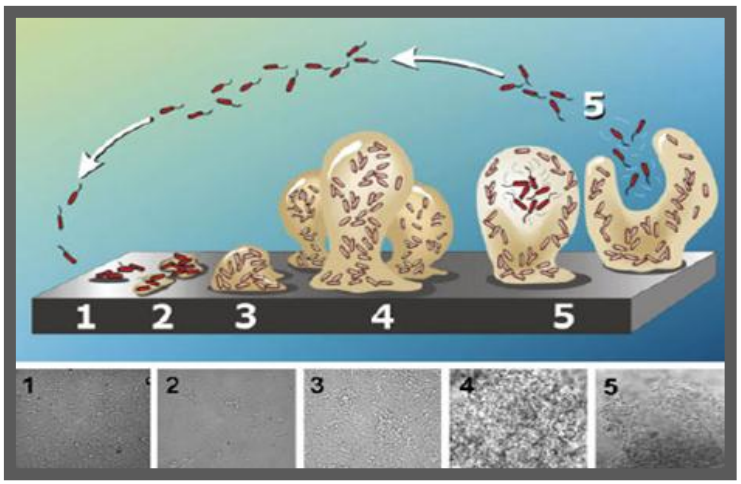


Figura 11 - Ilustração das cinco principais fases da formação e desenvolvimento do biofilme com suas respectivas micrografias eletrônicas de varreduras reais.
Fonte: Bott ,1993.

A princípio, ocorre o transporte das moléculas orgânicas e organismos autotróficos que vão se depositando na superfície, formando uma camada inicial fina e retilínea. Seu desenvolvimento também pode ser proveniente da decomposição de microrganismos mortos e sua formação é iniciada com a aderência de substância polimérica extracelular, “de aparência gelatinosa, composta predominantemente de exopolisacarídeos (EPS), estabelecendo assim a formação do biofilme” (LEWANDOWSHY; CUNNINGHAM, 1998, apud PINHEIRO, 2003, p.47), na região do material de construção, conforme a Figura 12. O EPS (substâncias poliméricas extracelulares) representa cerca de 70 a 90% do total da formação do biofilme, além de água, partículas retidas, adsorvidas e dissolvidas. Já os microrganismos constituem pequena parte da sua composição e representam 10% do seu total (Flemming, 1993). Esse percentual pode sofrer variação, dependendo das espécies envolvidas na formação do biofilme.

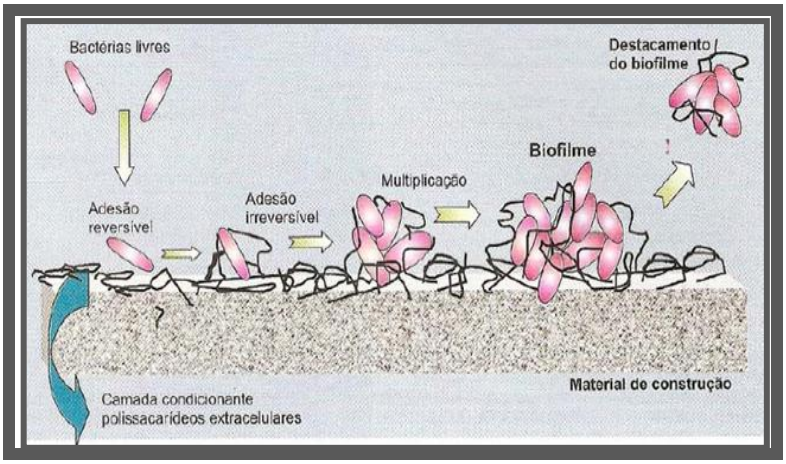


Figura 12 – Sequência da formação de biofilme sobre a superfície de um material.
Fonte: SHIRAKAWA et al.1998.

Depois de estabelecido o biofilme, ele pode proporcionar a fixação de outros microrganismos, a adesão de outras partículas e também se destacar na superfície, criando microambientes com concentrações de pH e oxigênio diferenciadas (SHIRAKAWA *et al*. 1998).

2.5. Bioreceptividade

Guilletti (1995) define bioreceptividade como a capacidade oferecida por um material, através de suas propriedades, de ser colonizado por um ou mais grupos de organismos vivos, sem ser necessariamente deteriorado. “Colonizar” indica que o material deverá proporcionar aos organismos vivos condições de fixação, multiplicação e desenvolvimento, existindo, assim, uma relação ecológica entre o organismo e o material.

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 (GUILLETTI, 1995). Com isso, o mesmo autor ainda afirma que o termo bioreceptividade somente é aceito quando as propriedades dos materiais permanecem bastante semelhantes

ou idênticas, após a colonização pelos microrganismos, em relação ao seu estado inicial, tanto no âmbito físico quanto no químico.

Na figura 13, está ilustrando o conceito de bioreceptividade de um material pétreo onde 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).

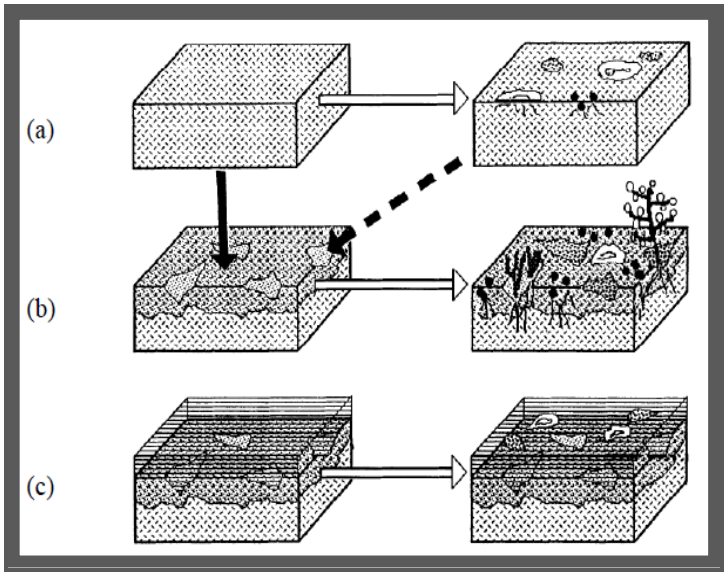


Figura 13 – (a)Bioreceptividade de ordem primária,(b) secundária, (c) terciária em um material pétreo.
Fonte: GUILLETTI, 1995, p. 217.

Denomina-se *"bioreceptividade primária*", quando um material é colonizado pela primeira vez e suas propriedades permanecem quase inalteradas. A "*bioreceptividade secundária*" ocorre quando essas propriedades sofrem alteração decorrente da colonização inicial, proporcionando a formação de um novo tipo de colônia. Entrementes, quando os substratos sofrem uma intervenção externa, como tratamentos com biocida e/ou polimento, o material resultante adquire um outro potencial, denominado "*bioreceptividade terciária*".

As características iniciais da bioreceptividade, quando alteradas, podem resultar em um outro tipo de colonização, podendo ou não estar relacionada diretamente com as propriedades do material, porém pode-se classificar três fases da bioreceptividade como "*extrínseca, semiextrínseca e intrínseca"* pelas seguintes

características: a *bioreceptividade extrínseca,* quando a colonização depende basicamente da natureza do material depositado; a *biorecetividade semiextrínseca,* quando depende tanto da natureza do material depositado quanto do próprio material, e a *biorecetividade intrínseca* depende unicamente da natureza do material (GUILLETTI, 1995).

A bioreceptividade dos materiais de construção civil é altamente variável e pode ser controlada, primeiramente pela sua rugosidade superficial e, em seguida, pela porosidade antes de ser colonizada pela natureza. Nesse processo, ocorre o que define Guilletti e Dreesen (1995): a rugosidade superficial é responsável pela ancoragem dos microrganismos sobre o material, enquanto a porosidade influi diretamente na absorção e na retenção de água necessária para o metabolismo do microrganismo, tornando-se, assim, uma das principais propriedades do material a favorecer a colonização (DUBOSC, 2000).

Em estudo realizado, concluiu-se que a argamassa de tijolos apresenta uma bioreceptividade de ordem primária inferior ao concreto, sendo que a argamassa, por sua maior porosidade, apresenta maior índice de biodeterioração devido à bioreceptividade de sua ordem extrínseca secundária mais significativa que o tijolo, apesar deste apresentar maior capilaridade (GUILLETTI; DREESEN, 1995).

2.6 Organismos Deteriorantes e Mecanismos de Biodeterioração

2.6.1 Agentes Biológicos

Queruz (2007) afirma que agentes biológicos são todos os elementos vivos que atacam uma edificação, ou parte dela. Ressalta, ainda, que esses agentes podem, também, corromper algum dos componentes da mesma edificação.

A manifestação de agentes biológicos, na ocorrência de patologias, manifesta-se devido ao fato da existência de organismos vivos (animal ou vegetal), que colocam em risco a superfície dos materiais em sua esfera física ou química (CARRIÓ apud GARCIA, 1999). O autor ainda classifica esses agentes como:

- *Animais:* dentre *os* animais de pequeno porte, pode-se citar os insetos, que podem viver dentro do material ou alimentar-se dele ocasionando as lesões, e

os animais de maior porte, como as aves, que podem agir de forma erosiva, sobre as coberturas e fachadas, fazendo ninhos, por exemplo.

- *Plantas:* podem ser espécies microscópicas ou de porte, que atacam as edificações de forma mecânica ou pela ação de suas propriedades.
- *Microrganismos:* compreendem os fungos, algas, bactérias e cianobactérias.

Destaca-se, também, como agentes deteriorantes, o uso e a ação do homem, que ocasionam danos às edificações, tornando-se visível o resultado do descaso e da falta de manutenção em algumas edificações. Igualmente, evidencia-se o vandalismo e as ações inadequadas realizadas pelo homem, como as ocupações indevidas e ainda ações de interferência estrutural nas edificações sem acompanhamento técnico (LERSCH, 2003).

2.6.2 A ação dos microrganismos

Pelczar (1996) afirma que os microrganismos são bastante versáteis, adaptando-se com facilidade, ao meio ambiente. O mesmo autor ressalta que isso acontece gerido por suas diversidades de exigências nutricionais, necessitando de elementos químicos como Carbono (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Enxofre (S), Sódio (Na), Ferro (Fe), entre outras moléculas, para se manifestar.

Os microrganismos são classificados conforme suas características nutricionais. (Quadro 4) São eles: os autotróficos, que se nutrem de componentes inorgânicos e os heterotróficos, que são organismos que se desenvolvem em locais onde existam componentes orgânicos necessários para o seu desenvolvimento, ressaltando-se que ambos preferem superfícies com alto teor de umidade.

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.
Quimioautotrófagos	Resulta de reações químicas	CO_2	H2 Fe 2+ NH4+ NO2 S, $S_2O_3^{2-}$	oxigênio	Organismos aeróbios: Bactérias de hidrogênio, Bactérias férreas, Bactérias de Nitrificantes, Bactérias sulfo-oxidantes.
Fotoheterotróficos ou Fotoorganotróficos	Luz do Sol	Orgânica	Orgânica	Oxigênio	Organismos aeróbios: Bactérias fotossintetizantes, Algumas algas.
			H2S H2	Orgânica	Organismos de Anaeróbicos: Bactérias sulfurosas verdes e púrpuras Bactérias púrpuras não-sulfurosas
Quimioheterotróficos ou quimioorganotróficos	Reações químicas	-	-	Oxigênio	Organismos aeróbios: *Actinomycetos*, Animais, Fungos e bactérias aeróbicos
		Orgânica	Orgânica $S_1S_2O_3^{2-}$ H2S	Orgânicos NO_3^- SO_4^{2-}	Organismos de Anaeróbicos: Bactérias fermentadoras, Bactérias Desnitrificantes, Bactérias redutoras de enxofre.

Quadro 4: Classificação de organismos baseada nas exigências nutricionais.
Fonte: KUMAR; KUMAR 1999. p.4.

A causa de deterioração por microrganismos em materiais minerais ocorre através dos seguintes mecanismos: ataque ácido (ácidos de natureza orgânica e inorgânica, que reagem com os elementos minerais dos materiais como as rochas calcárias e o concreto, gerando sua dissolução e, consequentemente, a deterioração do mateiral), tensão de sais (o processo de deterioração ocorre devido aos ácidos excretados durante o metabolismo dos microrganismos, que são convertidos em sais e reagem com a matriz do material), complexação – mecânismo pelo qual certas substâncias químicas podem remover moléculas de metais de vários substratos – (RESENDE,2001) e ação do biofilme, cujo processo desencadeia a deterioração dos materiais minerais, devido à formação de biofilme diretamente relacionada à retenção e ao fluxo de água no interior do material (SAND; BOCK,1991ª; SHIRAKAWA,1994).

De uma forma tradicional, os microrganismos têm sido classificados de acordo com características morfofisiológicas da cultura pura, não levando em consideração sua classificação evolutiva (VALINSKI et al., 2002).

As bactérias, fungos, algas e liquens são os agentes principais envolvidos na deterioração. Isso ocorre porque os fungos e a maioria das bactérias se alimentam de materiais orgânicos.

Quando se analisa a deterioração dos materiais de construção, nota-se uma grande variedade de microrganismos presentes nestes, tais como bactérias, cianobactérias, algas e fungos. Essas comunidades polimicrobianas formam associações, em que muitos microrganismos obtêm vantagens mútuas, como estocagem e liberação de água e metabólicos (FLORES et al., 1997).

Entre os microrganismos isolados de paredes através de cultivo em meios artificiais em laboratório, é comum se encontrar a presença de leveduras de gênero *Rhodotorula*, bactérias dos gêneros *Bacillus, Micrococcus* e *Pseudomonas,* e alguns fungos como *Ulocladium, Phoma, Alternaria, Penicilium* e *Cladosporium* (FLORES *et al*., 1997).

2.6.2.1 Bactérias

Seres procarióticos (não possuem membrana nuclear e outras estruturas intracelulares), de morfologia simples, as bactérias 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). Encontram-se nos mais diversos ambientes, podendo sobreviver em ambientes hostis, como de altas temperaturas, sendo responsáveis pela deterioração da matéria orgânica (PELCZAR, 1996 apud SILVA, 2009). Algumas espécies de bacilos são capazes de formar paredes muito resistentes ao calor, radiação e até mesmo a desinfecção química (HAUNG, 1993 apud TOUMELA, 2000).

Os principais grupos de bactérias, que agem na biodeterioração de materiais de construção civil são: bactérias quimioautotróficas sulfo-oxidantes e nitrificantes e bactérias heterotróficas, inclusive os actinomicetos (GAYLARDE e MORTON, 1997). As bactérias sulfo-oxidantes, segundo Pinheiro (2003), através da oxidação de sulfetos, que provém de agentes poluentes, dos agregados ou de colonizações biológicas anteriores, como os sulfetos gerados pelas bactérias sulforedutoras, são responsáveis pela produção de ácido sulfúrico. A biodeterioração no concreto por

essas bactérias sulfo-oxidantes se dá no ataque do ácido sulfúrico aos constituintes cálcicos da pasta de concreto. Reagem, envolvendo fenômenos como a lixiviação e o desenvolvimento de etringita expansiva no interior dos poros (FERREIRA e ALMEIRA apud Pinheiro, 2003), o que causa fissuração, desagregação e perda de resistência mecânica, proveniente da falta de coesão entre a pasta de cimento e o agregado (NEVILE, 1997).

As bactérias nitrificantes produzem ácido nítrico através da oxidação de compostos como amônia, óxidos e ácidos nitrosos, que, quando em proximidade com os materiais de construção como o cimento, pedras, mármores ou arenitos, podem dissolver os componentes cálcicos, produzindo o nitrato de cálcio solúvel, o que enfraquece a estrutura (PINHEIRO, 2003).

O ataque dessas bactérias nos materiais de construção, geralmente, é causado pela ação dos ácidos orgânicos, que provocam a lixiviação dos materiais e pela formação de substâncias extracelulares, o que modifica a porosidade e a permeabilidade do material e a descoloração da superfície do material.

2.6.2.2 Cianobactérias e Algas

Microrganismos com estrutura celular eucariótica, as algas são classificadas como seres autotróficos, as cianobactérias, por sua vez, geralmente são colonizadores primários de pedra, servindo como fontes de carbono para as demais comunidades se proliferarem. Após seu crescimento fotossintético, produzem oxigênio (O_2) e utilizam dióxido de carbono (CO_2) como à única fonte de carbono (PELCZAR, 1996).

O crescimento e a atividade metabólica desses organismos são regulados por parâmetros naturais como a luz e a umidade. Tais organismos crescem sobre as superfícies externas das construções, causando descoloração e deterioração físico-química dos materiais de construção civil (WARSCHEID e BRAAMS, 2000, GAYLARDE e GAYLARDE, 2000).

A ação das algas e das cianobactérias em edificações dão-se, na maioria das vezes, em monumentos de pedra, geralmente, associadas a outras bactérias, apresentando-se em forma de manchas diversas, podendo ser identificadas pela sua

coloração: manchas pretas produzidas pela degradação da clorofila, ferro e minerais manganês, manchas verdes originárias de algas fotossintetizantes e cianobactérias; manchas vermelhas que derivam de pigmentos de bactérias químio-organotróficas e produtos de 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).

O aparecimento dessas manchas de colorações variadas e crescimento acelerado dão à edificação um aspecto de desleixo.

Esses organismos são encontrados em pontos das edificações que apresentam maior umidade, tipo próximo de tubulações com vazamentos ou calhas de telhados em áreas frequentemente molhadas pela chuva e com sistema de drenagem insuficiente ou inadequado (ALLSOPP *et. al*., 2004).

As algas e as cianobactérias causam manchas não só em rochas, como em materiais cimentícios, madeiras e superfícies pintadas, uma forma de biodeterioração estética e tendo a incidência da luz como requisito principal para que isso ocorra.

Allsopp et al., (2004), afirma que, apesar de as cianobactérias serem muito resistentes a condições extremas de umidade e temperatura, sua maior proteção se dá a partir dos pigmentos internos, que protegem as células contra raios UV.

2.6.2.3 Fungos

Os fungos são organismos pertencentes ao Reino *Fungi*, que obtêm seu alimento por absorção e não possuem clorofila. Pelczar et al., (1996), classifica os fungos como unicelulares, multicelulares, micro e macroscópicos, geralmente químio-heterotróficos e dividem-se em três grupos principais: os fungos filamentosos, as leveduras e os cogumelos (BROCK e MADIGAM, 1988).

Os fungos desenvolvem-se na presença de água e a uma temperatura entre 20 a 25 °C, com uma pequena quantidade de oxigênio, luz e nutrientes, como carbono e nitrogênio (PINHEIRO, 2003).

Assim como as algas e as cianobactérias, os fungos também causam a biodeterioração de forma antiestética, pois geram manchas nas superfícies dos

materiais, através da ação dos ácidos orgânicos e inorgânicos produzidos durante seu metabolismo e pela “penetração das hifas na estrutura cristalina do material” (SAAD, 2002, PINHEIRO, 2003). Os fungos, presentes nesse mecanismo de deterioração, são os filamentosos, caracterizados pela formação de filamentos, formando tufos compactados, denominados *mycelium.* Contudo, a presença de leveduras também pode ser observada em concretos deteriorados (RIBAS SILVA, 1990).

Nos quadros 5 e 6 (GOMEZ-ALARCOM e TORRE, 1994), pode-se observar a ação dos ácidos orgânicos provenientes de fungos sobre os minerais de arenitos, s rochas calcárias e o granito, demonstrando que as rochas calcárias são mais favoráveis ao crescimento dos fungos filamentosos, apresentando, com frequência, o carbonato de cálcio deteriorado e os elementos de Ca, Mg, Na e K solubilizados. Já os materiais provenientes de rochas, como o arenito e o granito, são mais resistentes, porém apresentam solubilização de elementos como o Fe, o Al, o Na, o Ca e o K. Entre os minerais, os silicatos, inclusive aqueles que contêm Fe e Mg, como as micas e os feldspatos, são os mais suscetíveis ao ataque fúngico, sendo o quartzo um pouco mais resistente.

Rocha minerais	Mecanismo de deterioração ação corrosiva dos ácidos orgânicos	Elemento deteriorado
Arenito	Glucônico Cítrico Oxálico	Solubilização do Fe e Al
Rochas calcárias	Glucônico Cítrico Oxálico	Solubilização de Ca e Mg Solubilização de Na Solubilização de K, Ca e Mg
Granito	Cítrico	Solubilização de Al, Fe e Mg
Silicato (Feldspatos)	Cítrico Oxálico	Solubilização de Al, Ca, Na e K
Silicatos (Biotitas)	Cítrico Oxálico	Dissolução de K, Mg, Fe, Al e Ca
Silicatos (outros)	Glucônico	Solubilização de Fe, Mg, K e Al

Quadro 5: Ação dos ácidos orgânicos provenientes de fungos sobre os minerais de arenitos rochas calcárias e granito.
Fonte: GOMES – ALLARCON; TORRE, 1994.

Rocha	Mecanismo de deterioração	Elemento cristalizado
Arenito	Formação de cristais de sais que se precipitam na superfície e nos poros do material	Oxalato monohidratado de Ca Oxalato dihidratado de Ca Oxalato de Mg Oxalato Fe Citrato Ca
Rochas calcárias		Oxalato monohidratado de Ca Oxalato dihidratado de Ca Oxalato de Mg Citrato de Mg
Granito		Oxalato monohidratado de Ca Oxalato de Mg
Arenito	Oxidação de minerais	Oxidação do Mn e Fe
Rochas calcárias		Oxidação do Mn e Fe

Quadro 6: Produtos de deterioração provenientes da ação de fungos sobre os minerais de arenitos, rochas calcárias e granito.
Fonte: GOMEZ – ALLARCON; TORRE, 1994.

Segundo Saad (2003), dentre 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 ser associados com outras espécies de fungos, bactérias e algas. No entanto, esses fungos produzem ácidos (glucômico, cítrico, fumárico e oxálico), que dissolvem 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). Vale ressaltar que uma característica importante é que esses ácidos produzidos podem reduzir o pH para menos de 5, aumentando os danos e a corrosão do concreto armado (SAAD, 2003).

A seguir, algumas características de fungos que causam deterioração nos materiais e que, geralmente, são encontrados em ambientes externos e internos:

Aspergillus

Esses fungos participam do mecanismo de biodeterioração de rochas calcárias e arenitos (KUMAR; KUMAR, 1999). São, frequentemente, isolados em alguns locais, inclusive, nos materiais de construção em edificações danificadas por água. Seu crescimento ocorre com valores de disponibilidade de água (Aw) entre 0.71 e 0.94 (DOMSCH et al. 1980, SANTOS et al., 1998). Os esporos também podem ser encontrados em sistemas úmidos de ventilação e em poeira da casa.

Muitas vezes, produzem microtoxinas que podem estar associadas com doenças nos seres humanos e animais. A produção da toxina é dependente da espécie, das cepas e da fonte do alimento para o fungo.

O *Aspergillus* é um fungo causador de asma, podendo até desenvolver enfisema pulmonar.

Em relação ao concreto, durante ensaios experimentais com *Aspergillus glaucus,* observava-se a perda de massa do material em um alto nível de liberação de cálcio, indicando a deterioração do material (McCRORMACK, et al., 1996).

Fusarium

Os fungos desse gênero são encontrados na biodeterioração de rochas calcárias, arenitos e andesito (KUMAR; KUMAR, 1999).

Em laboratório, amostras de concreto, expostas à ação do fungo *Fusarium,* apresentam perda de massa e liberação de cálcio, observando-se também a penetração de hifa no interior da estrutura do concreto (GU *et al*, 1998).

Penicillium

Esse tipo de fungo é facilmente encontrado em substratos de natureza mineral, como pedras naturais e materiais cimentícios, estando presente na biodeterioração de diversos tipos de rochas calcárias, arenitos e andesito (RESENDE *et al*., 1996; RESENDE, 1997, 2001, KUMAR e KUMAR, 1999).

Shirakawa et. al (1997) relata a presença de *Penicillium* sp. e a evidência de sua participação na biodeterioração do material em um túnel metroviário, que se encontrava em contato com solo contaminado com óleo diesel.

Cladosporium

Esse fungo encontra-se, frequentemente, em ambientes externos e internos de edificações. Os esporos secos são facilmente transportados por longas distâncias de ar.

As edificações com pouca ventilação e situadas em ambientes úmidos podem apresentar elevada concentração de *Cladosporium.* Fazem-se presentes na biodeterioração de arenitos, rochas calcárias, granitos, pedra sabão, quartzos e minerais cimentícios como argamassa e concreto (RIBAS SILVA, 1990, 1995 d;

GOMES-ALARCON e TORRE, 1994; SHIRAKAWA *ET al*., 1995; RESENDE et *al*., 1996; KUMAR e KUMAR, 1999).

Destacam-se dois expressivos exemplos da ocorrência dos fungos do gênero *Cladosporium* sobre materiais cimentícios (concreto deteriorado): um em Brasília (RIBAS SILVA, 1990) e o outro encontrado sobre o revestimento de argamassas utilizado em edificações na região de São Bernardo do Campo e sobre paredes revestidas com tinta (SHIRAKAWA *et al*., 1995, 2002; SHIRAKAWA, 1999).

2.7 Manifestações Patológicas em Edificações

Os problemas patológicos, que apresentam manifestações externas características, são problemas evolutivos que tendem a se agravar com o tempo, porém pode-se compreender a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, o que possibilita se determinar as prováveis conseqüências de tais problemas (HELENE, 1992).

Souza e Ripper (1998) afirmam que as falhas se originam desde a fase de concepção de projeto e aumentam conforme a estrutura vai sendo construída. Entretanto, pode-se também afirmar que, em geral, os problemas patológicos são evolutivos e tendem a se agravar, além de acarretarem outros problemas associados ao inicial (ZAPLA, 2009).

A Figura 14 mostra o aumento exponencial do custo de intervenção em relação ao tempo despendido para solucionar o problema, pois, se for solucionado ainda na fase de projeto, não gerará custo nenhum e também, nessa fase, pode-se definir algumas medidas vitais para aumentar a proteção e a durabilidade dos edifícios.

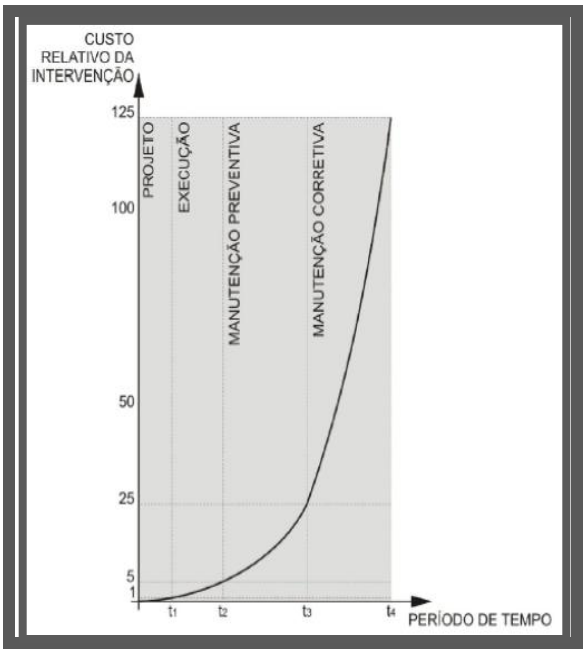


Figura 14 – Lei de evolução de custos.
Fonte: CEB apud HELENE (1992).

Para Taguchi (2008), os seguintes aspectos ressaltam a importância devida ao estudo das patologias nas construções:

- A evolução da tecnologia dos materiais de construção e das técnicas de projeto e execução;
- a conjuntura sócio-econômica de países em desenvolvimento, com obras conduzidas com rapidez, porém com pouco rigor no controle de qualidade;
- a ausência de manutenção e prevenção (custo inicial e final);
- a normatização insuficiente.

2.7.1 Principais Patologias em alvenaria e revestimentos

Ceotto et.al., (2005), coloca as principais patologias observadas na alvenaria e nos revestimentos externos, também aplicáveis aos ambientes internos:

- Aparecimento de fissuras e trincas;
- umidade ascensional;
- deslocamento do revestimento;

- alteração precoce no aspecto original do material, como por exemplo, a perda da colaboração, baixo desempenho e baixa durabilidade dos materiais empregados.

Os principais fatores, tendo como foco as principais patologias de revestimentos e de vedações verticais, podem ser assim definidos pelo Quadro 7.

PATOLOGIA	FATORES INTERVENIENTES
INFILTRAÇÃO	Revestimentos de argamassa: porosidade do reboco, execução de juntas, utilização de saibro. Alvenaria de vedação: falta ou deficiência de impermeabilização (ascensão capilar), problemas de drenagem.
DESLOCAMENTO DO REVESTIMENTO	Revestimentos de argamassa: hidratação de cal, grande quantidade de cimento e cal na argamassa, espessura da camada de argamassa (reboco), tipo de superfície da base (rugosidade), ausência de camada de chapisco, excesso de finos no agregado.
DESPRENDIMENTO DE CERÂMICA	Revestimentos cerâmico: tipo de argamassa, espessura da camada de argamassa,característica da base,movimentações estruturais, dilatação térmica, tempo para início de assentamento, ausência de juntas, qualidade da cerâmica.
BOLOR	Revestimentos de argamassa e alvenaria de vedação: materiais utilizados (agregados, aglomerantes), umidade, ventilação, traço da argamassa, local de exposição, umidade.
DESLOCAMENTO DO REVESTIMENTO DA ARGAMASSA	Revestimentos cerâmico: aderência à base, espessura do revestimento, materiais utilizados, falta de chapisco.

Quadro 7: Principais patologias de revestimentos, vedações verticais e seus fatores intervenientes. FONTE: Adaptada pela autora de CINCOTTO, 1989; CINCOTTO et al., 1995; VERÇOZA, 1989; COZZA, 1996.

2.7.2 Fissuras, trincas e rachaduras

A identificação das fissuras e de suas causas é de vital importância para a definição do tratamento adequado para a recuperação da alvenaria, sendo que esses problemas são os primeiros a serem observados na sintomatologia das alvenarias e vedações.

O diagnóstico da origem dessa patologia pode ser definido pela configuração da fissura, da abertura, do espaçamento e, se possível, pela época de ocorrência

(após anos, semanas, ou mesmo algumas horas da execução), considerando as diferentes propriedades mecânicas e elásticas dos constituintes da alvenaria e em função das solicitações atuantes.

A fissura, de uma forma geral, é uma patologia importante devido a três aspectos:

- O aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura;

- o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústico, entre outros);

- o constrangimento psicológico, que a fissuração do edifício exerce sobre os usuários (THOMAZ, 1989).

A norma brasileira NBR 8802 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994b), que prescreve o método de ensaio para determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais no interior de um componente de concreto, determina a seguinte distinção entre fissura e trinca (indicadas para o concreto armado, podendo também ser utilizadas para alvenarias):

- Fissura é a ruptura ocorrida no material sob ações mecânicas ou físico-químicas com até 0,5 mm de abertura;

- trinca é a ruptura ocorrida acima de 0,5 mm.

As fissuras podem ser classificadas segundo diferentes critérios: a abertura, a atividade, a forma, as causas, a direção, as tensões envolvidas, o tipo, entre outras. Consideram-se fissuras, que podem provocar patologias, aquelas que são visíveis a olho nu, quando observadas a uma distância maior que um metro, ou aquelas que, independentemente da sua abertura, estejam provocando penetração de umidade para dentro das edificações (CEOTTO et al., 2005).

Na Figura 15, estão representados alguns tipos de trincas e fissuras que podem se apresentar nas edificações:

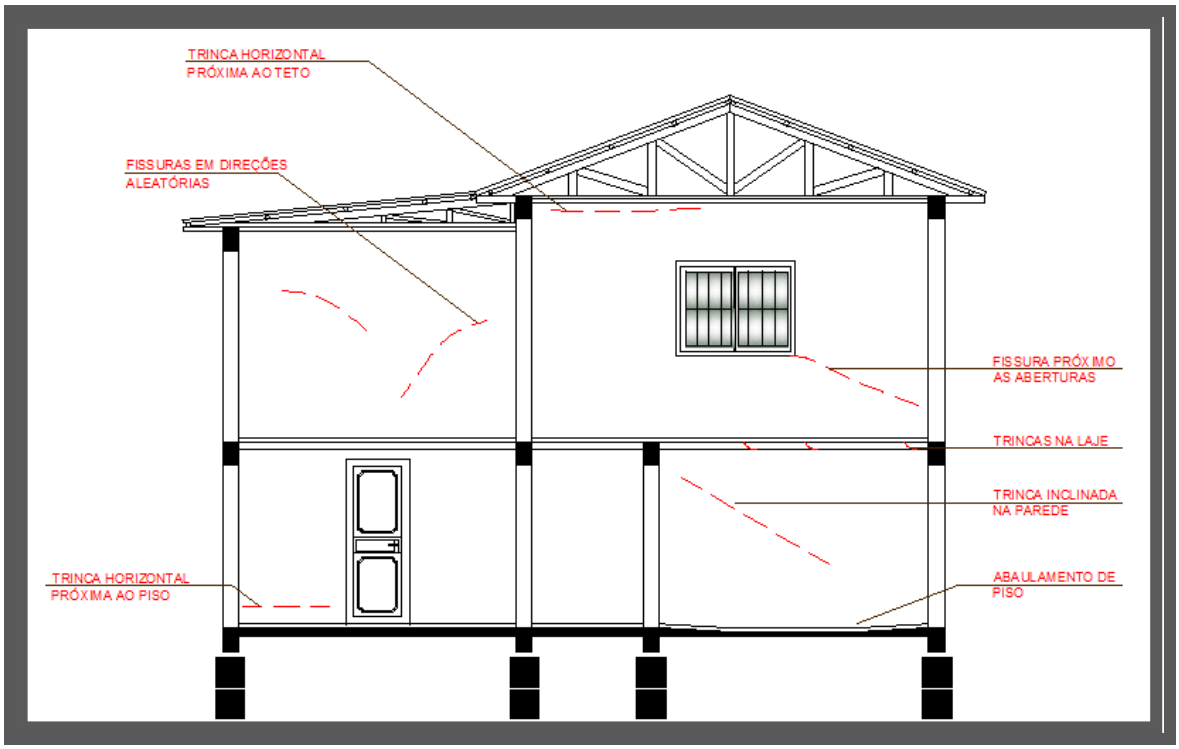


Figura 15 - Principais tipos de fissuras ou trincas encontradas em uma edificação.
Fonte: Adaptada pela autora de Ebatanaw,2001.

2.7.3 Destacamento, deslocamento ou revestimento solto

É imprescindível se observar em que interface ocorre esse descolamento (base/chapisco, chapisco/argamassa ou argamassa/acabamento). Ao se detectar esse tipo de patologia, deve-se ampliar a observação na inspeção, a qual deverá ser feita cuidadosamente em toda a superfície afetada. Deverão ser mapeadas todas as regiões que apresentarem som cavo, registrando-se em desenhos ou esquemas para facilitar a análise. Fissuras poderão ocorrer concomitantemente com esse quadro patológico (TAGUCHI, 2008).

2.7.4 Manchas

À identificação destas patologias, (alteração no aspecto original da coloração no revestimento), deve-se efetuar uma inspeção visual em toda a alvenaria,

observando-se alterações como descoloração e perda do brilho, manchas, descascamentos, esfarelamentos, eflorescências, gretamentos, entre outros.

As manchas podem estar relacionadas aos seguintes problemas:

- Infiltração de água através das falhas ou da porosidade do rejuntamento;
- excesso de água de amassamento da argamassa;
- presença de impurezas nas areias, tais como óxidos e hidróxidos de ferro.

2.7.5 Eflorescências

A eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície dos revestimentos, alvenarias, concreto, argamassas, etc., como resultado da sua exposição à água de infiltrações ou intempéries (UEMOTO 1985).

Esse tipo de problema é considerado um dano por alterar a aparência do elemento onde se deposita.

Menezes et al., (2006), classifica eflorescência como depósito salino que se acumula em peças cerâmicas queimadas, sendo a água o agente transportador dos sais solúveis.

O termo florescência pode ser dividido em subflorescências: eflorescências e criptoflorescências.

Dias (2003) caracteriza as eflorescências com o aparecimento de manchas, depósitos esbranquiçados e pulverulentos na superfície de argamassas, concretos, alvenarias, materiais cerâmicos e outros, sendo que esses depósitos esbranquiçados são sais cristalizados de metais alcalinos e alcalinos terrosos. Já as criptoflorescências são formações salinas que ficam ocultas, ou seja, a cristalização não é superficial. Wilson (1984), citado por Dias (2003), afirma que a criptoflorescência não é tão fácil de ser detectada como a eflorescência. Em contrapartida, provoca danos aos componentes, como é o caso de sais que, ao se cristalizarem, aumentam de volume. Como resultado disso, geram tensões internas que deterioram os revestimentos.

Para a ocorrência da eflorescência, devem existir, concomitantemente, três condições:

- Existência de teor de sais solúveis nos materiais ou nos componentes;

- presença de água;
- pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície.

Portanto, para evitar esse fenômeno, deve-se eliminar uma dessas três condições.

Os seguintes fatores externos contribuem, também, para a eflorescência:

- Quantidade de água;
- tempo de contato;
- elevação da temperatura;
- porosidade dos componentes (TAGUCHI, 2008).

2.8 Investigação, Detecção e avaliação de patologias em Edificações

Para o entendimento sobre as patologias de uma determinada edificação, é preciso saber, conhecer e compreender, em todos os níveis, as manifestações das degradações dos sistemas e componentes construtivos (TINOCO, 2009). Para a melhor avaliação das patologias nas edificações, é preciso que a detecção desse processo de deterioração seja identificada em sua fase inicial, com isso, é importante investigar e determinar suas causas para que possa ser monitorado esse processo e para que sejam tomadas decisões corretas na sua recuperação.

A escolha do método e da técnica para a coleta das informações não deve ocorrer de forma aleatória. Precisa atender às características do objeto de estudo, do problema a ser investigado, da natureza das informações, assim como as características específicas dos espaços e de seus usuários (REIS & LAY, 2004).

Pode haver danos ocultos, sendo que a detecção e o diagnóstico de tais defeitos requerem perícia e uma investigação detalhada, incluindo técnicas não destrutivas, testes de materiais, medições, monitoramento entre outros procedimentos. Com isso, pode-se afirmar, apontando como as principais desvantagens das avaliações através das observações visuais afirmadas por Watt (1999), que

- a subjetividade da avaliação pode tornar os resultados mais vulneráveis às falhas;

- as observações visuais não podem detectar defeitos latentes ou as fases iniciais de deterioração.

Segundo Taguchi (2008), a avaliação das patologias das alvenarias e suas extensões têm como objetivos imediatos os seguintes itens:

- Detectar o processo de deterioração na sua fase inicial;

- investigar e determinar as causas da deterioração;

- monitorar o progresso do processo de deterioração, com respeito à intensidade e à extensão dos danos, para tomar as corretas decisões no tempo certo.

A classificação da avaliação das patologias fornecerá subsídios para posteriores reparos e manutenções.

O método com maior eficiência e de simples aplicação na detecção, levantamento e representação de danos e patologias é a elaboração do Mapa de Danos e o Mapeamento de Danos. Justifica-se esse procedimento porque, através desse método, é possível que seja feita a caracterização dos diversos níveis de degradação da edificação através da representação gráfica e fotográfica da mesma, tornando possível o conhecimento sobre as alterações estruturais e funcionais dos materiais, nas técnicas, nos sistemas e nos componentes construtivos (TINOCO 2009).

De acordo com Tinoco (2009), Campelo, Pestana e Lins (2009, p.02), pode-se definir Mapa de Danos:

> Mapa de Danos é a representação gráfica do levantamento de todos os danos existentes e identificados na edificação, relacionando-os aos seus agentes e causas. São considerados todos os tipos de lesões e perdas materiais e estruturais, tais como: fissuras, degradações, destacamento de argamassas, corrosão entre outros.

No entanto, o Mapa de Danos tem por finalidade assegurar o conhecimento das degradações construtivas das edificações, para dar suporte às intervenções de conservação e restauro, ao levantamento de custos, às visitas e inspeções e aos serviços de manutenção.

2.8.1 Métodos e procedimentos na investigação dos danos

Barthel et al., (2009), assegura que é necessário que sejam investigadas a causa ou a origem das patologias para que se evite a repetição de futuros erros. Uma pesquisa realizada por Edward B. Grunau (Quadro 8) mostra que os problemas patológicos podem ser atribuídos a:

Quadro 8 – Causas de problemas patológicos ocorrentes em edificações.
Fonte: Adaptada pela autora de Barthel et al., 2009.

Tinoco (2009) alerta sobre a importância do tipo de investigação para se saber o estado de conservação de uma edificação, podendo ser feita através de três métodos, representados pelo Quadro 9.

Direto	Indireto	Misto
- Explorações pelo contato e manipulação direta sobre a edificação do objeto de estudo; - Esboços e desenhos á mão livre; - Ações de fragmentação ou destruição de parte dos elementos com manifestação de danos; - Ações invasivas e destrutivas	- As investigações se realizam de maneira analítica a partir da interpretação de documentos escritos, gráficos, testemunhos orais, empregos de tecnologias; - Ações analíticas não destrutivas; - Coerência com a ética pela responsabilidade de se garantir para o futuro as possibilidades de melhor compreensão no objeto estudado, sem destruição.	- A investigação se vale aos recursos e tecnologias não destrutivas; - Equilíbrio entre as necessidades de aprofundamento das investigações e as capacidades de investimentos em tecnologias avançadas; - Aplicação de ações exploratórias invasivas, minimalistas, quando assegurados os recursos para a realização do empreendimento como um todo.

Quadro 9 – Métodos para investigação sobre o estado de conservação de uma edificação.
Fonte: Adaptada pela autora de Tinoco, 2009.

Nos procedimentos para a investigação de danos, Tinoco (2009) cita duas fontes que indicam tais métodos, sendo os mais adequados para realizar investigações com a finalidade de perceber as alterações estruturais e funcionais nos elementos construtivos. Um é resultado de um encontro em Paris do ICOMOS/ISCARSAH (International Scientific Committee for the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritag – ISCARSAH, que estabeleceu as *Recommendations for the abalysis, conservation and structural restoration e os architectural heritage* no encontro em Paris, 13/set/2001). O outro se encontra em um Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP (LICHTENSTEIN, 1986). Nesses documentos, fica, nitidamente, caracterizada a necessidade de se adotar determinado tipo de processos científicos, ancorados em procedimentos rigorosos para a construção do conhecimento sobre danos nas edificações de valor cultural (TINOCO, 2009).

Referente ao estado de conservação de uma edificação, Liechtenstein (1986), apud Tinoco (2009, p. 07), cita duas fontes para se obter as informações

necessárias: o próprio edifício e através de inspeções periódicas na edificação. Observa, ainda, que, através de um quadro de manutenções preventivas, é permitida a visualização das manifestações de danos ainda no início, e o usuário, através de entrevista, passa a ser informado sobre o funcionamento e o desempenho dos sistemas.

Tinoco (2009) considera três etapas básicas para as investigações sobre o estado de conservação de uma edificação, sendo elas:

1ª *Levantamento das Informações:* implica o conhecimento do comportamento dos materiais, as técnicas e os sistemas construtivos. Inteira-se também sobre os fenômenos originados da sua inserção ao meio ambiente. Neste caso, é preciso que sejam realizados três passos:

1) Vistoria no local;

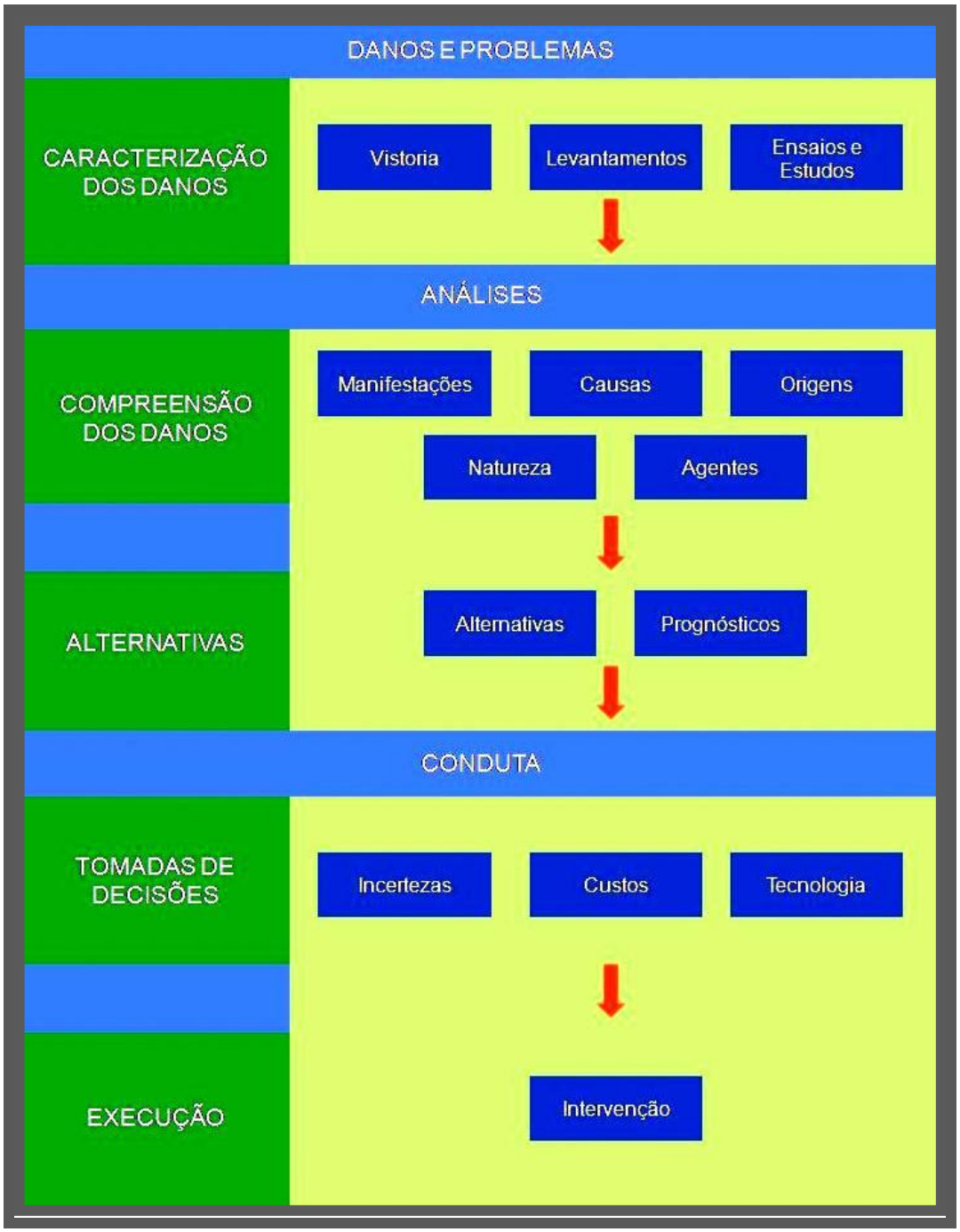
2) levantamentos de dados históricos sobre a edificação - anamnese;

3) ensaios e estudos laboratoriais complementares.

2ª *Análises de danos:* é a etapa de compreensão de como e por que surgiram os danos em uma edificação. Esse processo de análise deve ser visado como o momento em que hipóteses são lançadas, a fim de esclarecer as origens, as causas, a natureza, os mecanismos e os agentes de ocorrências que estejam colaborando para a perda no desempenho de um material ou componente construtivo.

3ª *Conduta de intervenção:* refere-se à correção dos danos através de propostas para resolução de problemas. Essa é uma etapa de decisões, em que se deve considerar plenamente a manutenção da autenticidade e da integridade do patrimônio que se quer preservar.

O quadro (Quadro 10) a seguir apresenta um fluxograma das atividades para o estudo e a resolução dos danos de uma edificação:



Quadro 10 – Etapas para o estudo e recuperação de uma edificação.
Fonte: Adaptado pela autora de Tinoco, 2009.

2.8.2 Mapa de danos – Conceituação e Finalidade

Tinoco (2009), em “Mapas de Danos – Recomendações Básicas”, explica Mapa de Danos como “a representação gráfico-fotográfica, sinóptica, em que são

ilustradas e discriminadas, rigorosa e minuciosamente, todas as manifestações de deteriorações da edificação". O autor salienta que não se deve empregar e confundir os termos Mapa de Danos com Mapeamento de Danos, sendo que o primeiro corresponde a um documento ou conjuntos de documentos gráficos e fotográficos que ilustram as realidades de uma edificação em uma determinada data ou tempo. Já o Mapeamento de Danos refere-se aos processos de investigações, levantamentos e produção de dados para a elaboração do mapa.

Barthel et al., (2009), afirma que o Mapa de Danos é a representação gráfica dos danos existentes nas construções de diversos usos, resultando em uma pesquisa completa e detalhada a cerca das edificações. Remetendo os interessados, neste estudo, à seguinte definição:

> ...a representação gráfica do levantamento de todos os danos existentes e identificados na edificação, relacionando-os aos seus agentes e causas. São considerados danos todos os tipos de lesões e perdas materiais e estruturais, tais como: fissuras, degradações por umidade e ataque de xilófagos, abatimentos, deformações, destacamento de argamassas, corrosão e outros (BARTHEL, et al., 2009, p.2).

A autora ainda expõe que o mapa de danos, além de uma representação gráfica das patologias existentes em uma edificação, é um registro da evolução do estado de conservação da mesma, uma vez que a análise efetuada, em certo momento, servirá de base para futuras análises contra o avanço de patologias detectadas na edificação (BARTHEL, et al., 2009).

Sobre a elaboração e a representação das patologias nos Mapas de Danos, Tinoco (2009) expõe a necessidade da produção de uma base de dados, constituída pelas Fichas de Identificação de Danos – FIDs, os principais registros para a produção do Mapa de Danos, que constituem em documentos normalizados com registros e anotações gráficas e fotográficas sobre os danos existentes numa edificação.

No que se refere à representação das patologias, o mesmo autor descreve algumas etapas para a realização dos mapas de danos:

1) Caracterização dos Danos.

2) Compreensão dos Danos.

3) Alternativas.

Entretanto, a forma com que se vai representar o Mapa de Danos, o modelo em si, cabe à criatividade de cada profissional, contanto que tenha valor cognitivo de forma clara e objetiva, não se restringindo ao aspecto técnico da comunicação visual, nem tampouco à quantidade de informações, levando em consideração que, tão importante quanto as informações que estão dispostas no Mapa de Danos, é a forma como estão colocadas. Ressalta, ainda, que alguns aspectos são indispensáveis para sua eficácia como representação através de imagens, legibilidade e acessibilidade (BARTHEL, 2009).

Barthel destaca que também se precisa considerar que o mapa deverá ser compreendido por todos que terão participação no processo de intervenção, inclusive por profissionais não familiarizados com uma linguagem técnica nesse âmbito.

Costa (2010) evidencia a importância do Mapa de Danos como um instrumento usado como pré-requisito para a elaboração de projetos de intervenções, conservação ou restauração de edificações, destacando a localização, a qualificação e a especificação dos danos em uma edificação.

Como exemplo na utilização de Mapa de Danos, dentro os parâmetros representativos, pode-se citar o confeccionado pelo CECI (Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada), elaborado conforme os parâmetros representativos, como nomenclatura, hachuras, fichas técnicas das patologias, etc., durante a realização do projeto de restauração do Mosteiro de São Bento (BARTHEL; LINS; PESTANA; 2009).

Costa (2010) define, no quadro a seguir, (Quadro 11), sinteticamente, a finalidade do Mapa de Danos:

MAPA DE DANOS			
Localizar	**Identificar**	**Especificar**	**Quantificar**
Determina a área ou o ponto exato onde ocorre o dano.	Constata, comprova ou reconhece o dano.	Detalha e particulariza o dano.	Mensura áreas afetadas.

Quadro 11 - Finalidade do mapa de danos.
Fonte: Costa (2010)

2.8.2.1 Representação das patologias e a composição do Mapa de Danos

Barthel (2009) relaciona o conteúdo que deverá dispor o Mapa de Danos, sendo eles:

1. Situação física, histórica e social do edifício. (Essa descrição conterá a localização do imóvel, a situação legal, a data de construção, o estilo arquitetônico, o contexto histórico de sua época, a contextualização social e urbana atual (entorno), as imagens antigas e atuais do imóvel, o entorno, etc.).
2. Declaração de significância, que é um sumário, uma avaliação sobre os valores de integridade e autenticidade de um bem cultural, além de um suporte para a conservação dos valores do bem, explicará a sua significação aos usuários e deverá constituir um primeiro passo essencial no desenvolvimento de um plano de gestão da conservação.
3. Representação gráfica de seu estado de conservação: a representação de suas patologias, as causas, os agentes e as ações corretivas, a descrição dos métodos e equipamentos empregados na investigação e, por fim, as ações corretivas e preventivas munidas de sua fundamentação teórica e/ou prática para essas ações.

Em consonância com o que afirma Barthel (2009), Tinoco (2009) argumenta que se deve iniciar a elaboração do Mapa de Danos quando começa a primeira etapa dos trabalhos - a caracterização dos danos, seguindo então para as demais fases – compreensão dos danos e alternativas.

Para a demonstração das patologias, não há um padrão determinado de representação para o Mapa de Danos, devendo ser utilizado o bom senso do autor, pois existem diversos tipos de patologias que se manifestam em formas diferentes, de acordo com o tipo de material e clima (BARTHEL, 2009).

A composição do Mapa de Danos, como mencionado anteriormente, é de criatividade do profissional que for confeccioná-lo, sempre levando em consideração os aspectos de representação através de imagens, legibilidade e acessibilidade.

Conforme Costa (2010), as partes integrantes e orientadoras para a confecção de um mapa de danos são: mapa base (é a representação gráfica arquitetônica que serve de suporte na execução do mapa, como plantas baixas,

cortes, fachadas, etc.), título (é o texto que determina o local representado no mapa), região danificada a representar (local onde ocorrem manifestações patológicas, danos que afetam uma extensão compreendida dentro de certos limites), legenda (constituída por códigos, símbolos, texturas, cores e/ou linhas), utilizada nesse mapa e por uma anotação sucinta do seu significado, que tem por objetivo decodificar a informação nela contida), escala (relação dimensional entre a representação de um objeto e suas dimensões reais, a razão entre uma distância no Mapa de Danos e a distância real correspondente) e codificação de danos (o dano é representado através de um código gráfico aplicado no mapa base dos objetos representados).

Costa (2010) ainda afirma:

> Deste modo, a boa leitura do mapa de danos é condicionada pela facilidade em avaliar corretamente os dados representados. Na representação gráfica de Mapas de Danos, os códigos devem ser organizados de modo a compartilhar a informação pretendida com clareza.

Para melhor exemplificar a construção do Mapa de Danos, apresenta-se, abaixo, o mapa realizado por Gaklik (2012), com análise das patologias do Jardim do Museu Gama D'Eça (Figura 16).

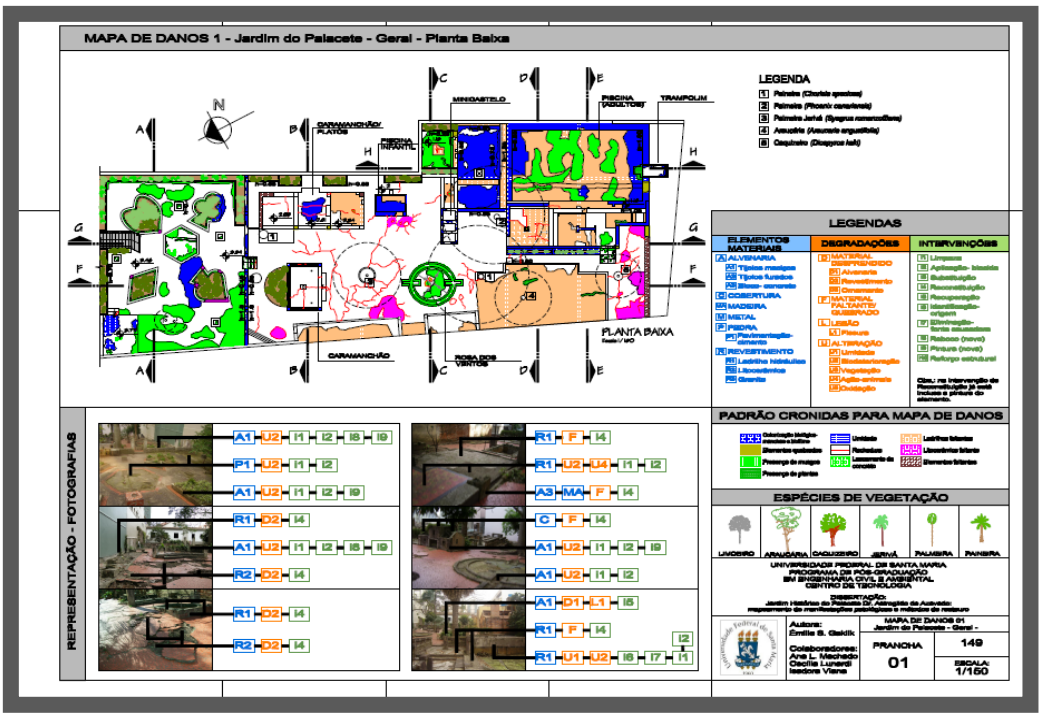


Figura 16 – Mapa de Danos do museu gama Deça.
Fonte: Gaklik, 2012.

A metodologia, anteriormente citada, será empregada para a avaliação dos danos existentes na Biblioteca Central da UFSM.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, será descrito o modo pelo qual se organizou a pesquisa, os materiais e os métodos utilizados para o desenvolvimento da mesma, englobando a elaboração da revisão bibliográfica, o relato da preparação dos instrumentos de coleta de dados, a análise e a discussão dos resultados.

As etapas que compõem a pesquisa serão apresentadas no Fluxograma a seguir (Figura 17):

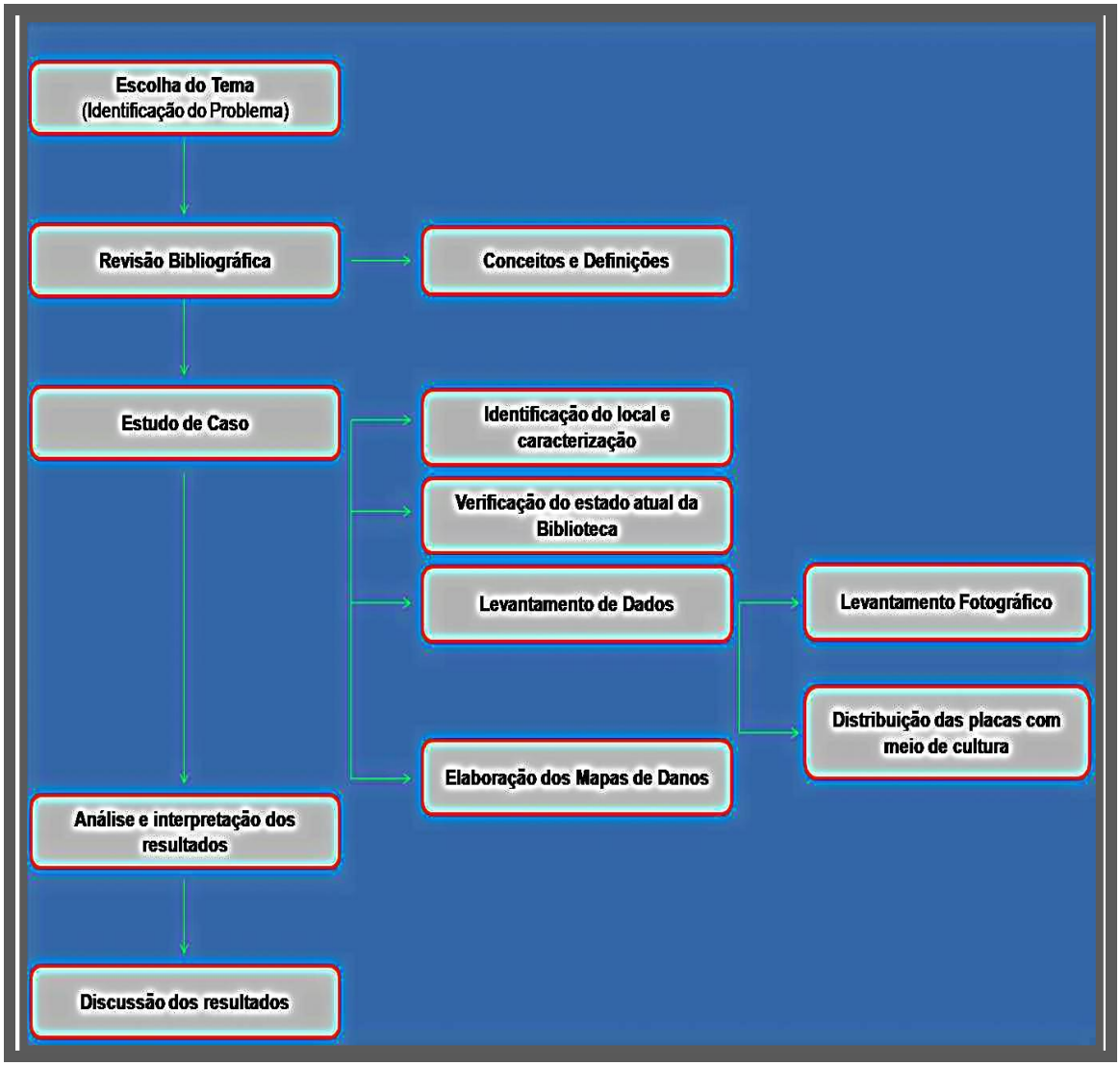


Figura 17 – Fluxograma da metodologia adotada para a pesquisa.

Andrade (2006) define pesquisa como um conjunto de procedimentos sistemáticos, com base no raciocínio lógico, que objetiva encontrar soluções para problemas propostos, mediante a utilização de métodos científicos.

Portanto, pode-se definir esta pesquisa, quanto à natureza, como aplicada, pois “objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos.” (SILVA, 2001, p. 20). Sua abordagem é quali-quantitativa e, quanto aos seus objetivos, a pesquisa é descritiva, já que “pretende descrever características de determinada população ou fenômeno, ou ainda estabelecer relações entre variáveis” (GIL, 1991).

3.1 Escolha do tema

A escolha do local de estudo se deu pelo fato de a Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Maria, com 50 anos de construção, estar apresentando sinais de degradação, tanto em suas fachadas, quando em seu interior, mais especificamente, no subsolo (acervo).

Devido à sua situação atual, observou-se a necessidade de quantificar e qualificar microrganismos que possam estar biodeteriorando essa edificação.

3.2 Revisão de Literatura

A Revisão de Literatura, em um primeiro momento, apresenta a História da Universidade Federal de Santa Maria, sua inserção na cidade, a localização, sua dimensão física, até chegar, especificamente, no objeto de estudo, a Biblioteca Central da Universidade. Em seguida, a Revisão abrange algumas definições e conceitos imprescindíveis para o entendimento do estudo como: Patologia, Degradação, Biodegradação e Biodeterioração. Em evidência, buscou-se classificar a Biodeterioração (ocorrente na edificação de estudo) e também destacar os fatores que atuam para que aconteça a Biodeterioração. Ainda, seguindo essa linha,

descreve-se sobre a formação de biofilmes, muito comum onde há ocorrência de manifestações patológicas.

Foram levantadas, também, bibliografias que dessem subsídios para a caracterização de organismos deteriorantes e seus mecanismos de degradação, Sendo que se incluem, nesse momento, a ação de agentes biológicos, especificamente microrganismos e demais patologias que possam deteriorar uma edificação.

Para tanto, procurou-se levantar meios de investigação, detecção e avaliação de danos. Com isso, foi necessário buscar uma forma que pudesse representar, graficamente, tais manifestações patológicas. Para isso, buscou-se um estudo sobre a composição de Mapas de Danos, sua conceitualização e finalidade para a pesquisa.

Destaca-se que a revisão literária ocorreu simultaneamente ao estudo de caso e levantamento de dados.

3.3 Estudo de Caso

Através do estudo prévio da história da Edificação, iniciou-se o estudo com o levantamento de dados, através de um levantamento fotográfico para melhor observação de seu estado atual.

Concomitantemente, estavam sendo realizadas as coletas de microrganismos.

Em seguida, para a realização de um balanço dos dados, foi necessário que houvesse a representação gráfica do local de estudo, através de desenhos técnicos – fachadas e planta baixa (a seguir ilustradas, figuras 18/22), realizadas com o auxílio do programa Autocad (software AutoCAD® 2013, ferramenta de projeto CAD 2D), colaborando para a elaboração do Mapas de Danos.

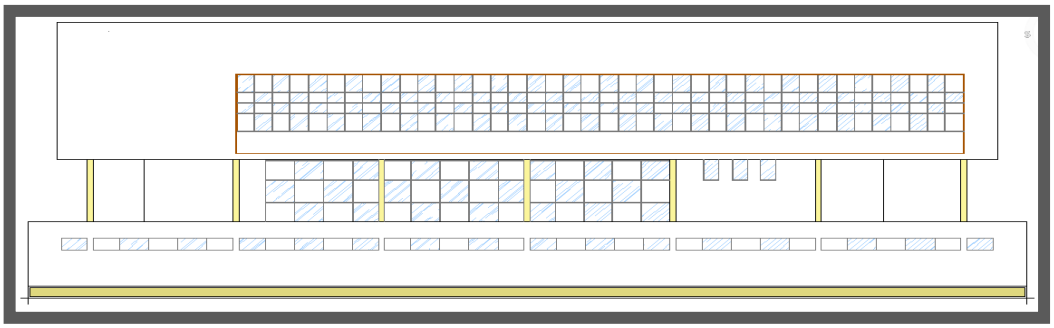


Figura 18 – Fachada Sul da Biblioteca Central.
Fonte: a autora, 2011.

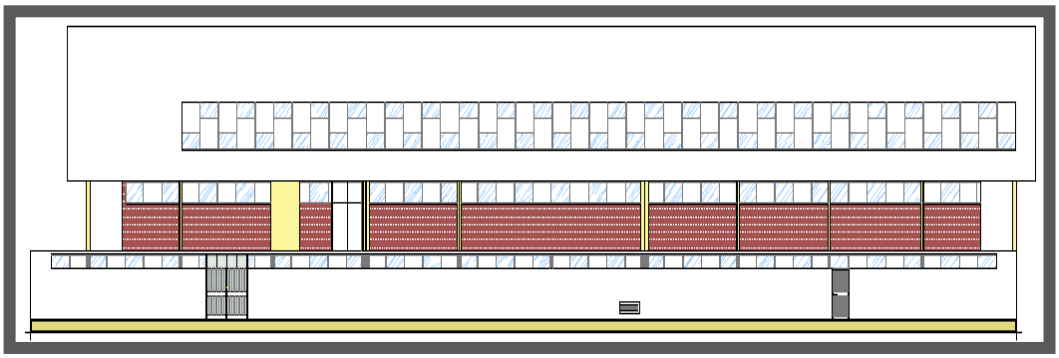


Figura 19 – Fachada Leste da Biblioteca Central.
Fonte: a autora, 2011.

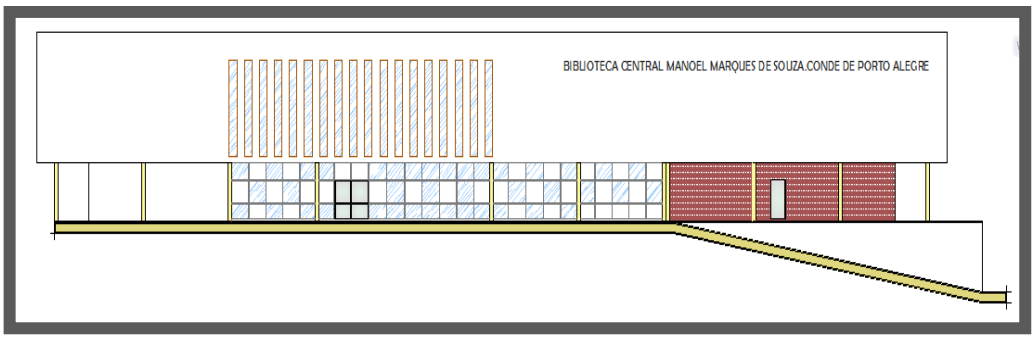


Figura 20 – Fachada Oeste da Biblioteca Central.
Fonte: a autora, 2011.

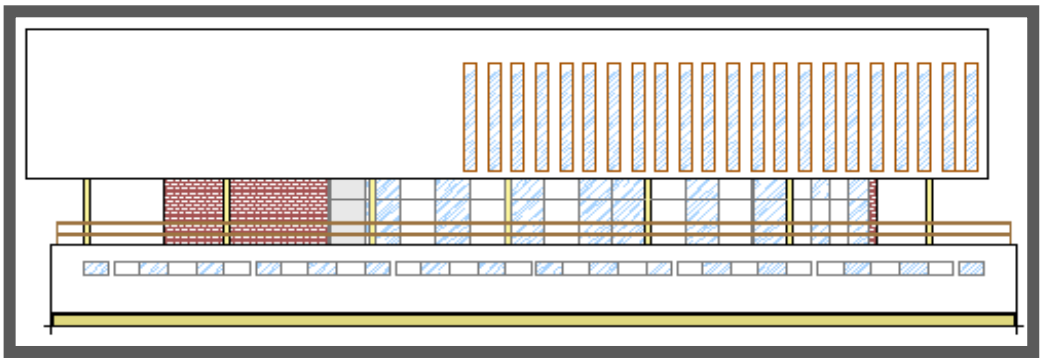


Figura 21 – Fachada Oeste da Biblioteca Central.
Fonte: a autora, 2011.

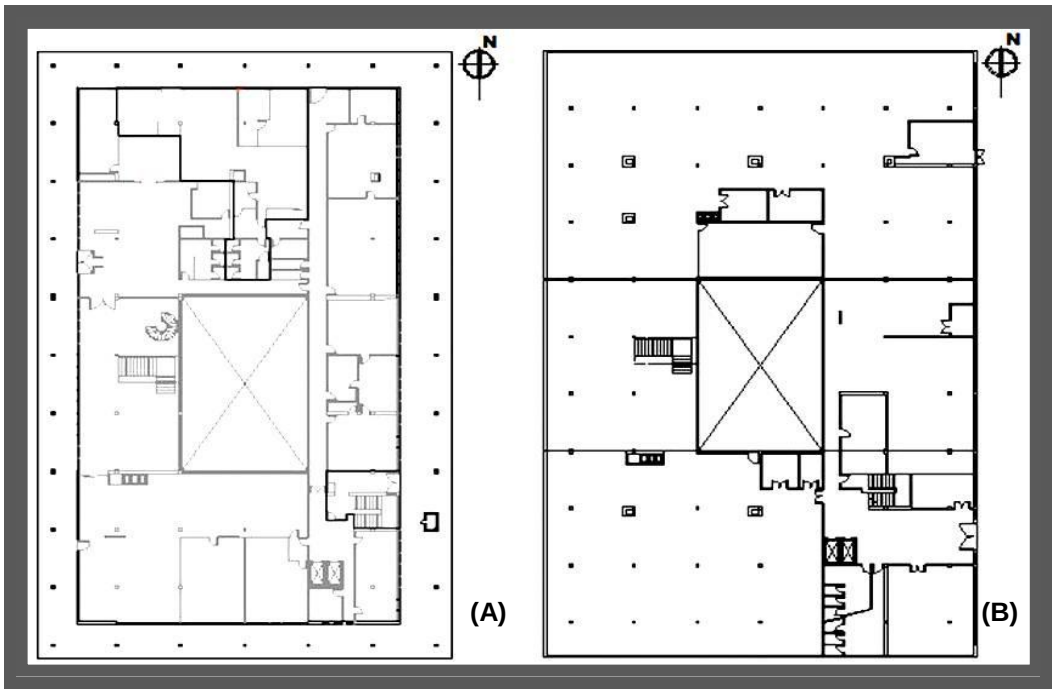


Figura 22 – (A) Planta Baixa do Pavimento térreo (B) Planta Baixa Subsolo.
Fonte: a autora, 2011.

3.3.1 Levantamentos de dados

Primeiramente, houve o levantamento das patologias existentes na edificação, realizado através de fotografias e esboços, levando em consideração a colocação de Watt (1999), que afirma o fato de se poder, prontamente, detectar danos através de observações na edificação ou num elemento em particular. O mesmo autor alerta sobre a possibilidade de os danos estarem tão ocultos que uma simples observação não os possa detectar.

Algumas dessas formas indicam danos em uma edificação:

- Visual: manchas, fissuras.
- Físico: falhas nas estruturas.
- Olfato: odor.
- Auditivo: gotejamento de líquidos.
- Tátil: superfícies irregulares.

A utilização de desenhos técnicos foi fundamental para a identificação das manifestações patológicas, como também para representar os lugares da instalação dos equipamentos e ferramentas de coletas de dados. As plantas técnicas da edificação foram disponibilizadas pelo Setor de cadastro da Proinfra da UFSM.

Ainda, nessa etapa de levantamentos de dados, foram coletados, com placas de Petri, os fungos presentes e, após, foi feita a sua identificação.

3.3.2 Coleta das amostras

Nos pontos indicados nas Plantas Baixas a seguir, Figuras 23 e 24, foram realizadas as coletas de microrganismos através do emprego de placas de Petri, contendo o meio de cultura.

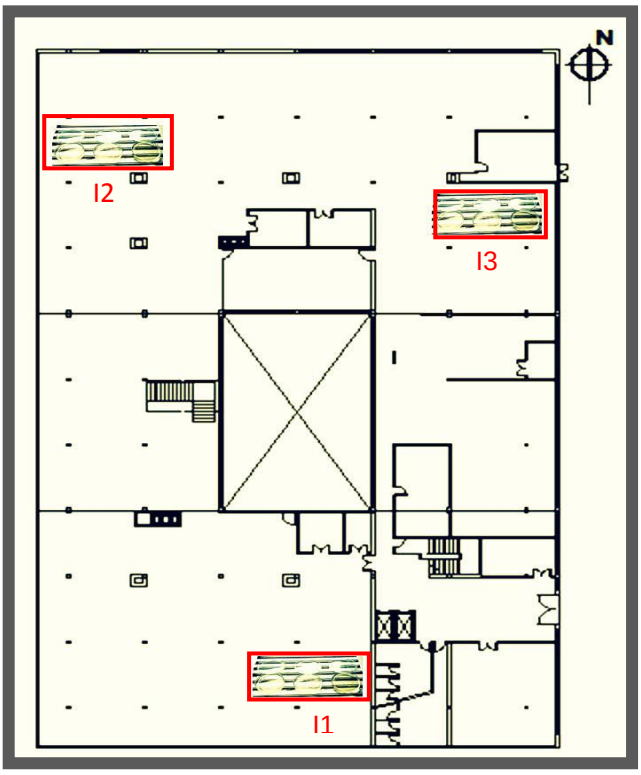


Figura 23 - Planta Baixa do Subsolo da Biblioteca Central, distribuição das placas de Petri com meio de cultura (I1 – Interna 1 , I2 – Interna 2 , I3 – Interna 3).
Fonte: autora, 2012.

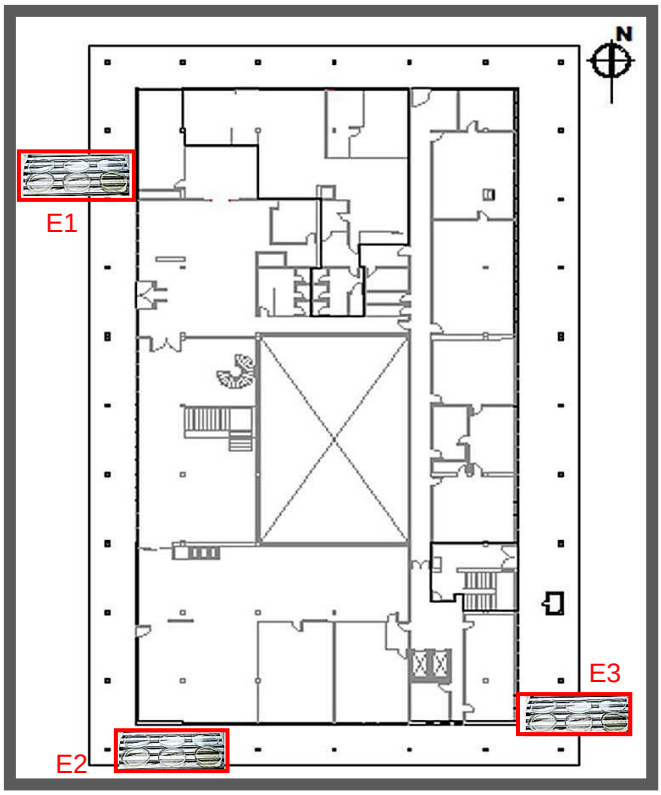


Figura 24 - Planta Baixa do Subsolo da Biblioteca Central, distribuição das placas de Petri com meio de cultura (E1 – Externa 1, E2 – Externa 2, E3 – Externa 3).
Fonte: autora, 2012.

O meio de cultura foi preparado da seguinte forma: Meio Agar com extrato de Malte, (Malt Extract Agar-IVD/Oxoid CM 0059): 50g para 1 litro de água destilada, misturados e autoclavados, por vinte minutos, a uma temperatura de 120°C, para esterilização. A Figura 25 mostra os materiais e equipamentos utilizados nesse processo.

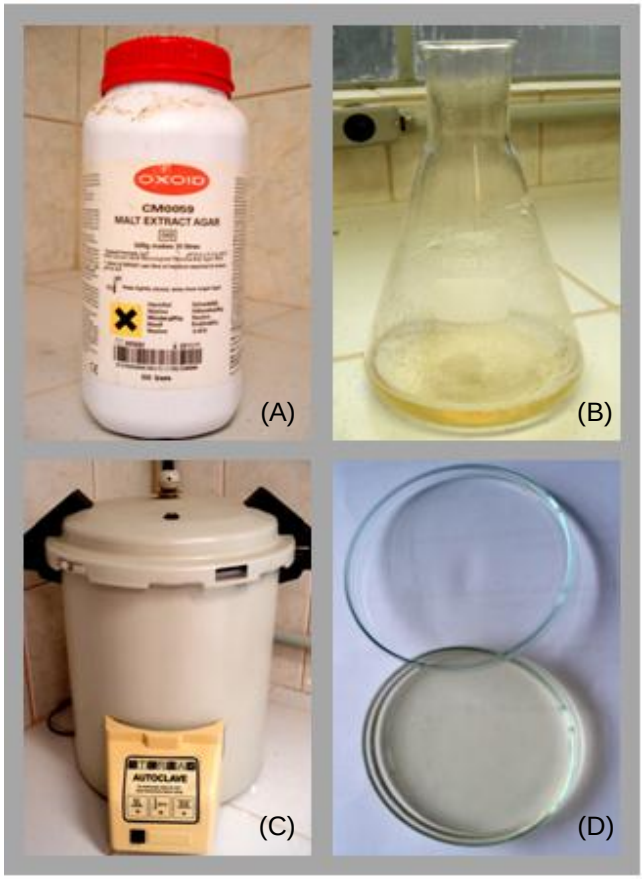


Figura 25 – Materiais para a elaboração do Meio de cultura. (A) Meio Ágar com extrato de Malte (B) Meio Ágar dissolvido em água destilada (C) Autoclave (D) Placas de Petri com meio de cultura. Fonte: autora, 2011.

Valendo-se das placas contendo o meio, este foi lançado nos locais indicados. As placas eram lacradas em laboratório e abertas somente no local da coleta, por 15 minutos, para que ocorresse a contaminação dos possíveis fungos e bactérias existentes no local. Após a coleta, as placas, contendo os microrganismos, eram incubadas em estufa com temperatura controlada e luz ultravioleta, por um período de uma semana para crescimento e a identificação realizada.

3.3.3 Mapa de Danos

Com base no levantamento de dados citados anteriormente, partiu-se para confecção dos Mapas de Danos.

Os Mapas de Danos foram organizados de forma que facilitasse o entendimento da localização e a caracterização das patologias, elaborados em pranchas individuais de cada uma das fachadas e do subsolo da Biblioteca, com fotos atuais da edificação e fotos de detalhes das partes deterioradas. Legendas deram o apoio para elucidar os materiais contrutivos e as patologias do local.

Concluindo esse levantamento, uma nova etapa para a identificação das manifestações patológicas e de seus agentes causadores foi realizada. Essa fase foi executada através da combinação de análises realizadas no local e de fotografias atuais, porém esses resultados encontram-se no próximo capítulo.

3.3.4 Análise das patologias ocorrentes

Nessa etapa, ocorreu a avaliação das patologias existentes no local, através do levantamento fotográfico realizado. Com base nesse levantamento, foram, então, destacados os pontos com maior incidência da biodeterioração dos materiais, representados por fotos, seguidos da indicação das patologias e, através disso, apresenta-se a elaboração de gráficos, representando a compilação dos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão expostos os resultados obtidos através da aplicação da metodologia mencionada no capítulo anterior. Para tanto, partiu-se da observação direta na Biblioteca Central da UFSM, a fim de detectar e avaliar patologias que estivessem deteriorando a edificação. Aspectos fundamentais foram analisados, a começar pela especificação dos elementos construtivos que compõe a edificação e a relação da contaminação fúngica encontrada nesses elementos, determinando a variação da contaminação ambiental sazonal.

4.1 Caracterização dos elementos construtivos da Biblioteca

A construção é, basicamente, em alvenaria, reboco e pintura. As aberturas são em ferro e vidro. A parte externa apresenta, em determinadas partes, revestimento de tijolo à vista, gradil em ferro e o forro, na parte externa, (parte coberta), contém placas de Eucatex. O mesmo tipo de material foi usado no interior da biblioteca também, porém essas placas apresentam perfurações para uma possível ventilação. O piso, na parte externa, é cerâmico e, na interna, é vinílico.

4.2 Fungos isolados do ambiente interno e externo da Biblioteca Central da UFSM.

Neste item, será apresentada a avaliação da contaminação fúngica, realizada durante um ano, nos seis pontos de coleta, sendo 3 internos (I) e 3 externos (E).

Os valores de contaminação indicam:

(0) – nenhuma contaminação,

(1) – pouca contaminação,

(2) – contaminação média,

(3) – muita contaminação.

Nas Figuras abaixo (Figura 26 e 27), são apresentadas (a fim de representar como eram realizadas as coletas) as placas de Petri com Meio Ágar para a realização da contaminação fúngica. Alerta-se que eram distribuídas três a três nos pontos indicados. Na figura, está sendo mostrada a coleta do mês de maio de 2011.

Figura 26 – Placas de Petri com coletas dos pontos Internos: I1, I2 e I3.
Fonte: a autora, 2011.

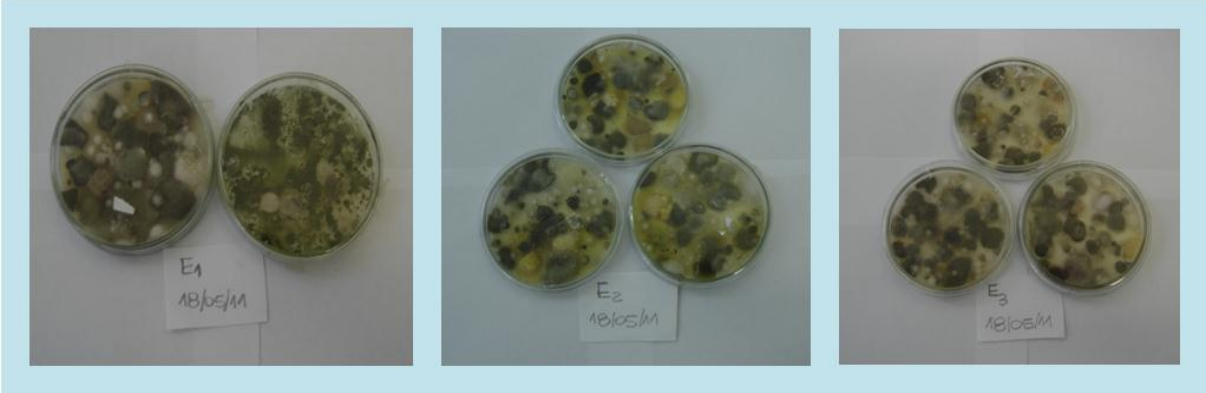


Figura 27 – Placas de Petri com coletas dos pontos Externos: E1, E2 e E3.
Fonte: a autora, 2011.

Os fungos identificados no decorrer das coletas, que aparecem com maior incidência, são: *Aspergillus sp. Aspergillus aureum, Cladosporium* sp.,*Curvularia* sp., *Epicoccum nigrum, Nigrospora* sp., *Penicillium* sp., *Phoma* sp., fungos mitospóricos, de coloração escura e três fungos que não esporularam, um de coloração branca, um de coloração rosa e um de coloração amarelada. A não esporulação dos fungos

provavelmente não ocorreu devido a um único meio utilizado. Alguns dos fungos encontrados, tanto internamente, quanto externamente, estão de acordo com os trabalhos de Shirakawa *et al* (2002) e Saad (2002), a saber:

Aspergillus sp. é um alergênico comum. Esses fungos são frequentemente deslocados de florestas, de solos, de grãos, de algodão, de porcos, de restos orgânicos e de materiais de edifícios deteriorados pela ação da água. Há mais de 160 espécies diferentes de *Aspergillus*. Dezesseis delas foram documentadas como agentes de doenças humanas, mas, raramente, ocorrem em indivíduos cujo sistema imunológico esteja funcionando normalmente. 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 de grande interesse. Com base nisso, os especialistas alertam que a Aspergilose é agora o segundo tipo de infecção fúngica que ocorre nos Estados Unidos e que requer hospitalização (DOMSCH *et. al*. 1994, ELLIS, 1993, SANTOS *et al.*,1998).

A Figura 28 apresenta a microscopia ótica dos esporos de *Aspergillus sp.*

Figura 28 - Microscopia ótica dos esporos de Aspergillus sp.
Fonte:Ellis (2003).

***Cladosporium* sp.** É um fungo encontrado em ambientes internos e externos, frequentemente, em marcos de janelas úmidos e pode, facilmente, cobrir toda a área pintada com uma camada aveludada verde-oliva. O *Cladosporium* altera a coloração de pinturas, papel de parede ou produtos têxteis armazenados sob condições úmidas. Esse fungo pode ser encontrado em plantas, madeira, alimento,

palhas, solos, tintas, têxteis e também pode ser encontrado em isolamento de fibra de vidro em dutos. A capacidade de *Cladosporium* esporular pesadamente, com uma fácil dispersão, auxiliando-se de seus esporos flutuantes, faz desse fungo um alergênico do ar e, junto com *Alternaria,* comumente causa asma e febre do feno no hemisfério ocidental. Algumas espécies deste gênero causam doença, que variam do feo-hifomicose, um grupo de infecções micóticas caracterizadas pela presença de hifas dematiáceas septadas. Abscessos na pele, queratite micótica e pulmonar têm sido encontradas em pacientes imuno-comprometidos. Também pode causar infecções da córnea e Aspergiloma pulmonar. As colônias fúngicas são aveludadas e apresentam-se em tonalidades marrons ou verde-oliva. Outras características incluem conídios escuros, uni ou bicelular, variável na forma e no tamanho, de forma ovóide a cilíndrica e irregular (DOMSCH *et al*. 1980, ELLIS, 1993, SANTOS *et al.*,1998).

A Figura 29 apresenta a microscopia ótica dos esporos de *Cladosporium sp.*

Figura 29 - Microscopia ótica dos esporos de Cladosporium sp.
Fonte: Pinheiro (2003) p .12.

Curvularia sp. É um fundo que tem sido relatado como alergênico. Esse fungo pode ser parasítico ou saprófita. Conidióforos são amarronzados, na maioria simples, com conídio apical, escuro com células claras na extremidade, mais ou menos fusiformes, com uma célula central maior (DOMSCH *et. al*. 1980, ELLIS,1993, SANTOS *et al.*,1998).

A Figura 30 apresenta a microscopia ótica dos esporos de *Curvularia sp.*

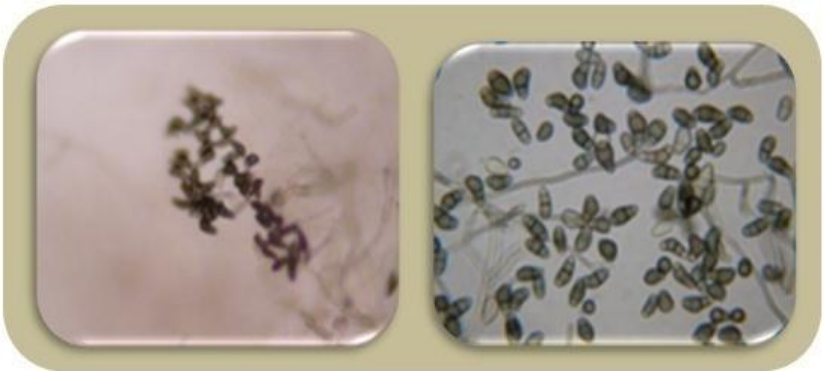


Figura 30 - Microscopia ótica dos esporos de Curvularia sp.
Fonte:Ellis 2003.

Epicoccum. nigrum - 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. Embora relatado como alergênico, não desencadeia as alergias com uma alta frequência.

A Figura 31 apresenta a microscopia ótica dos esporos de *Epicoccum nigrum.*

Figura 31- Microscopia ótica dos esporos de Epicoccum nigrum
Fonte: Ellis, 2003

4.3 Avaliação da contaminação fúngica

Os fungos coletados foram isolados e identificados conforme descrito no Capítulo 3 (Metodologia). Os dados coletados foram plotados em tabelas e gráficos e serão apresentados a seguir.

4.3.1 Dados referentes às coletas nos pontos internos (I1, I2, I3)

Nesse item, serão apresentadas as informações referentes às coletas nos pontos Internos da edificação estudada.

4.3.1.1 Coleta no Ponto Interno 1 (I1)

O quadro abaixo (Quadro 12) indica a coleta realizada durante um ano, no ponto interno denominado I1

Fungos	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Aspergillus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Aspergillus aeurum	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladosporium sp	3	3	2	2	2	3	1	1	1	1	2	1
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Epicoccum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Penicillium sp.	3	3	3	0	0	2	1	0	1	0	0	0
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
Micélio branco	2	2	2	1	1	1	0	2	0	1	2	1
Micélio rosa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1

Quadro 12 – Fungos detectados em I1.
Fonte: a autora,2012.

Na Figura 32, estão representadas as contaminações fúngicas mensais de cada um dos fungos detectados no local I1.

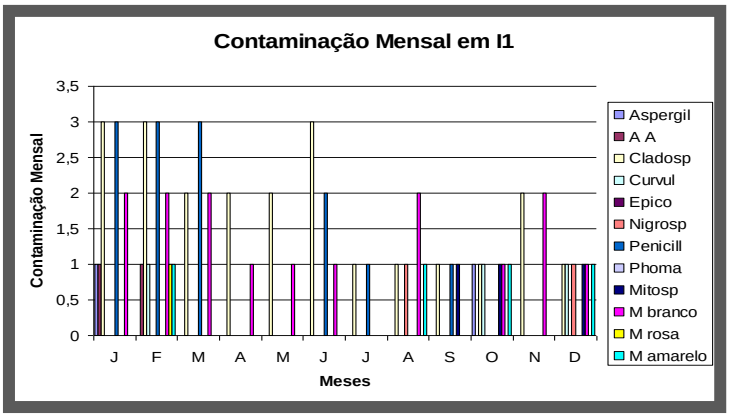


Figura 32 - Gráfico das Contaminações Fúngicas Mensais no local I1.
Fonte: a autora, 2012.

Após a definição da contaminação mensal em I1, realizou-se o somatório das contaminações, assim determinando a contaminação total de I1.

Na figura 33, será apresentada a contaminação total no ponto interno, chamado de (I1).

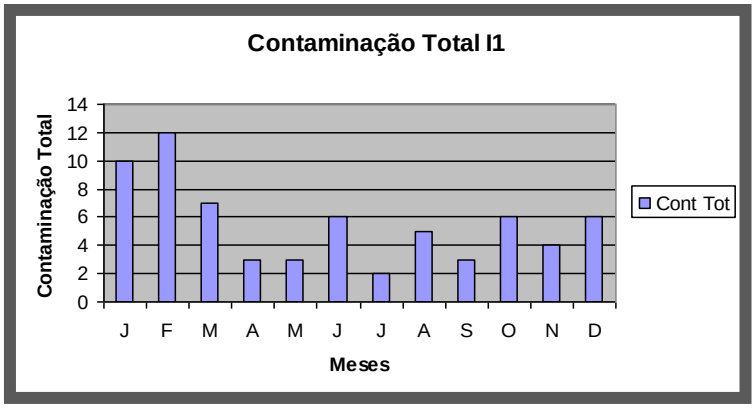


Figura 33 – Gráfico de Contaminação Total Mensal em I1.
Fonte: a autora, 2012.

A Figura 33 demonstra que o mês de maior contaminação é o mês de fevereiro, seguido do mês de janeiro.

Na Figura a seguir, (Figura 34), será apresenta a contaminação fúngica total no ponto I1. O gráfico ainda demonstra que os maiores contaminantes são os fungos *Cladosporium, Penicillium* e o micélio sem esporulação de coloração branca.

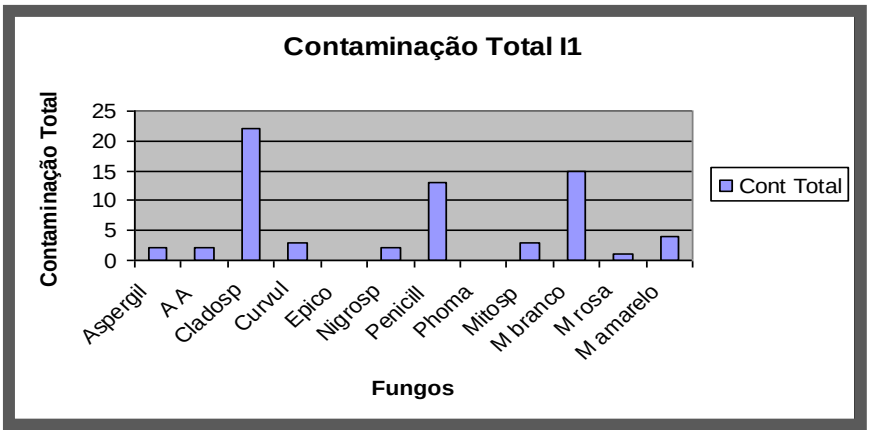


Figura 34 – Gráfico da Contaminação Fúngica Total em I1.
Fonte: a autora, 2012

4.3.1.2 Coleta no Ponto Interno 2 (I2)

O Quadro 13 compreende à contaminação no local interno, denominado de I2.

Fungos	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Aspergillus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Aspergillus aeurum	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cladosporium sp	3	3	2	2	2	2	1	3	1	1	2	1
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penicillium sp.	3	3	2	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Micélio branco	1	2	2	2	1	1	0	1	1	1	2	1
Micélio rosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Quadro 13: Fungos detectados em I2.
Fonte: a autora, 2012

Na Figura 35, no gráfico da Contaminação mensal em I2, estão representadas as contaminações fúngicas detectados no local.

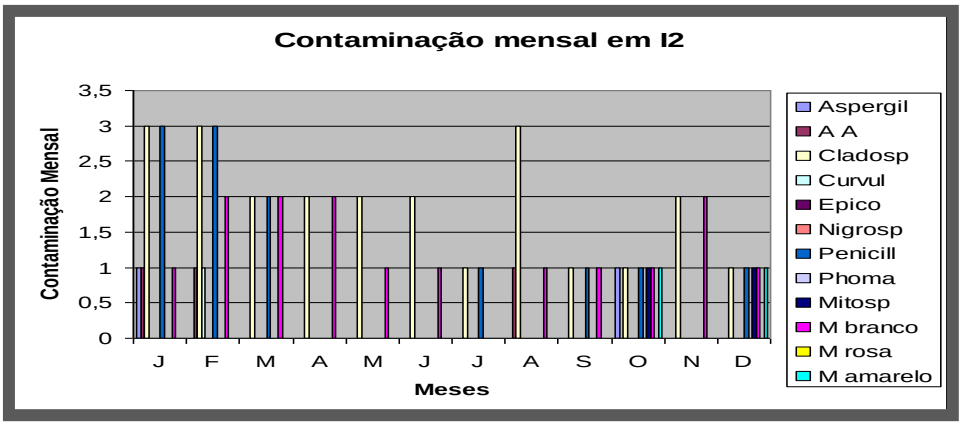


Figura 35 – Gráfico das Contaminações Fúngicas Mensais no local I2.
Fonte, a autora, 2012.

Já na Figura 36, o gráfico está apresentando a contaminação Total Mensal no ponto interno chamado de (I2).

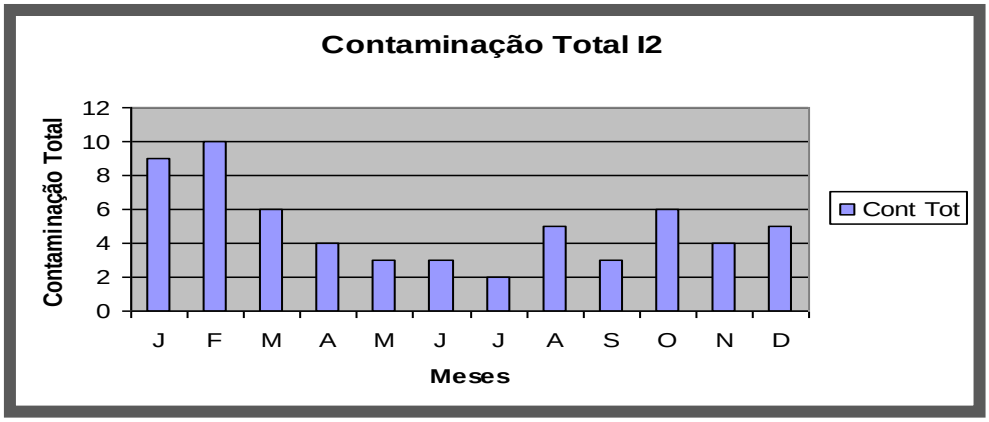


Figura 36 – Gráfico da Contaminação Total Mensal em I2.
Fonte: a autora, 2012.

Na figura anterior da contaminação fúngica mensal total, verifica-se que janeiro e fevereiro são os meses mais contaminados e que a menor contaminação ocorreu no mês de julho.

Na figura seguinte (Figura 37), será apresentada a contaminação fúngica Total no ponto I2. O gráfico demonstra que os maiores contaminantes são os fungos *Cladosporium, Penicillium* e o micélio sem esporulação da cor branca, como encontrado no ponto de análise I1.

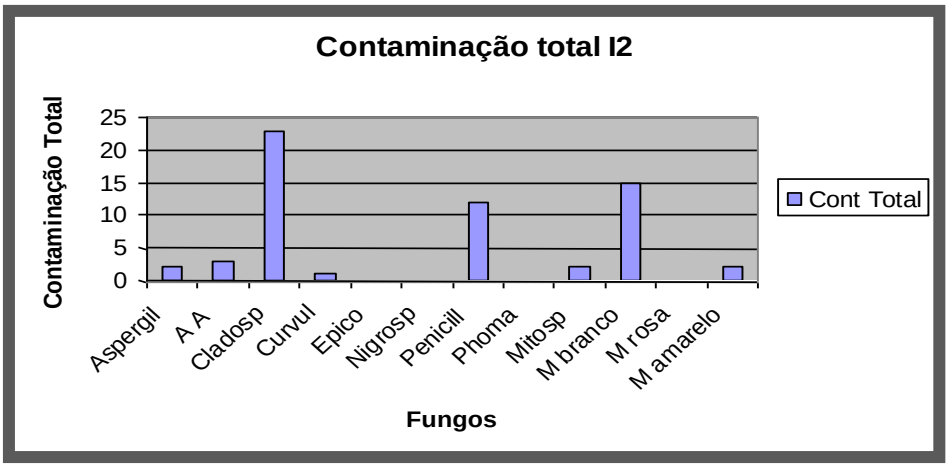


Figura 37 - Gráfico da contaminação Fúngica Total em I2.
Fonte: a autora, 2012.

4.3.1.3 Coleta no Ponto Interno 3 (I3)

Através do Quadro 14, pode-se verificar a contaminação fúngica mensal, ocorrida no local interno I3.

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aspergillus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Aspergillus aeurum	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
Cladosporium sp	3	3	2	2	2	2	1	3	1	1	2	1
Curvularia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Epicoccum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Penicillium sp.	3	3	2	0	1	0	1	0	1	0	2	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio branco	1	2	2	1	1	1	0	1	1	1	0	1
Micélio rosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 14 – Fungos detectados em I3.
Fonte: a autora, 2012.

Na figura 38, estão representados os dados indicados no quadro anterior.

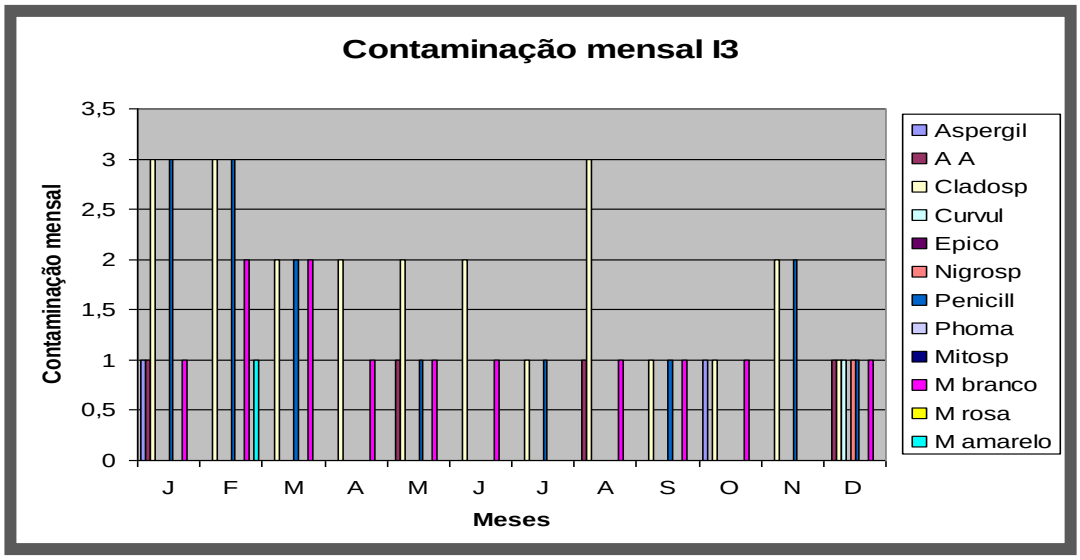


Figura 38 – Gráfico das Contaminações Fúngicas Mensais no Local I3.
Fonte: a autora, 2011.

A Figura 39 demonstra a contaminação fúngica total no local interno I3.

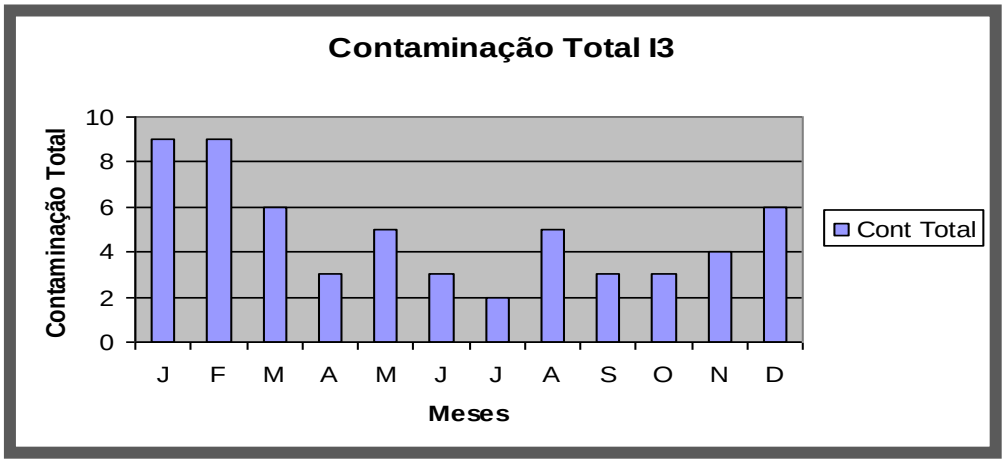


Figura 39 – Gráfico da Contaminação Total Mensal em I3.
Fonte: a autora, 2012.

A figura anterior novamente demonstra que, internamente, os meses de maior contaminação são janeiro e fevereiro e que a menor contaminação ocorre no mês de julho.

Já a Figura 40, remete à identificação da contaminação fúngica total no local I3.

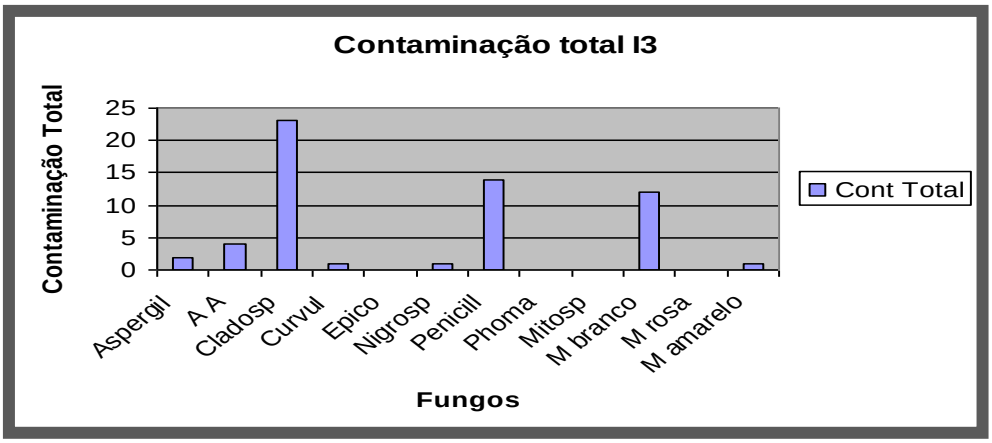


Figura 40 - Gráfico Contaminação Fúngica, Total em I3.
Fonte: a autora, 2012.

Pode-se afirmar, através do gráfico exposto na Figura 40, que os maiores contaminantes são os fungos *Cladosporium, Penicillium* e o fungo sem esporos, resultados idênticos aos pontos I1 e I2 avaliados.

4.3.1.4 Compilação de dados referentes aos Pontos Internos de coleta

Para mensurar a variação mensal e calcular a média das contaminações, foram utilizados dados extraídos das contaminações Fúngicas Mensais e Totais de cada Ponto Interno analisado, conforme o Quadro 15

Local	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
I1	10	12	7	3	3	6	2	5	3	6	4	6
I2	9	10	6	4	3	3	2	5	3	6	4	5
I3	9	9	6	3	5	3	2	5	3	3	4	6
Contaminação Total Média	**9,33**	**10,33**	**6,33**	**3,33**	**3,67**	**4**	**2**	**5**	**3**	**5**	**4**	**5,67**

Quadro 15 – Cálculo da Contaminação Total Média Mensal.
Fonte: a autora, 2012.

Na figura abaixo (Figura 41), encontram-se representadas as médias mensais calculadas anteriormente. O resultado demonstra que, internamente, no mês de

fevereiro, houve a maior contaminação, seguido do mês de janeiro e que o menor mês de contaminação interna ocorreu no mês de julho. Esse fato pode ser explicado devido a maiores temperaturas no verão, que proporcionam maior crescimento de fungos porque a temperatura se mostra mais adequada ao crescimento de fungos mesófilos. No inverno, o inverso ocorre, havendo a tendência de menor crescimento devido à menor temperatura.

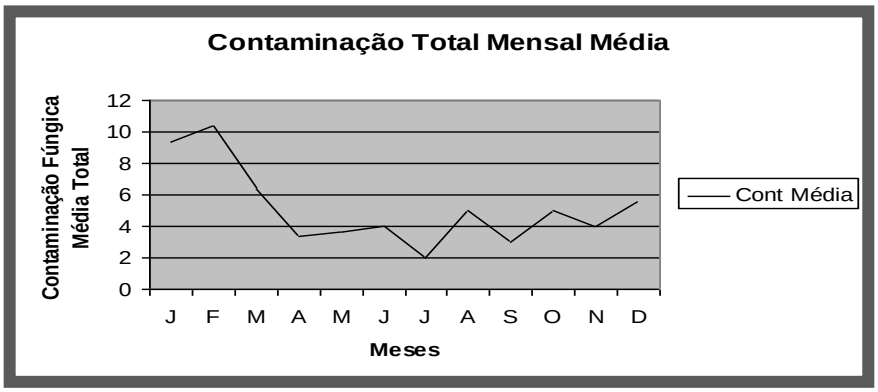


Figura 41 – Gráfico da Contaminação Total Mensal Média Interna.
Fonte; a autora, 2011.

4.3.2 Dados referentes às coletas nos Pontos Externos (E1, E2, E3)

A seguir, serão apresentados os resultados referentes à contaminação fúngica nos pontos externos de coleta.

4.3.2.1 Coleta no Ponto Externo 1 (E1)

Primeiramente, através do Quadro 16, exibe-se a contaminação mensal no local externo E1.

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aspergillus sp.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aspergillus aeurum	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
Cladosporium sp	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	1	2
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum nigrum	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Penicillium sp.	3	3	3	3	3	0	2	0	1	0	1	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	2
Micélio branco	2	2	2	2	3	3	2	3	1	2	1	2
Micélio rosa	1	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1

Quadro 16 – Fungos detectados em E1.
Fonte: autora, 2012.

Conforme os graus de contaminação já mencionados, a Figura 42 representa a contaminação mensal de fungos isolados no local E1.

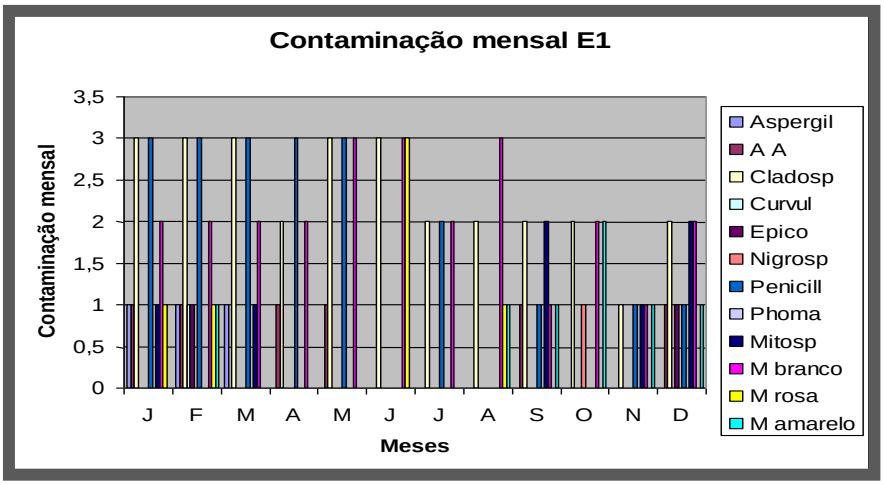


Figura 42 – Gráfico das Contaminações Fúngicas Mensais no local E1.
Fonte: autora, 2012.

No entanto, a figura abaixo, Figura 43, exibe a contaminação fúngica total no local externo, E1. Os resultados demonstram que a contaminação total é maior externamente que internamente e a contaminação, entre os meses, não apresenta tanta disparidade.

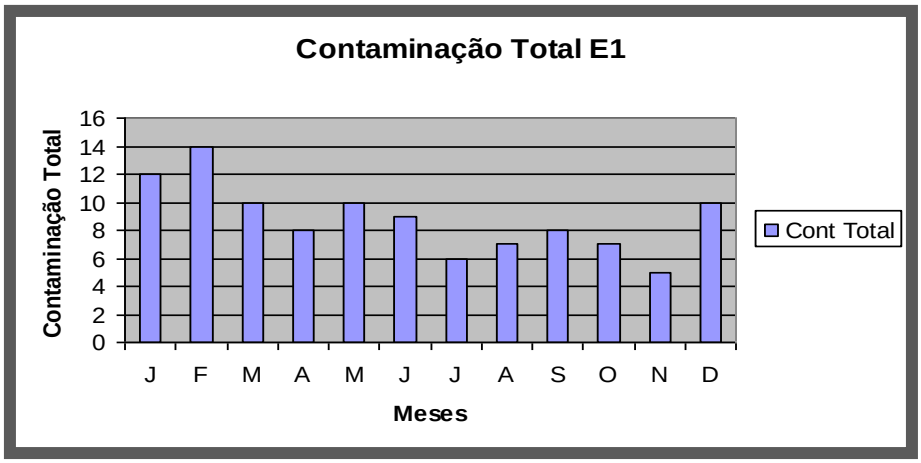


Figura 43 – Gráfico da contaminação total E1.
Fonte: a autora, 2012.

O próximo gráfico exibe os fungos na contaminação total E1 (Reitera-se: apresentado pela próxima Ilustração (Figura 44)):

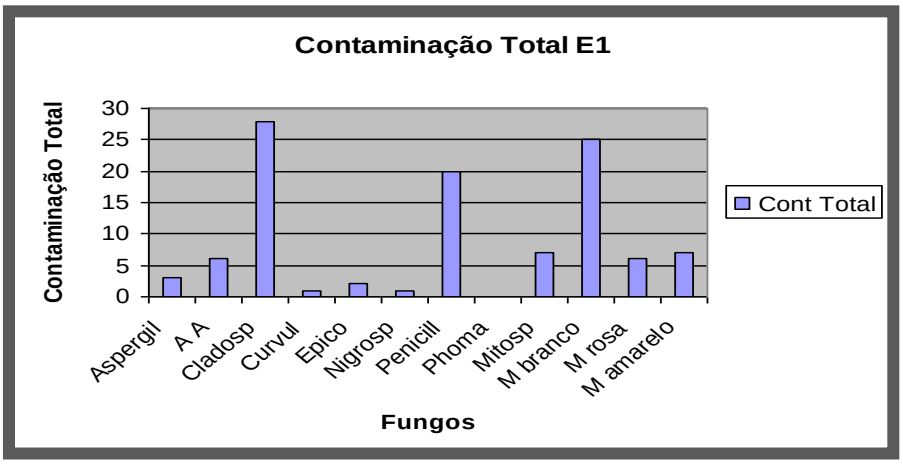


Figura 44 - Gráfico Contaminação fúngica total E1.
Fonte: a autora, 2012.

Na figura anterior, foi apresentada a contaminação fúngica total no ponto E1. O gráfico demonstra que os maiores contaminantes são os fungos *Cladosporium, Penicillium* e o fungo sem esporular de coloração branca.

4.3.2.2 Coleta no Ponto Externo 2 (E2)

No quadro abaixo, encontra-se a contaminação fúngica mensal no local externo E2.

Fungos	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Aspergillus sp.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Aspergillus aeurum	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1
Cladosporium sp	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	1	2
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum nigrum	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penicillium sp.	0	3	3	3	3	0	2	0	2	2	1	2
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0
Micélio branco	2	2	2	2	2	3	2	3	0	2	1	1
Micélio rosa	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	2	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1

Quadro 17 – Contaminação fúngica em E2.
Fonte: a autora, 2012.

Os resultados encontrados das contaminações no local E2, apresentam-se na figura posterior (Figura 45).

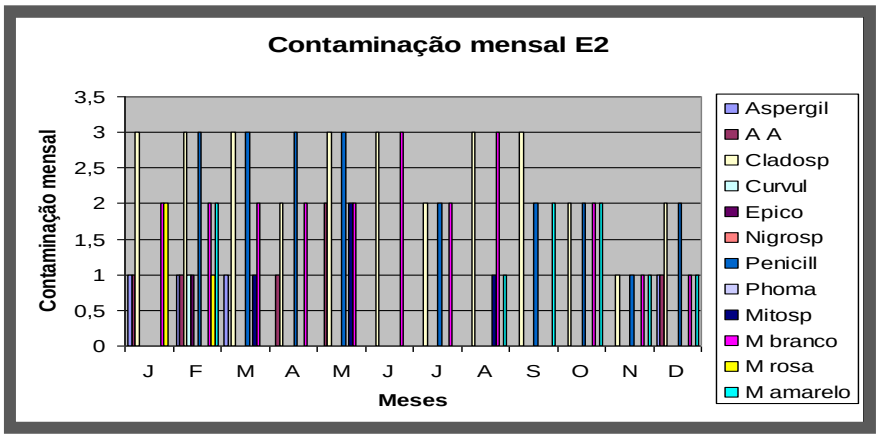


Figura 45 – Contaminação fúngica mensal em E2.
Fonte: a autora, 2012.

A Figura 46 (abaixo) ilustra o gráfico da contaminação Total Mensal no ponto externo chamado de (E2). Nele, pode-se afirmar que os meses de maior

contaminação são fevereiro e maio e que os meses de junho, julho e novembro são os meses de menor contaminação.

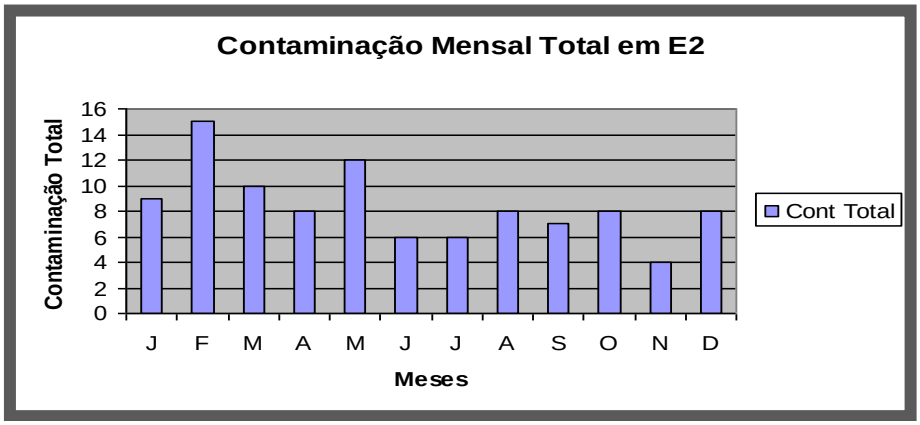


Figura 46 – Gráfico de Contaminação total Mensal em E2.
Fonte: a autora, 2012.

No próximo gráfico (Figura 47) está representada a contaminação fúngica total no ponto E2. O gráfico demonstra que os maiores contaminantes são os fungos *Cladosporium, Penicillium* e o micélio sem esporulação.

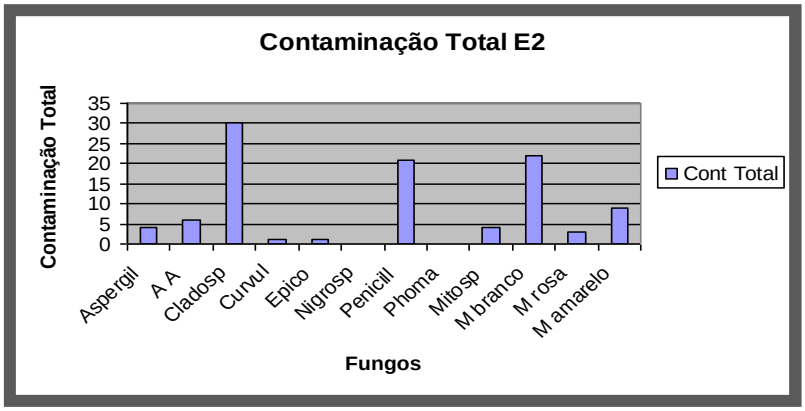


Figura 47 – Gráfico da Contaminação fúngica total em E2.
Fonte: a autora, 2012.

4.3.2.3 Coleta no Ponto Externo 3 (E3)

No Quadro 18, apresentado na sequência, identificam-se os resultados obtidos no local externo E3.

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aspergillus sp.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Aspergillus aeurum	1	1	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0
Cladosporium sp	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	1	2
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum nigrum	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Penicillium sp.	3	3	3	3	3	0	2	0	3	0	0	2
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Fungo Mitospórico	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1
Micélio branco	2	2	2	2	1	3	2	3	2	1	1	1
Micélio rosa	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Micélio Amarelo	2	2	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1

Quadro 18 – Contaminação fúngica em E3. . Fonte: a autora, 2012.

O gráfico a seguir transcreve a contaminação mensal no Local 3, fazendo a correlação dos fungos aos meses de coleta com os graus de contaminação.

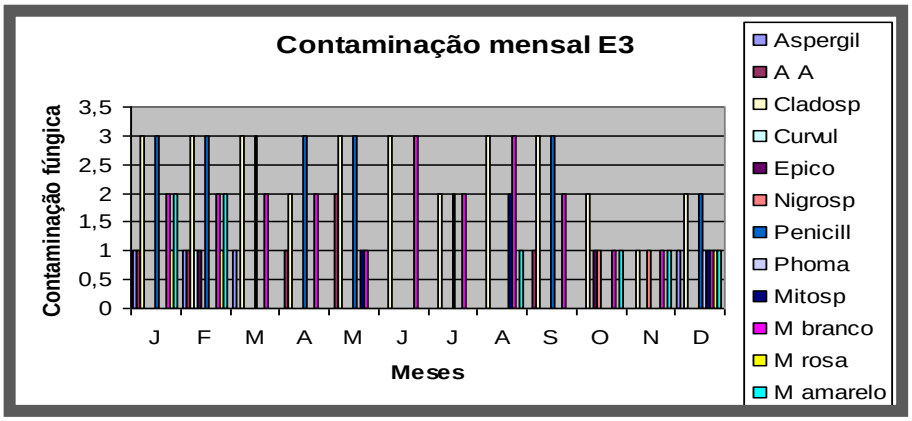


Figura 48 – Contaminação mensal em E3. .
Fonte: a autora, 2012.

Fazendo o somatório das contaminações, comprova-se a determinação da contaminação total, na Figura 49, assim apresentada, apontando a contaminação total no ponto externo chamado de (E3).

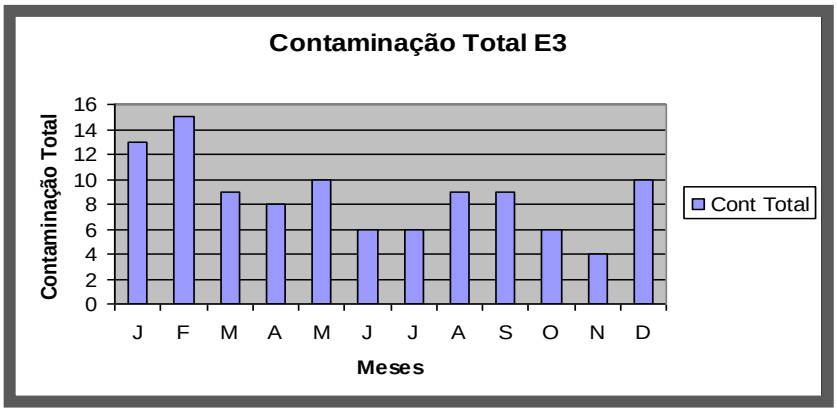


Figura 49 – Gráfico de Contaminação total mensal em E3. Fonte: a autora, 2012.

A Figura 49 demonstra que o mês de maior contaminação é fevereiro, seguido do mês de janeiro, depois, maio e dezembro.

A representação dos Fungos incidentes, no Ponto Externo 3, é visualizada através do gráfico abaixo (Figura 50).

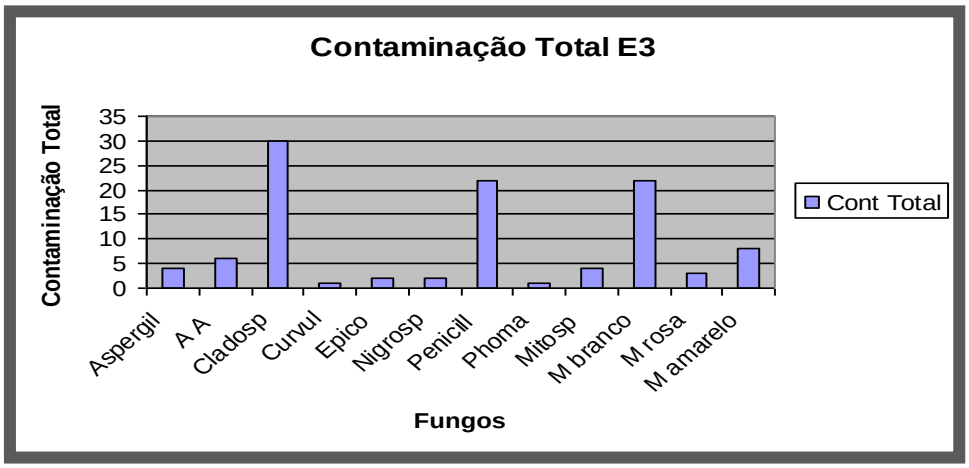


Figura 50 – Gráfico da Contaminação Fúngica total em E3. Fonte: a autora, 2012.

A figura anterior, que representou a contaminação fúngica total no ponto E3, evidencia que os maiores contaminantes são os fungos *Cladosporium, Penicillium* e o micélio sem esporulação.

4.3.2.4 Compilação de dados referentes aos Pontos Externos de coleta

O quadro a seguir revela as contaminações fúngicas totais mensais e o cálculo da média das contaminações, com isso, tornou possível verificar a variação mensal.

Local	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E1	12	14	10	8	10	9	6	7	8	7	5	10
E2	9	15	10	8	12	6	6	8	7	8	4	8
E3	13	15	9	8	10	6	6	9	9	6	4	10
Contaminação Total Média	**11,33**	**14,67**	**9,67**	**8**	**10,67**	**7**	**6**	**8**	**8**	**7**	**4,33**	**9,33**

Quadro 19: Cálculo da contaminação total média mensal externa.
Fonte autora, 2012.

Na figura a seguir, (Figura 51), encontram-se representadas as médias mensais, calculadas anteriormente. O resultado demonstra que, nos locais avaliados externamente, no mês de fevereiro, houve a maior contaminação, seguida do mês de janeiro e do mês de maio e, em novembro, ocorreu a menor contaminação.

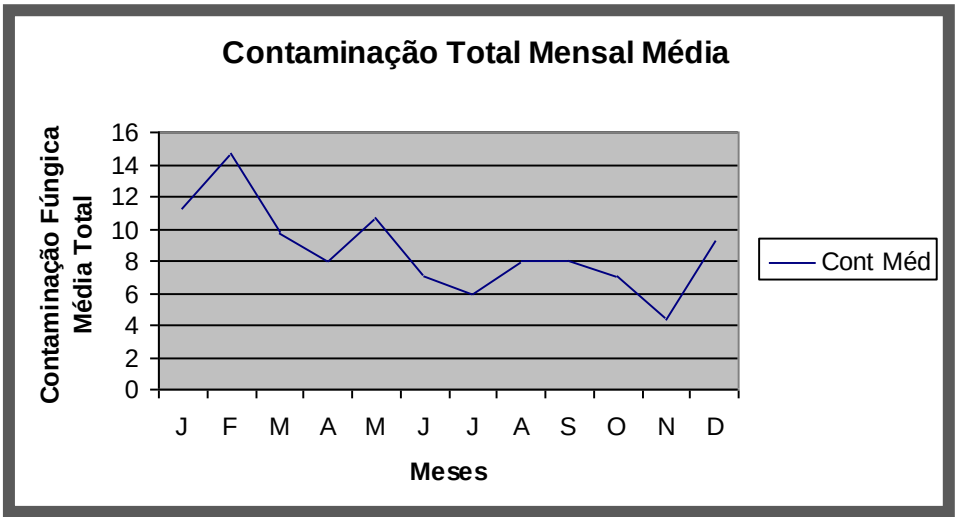


Figura 51 – Gráfico da Contaminação Total Mensal Média Externa.
Fonte: a autora, 2012

4.3.3 Variação da contaminação ambiental sazonal nos Pontos Internos e Externos

Para determinação da variação da contaminação ambiental sazonal nos pontos internos e externos e se demonstrar o quanto esta variou, utilizaram-se as tabelas apresentadas anteriormente, entretanto, alerta-se que foram empregados somente 0 e 1, sendo 0 para a ausência do fungo e 1 para a presença deste no ambiente.

4.3.3.1 Fungos detectados no Ponto Interno 1 (I1)

O quadro a seguir, (Quadro 21), indica a coleta realizada durante um ano, no ponto interno denominado I1:

Fungos	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Aspergillus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Aspergillus aeurum	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladosporium sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Epicoccum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Penicillium sp.	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
Micélio branco	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
Micélio rosa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1

Quadro 20 – Fungos detectados em I1.
Fonte: a autora, 2012.

4.3.3.2 Fungos detectados no Ponto Interno 2 (I2)

A contaminação, no local interno denominado de I2, é representada através do Quadro 22.

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aspergillus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Aspergillus aeurum	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cladosporium sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penicillium sp.	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Micélio branco	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Micélio rosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Quadro 21 Fungos detectados em I2.
Fonte: a autora, 2012.

4.3.3.3 Fungos detectados no Ponto Interno 3 (I3)

No quadro 23, está indicada a contaminação fúngica mensal, ocorrida no local interno I3.

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aspergillus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Aspergillus aeurum	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
Cladosporium sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Epicoccum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Penicillium sp.	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio branco	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
Micélio rosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 22 – Fungos detectados em I3.
Fonte: a autora, 2012.

4.3.3.4 Fungos detectados no Ponto Externo 1 (E1)

Externamente, também se determinou a presença ou ausência da microbiota fúngica nos três locais avaliados.

O Ponto Externo 1 é representado pelo Quadro 24:

Fungos	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Aspergillus sp.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aspergillus aeurum	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
Cladosporium sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum nigrum	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Penicillium sp.	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Micélio branco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Micélio rosa	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

Quadro 23 – Fungos detectados em E1.
Fonte: a autora, 2012.

4.3.3.5 Fungos detectados no Ponto Externo 2 (E2)

No quadro posterior, (Quadro 25), encontram-se os resultados da contaminação fúngica mensal, no local externo E2.

Fungos	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Aspergillus sp.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Aspergillus aeurum	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Cladosporium sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum nigrum	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penicillium sp.	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Micélio branco	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Micélio rosa	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

Quadro 24: Fungos detectados em E2.
Fonte: a autora, 2012.

4.3.3.6 Fungos detectados no Ponto Externo 3 (E3)

A seguir, no próximo quadro (Quadro 26) estão apresentados os resultados obtidos no local externo E3.

Fungos	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Aspergillus sp.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Aspergillus aeurum	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Cladosporium sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum nigrum	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Penicillium sp.	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Fungo Mitospórico	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
Micélio branco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Micélio rosa	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Micélio Amarelo	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1

Quadro 25 - Contaminação fúngica em E3.
Fonte: a autora, 2012.

4.3.4 Avaliação sazonal

Inicialmente, para melhor se clarificar a avaliação, foram analisados, separadamente, os meses de verão (dezembro/janeiro/fevereiro), para, posteriormente, os meses de outono (março/abril/maio), no inverno (junho/julho/agosto) e na primavera, (setembro/outubro/novembro), de forma interna e externamente.

Ambiente	I1			I2			I3			E1			E2			E3		
Fungos	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F
Aspergillus sp.	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Aspergillus aeurum	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Cladosporium sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Epicoccum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
Nigrospora sp.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penicillium sp.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Fungo Mitospórico	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
Micélio branco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Micélio rosa	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Micélio Amarelo	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Contaminação Total Mensal	5	7	6	5	7	5	5	4	6	7	7	9	5	9	6	7	9	8
Contaminação Total Média	**5,55**									**7,44**								

Quadro 26 – Contaminação Total Média no verão.
Fonte: a autora, 2012.

Verifica-se, no quadro anterior, que a contaminação total média externa, no verão, é 34% maior que a contaminação interna.

No quadro abaixo, (Quadro 28), apresenta-se a contaminação total interna e externa no outono.

Ambiente	**I1**			**I2**			**I3**			**E1**			**E2**			**E3**		
Fungos	**M**	**A**	**M**	**M**	**A**	**M**	**M**	**A**	**M**	**M**	**A**	**M**	**M**	**A**	**M**	**M**	**A**	**M**
Aspergillus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Aspergillus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Cladosporium	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penicillium sp.	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
Micélio branco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Micélio rosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação Total Mensal	3	2	2	3	2	2	3	3	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5
Contaminação Total Média	**2,55**									**4,44**								

Quadro 27 – Contaminação Total Média no Outono.
Fonte: a autora, 2012.

Verifica-se, no quadro anterior, que a contaminação total média externa, no outono, é 74% maior que a contaminação interna.

No quadro a seguir, (Quadro 29), apresenta-se a contaminação total interna e externa no inverno.

Ambiente	**I1**			**I2**			**I3**			**E1**			**E2**			**E3**		
Fungos	**J**	**J**	**A**	**J**	**J**	**A**	**J**	**J**	**A**	**J**	**J**	**A**	**J**	**J**	**A**	**J**	**J**	**A**
Aspergillus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aspergillus aeurum	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladosporium sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nigrospora sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penicillium sp.	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo Mitospórico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Micélio branco	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Micélio rosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Contaminação Total Mensal	3	2	4	2	2	3	2	2	5	3	3	4	2	3	4	2	3	4
Contaminação Total Média	**2,78**									**3,11**								

Quadro 28 – Contaminação Total Média no inverno.
Fonte: a autora, 2012.

Observa-se que, no inverno, a contaminação total média externa é 11% maior que a contaminação interna.

No próximo quadro, (Quadro 30), pode-se analisar a contaminação total interna e externa na primavera.

Ambiente	**I1**			**I2**			**I3**			**E1**			**E2**			**E3**		
Fungos	**S**	**O**	**N**	**S**	**O**	**N**	**S**	**O**	**N**	**S**	**O**	**N**	**S**	**O**	**N**	**S**	**O**	**N**
Aspergillus sp.	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aspergillus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Cladosporium sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Curvularia sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicoccum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Nigrospora sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Penicillium sp.	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0

Phoma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fungo	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Micélio branco	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Micélio rosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micélio Amarelo	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Contaminação Total Mensal	3	6	2	3	6	2	3	3	2	6	4	5	3	4	4	4	5	4
Contaminação Total Média	3,33									4,33								

Quadro 29 – Contaminação Total Média na primavera.
Fonte: a autora, 2012.

Avalia-se que, na primavera, a contaminação total média externa é 30% maior que a contaminação interna.

A representação gráfica da variação da contaminação externa e interna, nas quatro estações do ano, pode ser observada na Figura 52.

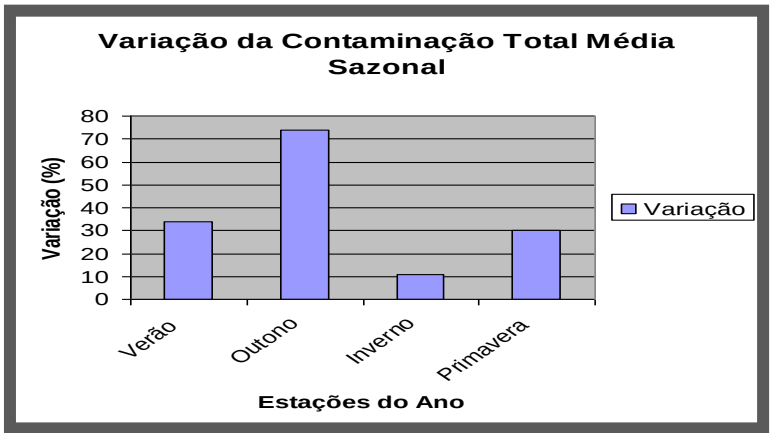


Figura 52– Variação em Porcentagem da Contaminação Total Média Sazonal, interna e externa.
(Fonte: a autora, 2012).

Na Figura 52, observa-se que as maiores variações ocorrem no outono e a menor no inverno, sendo que, na primavera e no verão, as variações estão próximas. Estes resultados podem estar vinculados à temperatura e à umidade ambiental. Além disso, todos os resultados demonstraram que a contaminação externa, durante todo o ano, é superior a variabilidade da microbiota interna.

No próximo item, serão apresentadas as patologias encontradas no prédio da Biblioteca, tanto internamente, quanto externamente.

4.4 Manifestações Patológicas

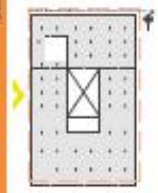
Neste item, apresenta-se a identificação das patologias encontradas nos ambientes externo e interno, onde, em um primeiro momento, podem-se observar os Mapas de Danos já mencionados no Capítulo 3, que demonstrarão as fachadas da Biblioteca Central, identificando seus elementos construtivos e a identificação das partes deterioradas da edificação. Consecutivamente, serão destacadas as patologias de maior incidência nesses ambientes, ainda na forma representativa de Mapa de Danos, porém, somente abordando os detalhes dessas partes deterioradas, através do levantamento fotográfico realizado.

ESTUDO DA FACHADA OESTE

Biblioteca Central da UFSM

PLANTA DE COBERTURA

Sem Escala



FACHADA OESTE

Sem Escala

ESTADO ATUAL DA EDIFICAÇÃO

Vista da Fachada Oeste da Biblioteca Central da UFSM (Fonte: a autora, 2012)

LEGENDA

- Desprendimento de alvenaria
- Destacamento de revestimento
- Exposição de Material
- Biodeterioração
- Fissura
- Trinca
- Rachadura
- Sujidade
- Infiltração
- Umidade
- Manchas
- Corrosão

LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

A B C C
11 8 12

J
13

A B C C
8 12 4 9 5

D F
11

(Fonte: a autora, 2012)

LEGENDA

MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

ALVENARIA
A Tijolo maciço · B Reboco · C Pintura

ABERTURAS (Portas e Janelas)
D Metal · E Madeira · F Vidro

OUTROS ELEMENTOS
G Revestimento em Pedra · H Piso Cerâmico · I Piso Vinílico
J Gradil em metal · K Tijolo a vista · L Forro de Eucatex

DEGRADAÇÕES OCORRENTES

MATERIAL DESPRENDIDO
1 Desprendimento de alvenaria · 2 Exposição de Material
3 Destacamento de revestimento

LESÃO
4 Fissura · 5 Trinca · 6 Rachadura

ALTERAÇÃO
7 Infiltração · 8 Biodeterioração · 9 Biofilme
10 Umidade · 11 Sujidade
12 Manchas · 13 Corrosão

Mapa de Danos

Análise da Biblioteca Central da UFSM

Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Enhenharia Civil e Ambiental

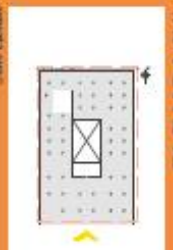
Dissertação de Mestrado
AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM

Mestranda	Prancha
Luciana Manzoni Pereira	01
Data: AGOSTO/2012	Escala: SEM ESCALA

ESTUDO DA FACHADA SUL

Biblioteca Central da UFSM

PLANTA DE COBERTURA *Sem Escala*



FACHADA SUL *Sem Escala*

ESTADO ATUAL DA EDIFICAÇÃO

Vista da Fachada Sul da Biblioteca Central da UFSM (Fonte: a autora, 2012)

LEGENDA

- Desprendimento de alvenaria
- Destacamento de revestimento
- Exposição de Material
- Biodeterioração
- Fissura
- Trinca
- Rachadura
- Sujidade
- Infiltração
- Umidade
- Manchas
- Corrosão

LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

(Fonte: a autora, 2012)

LEGENDA

MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

ALVENARIA
A Tijolo maciço B Reboco C Pintura

ABERTURAS (Portas e Janelas)
D Metal E Madeira F Vidro

OUTROS ELEMENTOS
G Revestimento em Pedra H Piso Cerâmico I Piso Vinílico
J Gradil em metal K Tijolo a vista L Forro de Eucatex

DEGRADAÇÕES OCORRENTES

MATERIAL DESPRENDIDO
1 Desprendimento de alvenaria 2 Exposição de Material
3 Destacamento de revestimento

LESÃO
4 Fissura 5 Trinca 6 Rachadura

ALTERAÇÃO
7 Infiltração 8 Biodeterioração 9 Biofilme
10 Umidade 11 Sujidade
12 Manchas 13 Corrosão

Mapa de Danos

Análise da Biblioteca Central da UFSM

Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental

Dissertação de Mestrado
AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM

Mestranda	Prancha
Luciana Marzoni Pereira	02
Data: AGOSTO/2012	Escala: SEM ESCALA

ESTUDO DA FACHADA LESTE

Biblioteca Central da UFSM

PLANTA DE COBERTURA

FACHADA LESTE

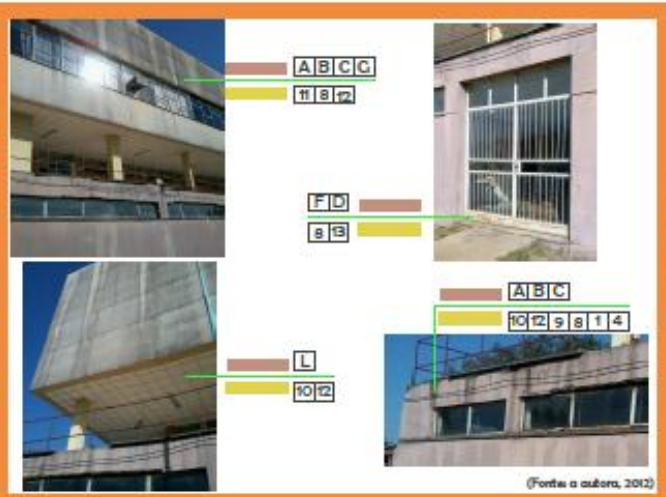
ESTADO ATUAL DA EDIFICAÇÃO

Vista do Fachada Sul da Biblioteca Central da UFSM (Fonte: o autora, 2012)

LEGENDA

- Desprendimento de alvenaria
- Destacamento de revestimento
- Exposição de Material
- Biodeterioração
- Fissura
- Trinca
- Rachadura
- Sujidade
- Infiltração
- Umidade
- Manchas
- Corrosão

LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO



(Fonte: o autora, 2012)

LEGENDA

MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

ALVENARIA
A Tijolo maciço — B Reboco — C Pintura

ABERTURAS (Portas e Janelas)
D Metal — E Madeira — F Vidro

OUTROS ELEMENTOS
G Revestimento em Pedra — H Piso Cerâmico — I Piso Vinílico
J Gradil em metal — K Tijolo a vista — L Forro de Eucatex

DEGRADAÇÕES OCORRENTES

MATERIAL DESPRENDIDO
1 Desprendimento de alvenaria — 2 Exposição de Material
3 Destacamento de revestimento

LESÃO
4 Fissura — 5 Trinca — 6 Rachadura

ALTERAÇÃO
7 Infiltração — 8 Biodeterioração — 9 Biofilme
10 Umidade — 11 Sujidade
12 Manchas — 13 Corrosão

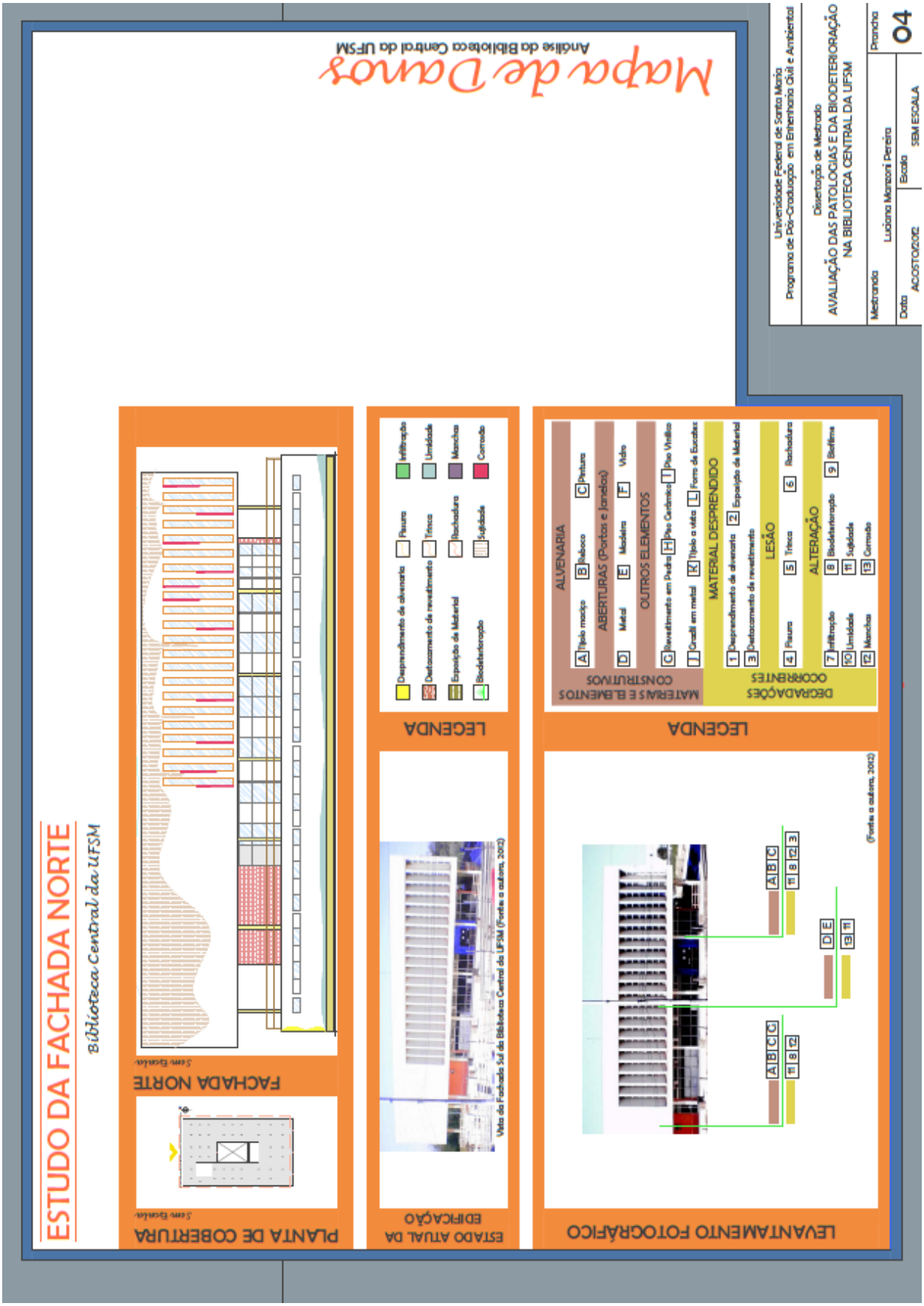
Mapa de Danos

Análise da Biblioteca Central da UFSM

Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Enhenharia Civil e Ambiental

Dissertação de Mestrado
AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM

Mestranda		Prancha
Luciana Manzoni Pereira		03
Data: AGOSTO/2012	Escala: SEM ESCALA	


ESTUDO DA FACHADA NORTE
Biblioteca Central da UFSM
Mapa de Danos
Análise da Biblioteca Central da UFSM
PLANTA DE COBERTURA
Sem Escala
FACHADA NORTE
Sem Escala
ESTADO ATUAL DA EDIFICAÇÃO
Vista da Fachada Sul da Biblioteca Central da UFSM (Fontes a autora, 2012)
LEGENDA
Desprendimento de alvenaria
Fissura
Infiltração
Destacamento de revestimento
Trinca
Umidade
Exposição de Material
Rachadura
Manchas
Biodeterioração
Sujidade
Corrosão
LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO
(Fontes a autora, 2012)
LEGENDA
MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS
ALVENARIA
A Tijolo maciço
B Reboco
C Pintura
ABERTURAS (Portas e Janelas)
D Metal
E Madeira
F Vidro
OUTROS ELEMENTOS
G Revestimento em Pedra
H Peso Cerâmico
I Peso Vinílico
J Gradil em metal
K Tijolo a vista
L Forro de Eucatex
DEGRADAÇÕES OCORRENTES
MATERIAL DESPRENDIDO
1 Desprendimento de alvenaria
2 Exposição de Material
3 Destacamento de revestimento
LESÃO
4 Fissura
5 Trinca
6 Rachadura
ALTERAÇÃO
7 Infiltração
8 Biodeterioração
9 Bioffime
10 Umidade
11 Sujidade
12 Manchas
13 Corrosão
Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Enhenharia Civil e Ambiental
Dissertação de Mestrado
AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM
Mestranda
Luciana Manzoni Pereira
Prancha
04
Data
AGOSTO/2012
Escala
SEM ESCALA

DETALHAMENTOS

Biblioteca Central da UFSM

LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

FACHADA LESTE — A B C D F — 11 8 1 13 12

FACHADA LESTE — A B C — 6 4 8

FACHADA LESTE — D I — 13

CIRCULAÇÃO EXTERNA POSIÇÃO SUL — A B — 8 1

CIRCULAÇÃO EXTERNA POSIÇÃO LESTE — A B H — 3 1

FACHADA LESTE — D A B C — 13 4 5 12 3

INTERIOR DA EDIFICAÇÃO (SUBSOLO) — A B C — 8 10 9 3

INTERIOR DA EDIFICAÇÃO (SUBSOLO) — A B C — 5 1 11 8

INTERIOR DA EDIFICAÇÃO (SUBSOLO) — A B C — 7 12 8

(Fonte: o autora, 2012)

LEGENDA

MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

ALVENARIA
A Tijolo maciço — B Reboco — C Pintura

ABERTURAS (Portas e Janelas)
D Metal — E Madeira — F Vidro

OUTROS ELEMENTOS
G Revestimento em Pedra — H Piso Cerâmico — I Piso Vinílico
J Cradil em metal — K Tijolo a vista — L Forro de Eucatex

DEGRADAÇÕES OCORRENTES

MATERIAL DESPRENDIDO
1 Desprendimento de alvenaria — 2 Exposição de Material
3 Destacamento de revestimento

LESÃO
4 Fissura — 5 Trinca — 6 Rachadura

ALTERAÇÃO
7 Infiltração — 8 Biodeterioração — 9 Biofilme
10 Umidade — 11 Sujidade
12 Manchas — 13 Corrosão

Mapa de Danos

Análise da Biblioteca Central da UFSM

Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Enhenharia Civil e Ambiental

Dissertação de Mestrado
AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM

Mestranda: Luciana Manzoni Pereira

Data: AGOSTO/2012 — Escala: SEM ESCALA

Prancha: 05

DETALHAMENTOS

Biblioteca Central da UFSM

LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

INTERIOR DA EDIFICAÇÃO (SUBSOLO)

L D

7 12 3

CIRCULAÇÃO EXTERNA

A B C

3 8

INTERIOR DA EDIFICAÇÃO (SUBSOLO)

L D

7 12 3 9

INTERIOR DA EDIFICAÇÃO (SUBSOLO)

A B C

1 2 4 12 13

INTERIOR DA EDIFICAÇÃO (SUBSOLO)

D F

11 8 12

INTERIOR DA EDIFICAÇÃO (SUBSOLO)

A B C

3 8 12

(Fonte: a autora, 2012)

LEGENDA

MATERIAIS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

ALVENARIA

A Tijolo maciço — B Reboco — C Pintura

ABERTURAS (Portas e Janelas)

D Metal — E Madeira — F Vidro

OUTROS ELEMENTOS

G Revestimento em Pedra — H Piso Cerâmico — I Piso Vinílico

J Gradil em metal — K Tijolo a vista — L Forro de Eucatex

DEGRADAÇÕES OCORRENTES

MATERIAL DESPRENDIDO

1 Desprendimento de alvenaria — 2 Exposição de Material

3 Destacamento de revestimento

LESÃO

4 Fissura — 5 Trinca — 6 Rachadura

ALTERAÇÃO

7 Infiltração — 8 Biodeterioração — 9 Biofilme

10 Umidade — 11 Sujidade

12 Mancha — 13 Corrosão

Mapa de Danos

Análise da Biblioteca Central da UFSM

Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Enhenharia Civil e Ambiental

Dissertação de Mestrado
AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS E DA BIODETERIORAÇÃO NA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSM

Mestranda	Prancha
Luciana Manzoni Pereira	06
Data: AGOSTO/2012	Escala: SEM ESCALA

Após a análise dos Mapas de Danos, pode-se confirmar que o prédio da Biblioteca Central encontra-se bastante deteriorado.

Na parte externa, as partes da edificação que apresentam o maior grau de incidência de patologias, são a Fachada Sul e a Fachada Leste; e as de menor incidência, a Fachada Norte, seguindo-se da Fachada Oeste. Em relação ao interior da edificação, constatou-se que esse espaço físico também apresenta vários danos, principalmente, os causados pela ação de microrganismos.

A seguir, a avaliação da incidência patológica.

4.4.1 Avaliação patológica na Fachada Oeste

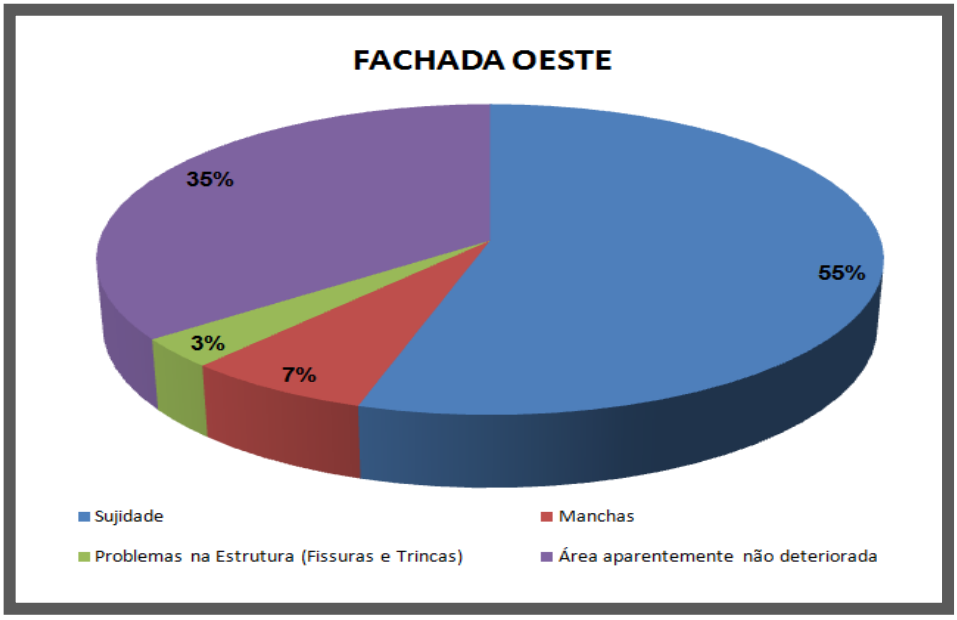


Figura 513 – Gráfico com a avaliação das Patologias incidentes na Fachada Oeste.
Fonte: a autora, 2012.

Através dos dados apresentados na Figura 53, pode-se observar que, nessa fachada, com área total de aproximadamente 244,60 m², os danos mais evidentes, relacionados à biodeterioração, são a sujidade, que atinge cerca de 41,75%, (269,18 m² aproximadamente, em relação à área total), que, possivelmente, ocorra em função da grande exposição à radiação solar, gerando manchas escuras, causadas

por algas, fungos, bactérias e cianobactérias, e, em segundo plano, aparecem as manchas que compreendem a 5,21 % da edificação (aproximadamente 33,54 m²), chegando-se à conclusão de que, nesse caso, esses danos originam-se de umidades e infiltrações.

A biblioteca apresenta, em sua estrutura física, uma circulação externa coberta, onde se encontram alguns acessos à edificação e a parte da fachada, que se localiza abaixo dessa cobertura, tem área de 172,94 m² (26,82% da área total da edificação), que, aparentemente, não apresenta deteriorações.

Essa elevação apresenta, em menor escala, danos referentes à estrutura como as fissuras e as trincas (15,35 m² em torno de 2,38 % da edificação).

4.4.2 Avaliação patológica na Fachada Sul

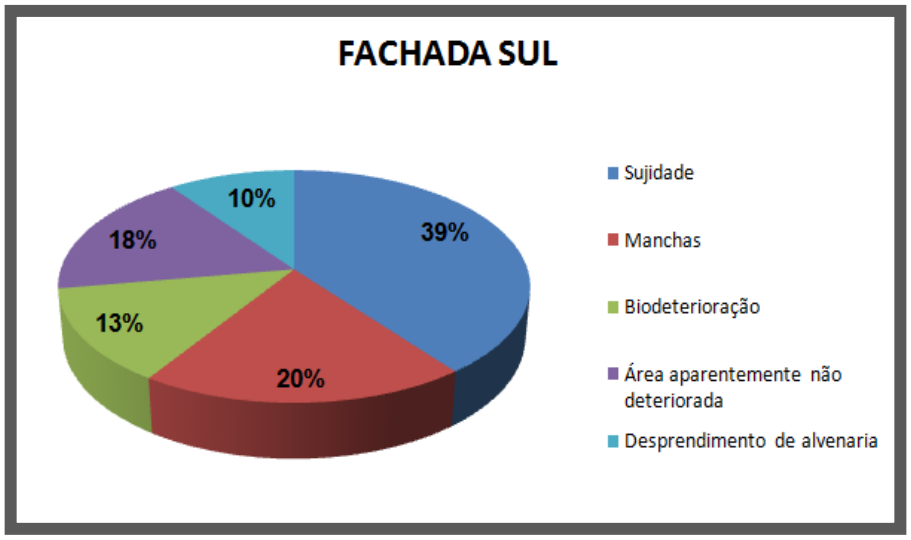


Figura 54 – Gráfico com a avaliação das Patologias incidentes na Fachada Sul.
Fonte: a autora, 2012.

Essa elevação, com cerca de 491,51 m² de área, apresenta-se, conforme a Figura 54, 212,28 m² em relação à área total (aproximadamente) com danos relacionados a sujidade; 21,40% (105,22 m² da elevação) apresentam manchas.

A biodeterioração, nessa elevação, também evidencia a presença de umidade com 48,48 m² atingidos, fazendo com que ocorra deslocamento de reboco e destacamento de revestimentos como a pintura. Ainda, dentro desse percentual,

está a presença de espécies vegetais que surgem contribuindo para a biodeterioração.

4.4.3 Avaliação patológica na Fachada Leste

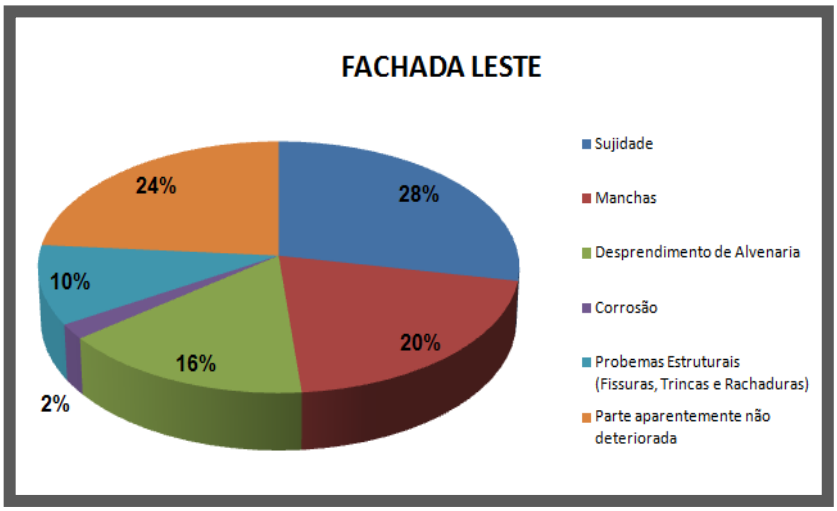


Figura 55 – Gráfico com a avaliação das Patologias incidentes na Fachada Sul.
Fonte: a autora, 2012.

Ao observar a Figura 55, pode-se verificar que a Fachada Leste, (com área total de 800,05 m²), possui maior diversidade de danos se comparada às outras orientações das elevações. Chegou-se à conclusão de que isso ocorre pelo fato de estar em orientação solar desfavorável (com maior incidência solar). Como nas demais elevações, a sujidade apresenta maior grau de incidência (25,78% = 206,29 m²), seguindo-se de manchas com 18,66%, ou seja, 149,33 m² aproximadamente. Verifica-se que o desprendimento de alvenaria também é bastante evidente nessa elevação, principalmente, próximo às aberturas, totalizando em torno de 118,49 m², equivalente a 18,66 % de área comprometida. Nessa área, também se encontra a presença de corrosão nas estruturas das aberturas (14,15% = 1,76%). Ainda, apresenta problemas na estrutura como os de fissuras, trincas e rachaduras, que, em sua totalidade, somam 77,94 m² de área, referente a, aproximadamente, 9,74%.

4.4.4 Avaliação patológica na Fachada Norte

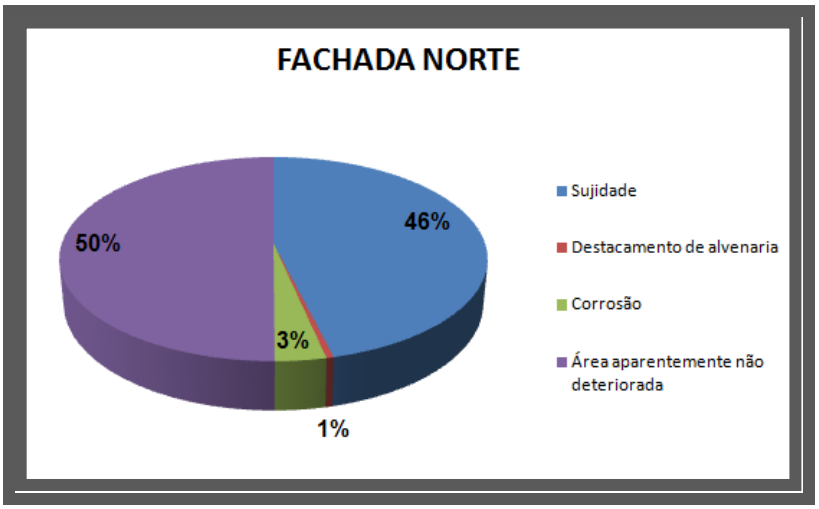


Figura 56 – Gráfico com a avaliação das Patologias incidentes na Fachada Norte. (Fonte: a autora, 2012).

Os dados referentes à Fachada Norte, representada pelo gráfico da figura 56, destaca que essa elevação, com área de 507,13 m² (aproximada), não apresenta grandes sinais de biodeterioração. O que, aí, constata-se diz respeito à sujidade, que atinge 86,88 m² de área (17,13%) e à corrosão que se apresenta na estrutura das janelas (6,30 m² = 1,24 %).

Como já mencionado anteriormente, a área da fachada, que fica sob a proteção do balanço, que cobre a área de circulação externa, medindo 94,95 m² (18,61%), não apresenta patologias que sejam visíveis.

4.4.5 Avaliação patológica no Interior da Edificação

Conforme os Mapas de Danos com detalhamentos fotográficos, que abrangem a parte interna da edificação (o subsolo, a área de estudo), pode-se destacar a forte presença de microrganismos deteriorantes, presentes na estrutura. Como exemplo, pode-se citar a biodeterioração evidente nas paredes, através de manchas, sujidade, biofilme, destacamento e exposição de materiais. Verificou-se, também, a deterioração ocorrida pelo mau cuidado, tornando-se visível o

destacamento das placas de Eucatex que compõe o forro. Nesse local, comprovou-se, ainda, a existência de manchas bem visíveis, chegando-se à conclusão de que sejam provenientes de infiltrações.

Por fim, no capítulo a seguir, serão levantadas algumas considerações importantes, concluídas com a realização deste trabalho.

5 CONCLUSÃO

A fim de atender o objetivo principal deste trabalho, ou seja, de avaliar a contaminação fúngica da Biblioteca Central da UFSM, que pode causar deterioração na edificação, bem como o estudo de suas patologias, estruturou-se o estudo em quatro etapas imprescindíveis para a obtenção de dados relevantes que comprovem a incidência de biodeterioração no local.

Inicialmente, através dos referenciais teóricos, foi possível a definição e conceituação de termos imprescindíveis na etapa de analise e de avaliação dos dados obtidos na terceira etapa deste trabalho.

Na etapa seguinte, simultaneamente à revisão bibliográfica, iniciou-se o levantamento das patologias da edificação, bem como o estudo de sua contaminação fúngica através da metodologia adequada, com o intuito de se obter a extração de dados relevantes pelo período de 12 meses.

Referente à avaliação da contaminação fúngica na Biblioteca, constata-se que oito espécies diferentes de microrganismos se manifestam no local (interna e externamente). Essa avaliação também foi realizada de forma que fossem determinados os meses de maior incidência de contaminação, chegando à conclusão de que, internamente, os microrganismos se proliferam em maior quantidade dos meses de janeiro e fevereiro (maior contaminação). No mesmo estudo conclusivo, verificou-se, da mesma forma, que, no mês de julho, devido à baixa temperatura, ocorreu à menor contaminação fúngica. No decorrer das pesquisas, constatou-se que, na parte externa da edificação, a maior proliferação se deu no mês de fevereiro, devido à maior incidência de calor, seguido dos meses de janeiro e maio. Destaca-se, como dado de grande relevância, que, no mês de novembro, ocorreu a menor contaminação. Com base nesses dados, recomenda-se que, se forem realizadas os devidos reparos nas edificações da Biblioteca Centrasl da UFSM, que os mesmos sejam efetivados nesse mês, ou seja, em novembro.

A partir disso, comprovou-se, através da avaliação sazonal, relacionando-se os pontos externos e internos de coleta, que a contaminação total externa é maior que a interna, verificando-se que as maiores variações ocorrem no outono e as menores, no inverno. Esses resultados, certamente, estão relacionados a fatores

diretos como a umidade, a temperatura e a luminosidade da edificação, pois a temperatura adequada para a proliferação fúngica é de 25ºC, clima típico de outono, sob um grau de umidade elevado, notavelmente considerado, na localização da edificação.

Em outra etapa, foram realizados os Mapas de Danos para expressar, graficamente, as patologias incidentes na edificação. Partindo-se desta representação, foram elaborados índices numéricos que expressassem, graficamente, as áreas atingidas pelas patologias existentes. Embasando este trabalho nos dados coletados, ficou evidente que problemas como a biodeterioração, manchas, corrosão e desprendimento de material aparecem em maior escala nas fachadas da edificação, podendo, então, afirmar-se que a Biblioteca Central da UFSM encontra-se em mau estado de conservação, ou seja, sem a realização de manutenções periódicas. Ainda, contestando questões culturais arraigadas de que o preferível é construir “o novo” ao ter que se resgatar “o antigo”, no caso da Biblioteca Central, alerta-se que não se precisaria de grandes técnicas especializadas a serem aplicadas para a correção desses problemas. O que ali urge que seja feito, nada mais é do que a limpeza periódica, realizada com produtos corretos, fazendo-se a higienização do local, a reestruturação e a troca de alguns elementos construtivos danificados pela incidência de microrganismos. Além disso, recomenda-se a aquisição de equipamentos para a melhoria das instalações internas, afirmando-se que, com isso, haverá a amenização da contaminação fúngica excessiva que está deteriorando a Biblioteca. Alerta-se, com base nos estudos realizados que, inclusive, por ser um ambiente de grande circulação e com pré-disposição à proliferação fúngica, pode vir a causar doenças aos usuários e funcionários do local.

Quanto aos processos de biodeterioração encontrados no local, verificou-se que os mesmos se apresentam em duas classificações: biodeterioração de ordem física, causada por organismos macroscópicos (vegetação, cabos elétricos, etc.) e de ordem estética, presentes somente na superfície, através da presença de microrganismos na edificação, resultando no aparecimento de manchas, fissuras e infiltrações, causadas por fungos e bactérias, que também podem estar causando biodeterioração química e física à biblioteca em estudo.

Assim, após a avaliação realizada, verifica-se que maiores cuidados deveriam ser tomados em relação à Biblioteca Central. Por conseguinte, além dos danos físicos e químicos encontrados na edificação, há ocorrência de problemas

biológicos, que podem danificar o material ali preservado, uma vez que se trata de agentes nocivos, causadores de doenças que podem afetar tanto os trabalhadores do local, quanto os usuários do mesmo.

REFERÊNCIAS

ALLSOPP, D.; SEAL, K. J.; GAYLARD, C. C. **Introduction to Biodeterioration**. Second Edition, Cambridge University Press. United States. 2004.

ANDRADE, Jairo José de Oliveira. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análises das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco.** Porto Alegre, 1997. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, PPGEC / UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à Metodologia do trabalho científico**. 7ª Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

ARAÚJO, A. B. **Umidade e degradação nos edifícios.** [S.l]: IST, 2003. Disponível em:< http://maxpages.com/achille32 >. Acesso em: 10/09/2010. (Traduzido do original em italiano).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802 - **Concreto Endurecido – Determinação da Velocidade de Propagação de Onda Ultra-Sônica**. Rio de Janeiro, 1994.

BARTHEL, C.; LINS, M.; PESTANA, F. O papel do mapa de danos na conservação do patrimônio arquitetônico. In: Congresso Iberoamericano y VIII Jornada “Técnicas de Restauración e Conservación Del Patrimônio”, 2009. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 20 p.

BIODETERIORAÇÃO. Revista Téchne. São Paulo, 01 mar. 1998. Disponível em :< http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/patologias-85308-1.asp > Acesso em: 23 jun 2010.

BOTT, T. R.; Aspects of biofilm formation and destruction. *Corrosion Reviews.* V.11, P.1-24, 1993.
BROCK, T.D., MADIGAN, M.T.; Biology of Microrganisms. 5 ed. New Jersey – EUA: Prentice-Hall, 1988.835 p.

CÁNOVAS, F. M. Patologia e terapia do concreto. São Paulo: Pinni, 1988.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECNIQUE DE LA CONSTRUCION. Transport de l’humidité dans les materiaux poreux-bases theoriques. CSTC Revue. Bruxelas, A. Legros, v. 1. p. 7-12, mars 1982 a.

CAMPELLO, C.; LINS, M.; PESTANA, F. O papel do mapa de danos na conservação do patrimônio arquitetônico. In: Congresso Iberoamericano y VIII Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio”, v.1, 2009, La Plata. Anais... Buenos Aires: Lemit, 2009.

CARDOSO, E. USM: a nova universidade. Santa Maria: Associação Santamariense Pró Ensino Superior, 1962 (não paginado).

CARRIÓ, J.M. La patologia y los estúdios patológicos. In: GARCIA, A. A. (Org). Curso de patologia. Conservación e restauración de edifícios. Tomo I, 2 ed. Madrid: Servicio de Publicaciones Del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1999, p. 11-35.

CEOTTO, L. H.; Banduk, R. C.; Nakakura, E. H. Revestimentos de Argamassas: boas. Práticas em projeto, execução e avaliação. Porto Alegre: Prolivros, 2005. (Recomendações Técnicas HABITARE, 1).

CINCOTTO, Maria A. Patologia das argamassas de revestimentos: análise e recomendações. 2. ed. São Paulo: IPT, 1989. 13 p.

CINCOTTO, Maria A, SILVA, Maria Angélica C., CARASÉK, Helena. Argamassas de revestimentos: características, propriedades, e métodos de ensaio. São Paulo: IPT, 1995.118 p.

CHARACKLIS, W. C. (1990): Microbial fouling and microbial biofouling Control. In: W.G. Characklis and K. C. Marshall (Eds.) Biofilms, John Wile)', New York; 523-634.

COSTA, Luís Gustavo Gonçalves. Cronidas: elaboração da base de dados para auxílio em representação de mapa de danos. Salvador: UFBA, 2010. 263 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, 2010.

COSTERTON, J.W., Cheng K.J., Geesey G.G., Ladd T.I., Nickel J.C., Dasgupta M., Marrie T.J.; Bacterial biofilms in nature and disease. Ann Rev Microbiol. Vol. 987 p. 435-464.1987.

CONSOLLI, O. J. ; Análise da durabilidade dos componentes das fachadas de edifífios, sob a ótica do projeto arquitetônico. 2006. 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

COZZA, Eric. Atire a primeira pedra. Revista Téchne, São Paulo, n. 22, mai/jun., 1996, p. 35-38.

DIAS, L. A. Avaliação da permeabilidade e da absorção da água em revestimentos de argamassa. 2003, 169p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

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

DUBOSC, A.; Étude du développent de salissures biologiques sur les parements en béton: mise au point d'essais accelerés de viellissement. Toulouse: Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions. INSA – UPS, Complexe Scientifique de Rangueil, 2000. 249 p.

EBANATAW, R.; Fissuras e trincas. Disponível em: http://www.ebanataw.com.br/roberto/patologias/trincas.htm. Acesso em: 15 out. 2010.

FEILDEN, B.M. Conservation of historic building: technical studies in the arts, archaeology and architecture. England: Butterworth, 1982.

FEILDEN, B. M. Conservation of historic building. 3. ed. Oxford: Butterworth – Heineman, 2003, p. 181.

FILHO, J. T. da S. **Conservação preventiva de acervos bibliográficos.** Disponível em: < http://www.forum.ufrj.br/biblioteca/artigo.html >. Acesso em: 05/12/2010

FITCH, J. M. Preservação do Patrimônio Arquitetônico. São Paulo: FAUSP, 1981.64 p.

FLEMMING, H. C.; Biofilms and environmental protection. *Water Science Techonology.* v. 27, n. 7-8, p.1-10, 1993.

FLORES, M., LORENZO, J., GÓMEZ-ALARCÓN, G.; Algae and Bacteria on Historic Monuments at Alcala de Henares, Spain International Biodeterioration & Biodegradation, Londres, v. 40, p. 241-246, 1997.

GAKLIK, Émille.; Jardim Histórico do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo: Mapeamento de manifestações patológicas e métodos de limpeza. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

GAYLARDE, C. C.; Notas de Aula. Curso de Especialização em Conservação e Restauração de Patrimônio Cultural. Curso de Biodeterioração. UFSM, 2003.

GAYLARDE, C. C.; GAYLARDE, P. M.; Biodeterioration of painted walls and its control. In: International Rilem Workshop on Microbial Impacts on Building Materials, 2000, Brazil. Proceedings… [CD-ROM] France: RILEM, 2000.6 p.

GAYLARDE, C.C., MORTON, L.H.G., 1997. The importance of biofilms in microbial deterioration of constructional materials. Revista de Microbiologia 28, 221–229.

GARCIA, A. A (Org); Curso de patologia: Conservación y restauración de edifícios. Tomo I. 2 ed. Madrid: Servicio de Publicaciones Del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1999.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 3. Ed.São Paulo: Atlas, 1991.

GOMEZ-ALARCON, G.; TORRE, M. A.; The effect of filamentous fungi on stone monuments: the Spanish experience. In: Building Micology, London: Chapman & Hall, 1994. P. 295-309.

GRIGOLETTI, G.C.; Levantamento histórico e arquitetônico de edifícios significativos do campus da Universidade Federal de Santa Maria. Relatório de projeto de pesquisa. 2008. 17 p.

GU, J. D . et al.; Biodeterioration of concrete by fungus *Fusarium.* International Biodeterioration & Biodegradation, v. 41, p. 101-109, 1998.

GUILLETTI, O.; Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies. The Science of the total Environment 167, 1995. Pág. 215-220. 6 p. Disponível em < http:// www.sciencedirect.com/science/jpurnal/00489697 > Acessado em 15 de janeiro de 2011.

GUILLETTI, O.; DREESEN, R. ; Laboratory chanber studies and petrographical analysis as bioreceptivity assessment of building materials. The Science of the total Environment 167, 1995. Pág. 365-374. 10 p. Disponível em < http:// www.sciencedirect.com/science/jpurnal/00489697 > Acessado em 15 de janeiro de 2011.

HELENE, Paulo R. L. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992.

HUECK, H.J. (1965). The biodeterioration of materials as part of hylobiology. *Material und Organismen*, 1 (1), 5-34.

HUECK, H.J. (1968). The biodeterioration of materials-an appraisal. In: *Biodeterioration of Materials* 6-12. Elsevier Publishing Co.Ltd, London.

JOHN, V. M. Avaliação da durabilidade de matérias componentes e edificações: emprego do Índice de Degradação. Porto Alegre: UFRGS, 1987.33 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N.; AGOPYAN, V.; STRÖSTRÖM, C. Durabilidade e sustentabilidade: desafios para a construção civil brasileira. São José dos Campos, 2002. Workshop sobre durabilidade das construções. Não paginado. Disponível em < http://www.infohab.org.br >. Acesso em 11/08/2010.

JOHNSON, P. História Ilustrada do Egito. São Paulo: Ediouro. 2002. 404 p.

KLEIN, D. L. Apostila do Curso de Patologia das Construções. Porto Alegre, 1999 - 10° Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.

KLÜPPEL, G.; SANTANA, M.; Manual de conservação preventiva de edificações. 236 p. Disponível em <http://www.monumenta.gov.br/upload/manual%20de%20conserva%e7%e3o%20preventiva_1168623133.pdf > Acesso em 24/11/2010.

KUMMAR, R.; KUMMAR, A. V. Biodeterioration of Stone in Tropical Environments-Na Overview. 1ª Edição. The J. Paul Getty Trust EUA. 1999.

LERSCH, M. I. ; Contribuição para a identificação dos principais fatores e macanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 185 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

LEWANDOWSKI, Z.; CUNNINGHAM, A. B.; Bioremediation: principles and practice – fundamental and aplication. Pensylvania – U.S.A.: Techonomic Publishing, 1998. V.1, p. 511-546.

LICHTENSTEIN, N.B.; Patologia das Construções: Procedimento para a Formulação do Diagnóstico de Falhas e Definição de Conduta Adequada à Recuperação de Edificações. 1985. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

LICHTENSTEIN, N.B.; Patologia das Construções. São Paulo: Boletim Técnico da USP. 06/1986. 28 p.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.. Biologia Hoje: Seres vivos. Vol.02. Ed. São Paulo: Ática, 1992.

McCRORMARCK,K. et al. A preliminary assessment of concrete biodeterioration by microorganisms. In: Biodegradation and Biodeterioration in Latin America, 2, 1996,

Porto Alegre – Brazil. Proceedings… Porto Alegre – Brazil: MIRCEN, UNEPE/UNESCO/ ICRO, FEPAGRO,Departamento de Solos, 1996.p. 68-70.

MENEZES, R. R. et al.Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção – revisão. Revista Cerâmica, v. 52, p. 37– 49.2006.

MITCHELL, R.; GU, J.D.; Changes in the biofilm microflora of limestone caused by atmospheric pollutants. International Biodeterioration &Biodegradation, v.46, p.299-303, 2000.

MULLER, S. Histórico do Campus e as patologias das fachadas dos prédios voltados para a Avenida Roraima – UFSM. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Rio Santa Maria, Santa Maria, 2010.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 2 ed.São Paulo: PINI, 1997. P. 503-510.

PEDRO, E. G. et al. Patologia em Revestimento Cerâmico de Fachada. Curso de Pós-Graduação do CECON, Especialização em Engenharia de Avaliações e Perícias. Síntese de Monografia. Belo Horizonte – MG, 2002.

PELCZAR Jr., Joseph Michel. CHAN, E.C.S., KRIEG, Noel R. Microbiologia: Conceitos e Aplicação. Vol. 1, 2ª Edição. São Paulo. Macron Books, 1996.524p.

PEREZ, A.R. Manutenção dos edifícios. Tecnologia de Edificações, n.2, p. 83-86, ago. 1985.

PETRUCCI, H.M.C.; A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: Interação entre as condições ambientais e a forma construída. 2000. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PINHEIRO, S. M. de M.. Impacto da colonização do Fungo *Cladosporium sphaerospermum* Sobre a argamassa do concreto. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UFES. 2003.

POLISSENI, A. E. Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimento de parede: método do cachimbo. Porto Alegre, 1986. 140p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

QUERUZ, Francisco. Contribuição para a identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edifícios da Vila Belga. Santa Maria: UFSM,

2007.150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
REIS, A.; LAY, M. C. Qualidade de campos visuais, SIG e percepção dos residentes de habitação de interesse social. Porto Alegre, v. 4, n. 1, p.67-77, 2004.

RESENDE, M.A. et al. Acid production by fungi isolated from historic monuments in the brasilian states of Minas Gerais. In: BIODEGRADATION AND Biodeterioration in Latin America, 2, 1996, Porto Alegre – Brazil. Proceesings… Porto Alegre – Brazil: MIRCEN, UNEPE/UNESCO/ICRO, FEPAGRO, Departamento de Solos da UFRGS, 1996, p.65-67.

RESENDE, M. A. Fungos deteriogênicos em prédios históricos de pedra. In: Jornada Científico Tecnológica sobre prevencion y proteccion Del Patrimonio Cultural Iberoamericano de los efectos Del biodeterioro ambiental, 2001, La Plata – Argentina. Anais... Argentina: Universidade Nacional de la Plata, 2001, p. 79-103.

RIBAS SILVA, M. Étude de la microstructure du béton sous l'influence variations hygrométriques importantes. Paris: Laboratoire Central dês Ponts et Chaussées. Série Ouvrages d'Art OA10, 1990.220 p.

RIBAS SILVA, M. Biodeterioração do concreto armado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, 1995, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Corrosão, 1995.

RIBAS SILVA, M. The microscopy study of biodegradation of concrete submitted to cold and humid climate. In: Euro Seminar on Microscopy applied to Building Materials, V, 1995, Leuven – Belgium.Proceedings…Brussel – Belgium:Belgian Building Research Institute, Sept – 1995d., p. 162-169.

SAAD, D. S. Métodos Bioquímicos e Moleculares para a Avaliação da Biodeterioração em Tintas Residenciais. Tese para obtenção do título de Doutor em Engenharia. UFRGS, 2002.

SAAD, D. S.; Notas de aula. Curso de especialização em Conservação e Restauração de Patrimônio Cultural. Curso de biodeterioração. UFSM, 2003.

SAND, W.; BOCK, E. Biodeterioration of mineral materials by microorganisms – biogenic sulfuric and nitric acid corrosion of concrete and natural stone. Geomicrobiology Journal, UK, v.9, p. 129 – 138, 1991a.

SEELE,J. Restauro de Edificações Históricas. Tópicos em Engenharia. Porto Alegre: NORIE/CPGEC/UFRGS, 2000. Apostila não paginada.

SCHLEE, A.R. Reproduzindo modelos. O plano piloto do campus da universidade Federal de Santa Maria, RS. Revista do do.co.mo.mo nº 5 (2003) < http://www.docomomo.org.br/seminario%205%20pdfs/020R.pdf > acesso em agosto de 2011.

SHIRAKAWA, M. A. Estudo da biodeterioração do concreto por *Thiobacillus.* São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Autarquia associada à Universidade de São Paulo, 1994. 121p.

SHIRAKAWA, M.A. et al. Identificação de fungos em revestimento de argamassa com bolor evidente. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas, I, 1994. Goiânia. Anais... Goiânia: Escola de Engenharia Civil – UFG – ANTAC, 1995.P. 403-410.

SHIRAKAWA, M. A. JOHN, V.; CONCOTTO, M. A.; GAMBALE, W. A.biodeterioração do concreto de estruturas subterrâneas In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DURABILIDADE DE MATERIAIS, COMPONENTES E ESTRUTURAS, III, 1997, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997b.

SHIRAKAWA, M. A.; JOHN, V.; CONCOTTO, M. A.; GAMBALE, W. A biodeterioração de materiais de construção civil. 1998.

SHIRAKAWA, M. A. Biodeterioração de argamassas por fungos – desenvolvimento de teste acelerado para a avaliação da bio-receptividade. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, 1999.131p.

SHIRAKAWA, M. A. et al. Fungal colonization in paint interfaces of building façade. In: International Conference on Durability of Materials and Components, 9, 2002, Australia. Proceedings… [CD-ROM] Australia: VCSIRO, BCE, 2002.PAPER 110, 6 p.

SILVA, EDNA Lúcia da; Menezes, Estera Muszkat. Metodologia da pesaquisa e elaboração de dissertação. 3 ed. Ver. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distâncoa da UFSC, 2001.121 p.

SILVA, F. H. Biodeterioração de Tintas Látex com e sem Biocida, Expostas ao meio ambiente Externo e Experimento Acelerado. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. UFSM, 2009.

SINGH, R.; PAUL, D.; JAIN, R. K. Biofilms: implications in bioremediation. Trends in Microbiology, v.14, n.9, p.389-397, 2006.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Pini, 1998.

TAGUCHI, Mário Koji. Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações. Dissertação de Mestrado- Curitiba, 2008.84 f.

THOMAZ, Ercio. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini – USP- IPT, 1989, 194 p.

TINOCO, Jorge Eduardo Lucena. Mapa de danos – Recomendações básicas. Centro de estudos avançados da conservação integrada – CECI. Olinda, Pernambuco, 2009, vol. 43. 23 p.

TOUMELA, M. et al. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review *Bioresource Technology, Volume 72, issue 2,* April 2000, Pages 169-183. 15 p. Disponível em < http://www,sciencedirect.com/science/journal/09608524> Acessado em 05 de junho de 2010.

UEMOTO, K. L. Patologia: Danos causados por eflorescência. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p. 561-64.

VALINSKY, L.; DELLA VENDOVA, G. D.; SCUPHAM, A.J.; ALVEY, S.; FIGUEROA,A.; YIN, B.; HARTIN, R.J.; CHROBAK, M.; CROWLWY, D.E., HIANG, T.; BORNEMAN, J. Analysis of bacterial community composition by oligonucleotide fingerprint of rRna genes. Applied and Environmental Microbiology, Washington, V.68 p. 3243 – 3250, 2002.

VERÇOZA, E. Patologia das Edificações. Porto Alegre: Sagra, 1991. 173 p.

VICENTE, R.S. Patologia das paredes de fachada: estudo do comportamento mecânico das paredes de fachada com correção exterior das pontes térmicas. 2002.306 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Coimba.Coimbra.

ZANARDINI, E. et al. Influence of atmospheric pollutants on the biodeterioration of stone. International Biodeterioration & Biodegradation, v.46, p.35 – 42, 2000.

WARSCHEID, Th; BRAAMS J. Biodeterioration of stone: a rewiew. International Biodeterioration & Biodegragradation 46 p., 343-368, 2000.

WATT, D. Building pathology, principles and practice. [S.l]: Blackwell science.1999.

ZAPLA, L.S. **A banalização da recuperação estrutural! Estão maquiando nossas estruturas**. Disponível em: < http://www.construirnet.com/materia_zarla1.htm. > Acesso em: 15 set. 2010.