

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MARCO AURÉLIO PITOL MAESTRI

**INSPEÇÃO, DIAGNÓSTICO E SUGESTÃO DE INTERVENÇÕES NOS
COMPONENTES DE MADEIRA EM EDIFICAÇÃO DE SISTEMA PLATAFORMA
(*LIGHT WOOD FRAME*): ESTUDO DE CASO NO PROTÓTIPO STELLA-UFSC**

Florianópolis
2019

MARCO AURÉLIO PITOL MAESTRI

**INSPEÇÃO, DIAGNÓSTICO E SUGESTÃO DE INTERVENÇÕES NOS
COMPONENTES DE MADEIRA EM EDIFICAÇÃO DE SISTEMA PLATAFORMA
(*LIGHT WOOD FRAME*): ESTUDO DE CASO NO PROTÓTIPO STELLA-UFSC**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Civil do Centro
Tecnológico da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito para a obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ângela do Valle

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Maestri, Marco Aurélio Pitol

Inspeção, diagnóstico e sugestão de intervenções nos componentes de madeira em edificação de sistema plataforma (light wood frame) : estudo de caso no protótipo Stella-UFSC / Marco Aurélio Pitol Maestri ; orientadora, Ângela do Valle, 2019.

190 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Sistema plataforma. 3. Madeira. 4. Inspeção. 5. Manifestações patológicas. I. Valle, Ângela do . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Marco Aurélio Pitol Maestri

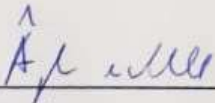
**INSPEÇÃO, DIAGNÓSTICO E SUGESTÕES DE INTERVENÇÕES NOS
COMPONENTES DE MADEIRA EM EDIFICAÇÃO DE SISTEMA
PLATAFORMA (*LIGHT WOOD FRAME*): ESTUDO DE CASO NO
PROTÓTIPO STELLA-UFSC**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de "Bacharel em Engenharia Civil" e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 27 de junho de 2019.

Prof.^a Luciana Rohde, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof.^a Ângela do Valle, Dr.^a

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Poliana Dias de Moraes, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Arq. Rodrigo Vargas Souza, M.e
Saint Gobain e Doutorando do PósARQ

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, por iluminar meu caminho desde meus primeiros passos, por ter me dado tantas graças em toda minha vida.

Aos meus maravilhosos pais, Josianne Heil Pitol Maestri e Adilson Bevilaqua Maestri, não sei nem como agradecer, são os maiores responsáveis por eu chegar onde cheguei. Ensinarão-me valores e disciplina, criaram-me com muito amor e carinho, não medindo esforços para me ajudar sempre que preciso e também para me ver feliz. Amo-os demais, com todo meu coração.

Sou muito grato também às minhas amadas irmãs, Débora Pitol Maestri e Daniela Pitol Maestri, por todos os anos de convivência, de companhia, de conselhos, de cuidados e de preocupações com o irmão caçula que vos fala. Agradeço também a paciência de ambas com meu gene forte e muitas vezes bobo. Gratidão também ao meu cunhado Thiago Rosa, por estar sempre presente e pelo apoio.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, por todo o aprendizado conquistado nesses cinco anos e meio de graduação, além do amadurecimento pessoal que obtive durante esse período. Grato imensamente pelos amigos que conheci aqui, pelos momentos de parceria, de risadas, de festas, e até de estudos. Estar com vocês fez a faculdade ser mais tranquila e prazerosa, e sou grato de sair da instituição com irmãos ao meu lado.

Dentre eles, um destaque especial ao meu parceiro Matheus de Cezaro Menegatti. Quero que saibas que tenho eterna gratidão por teres sido o melhor amigo que eu podia ter em todos esses anos, o maior ouvinte dos meus problemas e de histórias aleatórias, conselheiro quando precisei, além de todo o companheirismo e de incontáveis momentos alegres juntos, desde a primeira fase.

Agradeço a todo o restante da minha família e de meus amigos, sou muito feliz em possuir pessoas que gosto tanto ao meu redor, que são, com toda certeza, influências positivas em minha vida.

À minha orientadora, Prof^a Ângela do Valle, quero dizer que sou extremamente grato. Desde o momento que me aceitou como orientando, mostrou-se sempre disponível, atenciosa e interessada no trabalho durante o seu desenvolvimento. Aprendi muito com você durante esse ano, e confesso que não poderia ter escolhido orientadora melhor.

À banca, agradeço por aceitarem doar seu tempo para julgar e avaliar meu trabalho.

Por fim, um enorme agradecimento à música sertaneja, por ser a minha essência, me alegrar ainda mais nos dias bons, e amenizar os maus sentimentos nos dias ruins.

RESUMO

O sistema plataforma é um método construtivo que se utiliza da madeira como elemento principal, usando-a como membro estrutural, ou também na função de revestimento e acabamento. No entanto, a madeira é suscetível ao ataque de organismos xilófagos, e também pode ser danificada por fatores abióticos, como a ação do intemperismo, deterioração química e o desgaste mecânico. Ademais, sua natureza anisotrópica, em conjunto com a influência da ação da variação de umidade, pode originar defeitos nas peças. Nesse contexto, o presente trabalho consiste em um estudo de caso de uma edificação construída a partir do sistema plataforma, o protótipo Stella-UFSC, com o intuito de realizar a inspeção nos componentes de madeira presentes na edificação, constatando e apresentando diferentes manifestações patológicas encontrados nesses elementos. Dentre elas, os problemas mais recorrentes foram nos *sidings* nas fachadas externas, e nas esquadrias. A partir desse levantamento, foi realizado o diagnóstico correspondente a cada ocorrência, relacionando-o com a revisão bibliográfica estudada. Com base nisso, foram sugeridas medidas de intervenção, para cada caso.

Palavras-chave: Sistema plataforma. Madeira. Inspeção. Manifestações patológicas.

ABSTRACT

The platform frame is a constructive method which uses the wood as the main element, using it as a structural member, or also in the coating and finishing function. However, the wood is susceptible to attack by xylophagous organisms, and can also be damaged by abiotic factors such as weathering, chemical deterioration and mechanical wear. Moreover, its anisotropic nature, together with the influence of the action of the variation of humidity, may originate defects in the pieces. In this context, the present paper consists in a study case of a building constructed from the platform frame, the prototype Stella-UFSC, with the intention of performing the inspection in the wood components of the house, detecting and showing different pathological manifestations found in these elements. Among them, the most recurrent problems were in the sidings on the external facades, and in the door and window frames. From this survey, the diagnosis was realized according to each occurrence, relating it to the bibliographic review studied. Based on this, intervention measures were suggested for each case.

Keywords: Platform frame. Wood. Inspection. Pathological manifestations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cerne e albarno	23
Figura 2 - Eixos Principais.....	25
Figura 3 - Madeira compensada.....	34
Figura 4 - Corte rotatório de lâminas de madeira	34
Figura 5 - Emenda em peça de madeira laminada colada	35
Figura 6 - Nó vivo em peça de madeira	39
Figura 7 - Nó morto em peça de madeira.....	39
Figura 8 - Mancha em superfície pintada devida exsudação de extrativos	41
Figura 9 - Peça de madeira com encanoamento	42
Figura 10 - Peça de madeira com arqueamento.....	42
Figura 11 - Peça de madeira com encurvamento.....	43
Figura 12 - Peça de madeira com torcimento	43
Figura 13 - Fendas em peças de madeira.....	44
Figura 14 - Aspecto acinzentado em madeira sujeita ao intemperismo	46
Figura 15 - Fendas causadas pela ação do intemperismo em peça de madeira	46
Figura 16 - Ciclo de vida de um fungo apodrecedor	51
Figura 17 - Ataque de fungos emboloradores	52
Figura 18 - Ataque de fungos manchadores	52
Figura 19 - Madeira com ocorrência de podridão parda.....	54
Figura 20 - Madeira com ocorrência de podridão mole	55
Figura 21 - Etapas do ciclo de vida de um Coleóptero.....	57
Figura 22 - <i>Anobium punctatum</i>	59
Figura 23 - Madeira atacada por Lictídeos.....	60
Figura 24 - Madeira deteriorada por Cerambicídeos.....	61
Figura 25 - Madeira coberta por cupins da espécie <i>Coptotermes havilandi</i>	63
Figura 26 - Resíduos liberados por cupins de madeira seca	64
Figura 27 - Presença de <i>Cryptotermes brevis</i> em pequenas peças de madeira.....	65
Figura 28 - Seção transversal de estaca de madeira atacada por Teredos	66
Figura 29 - Danos de <i>Limnoria</i> a estacas de madeira.....	67
Figura 30 - Aspersão.....	73
Figura 31 - Pincelamento	73
Figura 32 - <i>Layout</i> de usina de preservação de madeiras	75
Figura 33 - Banco de madeira submetido ao expurgo.....	78

Figura 34 - Tratamento de madeira por injeção	79
Figura 35 - Estrutura no sistema plataforma	82
Figura 36 - Tipos de fundação no sistema plataforma	84
Figura 37 - Seções transversais de vigas de piso	84
Figura 38 - Exemplo de ossatura de madeira	85
Figura 39 - Instalações no sistema plataforma.....	88
Figura 40 – Fachadas lateral, frontal e traseira do Protótipo Stella-UFSC.....	89
Figura 41 - Plantas baixas do Pavimento Térreo e Superior.....	91
Figura 42 - Radier da edificação concretado.....	92
Figura 43 - Subsistema de parede	93
Figura 44 - Painéis utilizados na edificação	93
Figura 45 - Revestimentos externos e internos no painel na área social	94
Figura 46 - Estrutura do Entrepiso	95
Figura 47 - Estrutura do Entrepiso do Banheiro	96
Figura 48 - Detalhes da estrutura do telhado em planta baixa	97
Figura 49 - Detalhes do telhado em corte	97
Figura 50 - Passagem de eletrodutos pelos montantes	98
Figura 51 - Tubo PEX passando em meio à estrutura de madeira	99
Figura 52 - Banheiro do protótipo e seus componentes.....	99
Figura 53 - Coloração dos <i>sidings</i> : (a) situação antiga e (b) no momento da inspeção	103
Figura 54 - Diferença de cor entre área protegida e desprotegida pela placa de acrílico	104
Figura 55 - Ninhos de insetos evidenciados no ambiente externo	105
Figura 56 - Fachada lateral e suas anomalias presentes.....	106
Figura 57 - Fachada lateral da edificação	107
Figura 58 - Região da fachada lateral no momento da construção	108
Figura 59 - Região da fachada lateral no momento da inspeção	108
Figura 60 - Empenamentos críticos: EC1 e EC2.....	110
Figura 61 - Exemplos de fendas na fachada lateral	111
Figura 62 - Fendas com possível influência de grã inclinada.....	112
Figura 63 - Fenda transversal que necessita ser calafetada.....	113
Figura 64 - Fenda longitudinal que necessita ser calafetada	113
Figura 65 - Desprendimento de ripa da peça de <i>siding</i>	114
Figura 66 - Grande abertura em <i>siding</i> de madeira.....	114

Figura 67 - <i>Sidings</i> com aspecto acinzentado.....	115
Figura 68 - Detalhe do aspecto acinzentado.....	115
Figura 69 - <i>Siding</i> pré e pós lixação.....	116
Figura 70 - Aspecto esverdeado nos <i>sidings</i> de madeira.....	117
Figura 71 - Aspecto avermelhado nos <i>sidings</i> de madeira.....	118
Figura 72 - <i>Siding</i> danificado.....	118
Figura 73 - Padrão de manchas nos componentes estruturais externos das fachadas frontal e traseira	121
Figura 74 - Localização das regiões analisadas nas duas vigas da fachada frontal (a) e fachada traseira (b)	122
Figura 75 - Superfície das vigas analisadas antes do processo de investigação das manchas.....	122
Figura 76 - Superfície das vigas analisadas após a limpeza das manchas	123
Figura 77 - Superfície das vigas analisadas após a lixação.....	123
Figura 78 - Superfície de madeira da viga da fachada frontal após intensa lixação	124
Figura 79 - Pilar presente na fachada frontal	125
Figura 80 - Manchas nos <i>sidings</i> de madeira na fachada frontal sob a cobertura ..	127
Figura 81 - Manchas nos <i>sidings</i> de madeira na fachada traseira sob a cobertura	127
Figura 82 - Diferença do estado dos <i>sidings</i> na fachada traseira	128
Figura 83 - Diferença do estado dos <i>sidings</i> na fachada frontal	129
Figura 84 - Ocorrência de mancha não identificada.....	130
Figura 85 - Aspecto inicial das telhas, quando instaladas no Protótipo	131
Figura 86 - Estado das telhas no protótipo por ocasião da inspeção.....	132
Figura 87 - Diferença de estado das telhas na fachada frontal.....	133
Figura 88 - Estado das telhas no telhado principal	134
Figura 89 - Peça de madeira desprendendo na cumeeira	134
Figura 90 - Situação da cumeeira do telhado principal	135
Figura 91 – Região sob as telhas onde pode estar se desenvolvendo agentes biodeterioradores da madeira.....	136
Figura 92 – Abertura da junta entre peças de madeira na janela da fachada frontal do pavimento térreo	137
Figura 93 - Janela presente no quarto, no lado da fachada lateral	138
Figura 94 - Fenda longitudinal na parte sanfonada da janela	139
Figura 95 - Localização da janela maxim-ar no ambiente quarto da edificação.....	140
Figura 96 - Fenda localizada no puxador da janela	140

Figura 97 - Máximo fechamento da porta do banheiro.....	141
Figura 98 - Empenamento detectado na face superior da porta	142
Figura 99 - Local de travamento entre a porta e a forra	142
Figura 100 - Presença de puxador na janela do pavimento térreo.....	143
Figura 101 - Situação de máximo fechamento da janela do quarto	144
Figura 102 - Encurvamento nas janelas maxim-ar	145
Figura 103 - Encurvamento da janela maxim-ar do ambiente quarto.....	145
Figura 104 - Aspecto do acabamento externo na janela da varanda	146
Figura 105 - Aspecto do acabamento externo em janelas maxim-ar na fachada frontal	147
Figura 106 – Deterioração no acabamento externo da janela da fachada lateral ..	147
Figura 107 - Janela entre a sala de estar e a varanda.....	148
Figura 108 - Janela entre a cozinha e a área de serviço.....	148
Figura 109 - Manchas de coloração bastante escurecida nas janelas da sala de estar (a) e da cozinha (b)	149
Figura 110 - Manchas de coloração bastante escurecida na forra da porta da fachada traseira	150
Figura 111 - Mancha na fechadura de baixo da porta, antes e depois de limpeza e lixação	151
Figura 112 - Mão raspando na região da mancha durante abertura da porta	152
Figura 113 - Balcão de MLC	154
Figura 114 - Furos na superfície do móvel.....	154
Figura 115 - Ambientes internos no balcão onde encontrou-se furos	155
Figura 116 - Furos detectados no interior do balcão	155
Figura 117 - Dejetos no interior do móvel	156
Figura 118 - Dejetos no piso	157
Figura 119 - Comparação entre o tamanho dos furos.....	158
Figura 120 - Comparação entre os aspectos dos dejetos encontrados	158
Figura 121 - Dejetos no piso abaixo do balcão	159
Figura 122 - Amostra de dejetos obtida do piso abaixo do móvel.....	160
Figura 123 - Locais deteriorados na parte debaixo do balcão.....	160
Figura 124 - Comparação entre o aspecto dos dejetos encontrados	161
Figura 125 - Presença de patamar que separa a bancada da pia do piso	162
Figura 126 – Presença de canais de locomoção de cupins subterrâneos no móvel	163

Figura 127 - Localização da mancha analisada no móvel.....	164
Figura 128 - Mancha encontrada no interior do balcão	164
Figura 129 - Aspecto da mancha após lixação	165
Figura 130 - Região interna do telhado do pavimento superior.....	166
Figura 131 - Ambiente interno do telhado do pavimento superior.....	166
Figura 132 - Planta baixa da região interna do telhado e localização dos resíduos detectados nesse ambiente.....	167
Figura 133 - Resíduo com aspecto granular	168
Figura 134 - Resíduo com aspecto de serragem	169
Figura 135 - Resíduo com aspecto de pó fino.....	170
Figura 136 - Detalhe aproximado de resíduo com aspecto de pó fino	170
Figura 137 - Fenda longitudinal em montante vertical de treliça	171
Figura 138 - Bancada da pia.....	172
Figura 139 - Mancha na face lateral esquerda da bancada da pia	173
Figura 140 - Aspecto original das manchas esbranquiçadas	173
Figura 141 - Aspecto das manchas após lixação	174
Figura 142 - Manchas amarronzadas no forro do pavimento térreo	175
Figura 143 - Manchas amarronzadas em viga do entrepiso	176
Figura 144 - Localização das vigas afligidas pela anomalia.....	177
Figura 145 - Mancha longitudinal em viga do entrepiso, próxima à escada.....	177
Figura 146 - Fissuras no forro do pavimento superior.....	178
Figura 147 - Aparência de região repintada no forro de madeira.....	179
Figura 148 - Ambiente quarto da edificação.....	180
Figura 149 - Detalhe do desgaste mecânico no piso	180

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferenças entre alburno e cerne	24
Quadro 2 - Classes de Umidade	28
Quadro 3 - Valores médios das retratibilidades para <i>pinus elliottii</i>	29
Quadro 4 - Mecanismo de falha de madeiras sujeitas ao intemperismo	47
Quadro 5 - Categorias de uso da madeira	69
Quadro 6 - Processo de tratamento para categoria de uso 4.....	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 OBJETIVOS	21
1.1.1 Objetivo Geral	21
1.1.2 Objetivos Específicos	21
2 MADEIRA	22
2.1 ESTRUTURA INTERNA DA MADEIRA.....	22
2.2 PROPRIEDADES DA MADEIRA.....	26
2.2.1 Propriedades físicas da madeira	26
2.2.1.1 Teor de umidade	26
2.2.1.2 Retratibilidade	28
2.2.1.3 Densidade	29
2.2.2 Propriedades mecânicas da madeira	30
2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA	31
2.3.1 Celulose e hemicelulose	31
2.3.2 Lignina	31
2.3.3 Extrativos	32
2.4 MADEIRA NA CONSTRUÇÃO.....	32
2.4.1 Grupos vegetais que produzem madeiras	32
2.4.2 Tipos de processamento de madeiras usadas em edificações do sistema plataforma	33
2.4.2.1 Madeira serrada	33
2.4.2.2 Madeira compensada	33
2.4.2.3 Madeira laminada colada	35
2.4.2.4 OSB (<i>Oriented Strand Board</i>).....	36
3 DEFEITOS NA MADEIRA	37
3.1 GRÃS IRREGULARES.....	37
3.2 NÓS	38

3.3 DEFEITOS DE SECAGEM.....	41
3.3.1 Empenamentos.....	42
3.3.2 Fendas.....	43
3.4 DETERIORAÇÃO POR FATORES ABIÓTICOS.....	45
3.4.1 Intemperismo.....	45
3.4.2 Desgaste mecânico.....	48
3.4.3 Deterioração química.....	48
3.5 DETERIORAÇÃO POR AGENTES BIÓTICOS.....	49
3.5.1 Bactérias.....	49
3.5.2 Fungos.....	50
3.5.2.1 Fungos emboloradores e manchadores.....	51
3.5.2.2 Fungos apodrecedores.....	53
3.5.2.2.1 Fungos de podridão branca.....	53
3.5.2.2.2 Fungos de podridão parda.....	54
3.5.2.2.3 Fungos de podridão mole.....	55
3.5.2.3 Fatores que interferem no desenvolvimento de fungos.....	55
3.5.3 Insetos.....	56
3.5.3.1 Brocas-de-madeira.....	57
3.5.3.1.1 Anóbídeos.....	58
3.5.3.1.2 Lictídeos.....	59
3.5.3.1.3 Cerambicídeos.....	60
3.5.3.2 Cupins.....	61
3.5.3.2.1 Cupins subterrâneos.....	62
3.5.3.2.2 Cupins de madeira úmida.....	63
3.5.3.2.3 Cupins de madeira seca.....	64
3.5.4 Perfuradores marinhos.....	65
4 PRESERVAÇÃO E TRATAMENTO DA MADEIRA.....	68
4.1 ESCOLHA DAS MADEIRAS.....	68

4.2 PRODUTOS PRESERVANTES	70
4.2.1 Oleosos	70
4.2.2 Oleossolúveis	71
4.2.3 Hidrossolúveis.....	71
4.3 TRATAMENTOS PRESERVANTES	72
4.3.1 Processos sem pressão	72
4.3.1.1 Aspersão	72
4.3.1.2 Pincelamento.....	73
4.3.1.3 Imersão	74
4.3.2 Processos com pressão	74
4.3.2.1 Método célula cheia.....	75
4.3.2.2 Célula vazia.....	76
4.4 TRATAMENTOS CURATIVOS	77
4.4.1 Expurgo ou fumigação.....	77
4.4.2 Tratamentos com soluções inseticidas.....	78
4.4.3 Tratamento com solução fungicida	79
4.4.4 Calafetação	80
5 LIGHT WOOD FRAME E SISTEMA PLATAFORMA.....	81
5.1 COMPONENTES DA EDIFICAÇÃO	83
5.1.1 Fundação	83
5.1.2 Piso.....	84
5.1.3 Paredes	84
5.1.4 Cobertura	87
5.1.5 Instalações.....	87
6 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	89
6.1 OBJETIVOS DO PROJETO	89
6.2 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO.....	90
6.3 DESCRIÇÃO DOS SUBSISTEMAS.....	92

6.3.1 Fundação	92
6.3.2 Paredes	92
6.3.3 Entrepiso	94
6.3.4 Telhado	96
6.3.5 Instalações	97
7 INSPEÇÃO NO OBJETO DE ESTUDO	100
7.1 METODOLOGIA DA INSPEÇÃO	100
7.2 APRESENTAÇÃO DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS E SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO	102
7.2.1 Ambiente externo da edificação	102
7.2.1.1 Fachada lateral.....	105
7.2.1.1.1 Empenamento dos sidings	107
7.2.1.1.2 Fendas	111
7.2.1.1.3 Sidings com aspecto acinzentado	114
7.2.1.1.4 Sidings com aspecto esverdeado.....	116
7.2.1.1.5 Sidings com aspecto avermelhado.....	117
7.2.1.1.6 Siding danificado	118
7.2.1.1.7 Sugestão de intervenção geral na fachada lateral	119
7.2.1.2 Fachadas frontal e traseira.....	120
7.2.1.2.1 Manchas nas vigas e pilares	120
7.2.1.2.2 Manchas nos sidings de madeira	126
7.2.1.2.3 Mancha incomum na fachada frontal.....	129
7.2.1.3 Telhas.....	130
7.2.2 Ambiente interno da edificação	136
7.2.2.1 Esquadrias	137
7.2.2.1.1 Aberturas das juntas e fendas nas esquadrias.....	137
7.2.2.1.2 Problemas de funcionalidade nas esquadrias	140
7.2.2.1.3 Empenamento nas janelas maxim-ar	144

7.2.2.1.4 Manifestações patológicas no acabamento das esquadrias	146
7.2.2.1.5 Sugestões de intervenção para as esquadrias.....	152
7.2.2.2 Balcão da cozinha	153
7.2.2.3 Região interna do telhado	165
7.2.2.4 Bancada da pia	172
7.2.2.5 Outras ocorrências	174
7.2.2.5.1 Manchas devidas à exsudação de extrativos	174
7.2.2.5.2 Manchas longitudinais em vigas.....	176
7.2.2.5.3 Fendas no forro do pavimento superior.....	178
7.2.2.5.4 Desgaste mecânico no piso do pavimento superior	179
8 CONCLUSÃO	182
REFERÊNCIAS.....	183

1 INTRODUÇÃO

No âmbito da construção civil, cada vez mais debate-se sobre a sustentabilidade nas edificações. Esse setor caracteriza-se negativamente por ser, entre as áreas industriais, um dos maiores consumidores de recursos naturais e de energia, além de grande produtor de resíduos sólidos (CONSTRUÇÃO..., [20??])

Nesse contexto, pode-se destacar positivamente o sistema plataforma, método de construção leve em madeira que se baseia no uso de madeiras reflorestadas tratadas, formando painéis estruturais de paredes e de pisos (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). Comparado com métodos convencionais, apresenta menor desperdício, além de que sua capacidade de pré-fabricação de elementos, como os painéis, permite uma maior industrialização e rapidez na execução (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

Além disso, como dito, o material base para esse sistema é a madeira. Ao contrário de outros, como aço e como concreto, que são produzidos através de processos poluentes, além de agredir o meio ambiente para obtenção da matéria-prima, a madeira é um recurso renovável, e seu processo produtivo envolve baixo consumo de energia (CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010).

No entanto, a madeira consiste em um material heterogêneo e anisotrópico, ou seja, suas propriedades e seu comportamento diferem de acordo com a direção analisada (ROWELL, 2005). Ademais, por ser higroscópica, sofre grande influência da umidade, que impacta diretamente nas suas propriedades, além de em conjunto com a anisotropia, causar variações dimensionais que resultam na ocorrência de fendas e de empenamentos (BERTOLINI, 2010).

Somado a isso, por ser um material orgânico, serve como fonte de alimento para outros organismos vivos, destacando-se os fungos e os insetos, animais xilófagos que podem causar grande deterioração nas peças atacadas (ALVES; MENDES, 1988; BAUER, 1994). Para madeiras impostas no ambiente externo, outro importante mecanismo deteriorador é o intemperismo. Por fim, a madeira também pode ser desgastada mecanicamente em uso, em contato com fortes produtos químicos, dentre outras maneiras.

Mediante essa suscetibilidade do material, este trabalho tem o intuito da realização da inspeção dos componentes de madeira de uma edificação construída no sistema plataforma, no caso, o protótipo Stella-UFSC, com o intuito de verificar a

ocorrência de tais manifestações patológicas ou deteriorações nesse material, diagnosticá-las, e apresentar sugestões de intervenção viáveis para cada caso.

A estrutura do mesmo é descrita a seguir. Nos capítulos 2 a 4 é realizada uma revisão bibliográfica extensa sobre a madeira, discutindo sobre as características intrínsecas ao material, apresentando os fatores e os organismos que o danificam, e decorrendo sobre métodos de tratamento preservantes e curativos, dentre outros tópicos. O capítulo 5 é voltado ao sistema plataforma, onde serão descritas suas essenciais características e também como são executados os principais componentes da edificação nesse método.

O capítulo 6 apresenta o objeto de estudo, no qual a edificação e seus subsistemas também serão caracterizados. Por fim, no capítulo 7, será discutida qual a metodologia utilizada para a inspeção, além da análise completa das anomalias encontradas durante esse processo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é a avaliação dos componentes de madeira presentes no protótipo Stella-UFSC, levantando diferentes anomalias nesses elementos, atribuindo diagnósticos prováveis e sugestões de intervenção para cada caso.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- realizar a inspeção no objeto de estudo, detectando diferentes anomalias presentes nos componentes de madeira da edificação;
- diagnosticar as anomalias encontradas, a partir de explicações fundamentadas e lógicas;
- sugerir ações de intervenção para as anomalias, com base nos diagnósticos atribuídos.

2 MADEIRA

Possivelmente, a madeira é o material de construção mais antigo a ser utilizado, devido à sua disponibilidade na natureza e à sua considerável facilidade de manuseio (PFEIL; PFEIL, 2003). Ela é obtida a partir dos troncos, e por isto é importante o conhecimento do comportamento da madeira em si.

Para esse fim, nesse capítulo descrever-se-á, sucintamente, a estrutura interna da madeira, especificando componentes como o lenho (cerne e alburno) e os anéis de crescimento. Em uma seção transversal de tronco há outros importantes elementos, como a casca, o câmbio, dentre outros, que não serão descritos nesse trabalho.

Em seguida, apresentar-se-ão características físicas da madeira relevantes para a análise patológica: o teor de umidade, a densidade e a retratibilidade. As características mecânicas da madeira também serão abordadas, superficialmente.

Ainda nesse capítulo, descrever-se-á a química da madeira, detalhando seus principais constituintes. Por fim, serão exibidos os grupos de árvores produtoras de madeira e os tipos de processamento de madeira usados na construção de edificações no sistema plataforma.

2.1 ESTRUTURA INTERNA DA MADEIRA

A seção útil do tronco para a obtenção de peças de madeira corresponde ao lenho. Tal tecido é formado por células de diferentes formas, dimensões e grupamentos, fato que confere à madeira a característica de um material heterogêneo (BAUER, 1994).

Esse tecido consiste no núcleo de sustentação e de resistência da árvore e, normalmente, divide-se em duas regiões bem contrastantes: o alburno e o cerne (BAUER, 1994). A Figura 1 ilustra-as, em uma seção transversal de tronco de conífera.

Figura 1 - Cerne e alburno



Fonte: Adaptado de BJÖRNSSON, 2013.

O alburno, porção mais externa do lenho, é formado de células vivas e atuantes, enquanto integrante da árvore viva. Possui coloração mais clara, e somado à função de sustentação, conduz a seiva bruta das raízes até as folhas, por ascensão capilar (BAUER, 1994; PETRUCCI, 1991).

Já o cerne, parte mais interna do lenho, é formado por células mortas e esclerosadas, com coloração mais escura. É formado a partir de alterações no alburno (BAUER, 1994). Esse mecanismo é explicado por Burger e Richter (1991, p. 23):

À medida que a árvore cresce, as partes internas distanciam-se do câmbio, perdem gradativamente sua atividade vital e adquirem coloração mais escura em decorrência da deposição de tanino, resinas, gorduras, carboidratos e outras substâncias resultantes da transformação dos materiais de reserva contidos nas células parenquimáticas do alburno interno.

As impregnações sucessivas dessas substâncias nas células do cerne fazem com que ocorra o espessamento de suas paredes celulares. Então, comparado ao alburno, esse tecido apresenta maior densidade, é mais compacto e possui maior resistência mecânica e durabilidade (BAUER, 1994). Além disso, o cerne também apresenta menor teor de umidade, por causa da redução de sua atividade fisiológica (BURGER; RICHTER, 1991).

Na questão da durabilidade, o alburno é mais suscetível ao ataque de insetos e de fungos. Juntamente com o câmbio, tal tecido apresenta a maior parte da atividade fisiológica no tronco. Ao participar do transporte da seiva, está em contato direto com

água e com nutrientes, elementos atrativos aos agentes deterioradores (BURGER; RICHTER, 1991).

Por outro lado, o cerne possui uma maior durabilidade. Bauer (1994, p. 444) confirma: “[...] sendo constituído de tecido morto, sem seiva, amido ou açúcares, não é atraente aos insetos e outros agentes de deterioração”. Além disso, esse tecido também possui extrativos, substâncias provenientes das impregnações do alburno e transformadas no cerne, que podem apresentar atividades inibidoras ou tóxicas aos seres xilófagos (LELIS *et al.*, 2001).

Contudo, pelo fato de o cerne ser menos permeável, dificulta a ação de tratamentos preservantes, por ser menos acessível à penetração das soluções preservantes (BURGER; RICHTER, 1991).

As diferenças entre os tecidos lenhosos são sintetizadas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Diferenças entre alburno e cerne

	Alburno	Cerne
Células	Vivas e atuantes	Mortas
Coloração	Mais clara	Mais escura
Densidade	Menos denso	Mais denso
Compacidade	Menos compacto	Mais compacto
Resistência Mecânica	Menor resistência	Maior resistência
Durabilidade	Menor durabilidade	Maior durabilidade
Permeabilidade	Mais permeável	Menos permeável
Teor de Umidade	Maior teor	Menor teor

Fonte: Própria.

Outro elemento importante existente na estrutura interna da madeira são os anéis de crescimento. Um anel consiste em uma camada de tecido lenhoso, formada anualmente pelas transformações ocorridas no câmbio¹. É formado por duas regiões, distintas ou não: o lenho inicial e o lenho tardio (BAUER, 1994; BURGER; RICHTER, 1991). O lenho inicial possui células mais largas, com grandes lúmens e paredes celulares mais finas. Quando distintas, tal região apresenta coloração mais clara. Por

¹ Câmbio: Camada situada entre a casca e o lenho, responsável pela transformação de açúcares em celulose, hemicelulose e lignina, principais componentes das células lenhosas (BAUER, 1994).

sua vez, o lenho tardio tem células com paredes mais espessas e lúmens reduzidos, o que confere uma coloração mais escura (BAUER, 1994; BURGER; RICHTER, 1991).

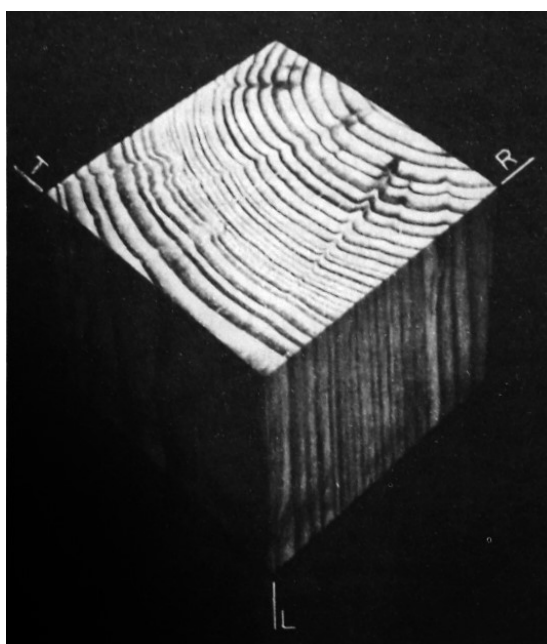
De acordo com Petrucci (1998, p. 119), “a contagem destes anéis permite a avaliação, com bastante aproximação, da idade de uma árvore”. No entanto, árvores que crescem em locais de condições climáticas constantes possuem, normalmente, seus anéis de crescimento indistintos ou pouco evidentes, dificultando tal avaliação (BURGER; RICHTER, 1991).

Ademais, os anéis de crescimento servem de referência para o estudo da anisotropia da madeira. A partir dele, caracterizam-se as três direções ou eixos principais do material (BAUER, 1994):

- a) direção transversal ao tronco e tangencial aos anéis de crescimento;
- b) direção transversal ao tronco e radial aos anéis de crescimento;
- c) direção axial, no sentido das fibras, longitudinal ao caule.

A Figura 2 evidencia a disposição dos eixos principais em um cubo de madeira, onde “T” representa a direção tangencial, “R” a direção radial, e “L” a direção longitudinal.

Figura 2 - Eixos Principais



Fonte: PFEIL; PFEIL, 2003

Então, a madeira é um material anisotrópico. Ou seja, seu comportamento varia de acordo com a direção analisada, o que influencia bastante em suas propriedades físicas e mecânicas (ROWELL, 2005).

2.2 PROPRIEDADES DA MADEIRA

Nas seções subsequentes serão descritas propriedades físicas e mecânicas da madeira, para melhor entendimento desse material.

2.2.1 Propriedades físicas da madeira

As principais características físicas da madeira, examinadas para sua caracterização, são: o teor de umidade, a retratibilidade, a densidade, a condutibilidade térmica e elétrica, o isolamento acústico e a resistência ao fogo. Elas caracterizam o comportamento do material e as alterações em seu estado físico conforme variações no ambiente (BAUER, 1994).

Serão detalhados a seguir o teor de umidade, a retratibilidade e a densidade, mais importantes para a análise patológica que será realizada no trabalho.

2.2.1.1 Teor de umidade

Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997, p. 48), “o teor de umidade da madeira corresponde à relação entre a massa de água nela contida e a massa de madeira seca”, conforme a equação abaixo:

$$U(\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \quad (1)$$

Onde:

$U(\%)$ = Teor de umidade da madeira

m_i = massa inicial da madeira

m_s = massa da madeira seca

A presença de água nas árvores é essencial para a sua sobrevivência. Nos vegetais, ela se encontra em três diferentes estados: água de constituição, água de impregnação e água livre (BAUER, 1994), descritas abaixo:

- a) água de constituição: fixada no protoplasma das células vivas, ela está em combinação química com os principais componentes do sistema lenhoso. Não pode ser extraída da madeira por secagem, apenas pela destruição do material; (BAUER, 1994; PETRUCCI, 1998)
- b) água de impregnação: também designada água de adesão, comparece impregnada nas paredes celulósicas das células. Como essas paredes são hidrófilas, a presença de água nesse local, entre as fibrilas de celulose, provoca considerável inchamento dessas células, que em escala global ocasiona em notável alteração no volume da peça de madeira. A variação dessa água na madeira altera o comportamento físico-mecânico do material; (BAUER, 1994)
- c) água livre, ou água de embebição, ou água de capilaridade: preenche os vazios capilares dos tecidos da madeira, após a saturação das paredes celulares. (BAUER, 1994; PETRUCCI, 1998)

As madeiras de árvores vivas ou recém-abatidas apresentam elevados teores de umidade. As paredes das células se encontram saturadas, e há água livre nos vazios capilares. Nesse estado, a madeira é comumente designada de “madeira verde”, ou seja, peça com teor de umidade acima de 30%, aproximadamente. (BAUER, 1994; CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010; PETRUCCI, 1998).

Após o abate, a madeira perde umidade continuamente, a partir da evaporação da água de capilaridade, sem que haja alterações no volume ou no estado do comportamento do material. Com o fim da água de embebição, chega-se a uma condição denominada ponto de saturação das fibras (PSF) (CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010; PETRUCCI, 1998). Pfeil e Pfeil (p. 4, 2003) caracterizam-na como um estado “no qual as paredes das células ainda estão saturadas, porém a água no lúmen evaporou. Este ponto corresponde ao grau de umidade de cerca de 30%”. Ou seja, não há mais água livre, mas ainda há o máximo de água de impregnação.

Com o prosseguimento da secagem, se ocorrer por exposição ao ar, inicia-se a evaporação da água de impregnação, cessando no momento que a madeira atingir um ponto de equilíbrio com a umidade do ambiente, sendo denominada madeira seca ao ar (BAUER, 1994; PFEIL; PFEIL, 2003).

A NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, p. 14) estabelece no Quadro 2 a seguir, classes de umidade, dependendo da umidade relativa do ambiente, e o valor aproximado do teor de umidade de equilíbrio para cada classe.

Quadro 2 - Classes de Umidade

Classes de Umidade	Umidade relativa do ambiente U_{amb}	Umidade de equilíbrio da madeira U_{eq}
1	$\leq 65\%$	12%
2	$65\% < U_{amb} \leq 75\%$	15%
3	$75\% < U_{amb} \leq 85\%$	18%
4	$U_{amb} > 85\%$ durante longos períodos	$\geq 25\%$

Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS, 1997.

2.2.1.2 Retratibilidade

Consiste na propriedade da madeira de variar suas dimensões e seu volume, à medida que seu teor de umidade varia entre o PSF e a condição de seca em estufa, teor de umidade equivalente a 0% (BAUER, 1994; PETRUCCI, 1998). Com isso, sofre retração ou inchamento, ao perder ou ganhar umidade, respectivamente (PFEIL; PFEIL, 2003).

Calil Junior, Lahr e Brazolin(2010, p. 1219) ressaltam um importante fato:

é fundamental lembrar que o aumento ou a diminuição do número de moléculas de água livre não influi na retração e no inchamento, fenômenos que se manifestam em níveis de umidade inferiores ao ponto de saturação. Nessas condições, a diminuição ou o aumento da quantidade de água de impregnação provocam aproximação ou afastamento das cadeias de celulose e das microfibrilas, ocasionando as correspondentes variações dimensionais de retração ou inchamento.

Tal propriedade é considerada de dois modos: retratibilidade linear e retratibilidade volumétrica. A linear é examinada conforme as três direções anisotrópicas principais do material, nas quais as variações dimensionais por retração

ou inchamento ocorrem em diferentes proporções. (CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010).

Como será afirmado em 6.2 (p. 90), a madeira utilizada na edificação de objeto de estudo foi do gênero *pinus*. Então, para exemplificar, apresenta-se no Quadro 3 os valores médios das retratibilidades para a espécie *Pinus elliottii*.

Quadro 3 - Valores médios das retratibilidades para *Pinus elliottii*

Direção	Retração Total (%)
Longitudinal (L)	0,8
Radial (R)	3,4
Tangencial (T)	6,3
Volumétrica (V)	10,5

Fonte: Adaptado de INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SP, [20--?].

Interpretando o Quadro 3, nota-se que a retratibilidade na direção longitudinal é mínima, por ser a direção correspondente ao sentido predominante das fibras da madeira, que restringem a movimentação. A direção tangencial tem a maior retração, e a radial consiste em cerca da metade da tangencial (PFEIL; PFEIL, 2003). Isso pode ser explicado pela presença dos raios medulares², dispostos da medula à casca, impõem certa resistência à movimentação na direção radial (CALIL JUNIOR, LAHR, BRAZOLIN, 2010). Segundo os mesmos autores (p. 1220), “como na direção tangencial não há predominância de qualquer elemento anatômico, a movimentação dimensional correspondente é mais elevada”. A retratibilidade volumétrica equivale, aproximadamente, à soma das três retratibilidades lineares (PFEIL; PFEIL, 2003).

2.2.1.3 Densidade

Nas madeiras, a densidade é considerada como massa específica aparente (ρ_h), ou seja, a razão da massa (m_h) pelo volume (V_h), para um determinado teor de umidade.

² Raios medulares: desenvolvimentos transversais radiais, cujas funções principais são o armazenamento de substâncias nutritivas, e o transporte horizontal das mesmas na árvore (BURGER; RICHTER, 1991)

$$\rho_h = \frac{m_h}{V_h} \quad (2)$$

A densidade da madeira expressa a concentração de tecido lenhoso por unidade de volume. Essa estrutura consiste no material resistente da madeira, de modo que todas suas características mecânicas dependem dessa concentração. Quanto maior a massa específica aparente, maior a concentração de material resistente, e maior a resistência da madeira aos esforços mecânicos aos quais poderá estar submetida (BAUER, 1994; PETRUCCI, 1998).

No entanto, tal propriedade depende do teor de umidade da peça. Quanto maior esse parâmetro, menor a densidade, e conseqüentemente menor a resistência mecânica (CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010). Isso ocorre pois o aumento da quantidade de água reduz o número de ligações de hidrogênio entre as cadeias celulósicas das paredes celulares, promovendo afastamento entre essas cadeias e reduzindo a densidade (LOGSDON, 1998).

2.2.2 Propriedades mecânicas da madeira

As propriedades mecânicas da madeira consistem nas características de resistência da madeira aos esforços mecânicos que pode estar submetida. Dentre elas, citam-se a compressão, a tração, o cisalhamento, o embutimento, o fendilhamento, a flexão, a torção, dentre outros (BAUER, 1994; PETRUCCI, 1998).

Tais propriedades são estreitamente relacionadas à anisotropia da madeira. Constatam-se maiores resistências, de maneira geral, quando o esforço mecânico ocorre na direção paralela às fibras, e valores bem inferiores na direção perpendicular às fibras. (BAUER, 1994; CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010).

Além da densidade e do teor de umidade, outros fatores também interferem nas resistências mecânicas das madeiras. Por exemplo, a presença de nós, a de medula e a de grã inclinada influenciam negativamente nas propriedades do material (BAUER, 1994; BURGER; RICHTER, 1991; CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010).

2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA

“Em termos químicos, a madeira é mais bem definida como um biopolímero tridimensional formado por uma rede interconectada de celulose, de hemicelulose e de lignina, com pequenas quantidades de extrativos e compostos inorgânicos” (ROWELL *et al.*, 2005, p. 44, tradução nossa). A seguir, serão detalhados sucintamente esses componentes principais.

2.3.1 Celulose e hemicelulose

A celulose e a hemicelulose, ou holocelulose quando combinadas, correspondem de 65 a 70% do peso da madeira seca. São os principais componentes das paredes das células, servindo como materiais de suporte (ROWELL *et al.*, 2005).

A celulose é um polímero constituído por uma única unidade glicosídica, repetida muitas vezes, formando cadeias bastante estáveis (BAUER, 1994; GONZAGA, 2006). O conjunto das moléculas de celulose são agregadas em forma de microfibrilas, que se acumulam formando fibras de celulose, as quais propiciam uma elevada resistência à tração à madeira (SJÖSTRÖM, 1993).

A hemicelulose é um polímero formado por diversas unidades glicosídicas, ligadas entre si. Dentre elas, as pentoses e as hexoses são as mais frequentes. Esse polímero não produz fibras, além de ser solúvel em álcalis e facilmente hidrolisado por ácidos (GONZAGA, 2006; ROWELL *et al.*, 2005; SJÖSTRÖM, 1993).

2.3.2 Lignina

A lignina é um composto fenólico de alta densidade, formado também de carbono, oxigênio e hidrogênio, assim como a celulose (BAUER, 1994; GONZAGA, 2006). Bauer (1994, p. 447) apresenta características gerais desse componente: “[...] substância impermeável, com pouca elasticidade, resistência mecânica apreciável e insensível à umidade e às temperaturas habituais”.

Nos tecidos, a lignina funciona como um adesivo, revestindo externamente as células, unindo-as e aglomerando-as. Com isso, proporciona aos tecidos maior dureza e resistência (BAUER, 1994; GONZAGA, 2006).

2.3.3 Extrativos

Extrativos são compostos químicos na madeira que podem ser extraídos da mesma a partir do uso de determinados solventes. Consistem em um grupo de substâncias químicas da parede celular: gorduras, ácidos e álcoois graxos, fenóis, esteróides, e muitos outros compostos orgânicos menores (ROWELL *et al.*, 2005).

Os extrativos encontram-se, majoritariamente, no cerne das árvores e podem ser responsáveis por propriedades do material, como a coloração e o cheiro da peça (ROWELL *et al.*, 2005; SJÖSTRÖM, 1993). Ademais, também são intimamente ligados à durabilidade do vegetal (vide Subseção 2.1, p. 24), pela possível atividade tóxica a organismos xilófagos.

2.4 MADEIRA NA CONSTRUÇÃO

A madeira é utilizada para muitas finalidades. Na construção civil, destaca-se no uso para estruturas de coberturas, cimbramentos, pontes, passarelas, em estruturas de armazenamento como silos, dentre outros. Também é empregada na fabricação de painéis, portas, lambris, forros, pisos, etc (CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010). Há vários sistemas construtivos com madeira, porém, nesse trabalho, será tratado o sistema plataforma ou *light wood frame*. Então, abordar-se-ão os grupos vegetais que produzem madeira e os tipos de processamento de madeira usadas em edificações envolvendo o sistema mencionado.

2.4.1 Grupos vegetais que produzem madeiras

“As árvores que produzem material lenhoso (tronco) de interesse para a construção civil pertencem a grandes grupos: as coníferas e as folhosas” (Lelis *et al.*, 2001, p. 3). As coníferas consistem em uma divisão do grupo das Gimnospermas. De maneira geral, possuem um crescimento rápido, tendo como exemplo o pinheiro-do-paraná, o pinus, dentre outros (PFEIL; PFEIL, 2003). Pela classificação norte-americana, chamam-se *softwoods* (BAUER, 1994), o que significa madeiras macias, devido à sua ótima trabalhabilidade (GONZAGA, 2006). Possuem também maior permeabilidade, o que facilita os tratamentos preservantes (LELIS *et al.*, 2001).

As folhosas correspondem às angiospermas, dicotiledôneas. Possuem crescimento lento e perdem suas folhas nas estações mais frias. (BURGER; RICHTER, 1991; LELIS *et al.*, 2001; PFEIL; PFEIL, 2003). Também são conhecidas como *hardwoods*, ou seja, madeiras duras, apresentando, de modo geral, maior dureza e menor trabalhabilidade. Exemplos desse grupo são os ipês, característicos por boa resistência e durabilidade, e as canelas, madeiras estáveis usadas na construção civil e naval (GONZAGA, 2006).

2.4.2 Tipos de processamento de madeiras usadas em edificações do sistema plataforma

O sistema plataforma, conforme será apresentado no Capítulo 5, possui muitos de seus componentes formados por peças de madeira, em diferentes formas de processamento. Tais formas serão detalhadas sucintamente a seguir.

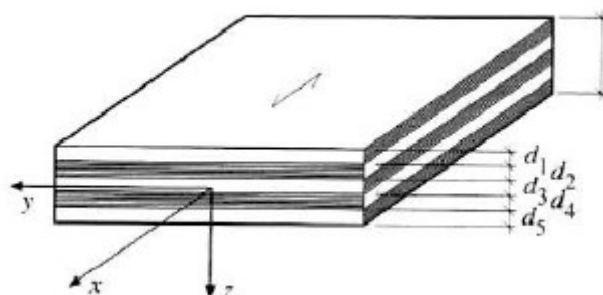
2.4.2.1 Madeira serrada

A madeira serrada é a “madeira resultante do desdobro de toras, por meio de cortes longitudinais, com auxílio de serra ou outro equipamento equivalente” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002, p. 5). Para sua obtenção, o tronco é cortado em serrarias, em dimensões já padronizadas para o comércio, e depois passando por um período de secagem, natural ou artificial (PFEIL; PFEIL, 2003). Um exemplo de uso das madeiras serradas é a formação da estrutura dos painéis das edificações de sistema plataforma.

2.4.2.2 Madeira compensada

A madeira compensada é formada pela colagem de lâminas delgadas de madeira, montadas de modo que a orientação das fibras entre duas camadas subsequentes se alterne em 90° (Figura 3). Os compensados podem ter três, cinco ou mais lâminas, sempre em número ímpar, e as faces externas da chapa devem ter as fibras orientadas na direção longitudinal (ALMEIDA, 2010; PFEIL; PFEIL, 2003).

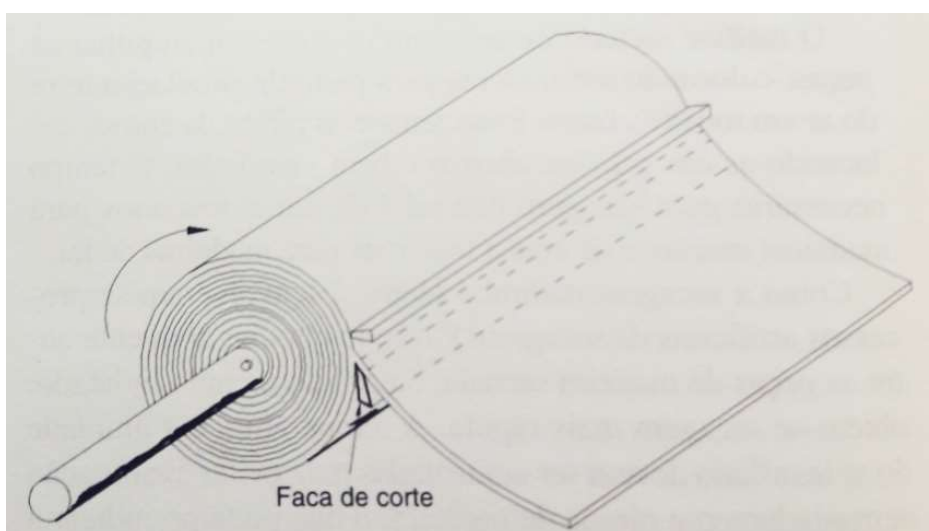
Figura 3 - Madeira compensada



Fonte: ALMEIDA, 2010.

As lâminas, com espessuras usuais de 1 a 5 mm, são extraídas geralmente a partir do corte do tronco em um aparelho rotatório, onde ele gira em torno do seu próprio eixo contra uma faca (PFEIL; PFEIL, 2003), como se vê na Figura 4.

Figura 4 - Corte rotatório de lâminas de madeira



Fonte: PFEIL; PFEIL, 2003

Depois disso, as lâminas são submetidas à secagem, natural ou artificial. Em seguida, as chapas são montadas, aplicando-se colas entre cada lâmina. A colagem é feita sob pressão, utilizando prensas a frio ou a quente (PFEIL; PFEIL, 2003).

Uma grande vantagem desse tipo de processamento em comparação à madeira maciça, é que a ortogonalidade das fibras entre as camadas permite aos um comportamento mais isotrópico, reduzindo a retração e o inchamento dessas peças. Esse comportamento também propicia maiores resistências na direção perpendicular às fibras (BAUER, 1994; PFEIL; PFEIL, 2003). Outra vantagem apresentada por

Petrucci (1998, p. 191) é: “melhor aproveitamento da madeira, da ordem de 90% contra 70% no desdobro normal”.

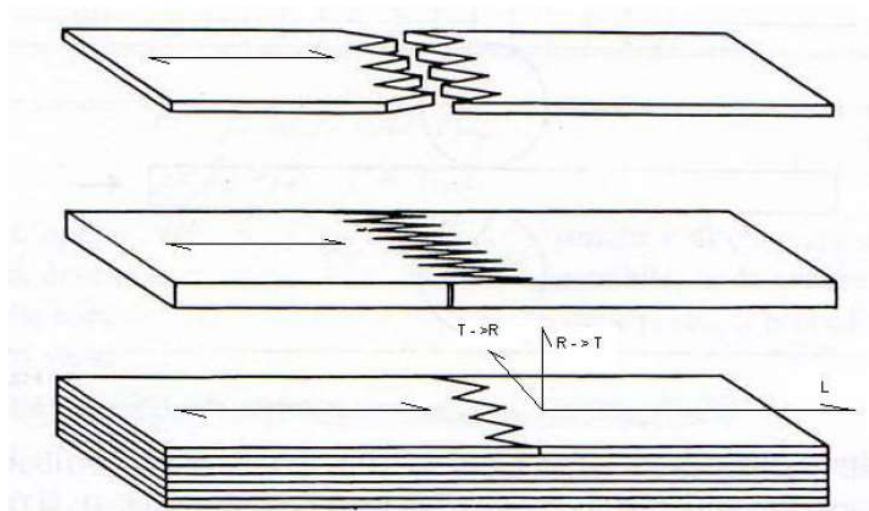
Possíveis empregos desse material são: móveis, revestimentos de tetos e de paredes, formas para concreto armado, telhas para coberturas, entre outros (PETRUCCI, 1998). No sistema plataforma, pode ser utilizado como elemento de fechamento dos painéis estruturais, fechamento do piso, componente da cobertura do telhado (DIAS, 2005; MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010; VELLOSO, 2010).

2.4.2.3 Madeira laminada colada

A madeira laminada colada (MLC) consiste em uma peça estrutural, formada pela sobreposição de peças de madeira serradas. Elas são unidas sob pressão por filmes de adesivos e coladas de modo que as fibras das camadas se disponham paralelamente, na mesma direção do comprimento da peça final. Normalmente, as lâminas possuem espessura de 1,5 a 3,0 cm, chegando até 5 cm (ALMEIDA, 2010; PFEIL; PFEIL, 2003; BERGLUND; ROWELL, 2005).

Componentes em MLC podem possuir formato reto ou até curvo, dependendo da aplicação (BERGLUND; ROWELL, 2005). Ademais, podem ser produzidas peças com grande seção transversal e elevado comprimento, acima de 40 m, a partir da execução de emendas ao longo das peças. Destacam-se as emendas denteadas (Figura 5), mais eficientes e mais compactas (ALMEIDA, 2010; PFEIL; PFEIL, 2003).

Figura 5 - Emenda em peça de madeira laminada colada



Fonte: ALMEIDA, 2010

Outras vantagens das peças de MLC podem ser destacadas:

- a) pelo alto padrão de controle de qualidade da fabricação, o resultado é um material mais homogêneo, porque os nós de madeira são partidos e distribuídos mais uniformemente ao longo da peça (PFEIL; PFEIL, 2003);
- b) permite melhor controle da umidade de cada camada, reduzindo defeitos provenientes de secagem irregular (PFEIL; PFEIL, 2003).

Como material estrutural, as madeiras laminadas coladas possuem variadas aplicações, como vigas, escadas, dentre outros.

2.4.2.4 OSB (*Oriented Strand Board*)

As chapas OSB são chapas estruturais formadas por lascas de madeiras com dimensões aproximadas de 38 mm de largura, 75 a 150 mm de comprimento e 7 mm de espessura (BERGLUND; ROWELL, 2005). Essas lascas são coladas sob pressão e alta temperatura, de modo que nas camadas superficiais, são alinhadas conforme a direção longitudinal da placa. Nas camadas internas não há essa preocupação, e as lascas são dispostas de maneira aleatória (PFEIL; PFEIL, 2003).

As chapas de OSB podem ser utilizadas em componentes estruturais, em painéis diafragma, como almas de vigas I compostas, e também como revestimento de piso e cobertura (PFEIL; PFEIL, 2003).

Pelas suas aplicações, tais chapas competem diretamente com a madeira compensada. Almeida (2010, p. 1252) afirma: “O OSB está, hoje, substituindo as chapas de madeira compensada por apresentarem melhor desempenho estrutural e maior durabilidade ao ambiente externo”. Ademais, comparado com os compensados, apresenta menor custo, é mais leve, e é um produto mais recente, cujos processos produtivos são aprimorados continuamente (PFEIL; PFEIL, 2003; BERGLUND; ROWELL, 2005).

3 DEFEITOS NA MADEIRA

De acordo com Bauer (1994, p. 490), “são considerados como defeitos nas madeiras todas as anomalias em sua integridade e constituição que alteram seu desempenho e suas propriedades físico-mecânicas”. Partindo disso, esse capítulo apresentará os diversos defeitos possíveis de serem encontrados nas peças de madeira durante inspeção, divididos da seguinte maneira:

- a) grãos irregulares
- b) nós;
- c) defeitos de secagem;
- d) deterioração por fatores abióticos;
- e) deterioração por fatores bióticos.

3.1 GRÃS IRREGULARES

Segundo Burger e Richter (1991, p. 43), “o termo grã refere-se à orientação geral dos elementos verticais constituintes do lenho em relação aos eixos da árvore (ou peças de madeira)”. Durante seu crescimento, devido a diversas causas, ocorre uma variação no arranjo e na direção de seus tecidos axiais, originando a grã direita ou grãos irregulares (BURGER; RICHTER, 1991).

Na grã direita, os tecidos axiais da madeira se encontram orientados paralelamente ao eixo longitudinal do tronco. Essa grã é valorizada por contribuir para uma elevada resistência mecânica. Ademais, propicia maior facilidade no desdobro e no processamento das peças, além de não causar deformações indesejáveis na secagem da madeira. No entanto, não é muito atraente para decoração, por apresentar superfícies regulares, sem figuras especiais (BURGER; RICHTER, 1991).

Por sua vez, as grãos irregulares correspondem às madeiras cujos tecidos axiais apresentam variações de inclinação quanto ao eixo longitudinal da madeira. Nesse grupo, diversificam-se os seguintes casos (BURGER; RICHTER, 1991):

- a) grã espiral ou torcida, onde os elementos axiais constituintes da madeira apresentam orientação espiral em relação ao eixo do tronco;
- b) grã entrecruzada ou revessa, na qual os tecidos axiais apresentam-se orientados em diversas direções. Grãos desse tipo surgem de árvores com

grã espiral, nas quais a direção de inclinação sofreu recorrentes alterações;

- c) grã ondulada ou crespada, em que os elementos axiais alteram continuamente sua direção, assemelhando-se com uma linha sinuosa regular;
- d) grã inclinada, diagonal ou oblíqua, onde os tecidos axiais possuem um desvio angular em relação ao eixo longitudinal da peça. Ocorre em casos de árvores com troncos demasiadamente cônicos.

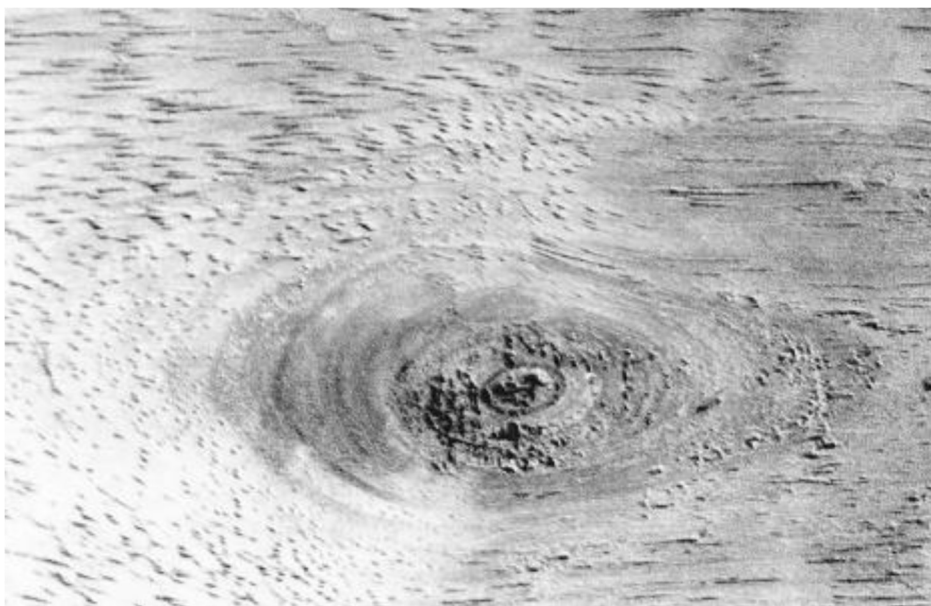
Madeiras com grãos irregulares apresentam, negativamente, maior acentuação nas deformações ocorridas no processo de secagem. Ademais, comparada com peças de grã direita, possuem menor resistência mecânica e, geralmente, pior trabalhabilidade. No entanto, para aspectos decorativos, exibem belos desenhos, principalmente as grãs entrecruzada ou ondulada (BURGER; RICHTER, 1991).

3.2 NÓS

Os nós são defeitos de crescimento originados pelo envolvimento de ramos da árvore primitiva por novas camadas de lenho, ou seja, pelos anéis de crescimento (BAUER, 1994). Dividem-se principalmente em nós vivos e nós mortos (BURGER; RICHTER, 1991).

Nós vivos (Figura 6) são resultantes do envolvimento de ramos vivos da árvore, o que mantém uma continuidade e uma aderência do tecido do nó com o tecido lenhoso envolvente (BAUER, 1994).

Figura 6 - Nó vivo em peça de madeira



Fonte: MAINIERI (1983 *apud* CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010, p. 1227)

Por sua vez, os nós mortos (Figura 7) resultam do envolvimento de galhos mortos, que não mais participavam do desenvolvimento do tronco (BURGER; RICHTER, 1991). Nesse caso, o envolvimento não apresenta continuidade com o tecido do ramo inativo, tornando o nó não aderente (BAUER, 1994).

Figura 7 - Nó morto em peça de madeira



Fonte: MAINIERI (1983 *apud* CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010, p. 1227)

Kretschmann (2010, p. 5-26, tradução nossa) afirma: “a influência de um nó nas propriedades mecânicas de um membro de madeira deve-se à interrupção da continuidade e à mudança na direção das fibras de madeira associadas ao nó”. Tal mudança corresponde ao surgimento de grãos irregulares, que provoca a diminuição da resistência mecânica (vide Subseção 3.1, p. 38).

Mecanicamente, os nós possuem maior influência na tração axial, mesmo quando vivos e aderentes. Isso se explica pela baixa resistência da madeira a solicitações de tração oblíqua ou perpendicular às fibras, esforços que surgem devido o desvio dos tecidos. Por esse motivo, em peças de madeira sujeitas à flexão estática, toma-se o cuidado que os nós se situem na zona comprimida, onde a influência negativa por esses defeitos é menor (BAUER, 1994; KRETSCHMANN, 2010).

Com a presença de nós, também é possível a ocorrência de deformações indesejáveis durante o processo de secagem, devido à diferença de retração entre os tecidos dos nós e do lenho que os envolvem (BURGER; RICHTER, 1991).

Na maioria das espécies, há uma grande concentração de extrativos nos nós. Para acabamentos, tal fato pode ser um problema, pois pode ocorrer a exsudação desses extrativos, manchando a pintura superficial, especialmente se for de coloração clara. As manchas ocorrem pela lixiviação de extrativos solúveis da superfície da madeira, quando as peças estão em contato com água ou expostas a um ambiente com alta umidade relativa, por um tempo prolongado. A água evapora e os extrativos lixiviados ficam na superfície da peça, como uma mancha de coloração amarela a amarronzada (Figura 8). Outra possível causa para a ocorrência de manchas é pela exsudação de extrativos em madeiras submetidas a elevadas temperaturas, ou expostas diretamente a radiação solar, fenômeno conhecido como *pitch bleed*. (BURKE *et al.*, 2010; WILLIAMS, 2010).

Figura 8 - Mancha em superfície pintada devida exsudação de extrativos



Fonte: KNOT..., 2013

Para evitar a ocorrência da exsudação em superfícies pintadas, sugere-se o uso de madeiras sem a presença de nós. Caso não seja possível, recomenda-se selá-los com o uso de resina denominada goma-laca (produto natural extraído da secreção do inseto *Kerria lacca*), ou de selantes de nós sintéticos (BURKE *et al.*, 2010; WILLIAMS, 2010).

3.3 DEFEITOS DE SECAGEM

A secagem consiste no processo de redução do teor de umidade da madeira, com o objetivo de levá-la a um teor de umidade específico (MARTINS, 1988). Segundo Bauer (1991, p. 505), “esse teor de umidade, que deve ser o de equilíbrio higroscópico da umidade do material, com a provável umidade do ambiente de emprego, representa uma garantia contra o aparecimento de consequências da retratibilidade”.

Relembrando a seção 2.2.1.1 e 2.2.1.2 (p. 26-29), a madeira retrai ou incha devido a variações de umidade em teores abaixo ao PSF. Portanto, quão mais próximos forem os teores de umidade das peças inseridas ao teor de umidade de equilíbrio do ambiente (Quadro 2, p. 28), maior a estabilidade das peças, menores as variações dimensionais em serviço e a ocorrência de defeitos (MARTINS, 1988).

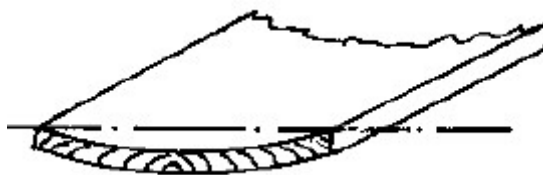
Os defeitos de secagem decorrem principalmente da retratibilidade diferencial da madeira, devido à perda de umidade (BAUER, 1994). Destacar-se-ão os seguintes defeitos: os empenamentos e as fendas.

3.3.1 Empenamentos

Os empenamentos consistem em distorções da peça em relação a planos originais de corte (GONZAGA, 2006). Subdividem-se em: encanoamento, arqueamento, encurvamento e torcimento.

O encanoamento ocorre devido a uma diferença de retração entre as superfícies da peça (GONZAGA, 2006). Tal distorção pode resultar de causas naturais, como uma maior retração da superfície mais afastada do centro da tora (VILLIERE *apud* GONZAGA, 2006), ou por motivos extrínsecos, como a ação do sol em uma das faces, que retrainá mais (JESUS *apud* GONZAGA, 2006). A Figura 9 ilustra a ocorrência do encanoamento em uma peça de madeira.

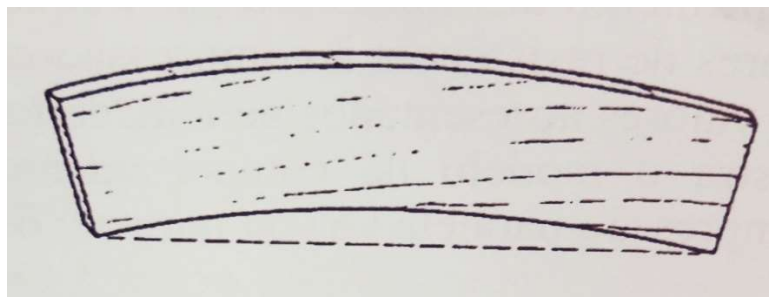
Figura 9 - Peça de madeira com encanoamento



Fonte: MARTINS, 1988

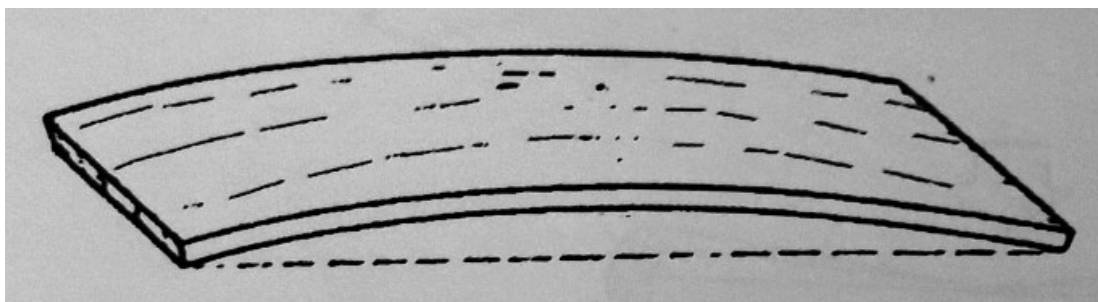
O arqueamento e o encurvamento ocorrem devido à diferença de retração longitudinal entre duas faces opostas da peça (MARTINS, 1988). Eles são representados, respectivamente, nas Figuras 10 e 11 a seguir.

Figura 10 - Peça de madeira com arqueamento



Fonte: BRAZOLIN; CALIL JUNIOR; LAHR, 2010

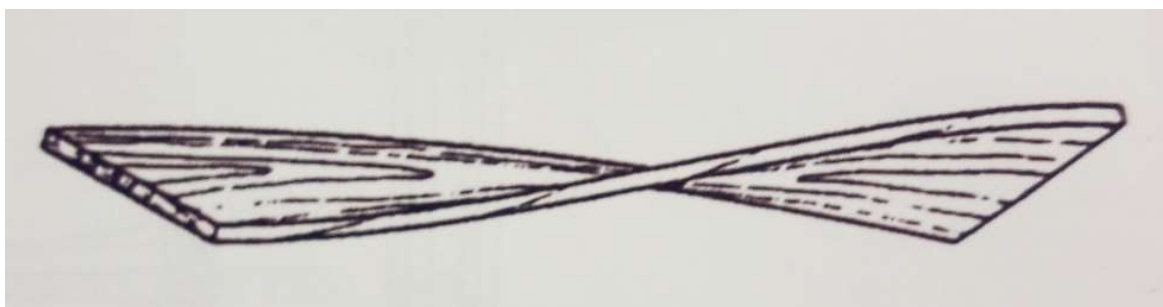
Figura 11 - Peça de madeira com encurvamento



Fonte: BRAZOLIN; CALIL JUNIOR; LAHR, 2010

Por sua vez, o torcimento, evidenciado na Figura 12, é causado, principalmente, pela decorrência de grãos irregulares na madeira, como grã espiral, ondulada, entrecruzada (GONZAGA, 2006; MARTINS, 1988).

Figura 12 - Peça de madeira com torcimento



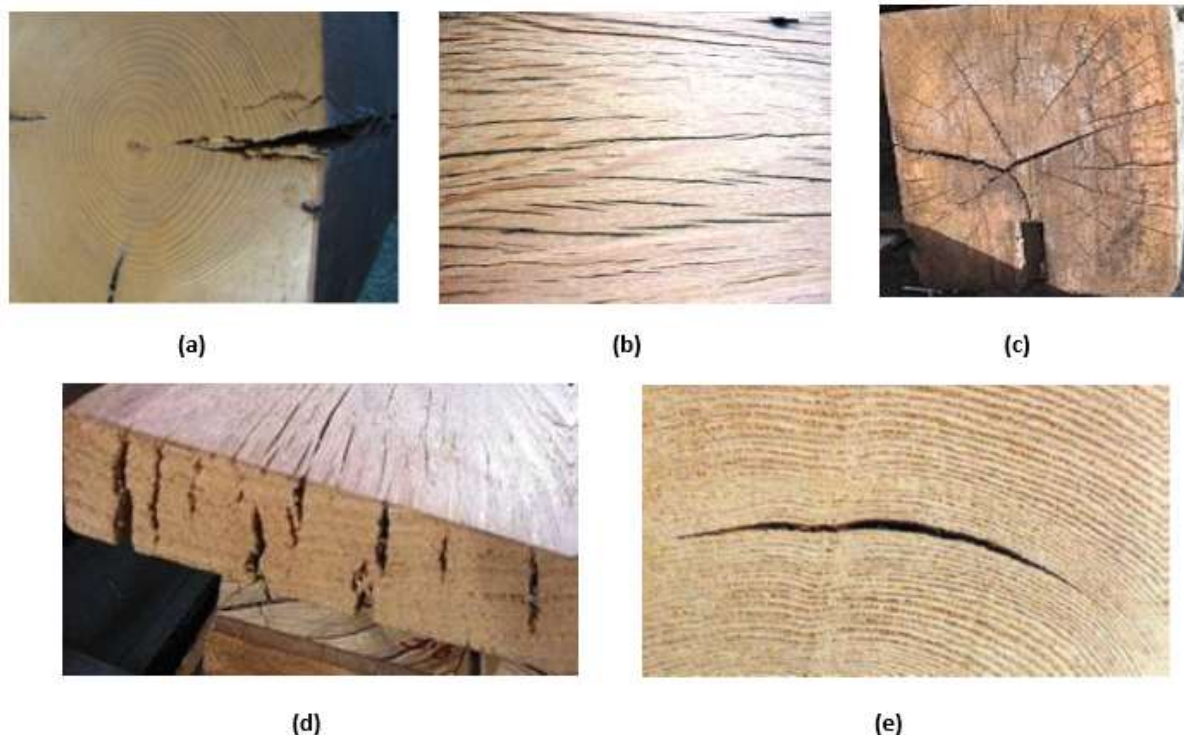
Fonte: BRAZOLIN; CALIL JUNIOR; LAHR, 2010

3.3.2 Fendas

As fendas consistem em aberturas nas extremidades das peças, resultado de tensões originadas pela retração diferencial entre as camadas mais externas e mais internas da peça, induzindo a esforços de tração perpendicular que rompem a madeira em planos transversais (FRANCO, 2008; PFEIL; PFEIL, 2003). Sua ocorrência é agravada por uma secagem rápida ou inadequada da madeira, e reduzida mediante a uma secagem mais lenta e uniforme (COSTA, 2015; PFEIL; PFEIL, 2003)

Na Figura 13, evidencia-se os tipos de fendas que podem ocorrer nas peças de madeira: fendas superficiais (a) e profundas (b), fendas internas no núcleo (c), fendas alveolares (d) e fendas anelares (e).

Figura 13 - Fendas em peças de madeira



Fonte: Adaptado de COSTA, 2015

Os danos causados pelas fendas a peças de madeira dependem do tipo dessa ocorrência e da sua respectiva dimensão (CRUZ, 2009). Segundo Franco (2008, p. 29), as fendas “conduzem à redução da seção útil resistente da peça e podem ser muito graves se forem repassadas, ou seja, se ligarem faces opostas da madeira, bem como se estiverem localizadas em zonas de união entre peças [...]”. Fendas superficiais, geralmente, não apresentam grandes problemas, enquanto as alveolares ocasionam ruptura de tecidos e redução da resistência da madeira (FRANCO, 2008; GONZAGA, 2006).

A presença de fendas também pode afetar a durabilidade da madeira. Em peças sujeitas às intempéries, propicia maior infiltração e retenção de água nas aberturas, aumentando o risco de deterioração biológica, como será visto adiante, por fungos ou insetos. Ademais, alerta-se a ocorrência de fendas em superfícies tratadas com produtos preservantes, pois exporá camadas não tratadas, comprometendo a eficácia do tratamento (CRUZ, 2009).

3.4 DETERIORAÇÃO POR FATORES ABIÓTICOS

Abiótico, em um de seus significados, é definido por Houaiss e Villar (2009, p. 10), como algo “criado, provocado ou induzido sem a participação de organismos vivos”. Partindo dessa definição, serão abordados os defeitos devido ao intemperismo, ao desgaste mecânico e à deterioração química.

3.4.1 Intemperismo

Segundo Williams (2005, p. 147, tradução nossa), “intemperismo é o termo geral usado para definir a deterioração lenta de materiais expostos ao clima”. Tal processo depende de vários fatores ambientais, como a radiação solar, as variações de umidade durante precipitações, a temperatura, o oxigênio, a poluição atmosférica (HON, 2001).

Dentre os fatores previamente citados, a radiação ultravioleta (UV), um espectro eletromagnético da luz solar, é a principal responsável por iniciar a danificação, a partir da deterioração fotoquímica da superfície da madeira. Tal radiação possui energia suficiente para impactar nos componentes do material, celulose, hemicelulose e lignina, modificando quimicamente esses elementos, principalmente o último, que dentre todos é o que mais possui capacidade de absorção de luz, e por isso o mais afetado (HON, 2001; WILLIAMS, 2005).

O efeito da atuação dessa radiação UV, e também da modificação dos componentes da madeira, induz a consequências como a descoloração das peças, tendendo-as a uma coloração mais escurecida, ou também a um aspecto acinzentado (Figura 14). Outros efeitos seriam a perda de brilho, enrugamento da superfície, destruição das propriedades físicas e mecânicas do material, perda de peso (GONZAGA, 2006; HON, 2001).

Figura 14 - Aspecto acinzentado em madeira sujeita ao intemperismo

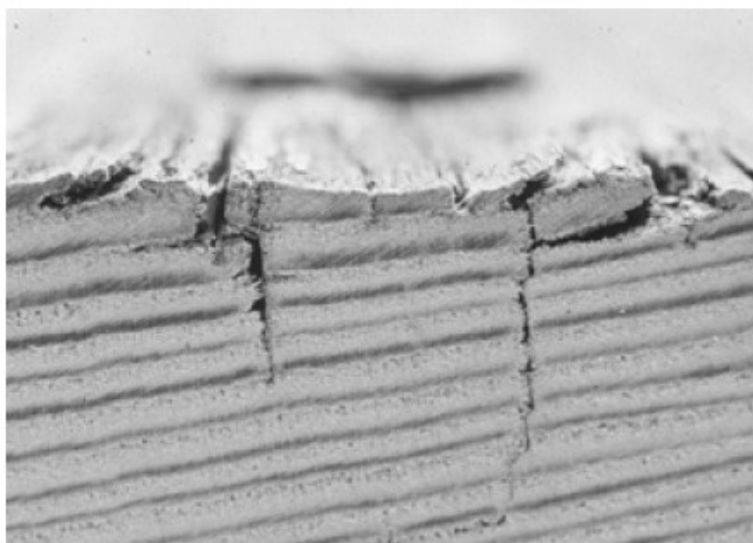


Fonte: SANTOS; DUARTE, 2013

Ademais, a ação do intemperismo proporciona a ocorrência de fendas (Figura 15) e empenamentos, conforme processo explicado por Botelho Júnior (2006, p. 59, tradução nossa):

O que realmente provoca a deterioração da madeira, por ação das águas das chuvas, da radiação solar e da temperatura, é a ocorrência da alternância de ciclos de umidificação e secagem, com a conseqüente variação volumétrica do material. Esta variação provoca tensões internas na peça de madeira, resultando deste fenômeno o aparecimento de fendas (normalmente longitudinais), curvaturas e empenamentos.

Figura 15 - Fendas causadas pela ação do intemperismo em peça de madeira



Fonte: WILLIAMS, 2005

A radiação infravermelha, outro aspecto eletromagnético da luz solar, ao contrário da radiação UV, penetra mais profundamente nas peças. Além de ocasionar maior eliminação de água e maior retração da peça, tal radiação pode provocar o aquecimento e a evaporação de extrativos da madeira, levando ao colapso da superfície (GONZAGA, 2006).

A ação intensiva do intemperismo em peças de madeira pode levar ao desenvolvimento de fungos apodrecedores e à falha da madeira, conforme mecanismo abordado por Kropf, adaptado a seguir no Quadro 4.

Quadro 4 - Mecanismo de falha de madeiras sujeitas ao intemperismo

Causa	Efeito
Luz solar ->	Retração da madeira
Tensões internas ->	Fendas longitudinais
Chuva ->	Água entra nas fendas
Inchamento ->	Fendas ficam mais profundas
Fendas profundas ->	Manutenção do teor de umidade
Manutenção do teor de umidade ->	Desenvolvimento de fungos
Ação dos fungos ->	Apodrecimento interno da madeira
Forte apodrecimento ->	Perda de resistência da madeira

Fonte: Adaptado de KROPF, [20--?]

A partir do Quadro 4, descreve-se o mecanismo de falha: a madeira exposta à luz solar sofre retração. Como consequência dessa retração, desenvolvem-se tensões internas, que levam à ocorrência de fendas longitudinais. Ao chover, a água entra dentro das fendas, a peça expande, tal como as fendas. O processo se repete, até que as fendas estejam suficientemente profundas, de modo que a e a umidade se preserve na peça. Assim, gera-se um ambiente propício para o desenvolvimento de fungos apodrecedores, que deterioram a peça internamente, levando à perda de sua resistência mecânica.

Para amenizar o efeito do intemperismo, como o aquecimento das peças e a fotodegradação da superfície das mesmas, recomenda-se um tratamento superficial

da madeira exposta, a partir da aplicação de produtos de acabamento como vernizes, *stains* e tintas, de cor preferencialmente mais clara (KROPF, 20--?; PACE *et al.*, 2018).

3.4.2 Desgaste mecânico

O desgaste mecânico consiste na deterioração da madeira quando submetida a movimentos de circulação de agentes como pessoas, veículos, entre outros. (ALVES; MENDES, 1988; BLANCO-FLÓREZ *et al.*, 2015). Tal mecanismo é relevante em madeiras aplicadas em pavimentos, como pisos, onde estará sujeita à ocorrência de riscos, danos por queda de objetos, arraste de objetos, desgaste por tráfego. A intensidade do desgaste é proporcional à frequência da circulação no local (CRUZ, 2015; BLANCO-FLÓREZ *et al.*, 2015).

Segundo Cruz (2015, p. 62), “esse tipo de deterioração define-se pela perda de material de uma forma gradual, reduzindo as dimensões e a massa e, como consequência, reduzindo as capacidades mecânicas”. Para amenizar esse processo, aplicam-se revestimentos sobre a superfície da madeira, como vernizes, que são deteriorados em primeira instância, protegendo a madeira (CRUZ, 2015; BLANCO-FLÓREZ *et al.*, 2015).

3.4.3 Deterioração química

A madeira é considerada um material que possui boa resistência a produtos químicos (KAAS; SCHROEDER; WANGAARD, 1970). No entanto, em contato com substâncias como ácidos e bases fortes, óxido de ferro, dióxido de enxofre, entre outros, ela pode sofrer transformações químicas, decorrendo na redução suas propriedades físico-mecânicas (ALVES; MENDES, 1988).

A deterioração por ácidos ocorre em duas situações: a primeira corresponde ao contato da madeira com ácidos não tão fortes ($\text{pH} > 3$), mas em altas temperaturas, e a segunda quando é exposta a ácidos com baixo pH (2 ou menor) (LOFERSKI *apud* NAPPI, 2012)

A madeira também é muito afetada por bases fortes ($\text{pH} > 9$), sujeita a um desgaste que resulta na redução da massa da peça e na de sua resistência estrutural (LOFERSKI *apud* NAPPI, 2012). De acordo com Ritter e Morrell (1990, p. 744,

tradução nossa), “bases fortes atacam a hemicelulose e a lignina, deixando a madeira com coloração esbranquiçada”.

Exemplos de deterioração química seriam em pisos de fábricas de produtos químicos, em componentes de madeira que ficam em contato com ferragens, ou até peças pintadas com tintas compostas por elevadas concentrações de ácidos ou de elementos alcalinos (ALVES; MENDES, 1988). De maneira geral, madeiras que sofrem esse tipo de deterioração apresentam-se com aspecto amolecido, e com uma aparência desfibrada (ALVES; MENDES, 1988).

Além dos defeitos apresentados, a madeira também pode sofrer descoloração devido a manchas químicas originadas pela interação entre ferro com taninos presentes na madeira (CLAUSEN, 2010).

3.5 DETERIORAÇÃO POR AGENTES BIÓTICOS

Por sua vez, o termo biótico designa algo que é provocado pela atuação de organismos vivos (HOUAISS; VILLAR, 2009). A deterioração biológica da madeira ocorre devido ao seu ataque por agentes xilófagos, ou seja, que possuem esse material como fonte de alimento (LELIS *et al.*, 2001). Dentre eles, serão abordados as bactérias, os perfuradores marinhos, além dos fungos e os insetos, os dois grupos que ocasionam os maiores impactos (ALVES; MENDES, 1988).

3.5.1 Bactérias

As bactérias são organismos unicelulares, das quais certas espécies possuem a capacidade de deteriorar a madeira (DANIEL; NILSSON, 1998; NILSSON; SINGH, 2014). Tal deterioração se dá em locais distintos, aeróbicos e anaeróbicos (ALVES; MENDES, 1999; CLAUSEN, 1996). Por exemplo, ela pode ocorrer em peças submersas, seja em água doce ou salgada, ou também em madeiras em contato com o solo (IBACH, 2005; ROSSELL *et al. apud* CLAUSEN, 1996).

Esses organismos se alimentam de nutrientes das células dos raios medulares e dos canais resiníferos da madeira, possuindo a capacidade de deteriorar seus polímeros constituintes, como a celulose, hemicelulose e lignina (ALVES; MENDES, 1988; NILSSON; SINGH, 2014). Nilsson e Daniel (1998) dividem as bactérias deterioradoras segundo os padrões de deterioração resultantes de seus

ataques: tuneladoras, que deterioram a partir da construção de túneis por meio das paredes celulares, ou erosivas, que erodem as paredes celulares parcialmente.

A deterioração bacteriana ocasiona certos impactos, dentre eles um aumento da permeabilidade da madeira, tornando-a mais suscetível ao ataque de fungos apodrecedores (CLAUSEN, 1996; GONZAGA, 2006; IBACH, 2005). Em questões estruturais, considera-se que não causam grande destruição na madeira (CLAUSEN, 1996; GARRATT; HUNT *apud* ALVES; MENDES, 1999). Ibach (2005, p. 107, tradução nossa) afirma: “Bactérias geralmente possuem pequeno efeito nas propriedades da madeira, exceto por um longo período de tempo”. Caso o ataque seja intenso, podem conferir um odor bastante desagradável à madeira (ALVES; MENDES, 1988).

As bactérias também podem auxiliar a ação de fungos apodrecedores a partir de uma atuação sinérgica, ajudando na decomposição da madeira, ou também removendo compostos que podem ser tóxicos a esses fungos (CLAUSEN, 1996).

A deterioração da madeira pela ação das bactérias não é algo possível de ser visualizado com clareza a olho nu, sendo necessário o uso de microscópio eletrônico para a identificação (DANIEL; NILSSON, 1998).

3.5.2 Fungos

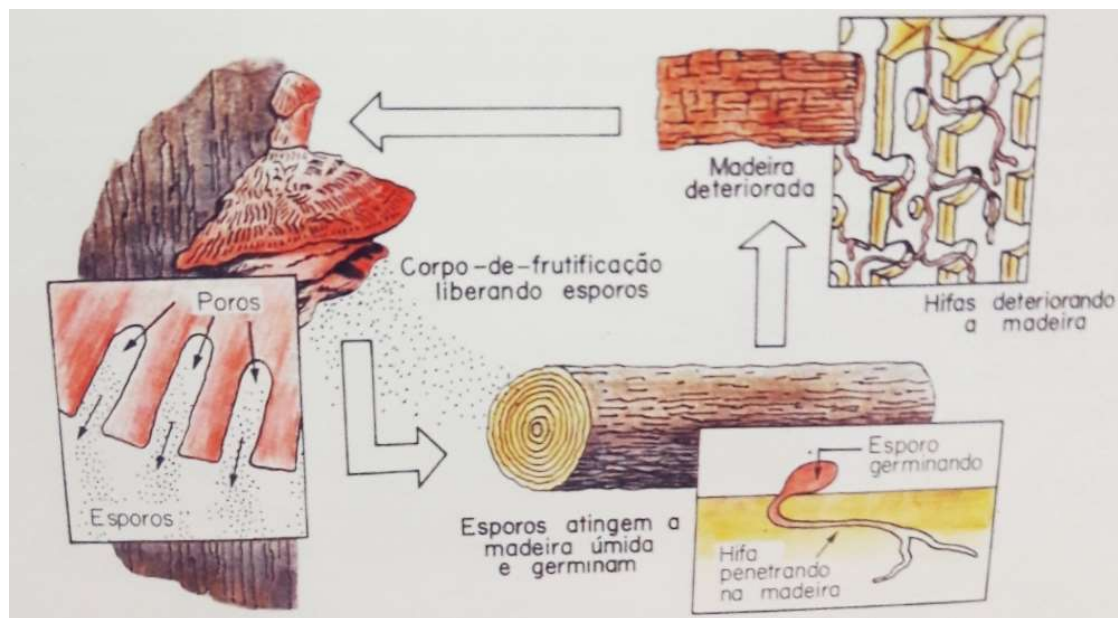
Os fungos são organismos eucariontes, aeróbios e heterótrofos, que utilizam de compostos de carbono como fonte de alimento (BAUER, 1994; MORRELL; ZABEL, 1992). A madeira é um material rico desses compostos, e por isso muito atrativa ao ataque desses seres. Ela pode estar sujeita a infestações desde o abate da árvore, momento em que seu teor de umidade é bastante elevado, situação propícia ao desenvolvimento desses seres (LELIS *et al.*, 2001).

Os fungos se reproduzem por esporulação, disseminando milhares de esporos no ambiente. Em condições ideais de umidade, temperatura e em um meio favorável, como a madeira, cada esporo pode germinar. Com isso, o desenvolvimento prossegue a partir da evolução dos esporos em filamentos chamados hifas, que crescem e se ramificam para dentro do substrato, gerando uma nova estrutura denominada micélio (BAUER; 1994; LELIS *et al.*, 2001).

O micélio, a partir de seus filamentos, libera enzimas que atuam retirando o carbono dos carboidratos do tecido lenhoso da madeira, causando a sua deterioração (BAUER, 1994). Por fim, tal estrutura pode dar origem aos corpos-de-frutificação,

órgãos reprodutores produtores de esporos, que ao liberá-los reinicia o ciclo (LELIS *et al.*, 2001). Na Figura 16, ilustra-se o ciclo de vida de um fungo apodrecedor.

Figura 16 - Ciclo de vida de um fungo apodrecedor



Fonte: TIMBER pests and their control, 1981 *apud* LELIS *et al.*, 2001

Para melhor descrever as consequências geradas pelos seus ataques, os fungos deterioradores da madeira serão divididos em duas subseções: fungos emboloradores e manchadores, e fungos apodrecedores.

3.5.2.1 Fungos emboloradores e manchadores

Fungos emboloradores são aqueles que crescem na superfície da madeira, causando uma alteração nesse substrato, o bolor, resultado da enorme produção de esporos no local (LELIS *et al.*, 2001). De acordo com a espécie do fungo, o bolor gerado possui diferentes colorações: preto, cinza, verde, vermelho, dentre outros, e podem ser removidos a partir de escovação ou do aplainamento da peça atacada (MORRELL; ZABEL, 1992).

Na Figura 17, mostra-se o resultado do ataque de fungos emboloradores. À esquerda, visualiza-se a superfície da peça, enquanto à direita a superfície da mesma após aplainamento. Como pode-se ver, a superfície aplainada apresenta-se em perfeito estado, pois as hifas desse grupo de fungos são incolores, de maneira que as manchas não se propagam para regiões mais internas da peça (IBACH, 2005).

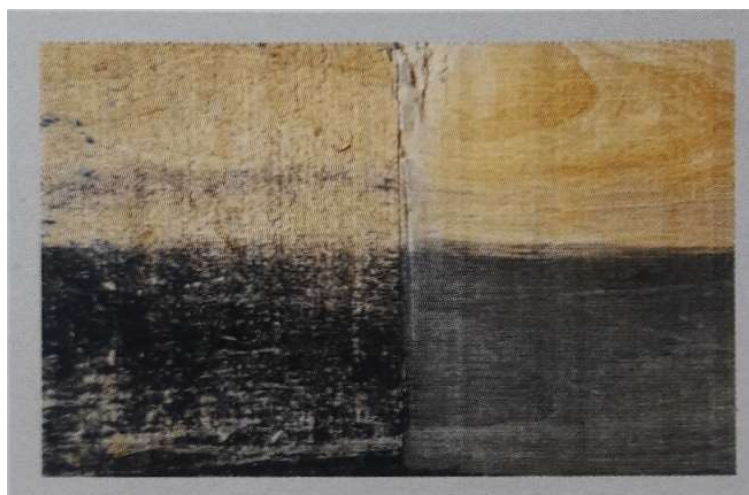
Figura 17 - Ataque de fungos emboloradores



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

Os fungos manchadores, por sua vez, causam dano estético externo e interno, porque possuem a capacidade de provocar manchas no interior do alburno das madeiras atacadas. Isso é possível devido à posse de hifas pigmentadas, ou através da liberação de pigmentos por esses fungos (LELIS *et al.*, 2001). Tais manchas se propagam profundamente na peça, não podendo ser removidas por aplainamento (IBACH, 2005), vide Figura 18.

Figura 18 - Ataque de fungos manchadores



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

Os fungos manchadores se alimentam de substâncias armazenadas nas cavidades celulares da madeira, ou de nutrientes dispostos na superfície (CARLL; HIGHLEY, 1999). Lelis *et al.* (2001, p. 9) discutem as consequências do ataque por esses organismos:

as propriedades mecânicas da madeira, como sua resistência à tração e à flexão, são pouco alteradas, pois estes fungos não possuem complexos enzimáticos capazes de degradar as moléculas de celulose, hemicelulose e lignina que constituem as paredes celulares. Entretanto, madeiras intensamente atacadas por fungos emboloradores e manchadores apresentam uma redução em sua resistência ao impacto e um considerável aumento em sua permeabilidade.

Com o aumento da permeabilidade, a peça se torna mais suscetível à absorção de umidade, favorecendo um futuro ataque de fungos apodrecedores (IBACH, 2005). Ademais, várias espécies de fungos emboloradores e manchadores são bastante tolerantes a produtos preservantes, como fungicidas, podendo até alterar as propriedades dos mesmos para inibir sua toxicidade (LELIS *et al.*, 2001).

3.5.2.2 Fungos apodrecedores

Fungos apodrecedores são aqueles que, com seu ataque, geram modificações nas propriedades físicas e mecânicas da madeira, além da redução de massa e de volume das peças atacadas. Em casos extremos, destroem o material totalmente, devido à capacidade de liberar enzimas que deterioram os principais componentes da madeira e destroem as moléculas constituintes das paredes celulares (LELIS *et al.*, 2001; MORRELL; ZABEL, 1992).

As podridões geradas pelos fungos apodrecedores são o principal dano à madeira em uso (MORRELL; ZABEL, 1992). Ademais, o ataque desses organismos só são percebidos após certo tempo de infestação, a partir da mudança de coloração e de textura das peças deterioradas (MORRELL; ZABEL, 1992).

Os fungos apodrecedores são agrupados de acordo com a maneira de ataque à madeira: fungos de podridão branca (*White-rot fungi*), fungos de podridão parda (*brown-rot fungi*) e fungos de podridão mole (*soft-rot fungi*) (CARLL; HIGHLEY, 1999; LELIS *et al.*, 2001).

3.5.2.2.1 Fungos de podridão branca

Fungos de podridão branca são os únicos capazes de atacar e de metabolizar os três principais componentes da madeira: celulose, hemicelulose e lignina. Com

isso, podem gerar severas deteriorações. (ALVES; MENDES, 1988; MORRELL; ZABEL, 1992). A madeira atacada sofre perda da sua cor natural, tornando-se esbranquiçada, com a possibilidade da ocorrência de linhas escuras demarcando as regiões atacadas. Ademais, o material adquire uma consistência esponjosa, rachando em estado severo de ataque (IBACH, 2005; LELIS *et al.*, 2001).

Além disso, fungos de podridão branca causam alterações físicas e mecânicas na madeira, como redução da resistência mecânica, perda de peso, dentre outros (ALVES; MENDES, 1988). “As perdas de peso podem se aproximar de 95 a 97% do material de madeira original, sob exposições prolongadas onde prevalecem ótimas condições para deterioração” (MORRELL, ZABEL, 1992, p. 201, tradução nossa).

3.5.2.2.2 Fungos de podridão parda

Fungos de podridão parda decompõem a celulose e a hemicelulose contidas na madeira. Como a lignina, que apresenta uma coloração escura, fica ileso, o material ganha um aspecto pardo-escuro, como o próprio nome (ALVES; MENDES, 1988; IBACH, 2005). Com o ataque à celulose, a perda de resistência mecânica dessas madeiras é rápida, mesmo em estágios iniciais de deterioração (IBACH, 2005).

Em etapas mais avançadas de ataque, a madeira sofre alteração da cor, surgem fissuras paralelas e perpendiculares às fibras, e a peça obtém consistência friável e quebradiça (Figura 19), podendo entrar em colapso (IBACH, 2005; LELIS *et al.*, 2001).

Figura 19 - Madeira com ocorrência de podridão parda



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

3.4.2.2.3 Fungos de podridão mole

Fungos de podridão mole degradam preferencialmente a celulose e a hemicelulose (LELIS *et al.*, 2001). Seu ataque caracteriza-se por ser, de acordo com Lelis *et al.* (2001, p. 10), “[...] restrito à superfície da madeira, dificilmente penetrando além de 20 mm de profundidade. Entretanto, a porção atacada pode se destacar com facilidade, expondo novas regiões à ação dos fungos”.

Madeira com podridão mole, quando úmida, possui um aspecto amolecido na superfície. Ao secar, ela escurece e surgem pequenas fissuras, nas direções perpendicular e paralela às fibras, aparentando ter sido carbonizada (ALVES; MENDES, 1988; LELIS *et al.*, 2001). A Figura 20 ilustra essa situação.

Figura 20 - Madeira com ocorrência de podridão mole



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

A deterioração por fungos de podridão mole é mais lenta e menos agressiva em relação aos demais (ALVES; MENDES, 1988; DANIEL; NILSSON, 1998). Os ataques costumam ocorrer em ambientes extremos, com elevados teores de umidade e com baixa disponibilidade de oxigênio, onde não é propício o desenvolvimento dos fungos de podridão parda e branca (LELIS *et al.*, 2001).

3.5.2.3 Fatores que interferem no desenvolvimento de fungos

A atividade dos fungos xilófagos na madeira é influenciada por determinadas condições, como a umidade, o pH, a presença de oxigênio, a temperatura e a presença de extrativos (ALVES; MENDES, 1988; LELIS *et al.*, 2001). As situações propícias são listadas a seguir:

- a) em relação ao pH, a faixa ótima consiste entre 4,5 e 5,5, ambiente ácido, faixa compatível com a da maioria das espécies da madeira. No entanto, esses organismos podem se desenvolver em meios com pH entre 2,0 a pouco acima de 7,0 (ALVES; MENDES, 1988);
- b) em questão da temperatura, “uma faixa entre 5 e 65 °C permite o desenvolvimento de fungos na madeira, mas a maioria tem seu ótimo de temperatura entre 20 a 35 °C” (LELIS *et al.*, 2001, p. 11). Segundo os mesmos autores, temperaturas mais baixas retardam a velocidade da deterioração por esses seres, e temperaturas mais altas podem ser letais aos mesmos;
- c) a presença de oxigênio é essencial, uma vez que os fungos são organismos aeróbios (LELIS *et al.*, 2001). Alguns fungos conseguem sobreviver a situações com baixíssima quantidade de oxigênio, como os *soft-rots*. Porém, de maneira geral, concentrações pequenas desse gás inibem o desenvolvimento dos fungos na madeira (ALVES; MENDES, 1988);
- d) a presença de água é essencial para o desenvolvimento de fungos. A condição ideal é em teores de umidade próximos ao ponto de saturação das fibras, mas o ataque por fungos geralmente ocorre em teores acima de 20% (ALVES; MENDES, 1988; BAUER, 1994). Teores de umidade muito elevados restringem o crescimento dos fungos, pois afeta as condições de aeração do substrato (LELIS *et al.*, 2001);
- e) a presença de extrativos pode ser um entrave, uma vez que determinados extrativos são tóxicos a certas espécies de fungos, exercendo a função de preservantes naturais da madeira (SCHEFFER; VERRALL, 1973).

3.5.3 Insetos

Os insetos xilófagos, somado aos fungos, são os agentes mais importantes no processo de deterioração biológica da madeira (ALVES; MENDES, 1988). Os ataques de insetos frequentemente ocorrem em condições análogas às dos fungos (MORRELL; ZABEL, 1992).

Além de fonte de alimento, a madeira é usada como abrigo para fundação das colônias desses insetos. Dentre os danos causados, geralmente, observam-se a criação de redes de túneis no interior da madeira, a de canais superficiais, a presença

de buracos de saída, e de zonas da madeira com aspecto mastigado, dentre outros (IBACH, 2005; MORRELL; ZABEL, 1992).

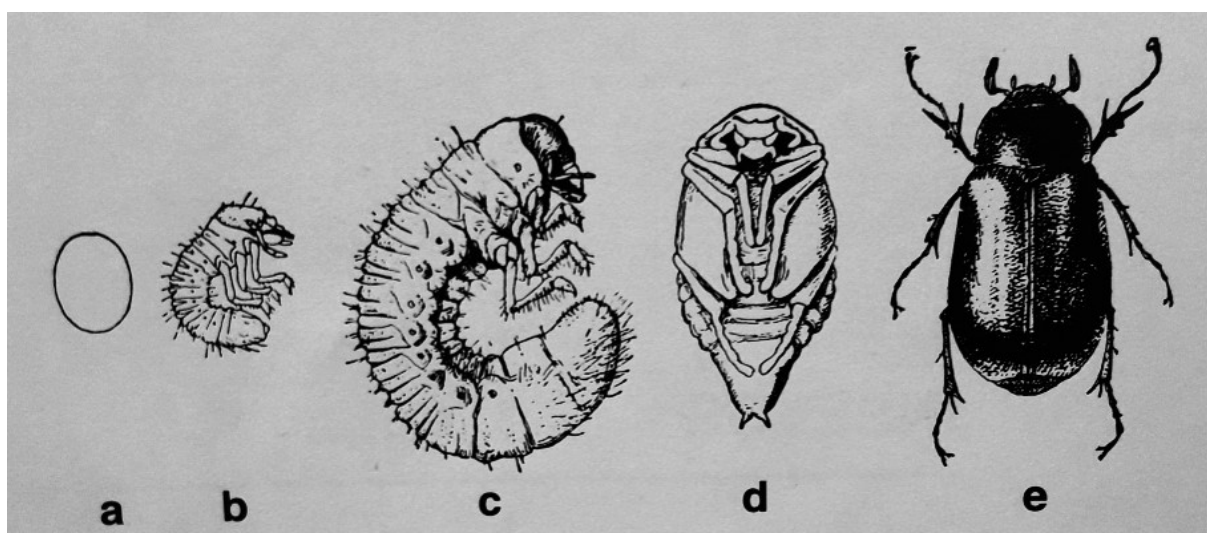
Segundo Lelis *et al.* (2001, p. 13), “dentre os insetos xilófagos, dois grupos são os principais responsáveis pelos danos causados às madeiras: os cupins e as brocas-de-madeira”. Esses grupos serão descritos a seguir.

3.5.3.1 Brocas-de-madeira

As brocas-de-madeira, também conhecidas como besouros ou carunchos, pertencem à ordem dos Coleópteros, envolvendo milhares de espécies. Seu ataque se inicia no momento que fêmeas adultas colocam seus ovos na madeira. Dos ovos saem as larvas, as quais se alimentam da madeira, danificando-a, durante toda a fase larval. No fim dessa etapa, a larva se transforma em uma nova fase chamada pupa, a qual passa pela metamorfose e, finalmente, torna-se adulta (LELIS *et al.*, 2001).

Quando adultos, esses insetos tendem a sair da madeira, perfurando-a, e partindo para o meio externo. Depois disso, fêmeas e machos se encontram, acasalam, e o ciclo se reinicia (LELIS *et al.*, 2001). A Figura 21 representa esses insetos nas diferentes fases do seu ciclo de vida: ovo (a), larva jovem (b), larva no final da fase larval (c), pupa (d) e adulto (e).

Figura 21 - Etapas do ciclo de vida de um Coleóptero



Fonte: ROSS, 1965 *apud* LELIS *et al.*, 2001

O ataque por brocas é percebido mais facilmente no período de saída dos adultos ao meio externo. Isso porque, durante a escavação dos adultos para fora da madeira, é liberado um pó fino, uma serragem, denominada “pó-de-broca”, que fica concentrada em torno ou em região próxima aos orifícios de saída (LELIS *et al.*, 2001).

Nove famílias da ordem dos Coleópteros causam danos na madeira (MORRELL; ZABEL, 1992). No entanto, três delas são as mais nocivas: os Anóbídeos, os Lictídeos, e certas espécies da família dos Cerambicídeos (ALVES; MENDES, 1988). Esses grupos serão descritos nas subseções subsequentes.

3.5.3.1.1 Anóbídeos

Os besouros da família Anobiidae não são exclusivamente xilófagos. Além da madeira, podem apresentar outros hábitos alimentares, como sementes e caules de diversas plantas, produtos manufaturados de origem vegetal ou animal, livros, dentre outros (LELIS *et al.*, 2001).

A deposição dos ovos ocorre, geralmente, na madeira bruta, em frestas presentes na superfície, ou em antigos orifícios (LELIS *et al.*, 2001). O ciclo de vida dessas brocas leva de 2 a 3 anos e, de modo geral, atacam madeiras com teor de umidade acima de 15%, apesar do ideal para seu desenvolvimento sejam aquelas em torno de 30%, ou até apodrecidas (IBACH, 2005; MOORE, 1979 *apud* MORRELL; ZABEL, 1992).

Os ataques desses besouros se concentram no alburno, porém o cerne não está completamente imune, ocorrendo em casos mais raros (MORRELL; ZABEL, 1992). Caracterizando a deterioração, esses animais cavam vários túneis pequenos internamente ao material, preenchidos com serragem bastante fina e com pelotas alongadas (IBACH, 2005; MORRELL; ZABEL, 1992). Ao sair da peça, geram orifícios de 1,6 a 3 mm de diâmetro (IBACH; 2005).

Como exemplo de anóbídeos, há o *Anobium punctatum* (Figura 22), cuja deterioração é comum em peças localizadas no interior das casas, como nos mobiliários. Outro exemplar é o *Xestobium rufovillosum*, conhecido no exterior como “death watch beetle”, caruncho que ocasiona severos danos em construções antigas como museus, igrejas, catedrais (ALVES; MENDES, 1988).

Figura 22 - *Anobium punctatum*

Fonte: HICKIN, 1968 *apud* LELIS *et al.*, 2001

3.5.3.1.2 Lictídeos

Os lictídeos consistem em uma família de coleópteros essencialmente xilófaga. Atacam principalmente o alburno de madeiras de árvores folhosas, buscando amido como fonte de alimento (LELIS *et al.*, 2001). Dentre as brocas-de-madeira, é o grupo que resiste a menores teores de umidade, atuando em faixas entre 8 a 32%, com a situação ótima em substratos com 10 a 20% (IBACH, 2005; LELIS *et al.*, 2001).

Detecta-se a infestação por lictídeos no momento da saída dos besouros adultos da madeira, onde são produzidos pequenos orifícios, de 0,8 a 1,6 mm de diâmetro (IBACH, 2005). Esse grupo de brocas produz, assim como os anobídeos, um pó bastante fino, com aspecto semelhante a um talco, ou uma farinha, encontrado próximo aos buracos de saída (LELIS *et al.*, 2005; ARRIAGA *et al.*, 2002). A deterioração causada por essas brocas, sem interferência, prossegue até a total destruição do alburno (ALVES; MENDES, 1988). A Figura 23 mostra uma peça de madeira atacada por lictídeos.

Figura 23 - Madeira atacada por Lictídeos



Fonte: BOTELHO JUNIOR, 2006

Como exemplo desse grupo de insetos, citam-se os *Lyctus lineares* Goeze, mais comum no continente europeu, e *Lyctus brunneus* Steph, coleóptero de origem tropical (BOTELHO JÚNIOR, 2006).

3.5.3.1.3 Cerambicídeos

Segundo Botelho Júnior (2006, p. 50), “os cerambicídeos são vulgarmente designados como caruncho grande, e podem atingir os 30 mm de comprimento, no estado larvar e 10 a 20 mm, no estado adulto”. De modo geral, suas larvas possuem desenvolvimento propício em madeiras com teor de umidade de 15 a 25%, mas podem sobreviver longos períodos nesses substratos, mesmo com menor teor (MORRELL; ZABEL, 1992).

Os cerambicídeos são perigosos para estruturas de madeira, porque escavam galerias de até 10 mm de diâmetro, em diversas direções, comprometendo tais peças (BOTELHO JÚNIOR, 2006). Seus túneis podem ser de formato circular ou oval e, assim como os outros coleópteros, nota-se a presença de resíduos de pó fino dentro dos canais (MORRELL; ZABEL, 1992). Na Figura 24, constata-se o impacto causado pela deterioração causada por Cerambicídeos.

Figura 24 - Madeira deteriorada por Cerambicídeos



Fonte: ARRIAGA *et al.*, 2002

Dentre as diversas espécies pertencentes ao grupo dos cerambicídeos, destaca-se o *Hylotrupes bajulus*, besouro que ataca madeira seca, principalmente o alburno de coníferas. Ele é um grande problema nos países do hemisfério Norte (ALVES; MENDES, 1988; LELIS *et al.*, 2001). No Brasil, pode ser encontrado na Região Sul do país (LELIS *et al.*, 2001).

3.5.3.2 Cupins

Os cupins, também conhecidos como térmitas, são insetos sociais, que vivem em grandes colônias, compostas por diferentes classes de indivíduos. Sua sociedade compõe-se por três castas: reprodutores, operários e soldados (ALVES; MENDES, 1988; LELIS *et al.*, 2001).

O ciclo de vida das térmitas se inicia com o voo de indivíduos sexuais de um ninho já existente para outros locais. Machos e fêmeas se encontram, pareiam e vão à procura de um ambiente adequado para iniciar a colônia. Ao encontrar, o casal real³ copula e origina os demais membros, primeiramente operários, depois soldados e por fim os reprodutores (ALVES; MENDES, 1988; BOTELHO JÚNIOR, 2006; LELIS *et al.*, 2001).

³ Casal Real: Casal fundador de uma colônia de térmitas (LELIS *et al.*, 2001).

São conhecidas aproximadamente 2800 espécies de cupins, porém apenas de 70 a 80 dessas são xilófagas e causam prejuízos econômicos (ARRIAGA *et al.*, 2002). Lelis *et al.* (2001, p. 21-22) complementam: “A maioria dos cupins não causa prejuízos; são espécies que se alimentam de madeira já parcialmente ou intensamente apodrecida, de partes mortas de vegetais sobre o solo e de gramíneas”.

As térmitas não possuem a capacidade de digerir por si mesmas a celulose da madeira. Para isso, desenvolvem uma simbiose com microrganismos que vivem no aparelho digestivo das operárias, como protozoários flagelados e bactérias. Com esse auxílio, a celulose é decomposta em simples açúcares, possibilitando a alimentação dos cupins (BOTELHO JÚNIOR, 2006; LELIS *et al.*, 2001).

Separam-se os cupins em três grupos, conforme os hábitos de vida: cupins subterrâneos, cupins de madeira úmida e cupins de madeira seca (ALVES; MENDES, 1988).

3.5.3.2.1 *Cupins subterrâneos*

Dentre os cupins xilófagos, os cupins subterrâneos, também chamados de cupins de solo, são os mais destrutivos. Pela ausência de revestimento externo em seu corpo, tal grupo não sobrevive a ambientes com baixo teor de umidade (ALVES; MENDES, 1988).

Os cupins subterrâneos constroem seus ninhos, preferencialmente, no interior do solo, onde há propícias condições de umidade, atacando madeiras que estejam em contato com ele (ALVES; MENDES, 1988). Certas espécies podem viver em madeiras externas ao solo, desde que haja alimento e água suficiente nas proximidades (LELIS *et al.*, 2001). Isso é possível pela construção de canais, de 1 a 2 mm de diâmetro, feitos de partículas de solo, madeira e material fecal. Esses canais protegem as térmitas, mantendo umidade essencial em seu interior, e permitindo a sua locomoção do solo a madeiras acima dele. (ALVES; MENDES, 1988; ARRIAGA *et al.*, 2002; IBACH, 2005).

Para a detecção do ataque dos cupins subterrâneos, Alves e Mendes (1988, p. 18) indicam:

Uma das características de ataque dos cupins subterrâneos é que eles mantêm sempre intacta, uma fina camada da peça que está sendo atacada.

Se forçarmos com um objeto pontudo sobre esta superfície, esta facilmente se romperá. Uma outra maneira de detectar o ataque é através de pequenas batidas dirigidas à superfície suspeita. Um som oco será indicativo da presença destes insetos na peça.

Além disso, à medida que mastigam a madeira e cavam seus túneis no interior da peça, os cupins operários depositam pequenas amostras de solo e de fezes, o que confere à peça atacada um aspecto de sujeira (MORRELL; ZABEL, 1992).

No Brasil, um exemplo de cupim de solo é o inseto *Coptotermes havilandi*, mostrado na Figura 25 (LELIS *et al.*, 2001).

Figura 25 - Madeira coberta por cupins da espécie *Coptotermes havilandi*



Fonte: FERRAZ, 2000 *apud* LELIS *et al.*, 2001

3.5.3.2.2 Cupins de madeira úmida

Os cupins de madeira úmida se desenvolvem em madeiras com elevado teor de umidade, acima de 30% (LELIS *et al.*, 2001). Seus ataques geralmente acontecem diretamente pelo ar, sem a necessidade do contato com o solo (ALVES; MENDES, 1988). Detecta-se a infestação pela emissão de resíduos que esses cupins liberam para fora da madeira deteriorada (LELIS *et al.*, 2001).

Devido ao alto teor de umidade que necessitam, na maioria dos casos, encontram-se tais insetos atuando em madeiras já apodrecidas (MORRELL; ZABEL, 1992). Contudo, é possível a extensão de suas galerias para regiões da madeira adjacentes que estejam em boas condições (ALVES; MENDES, 1988).

No Brasil, um exemplar é o gênero *Neotermes*, pertencente à família Kalotermitidae. Felizmente, não propiciam preocupação econômica, pois são frequentemente detectados em partes já enfermas de árvores vivas (LELIS *et al.*, 2001), e não nas construções.

3.5.3.2.3 Cupins de madeira seca

Os cupins de madeira seca desenvolvem suas colônias em madeiras com baixo teor de umidade, em torno de 10 a 12% de umidade, sem a necessidade do contato das peças com o solo para a infestação (ALVES; MENDES, 1988, LELIS *et al.*, 2001). Esses insetos são muito eficientes no uso da água, extraíndo o que necessitam diretamente da madeira (MORRELL; ZABEL, 1992).

O ataque por parte desses animais tem princípio pelo ar, onde o casal real entra na madeira a partir de fendas ou outras aberturas naturais. Ao penetrar no material, fecham imediatamente o vazio da entrada com partículas próprias da madeira. Depois disso, iniciam a escavação e o desenvolvimento da colônia no interior da peça (ALVES; MENDES, 1988).

Um identificador da presença desses cupins na madeira é pela liberação de pequenas pelotas fecais, no formato de barril, através de orifícios que são novamente fechados após a dispensa dos resíduos (ALVES; MENDES, 1988; MORRELL; ZABEL, 1992). A Figura 26 ilustra os resíduos à esquerda, e, à direita, em detalhe.

Figura 26 - Resíduos liberados por cupins de madeira seca



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

Em relação à possível localização dessas térmitas nas edificações, Alves e Mendes (1988, p. 19) afirmam: “[...] podem ser encontrados nos mais diversos tipos de estrutura, tais como: topo de postes não tratados, travessões, tesouras estruturais, móveis, pisos, janelas, portas e diversas outras peças de madeira”.

Um exemplar de cupins de madeira seca, presente no Brasil, é a espécie *Cryptotermes brevis* (LELIS *et al.*, 2001), mostrado na Figura 27. Esse inseto tem enorme potencial destrutivo, deteriorando mobiliários em meses, e estruturas de cobertura em um ou dois anos, caso o ataque seja intenso (ARRIAGA *et al.*, 2002).

Figura 27 - Presença de *Cryptotermes brevis* em pequenas peças de madeira



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

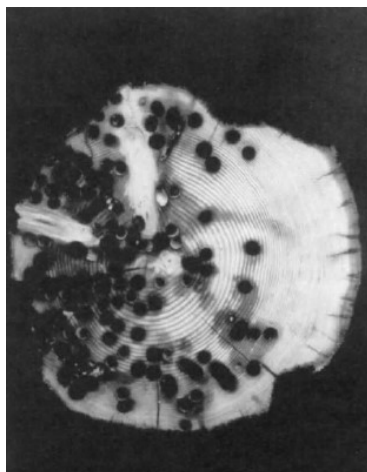
3.5.4 Perfuradores marinhos

Perfuradores marinhos são um grupo de animais invertebrados que atacam madeiras expostas a águas marinhas ou salobras. São os principais deterioradores de estacas, cascos de embarcações e outras estruturas de madeira inseridas nesses ambientes (CLAUSEN, 2010; MORRELL; ZABEL, 1992). Dentro desse grupo, destacam-se os moluscos, com as famílias *Teridinidae* e *Pholadidae*, e os crustáceos, com a ordem dos Isópodes (ALVES; MENDES, 1988; MORRELL; ZABEL, 1992).

Os moluscos são nadadores livres em seus estágios iniciais de vida, porém, em algum momento, se deslocam até a madeira, penetram na mesma e não saem mais (CLAUSEN, 2010). A deterioração ocorre pelo crescimento desses organismos no interior do material, ocupando espaços, gerando galerias e utilizando-o como fonte

de alimento (GONZAGA, 2006; IBACH, 2005). A Figura 28 ilustra a deterioração em uma estaca de madeira causada por Teredos, moluscos da família *Teredinidae*.

Figura 28 - Seção transversal de estaca de madeira atacada por Teredos



Fonte: MORRELL; ZABEL, 1992

Por sua vez, os crustáceos, cuja principal representante é a *Limnoria*, são organismos livres, e não se prendem no interior da madeira (IBACH, 2005). O ataque consiste na execução de orifícios pouco profundos na superfície da madeira, porém numerosos (CLAUSEN, 2010). Como atuam, majoritariamente, na “zona de marés”, a região deteriorada é facilmente erodida pelas ondas ou por objetos flutuantes no mar, expondo novas regiões a futuros ataques e reiniciando o ciclo (CLAUSEN, 2010; MORRELL; ZABEL, 1992). Na Figura 29, expõe-se os danos ocasionados por esses organismos em estacas de madeira.

Figura 29 - Danos de *Limnoria* a estacas de madeira



Fonte: CLAUSEN, 2010

4 PRESERVAÇÃO E TRATAMENTO DA MADEIRA

Preservação das madeiras consiste em ações preventivas e curativas para controlar ou para minimizar o efeito de agentes que afetam as propriedades desse material, como os biológicos, os físicos e os químicos (CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010).

Com o intuito de efetivar a durabilidade e aumentar a vida útil dos componentes de madeira das edificações, tratam-nos com o uso de preservantes químicos, diminuindo ou evitando o ataque de agentes xilófagos, como visto no Capítulo 3 (LEBOW, 2010).

Nesse capítulo serão abordados assuntos envolvendo a preservação das madeiras, como a sua escolha para determinado uso e os tipos de preservantes usados. Ademais, abordar-se-ão os tratamentos preservantes, ou seja, aqueles que ocorrem antes da madeira estar em uso, e também as medidas curativas, ações com intuito de remediar anomalias ou ataques em peças em serviço.

4.1 ESCOLHA DAS MADEIRAS

Para a escolha da madeira a ser utilizada deve-se saber, primeiramente, qual será seu emprego, para que, a partir dele, seja possível definir a que agentes deterioradores ela estará exposta (CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010). No Quadro 5 a seguir, a NBR 16143 (Preservação de madeiras - sistema de categorias de uso) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, p. 6, 2013) limita o uso das madeiras em 6 diferentes categorias de uso, definindo quais os agentes xilófagos que podem atuar em cada situação.

Quadro 5 - Categorias de uso da madeira

Categoria de uso	Condições de uso da madeira	Organismo xilófago
1	Interior de construções, fora de contato com o solo, fundações ou alvenaria, protegidas das intempéries, das fontes internas de umidade e locais livres do acesso de cupins subterrâneos ou arborícolas	Cupim de madeira seca Broca de madeira
2	Interior de construções em contato com a alvenaria, sem contato com o solo ou fundações, protegidas das intempéries e das fontes internas de umidade	Cupim de madeira seca Broca de madeira Cupim subterrâneo Cupim arbócola
3	Interior de construções, fora de contato com o solo e protegidas das intempéries, que podem, ocasionalmente, ser expostas a fontes de umidade	Cupim de madeira seca Broca de madeira Cupim subterrâneo Cupim arborícola Fungo embolorador ou manchador Fungo apodrecedor
4	Uso exterior, fora de contato com o solo e sujeitas às intempéries	Cupim de madeira seca Broca de madeira Cupim subterrâneo Cupim arborícola Fungo embolorador ou manchador Fungo apodrecedor
5	Contato com o solo, água doce e outras situações favoráveis à deterioração, como engaste em concreto e alvenaria	Cupim de madeira seca Broca de madeira Cupim subterrâneo Cupim arborícola Fungo embolorador ou manchador Fungo apodrecedor
6	Exposição à água salgada ou salobra	Perfurador marinho Fungo embolorador ou manchador Fungo apodrecedor

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013

Com o conhecimento da categoria de uso, definem-se os requisitos de qualidade necessários para a madeira, como as propriedades físicas e mecânicas, a durabilidade natural, a tratabilidade com produtos naturais. Depois disso, buscam-se espécies de madeira que atendam aos requisitos (LELIS *et al.*, 2001).

Dentre esses requisitos, a durabilidade natural é um fator muito importante. Como visto na Subseção 2.1 (p. 23), o cerne é um tecido mais durável que o alburno. De acordo com Calil Junior, Lahr e Brazolin (2010, p. 1232), “na prática, o alburno de todas as espécies de madeira é considerável não durável ou perecível”. Com isso, segundo os mesmos autores, é necessário o tratamento preservante na madeira, na

situação de a madeira escolhida possuir alburno em sua maioria, ou caso a espécie não for naturalmente durável para a classe de risco estabelecida.

Caso necessário o tratamento, avalia-se a tratabilidade da espécie escolhida, se ela é possível de ser tratada, ou se é impregnável aos produtos preservantes. Nesse último caso, opta-se pela utilização de outra espécie, pois o tempo de vida útil de espécies impregnáveis não é garantido (CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010).

4.2 PRODUTOS PRESERVANTES

Preservantes da madeira são produtos químicos aplicados na superfície ou no interior da madeira, de modo a provocar o envenenamento dos seus nutrientes celulares e, assim, torná-la resistente ao ataque de fungos e insetos. (ALVES; MENDES, 1988; GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2006).

Para ser considerado um bom preservante, o produto não pode ser tóxico a humanos e a animais, deve conseguir penetrar profundamente na madeira, não pode lixiviar com ação de águas, não pode evaporar, não pode alterar a cor da madeira nem suas propriedades físico-mecânicas, dentre outros critérios (ALVES; MENDES, 1988; GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2006). Classificam-se tais produtos em: oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis (LELIS *et al.*, 2001).

4.2.1 Oleosos

Preservantes oleosos são produtos derivados do alcatrão de hulha, obtidos através da destilação seca desse mineral (GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2006; LELIS *et al.*, 2001). A composição química desses produtos é bastante diversificada, com um número grande de complexos orgânicos. Ademais, são utilizados para tratar madeiras secas e descascadas, e possuem efeito fungicida e inseticida (GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2006).

Alguns exemplos, encontrados no Brasil, são o Carbolineum Extra, o Óleo Creosoto Carboderivados e o Óleo Creosoto CSN, úteis nos processos de tratamento por pressão em autoclave e no de imersão prolongada (GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2006).

4.2.2 Oleossolúveis

De acordo com Lelis *et al.* (2001, p. 33), preservantes oleossolúveis são “produtos contendo misturas complexas de agentes fungicidas e/ou inseticidas, à base de compostos de natureza orgânica e/ou organometálica”. Esses produtos protegem a madeira e podem ser utilizados para acabamento natural, através de pinturas ou envernizamento, ou também para o escurecimento da madeira (GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2006).

Preservantes oleossolúveis podem ser fabricados a partir da mistura de solventes, como querosene e óleo diesel, com aditivos, como resinas, inseticidas, ceras, dentre outros (GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2006). Existem também formulações prontas, como é o caso do oleossolúvel a base de pentaclorofenol, um preservativo extremamente tóxico aos organismos xilófagos, resistente à lixiviação e que não corrói metais (ALVES; MENDES, 1988; GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2006).

4.2.3 Hidrossolúveis

Os hidrossolúveis são preservantes caracterizados por uma solução aquosa, composta por um ou por uma mistura de sais metálicos (IBACH, 2005; LELIS *et al.*, 2001). Utilizam-nos quando se requiere uma peça limpa e passível de ser pintada, após o tratamento (IBACH, 2005).

Preservantes hidrossolúveis são usados no tratamento de madeiras estruturais, de estacas, de postes, de fundações, dentre outros. Uma desvantagem de seu uso é o aumento da umidade da peça, que posteriormente seca e retrai em serviço, a menos que seja seca em estufa logo após o tratamento (LEBOW, 2010)

Galvão, Magalhães e Mattos (2006, p. 15) explicam como esses preservantes atuam na madeira: “As soluções aquosas desses sais, penetrando na madeira, reagem com a lignina de suas células, produzindo compostos insolúveis, que dificilmente serão lixiviados, isto é, arrastados pelas águas ou umidade do solo”.

Exemplos de formulações de hidrossolúveis: CCA, composto de sais de cromo, cobre e arsênio; CCB, que envolve sais de cromo, cobre e boro; ACA, preservativo a base de cobre e arsênio, em solução amoniacal (ALVES; MENDES, 1988; GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2006).

4.3 TRATAMENTOS PRESERVANTES

Tratar a madeira consiste em aumentar sua resistência a organismos deterioradores, pela aplicação de preservantes químicos. Os métodos de tratamento dividem-se em: processos sem pressão e processos com pressão (LELIS *et al.*, 2001).

4.3.1 Processos sem pressão

Processos sem pressão são os que não envolvem contribuição de pressão externa para a inserção dos produtos preservantes na madeira. A impregnação ocorre por outros mecanismos, como difusão, capilaridade, entre outros. Na maior parte dos casos, a proteção obtida é apenas superficial, o que confere limitada proteção aos agentes xilófagos. Com isso, são indicados para o tratamento de peças sob menores riscos de deterioração biológica (LELIS *et al.*, 2001).

Nesses métodos, são utilizados preservantes oleosos ou oleossolúveis para madeiras secas (menos de 30% de teor de umidade), e produtos hidrossolúveis nas madeiras úmidas (acima de 30%) (LELIS *et al.*, 2001). Nas subseções subsequentes, descrever-se-ão os métodos de aspersão, pincelamento e de imersão, exemplos de processos sem pressão.

4.3.1.1 Aspersão

A aspersão consiste na borrifação do produto preservante por pulverizadores ou aspersores. Para sua realização, a madeira deve estar limpa, sem qualquer pó ou outro material em sua superfície. Depois disso, asperge-se a substância, até que ela comece a escorrer sobre a madeira. Assim que a madeira absorver a primeira camada aspergida, efetuam-se outras duas, uma em toda a peça novamente, e uma terceira nas extremidades, regiões mais suscetíveis ao ataque de organismos xilófagos (LELIS *et al.*, 2001). Indica-se o uso de preservantes oleossolúveis, porque lixiviam menos e apresentam maior fixação (ALVES; MENDES, 1988). A Figura 30 ilustra o método.

Figura 30 - Aspersão



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

4.3.1.2 Pincelamento

No pincelamento, passa-se o produto sobre a superfície da madeira a partir do uso de pincéis ou broxas (Figura 31). Com o substrato limpo, o preservante é abundantemente pincelado na madeira, em diversas direções, para se obter maior absorção. Recomenda-se a aplicação de mais duas demãos, uma apenas voltada às extremidades da peça (LELIS *et al.*, 2001). Esse método possui como desvantagem um baixo rendimento, todavia apresenta menor desperdício de produto preservante (LELIS *et al.*, 2001).

Figura 31 - Pincelamento



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

4.3.1.3 Imersão

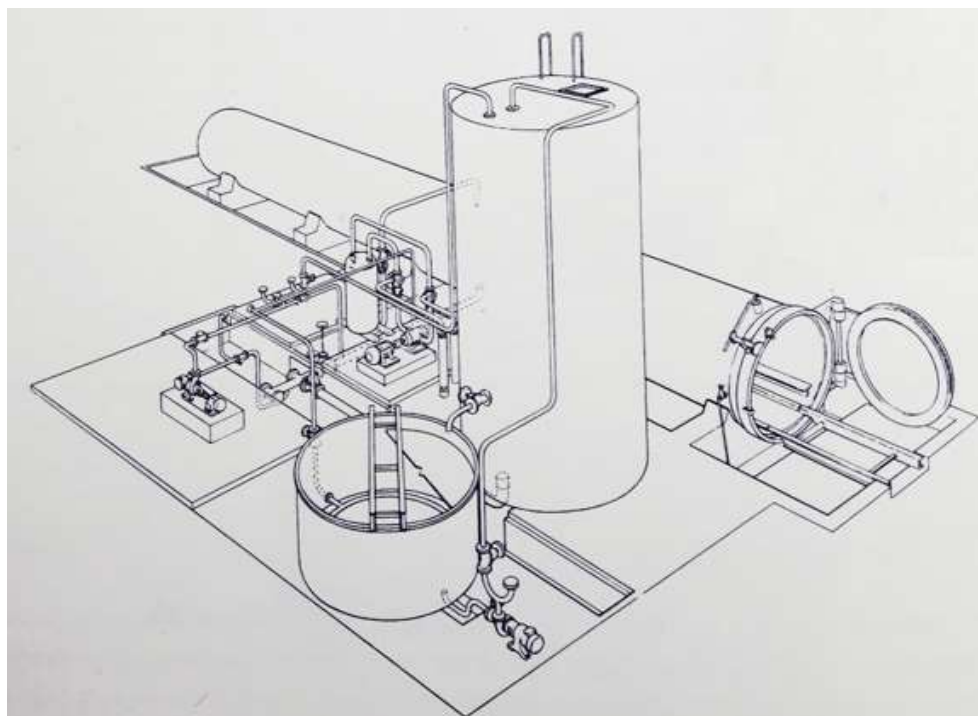
Os processos de imersão consistem no mergulho de madeiras em tanques contendo produto preservante (LELIS *et al.*, 2001). São recomendados para o tratamento de madeiras em seu estado natural, como as usadas para estacas, postes, estruturas (GALVÃO; MATTOS; MAGALHÃES, 2006).

Em comparação com a aspensão e o pincelamento, a imersão propicia melhor grau de proteção, pois o preservante penetra mais nas aberturas da superfície da madeira. No entanto, são mais caros de serem executados (ALVES; MENDES, 1988).

Como exemplo de processos de imersão, citam-se os processos de imersão simples, de imersão de tempo longo, de banho quente-frio, de difusão e de difusão dupla. Para a diferenciação de todos esses métodos, recomenda-se a leitura de Alves e Mendes (1988).

4.3.2 Processos com pressão

Processos com pressão envolvem o uso de pressões efetivas para forçar a impregnação do preservante na madeira. Executam-se nas usinas de preservação de madeiras, instalações industriais constituídas, essencialmente, por uma autoclave, por tanques e por um sistema de bombeamento (Figura 32) (LELIS *et al.*, 2001). Preservantes oleossolúveis ou oleosos necessitam de aquecimento para sua utilização, o que faz necessária uma fonte de aquecimento na usina, como uma caldeira (LELIS *et al.*, 2001).

Figura 32 - *Layout* de usina de preservação de madeiras

Fonte: LELIS *et al.*, 2001

Processos com pressão protegem a madeira até nas piores classes de risco, apresentando maior eficiência que os processos sem pressão (LELIS *et al.*, 2001). Somado a isso, conferem maior controle da retenção e da penetração dos produtos na madeira, além de economia no tempo de execução (ALVES; MENDES, 1988). Por outro lado, apresentam custo elevado de instalação, exigem mão-de-obra especializada para os processos, e é necessário o transporte da madeira do local de corte à usina (ALVES; MENDES, 1988).

De modo geral, os processos com pressão classificam-se em: “célula cheia” e “célula vazia”, de acordo com o modo de distribuição do preservante na célula (ALVES; MENDES, 1988).

4.3.2.1 Método célula cheia

No método célula cheia, a madeira é confinada na autoclave, onde é aplicado um vácuo inicial, retirando o ar das regiões superficiais e facilitando a penetração do preservante. Depois disso, o cilindro é preenchido pelo produto escolhido, e aplica-se pressão para que ele penetre na madeira. Após certo tempo, cessa-se a pressão, a

autoclave é esvaziada e um segundo vácuo é aplicado, visando a retirada de excessos de preservante na superfície da madeira (ALVES; MENDES, 1988; LELIS *et al.*, 2001).

“A denominação desse processo de Célula Cheia deve-se à deposição do preservante não somente nas paredes, mas também no lume das células. Ele é indicado para a preservação de madeiras do grupo das folhosas” (LELIS *et al.*, 2001, p. 37).

4.3.2.2 Célula vazia

No método célula vazia, não é aplicado o vácuo inicial, e em alguns processos ele é substituído por uma pressão inicial (ALVES; MENDES, 1988). O resto dos procedimentos são semelhantes ao método célula cheia (LELIS *et al.*, 2001).

O método célula vazia propicia a impregnação do preservante somente nas paredes da célula da madeira (ALVES; MENDES, 1988). É indicado para madeiras com maior permeabilidade, como as coníferas, uma vez que se alcança boa penetração de produto com menor consumo do mesmo (LELIS *et al.*, 2001).

A NBR 16143 apresenta em diferentes quadros, de acordo com a categoria de uso e o tipo de processamento da madeira, os tratamentos preservantes recomendados para cada caso, assim como os produtos preservantes e a faixa de retenção que deve ser obtida com o tratamento. Para exemplificar, apresenta-se no Quadro 6 o quadro para a categoria de uso 4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, p. 15, 2013), que corresponderia, conforme o Quadro 5 (p. 69), à situação dos componentes de madeira dispostos no exterior da edificação que servirá de objeto de estudo.

Quadro 6 - Processo de tratamento para categoria de uso 4

Aplicação processo de tratamento		Preservativo		Retenção mínima kg de i.a/m ³	Penetração
		Inseticida	Fungicida		
Madeira serrada roliça e laminada (seca), painel compensado	Duplo vácuo	Cipermetrina	IPBC	a	b
	Sob Pressão c	CA-B		1,7 ou 3,3 d	100% do alburno e porção permeável do cerne
		CCA-C ou CCB		4,0 ou 6,5 d	
Óleo creosoto e		96			
Painel Compensado	Duplo vácuo	Cipermetrina	IPBC	a	b
	Sob Pressão c	CA-B		1,7 ou 3,3 d	100% do painel (lâminas)
		CCA-C ou CCB		4,0 ou 6,5 d	

a Verificar as recomendações dos fabricantes.
b A penetração do produto preservativo depende da permeabilidade da madeira e dos parâmetros de tratamento adotados.
c No caso de espécies de folhosas, o cerne é normalmente não tratável, mesmo sob pressão; portanto, uma maior vida útil do componente depende da alta durabilidade natural dessa porção da madeira. No caso de madeiras permeáveis, como o pinus ou o alburno da maioria das espécies de folhosas, é possível a total impregnação com o produto preservativo.
d Essa retenção de produto preservativo é recomendada para componentes estruturais de difícil manutenção, reparo ou substituição e/ou críticos para o desempenho e segurança do sistema construtivo.
e Devido à sua natureza oleosa e propriedades químicas, a peça de madeira tratada com óleo creosoto pode apresentar problemas de exsudação do produto (migração para a superfície), além de não permitir acabamento com tintas, impregnante (stains) e vernizes. Portanto, recomenda-se seu uso nos componentes que não entram em contato direto com as pessoas e/ou animais. Este produto não é recomendado para uso no interior de residências.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013

4.4 TRATAMENTOS CURATIVOS

Para conceituação nesse trabalho, os tratamentos curativos consistem em ações de intervenção executadas com o intuito de interromper ou de reparar manifestações patológicas presentes nos componentes de madeira. Então, descrever-se-ão algumas medidas: o expurgo, o tratamento com soluções inseticidas, o tratamento com solução fungicida, e a calafetação.

4.4.1 Expurgo ou fumigação

O expurgo ou fumigação é o processo que condiciona a peça atacada à ação de um gás tóxico, por tempo suficiente, que atuará contra os organismos biodeterioradores, como os fungos e os insetos. (LELIS *et al.*, 2001).

Para a sua aplicação, envolve-se o objeto com lona plástica, vedando-o completamente (Figura 33). Desse modo, o gás liberado fica inteiramente retido no

interior da lona, penetrando na madeira e erradicando o xilófago atuante (ALVES; MENDES, 1988). No entanto, essa medida não possui ação residual, e a madeira fica novamente suscetível a ataques após o fim do tratamento (LELIS *et al.*, 2001).

Figura 33 - Banco de madeira submetido ao expurgo



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

4.4.2 Tratamentos com soluções inseticidas

Os tratamentos com soluções inseticidas podem ocorrer por pincelamento e por aspersão, ou também através de injeções (Figura 34). Esse último objetiva uma penetração mais profunda do preservante, visando atingir as galerias dos insetos no interior da madeira. O produto preservante é inserido em orifícios produzidos pelos próprios insetos, em buracos auxiliares feitos com furadeiras ou com brocas, e em quaisquer fendas ou aberturas presentes na madeira atacada. Para isso, são usadas seringas ou outros equipamentos de injeção manual ou mecanizada (LELIS *et al.*, 2001).

Figura 34 - Tratamento de madeira por injeção



Fonte: LELIS *et al.*, 2001

Por sua vez, o pincelamento e a aspersão são utilizados no tratamento de componentes da edificação, como rodapés, batentes de portas e janela, entre outros. Em locais de infestação, servem como complemento a outros tratamentos executados, diminuindo a chance de reinfestações (LELIS *et al.*, 2001).

4.4.3 Tratamento com solução fungicida

O tratamento com solução fungicida é possível em peças não profundamente atacadas. Ele consiste na raspagem da área apodrecida e, depois, aplicam-se preservantes oleosos ou oleossolúveis nos locais atacados e nos arredores. A aplicação pode ser por: aspersão, pincelamento e injeção. Peças sob ataque avançado de fungos apodrecedores devem ser substituídas de modo que a madeira fica suscetível novamente a ataques após a liberação do gás (LELIS *et al.*, 2001).

O tratamento por injeção objetiva maior penetração do produto preservante, e também é recomendado para apodrecimentos internos nas peças. No entanto, toma-se o cuidado para não aplicar o produto em excesso, pois pode comprometer a resistência mecânica do objeto (LELIS *et al.*, 2001).

Antes do tratamento com solução fungicida, deve-se identificar e erradicar a fonte de umidade. Caso contrário, ele poderá ser comprometido, pois preserva-se um ambiente propício ao desenvolvimento dos fungos, os quais deteriorarão partes da peça não englobadas no tratamento (LELIS *et al.*, 2001).

4.4.4 Calafetação

Como visto na Subseção 3.3.2 (p. 44), a ocorrência de fendas em componentes de madeira pode permitir maior retenção de umidade e aumentar os riscos de deterioração biológica nas peças de madeira. Perante essa situação, executa-se o processo de calafetação, ou seja, a aplicação de massa apropriada para o fechamento de fendas e juntas em pisos, telhados, esquadrias, entre outros (HOUAISS; VILLAR, 2009). Existem, no mercado, produtos próprios para essa função, como as massas para madeira, misturas de consistência pastosa usadas para reparo e regularização de superfícies de madeira (CORREÇÃO..., 2011; MASSA..., 2016)

Para sua aplicação, a superfície deve ser preparada de maneira a estar firme e limpa, sem resíduos, como gorduras, graxa e sabão (CORREÇÃO..., 2011; MASSA..., 2016). Depois disso, a massa é misturada e espalhada sobre a superfície da madeira com o auxílio de uma espátula de plástico, formando uma fina camada. Espera-se o tempo de secagem, variável conforme o produto e a espessura da camada, e logo lixa-se a superfície, eliminando os excessos da massa. Conforme o tamanho da fenda, pode ser necessária a execução de mais uma camada, repetindo-se o processo. Por fim, aplica-se o acabamento que desejar (CORREÇÃO ..., 2011; MASSA..., 2016).

5 LIGHT WOOD FRAME E SISTEMA PLATAFORMA

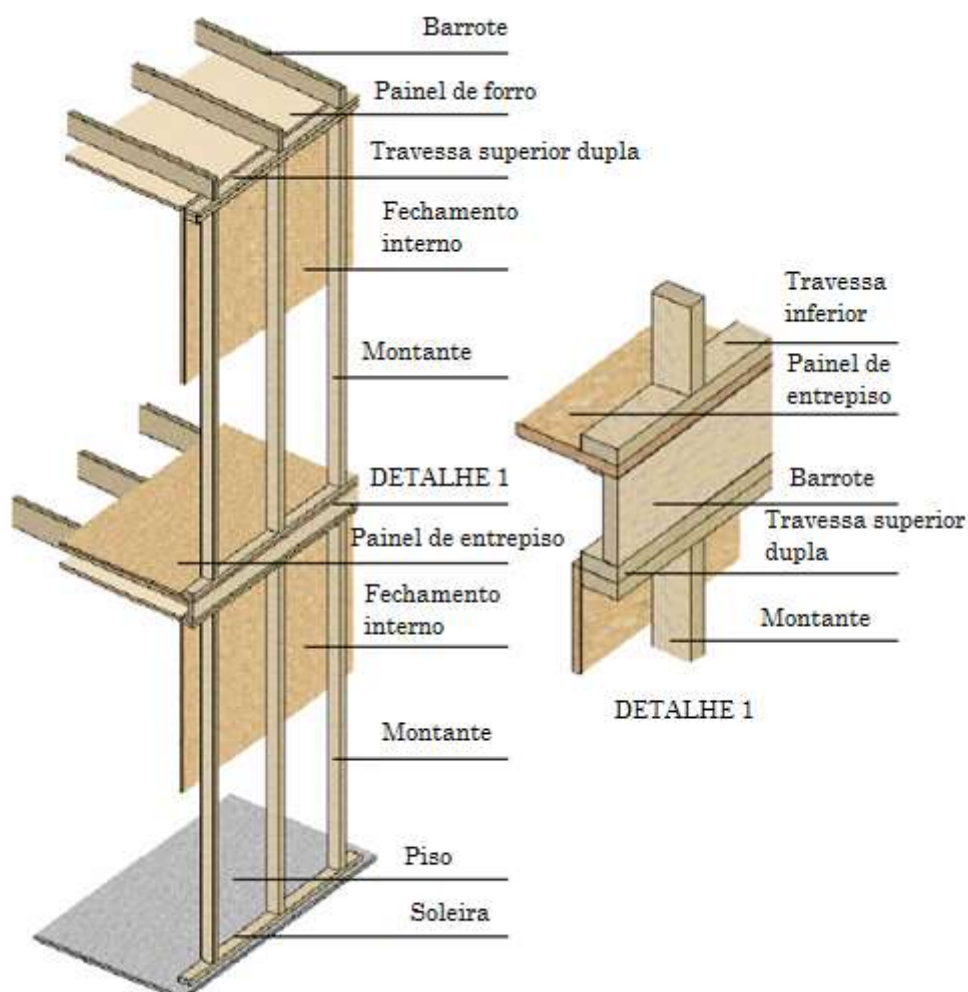
O sistema de construção leve em madeira (*light wood frame*) é caracterizado por Molina e Calil Junior (2010, p. 144) da seguinte maneira:

consiste num sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo.

Atualmente, o sistema de construção leve em madeira mais aplicado é o sistema plataforma (*platform frame*) (ALLEN; THALLON, 2011). Os painéis são compostos por peças de madeira serrada, pelas chapas que realizam a função de contraventamento, e também pelos materiais de revestimento, interno e externo. Os montantes verticais não possuem continuidade entre pavimentos, interrompidos pelos painéis horizontais de entrepisos (SÁNCHEZ *et al.*, 1995; SILVA, 2004). A Figura 35 ilustra esse conceito.

Outra característica do método é o uso de madeiras de floresta plantada. Espécies como o pinus e o eucalipto possuem rápido crescimento (GONZAGA, 2006). Conseqüentemente, seus troncos possuem menor diâmetro, fornecendo peças de madeira de pequenas dimensões. O sistema plataforma usa em grande número montantes e barrotes de pequenas dimensões, tornando-se conveniente o uso de madeiras das espécies citadas.

Figura 35 - Estrutura no sistema plataforma



Fonte: Adaptada de SILVA, 2004

Um grande destaque atribuído a esse sistema construtivo é a sua capacidade de industrialização. Em boa parte das casas com tal método, o único elemento moldado in loco é a fundação, já que os sistemas de madeira, como os painéis e os pisos, são pré-fabricados e construídos de forma independente, conferindo maior rapidez na execução (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

Em consequência disso, permite-se controle facilitado de orçamento desde a fase do projeto. Ademais, reduzem-se os desperdícios, altamente significativos nos sistemas de construção tradicionais (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). Os mesmos autores afirmam (p. 1) que o comportamento de edificações em *wood frame* é superior ao da alvenaria estrutural em resistência, conforto térmico e acústico.

De modo geral, as madeiras utilizadas no Brasil para a construção desses tipos de casas são o eucalipto e o pinus, com maior preferência para esse último. O

pinus é pertencente do grupo das coníferas, apresenta menor densidade, e devido ao seu rápido crescimento, praticamente não possui cerne. Com isso, seu lenho é altamente permeável ao tratamento preservante, sendo aplicado tratamento sob pressão, com autoclave, e utilizando-se de preservantes hidrossolúveis, como o CCA e o CCB (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

5.1 COMPONENTES DA EDIFICAÇÃO

Nessa subseção, serão descritos os componentes das edificações de *plataform frame*, para melhor entendimento do sistema em si.

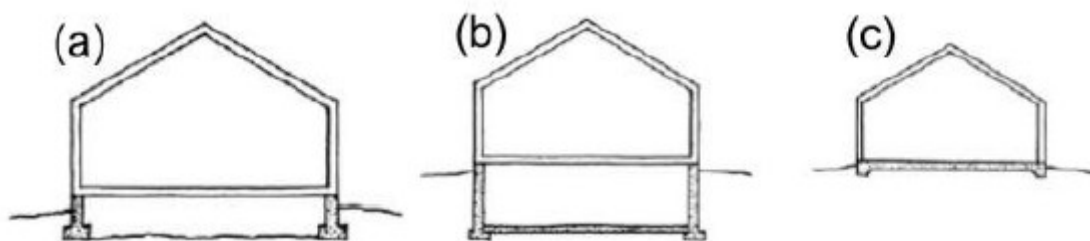
5.1.1 Fundação

“Por se tratar de sistema leve em madeira, e considerando que a maioria das edificações neste sistema construtivo são compostas de um ou dois pavimentos, as fundações estarão sujeitas a forças relativamente reduzidas” (DIAS, 2005, p. 15). Segundo o mesmo autor, por essa razão, as soluções para fundação se traduzem em opções mais simples e econômicas.

A fundação escolhida para a edificação varia de acordo com o terreno, aplicando-se, usualmente, o radier, as sapatas isoladas, as sapatas corridas com vigas baldrame, as estacas de concreto ou de madeira tratada (DIAS, 2005). Em países com invernos rigorosos, utilizam-se os *basement walls*, que correspondem à construção de paredes subterrâneas de contenção, formando um subsolo de pelo menos 60 cm, com o intuito de melhorar o conforto térmico na edificação (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). Podem ser construídos de alvenaria, concreto ou madeira (DIAS, 2005).

A Figura 36 ilustra os tipos de fundações utilizados no sistema. (a) corresponde à fundação com sapatas, (b) aos *basement walls* e em (c) mostra-se o radier.

Figura 36 - Tipos de fundação no sistema plataforma



Fonte: DIAS, 2005

5.1.2 Piso

A estrutura do piso é composta por vigas dispostas paralelamente, apoiadas e fixadas na fundação ou nas paredes do pavimento inferior. Normalmente, utilizam-se vigas com seções retangulares maciças, ou em formato “I” (Figura 37), geralmente com mesas em madeira maciça e almas em OSB (DIAS, 2005). Tais vigas também são comumente designadas de barrotes.

Figura 37 - Seções transversais de vigas de piso



Fonte: DIAS, 2005

Acima das vigas, para o fechamento do piso, usam-se, usualmente, painéis de OSB ou chapas de compensado, que exercem função semelhante à de um contrapiso (DIAS, 2005; MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). O revestimento final do piso pode ser composto por assoalho de madeira, cerâmica, carpete, dentre outros materiais (CAMPOS, 2006).

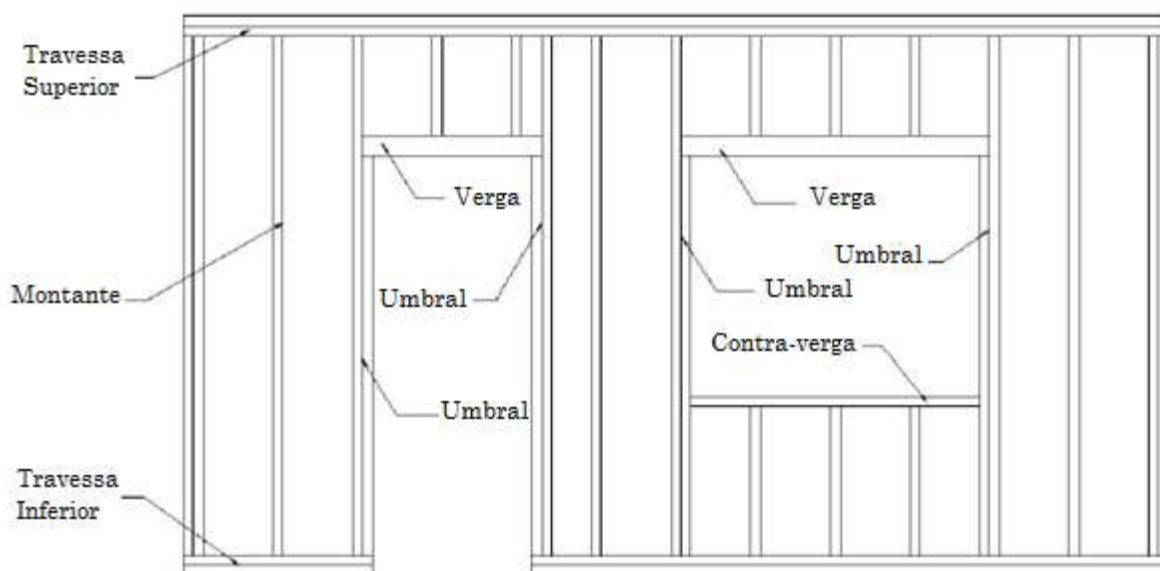
5.1.3 Paredes

As paredes são responsáveis por suportar a carga proveniente da cobertura e de pavimentos superiores, transmitindo esses esforços para a fundação. Além disso,

também resistem aos esforços horizontais, como o vento (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010; VELLOSO, 2010).

Os painéis das paredes do sistema plataforma são formados pela ossatura em madeira, pelas chapas de fechamento, e pelos revestimentos interno e externo (VELLOSO, 2010). A ossatura (Figura 38) é formada pelo banzo inferior, banzo superior e montantes, peças de madeira maciça com seções e espaçamentos padronizados (SILVA, 2004). No entanto, em paredes com aberturas, com portas ou janelas, é necessário alterar a disposição regular das peças da ossatura. Assim, confeccionam-se elementos especiais, como as vergas, os umbrais e as contravergas.

Figura 38 - Exemplo de ossatura de madeira



Fonte: Adaptada de CAMPOS, 2006

As chapas de fechamento das paredes são executadas, geralmente, com painéis de OSB, que auxiliam no contraventamento dos painéis (VELLOSO, 2010). No entanto, outros materiais podem ser usados, como chapas de compensado, chapas de gesso para *drywall*, e painéis de parede maciça (SILVA, 2004).

Na parte interna dos painéis, podem ser inseridos revestimentos que melhorem o desempenho dos mesmos, como descreve Souza (2013, p. 61):

Podem fazer parte da composição dos painéis, materiais que melhorem o desempenho termo-acústico das paredes, tais como lã de vidro, lã de rocha e placas de EPS - poliestireno expandido. Estes materiais são colocados

embutidos nos painéis. Outro material utilizado na composição dos painéis é a manta de polietileno de alta densidade, que servem como barreira de vento, uma vez que reduz a infiltração de ar externo para o interior da habitação. Também, assegura a estanqueidade da estrutura interna das paredes e protege contra a infiltração d'água que, eventualmente, passe através do revestimento exterior (placas).

Ademais, a manta de polietileno, também chamada de manta de vapor, permite a passagem de vapor interno dos painéis para o ambiente externo, evitando o acúmulo de umidade na estrutura interna (SOUZA, 2013).

Como revestimento externo desses painéis, é possível o uso de muitos, como placas cimentíceas, argamassa armada, além de *sidings* de aço, madeira ou PVC (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). O interno, por sua vez, usualmente consiste em revestimento de gesso acartonado que, após acabado com massa e pintura, apresenta aspecto final semelhante a paredes convencionais de alvenaria (VELLOSO, 2010).

Sobre os *sidings* de madeira, solução adotada para o revestimento exterior das paredes do protótipo, as tábuas geralmente possuem largura entre 100 a 150 mm de largura, com espessura em torno de 20 a 25 mm (SÁNCHEZ *et al.*, 1995). A instalação ocorre de baixo para cima, em fiadas sucessivas, de modo que o *siding* da linha de cima cobre a borda superior da tábua subjacente. Recomenda-se uma distância de 200 a 300 mm entre a primeira tábua e o terreno, evitando o respingo de águas de chuva no revestimento (SÁNCHEZ *et al.*, 1995; SHERWOOD; STROH, 1989).

Para sua fixação, os *sidings* são pregados aos componentes estruturais do painel. As tábuas devem ser pregadas em todos os elementos portantes que cruzam, utilizando dois pregos por linha vertical, distanciados suficientemente das faces inferior e superior do *siding*, para evitar pregações nas zonas de sobreposição de tábuas (SÁNCHEZ *et al.*, 1995; SHERWOOD; STROH, 1989).

Não devem ser utilizados pregos comuns, pois tendem a enferrujar rapidamente e causar manchas no *siding* (SHERWOOD; STROH, 1989). Então, recomenda-se o uso de pregos de aço inoxidável ou galvanizado, resistentes à corrosão. Ademais, podem ser utilizados pregos com fuste anular ou helicoidal, pois promovem maior fixação e maior resistência ao arranque, comparando com os pregos de fuste liso (SÁNCHEZ *et al.*, 1995; SHERWOOD; STROH, 1989).

5.1.4 Cobertura

A cobertura de edificações construídas com o sistema plataforma emprega, em sua grande maioria, treliças pré-fabricadas. O resto da estrutura é composto por chapas de fechamento, normalmente de OSB, responsáveis pelo contraventamento da cobertura, além de caibros, de ripas, de telhas, de mantas de isolamento e de impermeabilização (VELLOSO, 2010).

As treliças são pregadas ao banzo superior das paredes, dispostas de modo que coincidam com a modulação dos painéis, buscando o alinhamento entre os montantes e o eixo das treliças (CAMPOS, 2006; VELLOSO, 2010). Sobre elas fixam-se as chapas de fechamento, depois inserem-se as mantas isolantes, o madeiramento auxiliar que for necessário, e por fim as telhas (VELLOSO, 2010). Vários tipos de telhas podem ser utilizados, como as metálicas, de fibrocimento, de madeira, as cerâmicas, as telhas *shingle*, dentre outros (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

5.1.5 Instalações

As instalações em edificações de sistema plataforma são idênticas a de construções convencionais. Porém, nesse caso, a instalação é mais prática, pois se aproveita dos espaços vazios entre os montantes dos painéis, o que confere maior agilidade em caso da necessidade de reparos (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). A Figura 39 ilustra as instalações no sistema.

Figura 39 - Instalações no sistema plataforma



Fonte: MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010

6 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

6.1 OBJETIVOS DO PROJETO

A edificação Stella-UFSC consiste em um protótipo desenvolvido a partir das premissas construtivas do sistema plataforma (descrito no Capítulo 5), construção leve que utiliza a madeira como principal matéria-prima para sua construção.

Tal projeto foi realizado com parceria entre a empresa Battistella, produtora de placas de madeira e madeira serrada, usinada e tratada, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), no âmbito do Projeto Habitare e entre alunos e professores dos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (SZÜCS *et al.*, 2004). O protótipo localiza-se próximo ao Departamento da Engenharia Civil, dentro do *campus* da UFSC. Na Figura 40 apresentam-se as fachadas da edificação. A Figura 40 (a) é a fachada frontal, e na Figura 40 (b) as fachadas lateral e traseira.

Figura 40 – Fachadas lateral, frontal e traseira do Protótipo Stella-UFSC



(a)



(b)

Fonte: (a) GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA, 2003

A concepção desse projeto buscou atender dois objetivos distintos. A empresa, na época da pesquisa, produzia a linha Stella Casa Pronta, voltada a unidades habitacionais direcionadas à população de renda média a médio-alta. Com o projeto, interessava à Battistella ampliar o mercado para seus produtos, buscando maior industrialização e rapidez na execução. (SZÜCS *et al.*, 2004).

O segundo objetivo, de interesse educacional, foi trazer ao *campus* e aos alunos ensinamentos práticos de construção civil e de construção em madeira, proporcionando a eles total acompanhamento do processo, do projeto à execução (SZÜCS *et al.*, 2004).

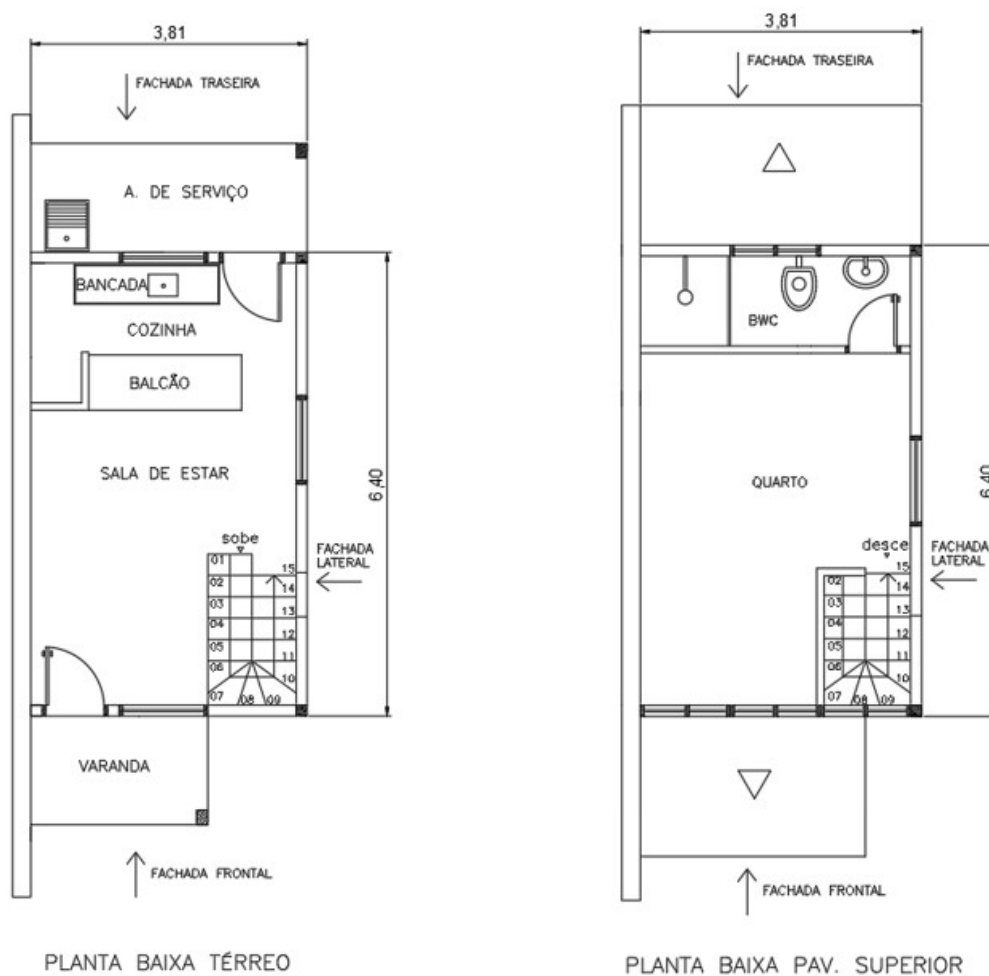
As pesquisas acerca da organização do projeto iniciaram-se em março de 2002, todavia a execução da edificação, procedeu-se no ano seguinte (SZÜCS *et al.*, 2004; VELLOSO, 2010). Outras pesquisas ocorreram em paralelo ao projeto do protótipo, como a da Prof^a Marta Dischinger (ARQ, UFSC), cujo objetivo foi de produzir mobiliário a partir de pequenas peças de resíduo de produção de madeiras. Os móveis produzidos e inseridos na edificação foram o balcão e a bancada na cozinha, e o armário no quarto (VALLE, 2019b)

6.2 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

O protótipo Stella-UFSC consiste em uma edificação pré-fabricada de madeira, cuja matéria-prima é madeiras do tipo pinus, tratadas em processo com pressão, na autoclave, utilizando o CCA como preservante (SZÜCS *et al.*, 2004).

A casa é dividida em dois pavimentos, totalizando área de 47 m². No pavimento térreo (a), localizam-se a copa, a cozinha e a sala de estar, enquanto no andar superior (b) estão o quarto e o banheiro, vide Figura 41.

Figura 41 - Plantas baixas do Pavimento Térreo e Superior



(a)

(b)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Nota-se na Figura 41 que a fachada norte da edificação está no lado da região da varanda, correspondendo à fachada frontal, enquanto a sul engloba a região de serviço, sendo a fachada traseira. Por sua vez, a fachada oeste coincide com a fachada lateral, e a fachada leste se encontra geminada com a casa ao lado (vide Figura 40), de modo que não há acesso à mesma. A edificação geminada ao protótipo foi construída em alvenaria estrutural, para estudo desse sistema construtivo, também financiado por um projeto de pesquisa (SZÜCS *et al.*, 2004).

Para melhor entendimento das soluções definidas e construídas no protótipo, serão descritos, sucintamente, os subsistemas dessa edificação. A respeito das soluções, foi dada prioridade ao uso de materiais de construção e componentes fabricados pela Battistella, como as telhas, os sidings, as chapas de laminado

compensado, as peças de madeira serrada, como montantes, barrotes, ripas, dentre outros (SZÜCS *et al.*, 2004).

6.3 DESCRIÇÃO DOS SUBSISTEMAS

6.3.1 Fundação

Para a fundação, definiu-se o radier, solução escolhida devido a circunstâncias locais, correspondendo já ao piso do pavimento térreo. Após a concretagem, foram dispostas sobre ele guias de ancoragem em madeira com ganchos metálicos ou parafusos do tipo *parabolt*, para a fixação das travessas inferiores das paredes (SZÜCS *et al.*, 2004).

A Figura 42 mostra o radier já concretado e com as guias de ancoragem dispostas. O revestimento do piso do pavimento térreo, assentado sobre esse radier, é do tipo cerâmico.

Figura 42 - Radier da edificação concretado



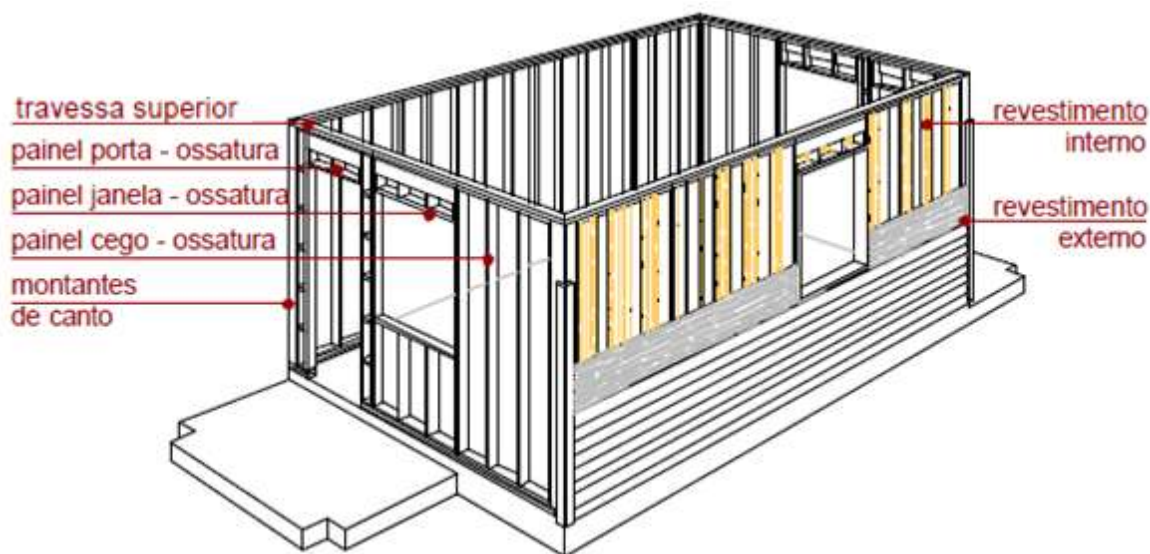
Fonte: GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA, 2003

6.3.2 Paredes

O subsistema de parede é estruturado a partir de painéis portantes, nas dimensões de 122 x 244 cm (largura x altura), compostos de ossatura formada por montantes de madeira maciça com seção de 3 x 12 cm. Os painéis são fixados ao piso a partir das guias de ancoragem, e sobre eles é pregada a travessa superior, ou

frechal, peça de madeira contínua responsável por completar a estabilidade do conjunto (Figura 43) (SZÜCS *et al.*, 2004).

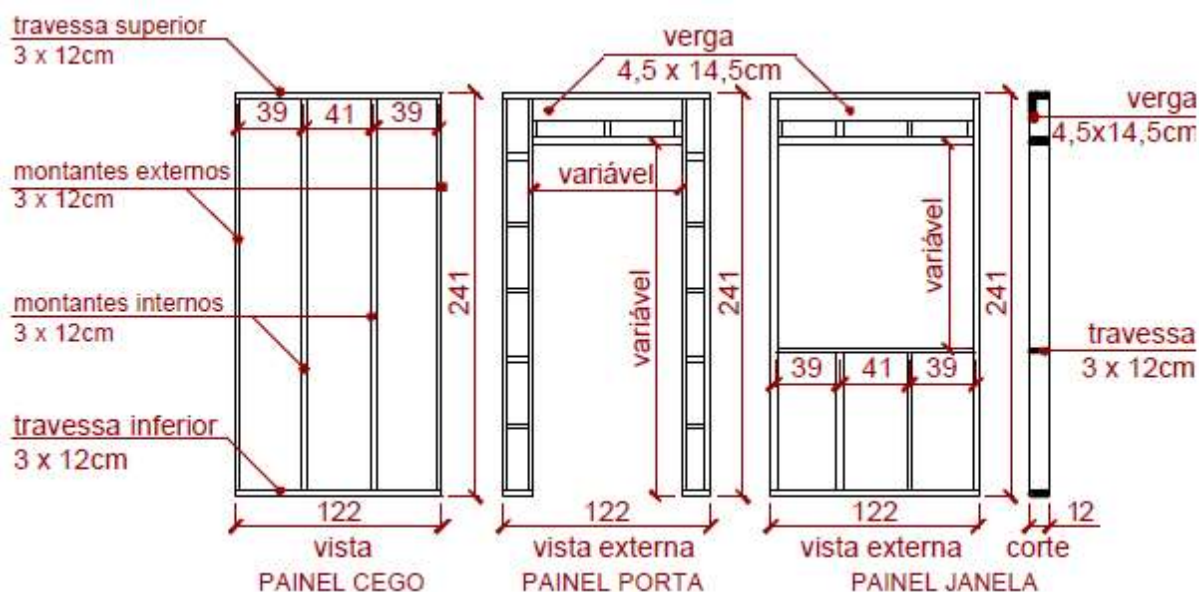
Figura 43 - Subsistema de parede



Fonte: Adaptado de SZÜCS *et al.*, 2004

Usou-se três tipos de painéis: cego, janela e porta (SZÜCS *et al.*, 2004). A diferença entre eles consiste na disposição das peças de madeira no módulo, devido à ocorrência das aberturas, como se vê na Figura 44 a seguir.

Figura 44 - Painéis utilizados na edificação

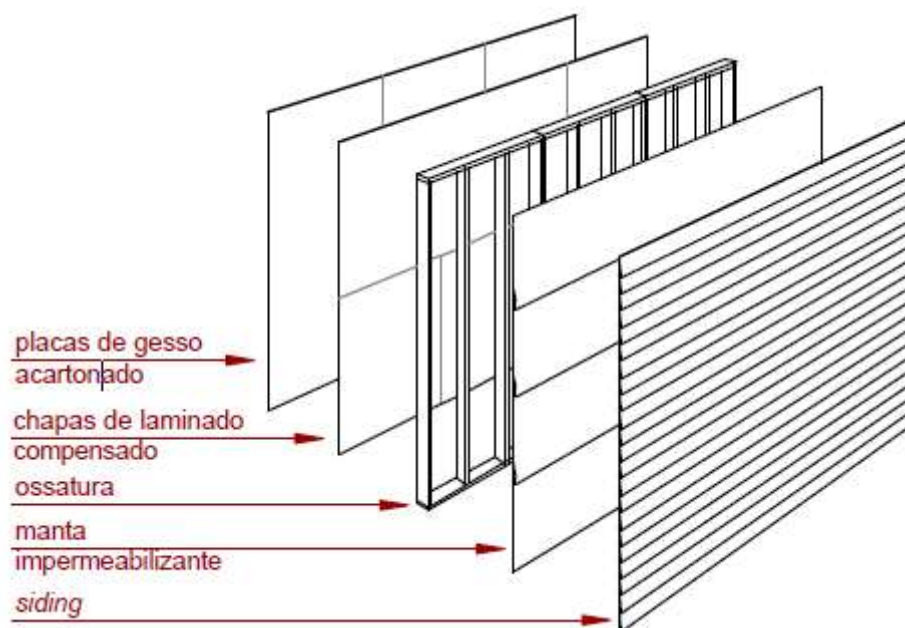


Fonte: SZÜCS *et al.*, 2004

A respeito dos revestimentos, no lado externo instalou-se uma manta com função isolante e impermeabilizante, grampeada aos montantes e disposta em camadas horizontais. Não há presença de manta de vapor. Para a vedação, utilizaram-se *sidings* de madeira, tábuas horizontais pregadas aos montantes e dispostas sobre a manta, utilizando-se de pregos com fuste helicoidal para a fixação (SZÜCS *et al.*, 2004).

Por sua vez, o revestimento interno é composto de chapas de laminado compensado, que auxiliam estruturalmente no contraventamento dos painéis. Como acabamento, instalaram-se placas de gesso para *drywall*, ou gesso acartonado, exceto no banheiro e na cozinha, onde esse material foi substituído por revestimento cerâmico (SZÜCS *et al.*, 2004). A Figura 45 representa a disposição dos revestimentos internos e externos no painel.

Figura 45 - Revestimentos externos e internos no painel na área social



Fonte: SZÜCS *et al.*, 2004

6.3.3 Entrepiso

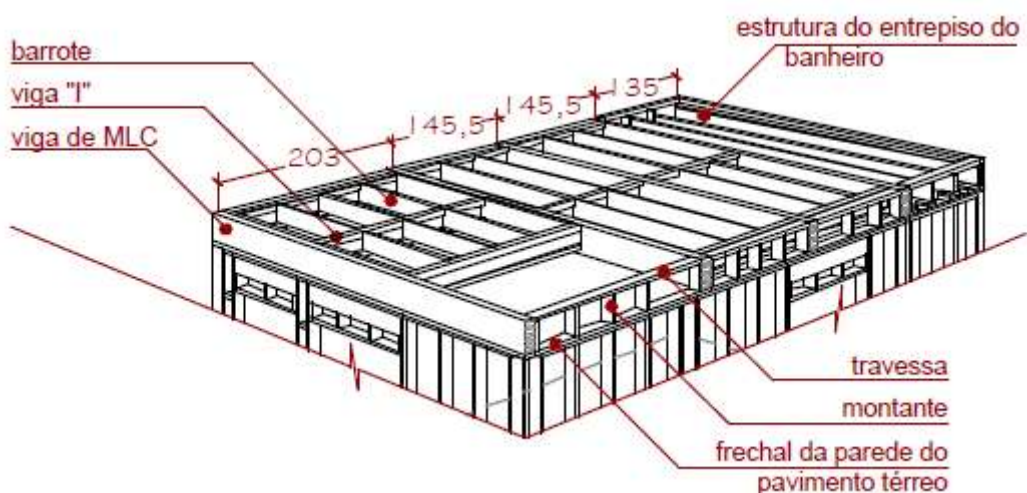
O entrepiso consiste no subsistema de piso entre o pavimento térreo e o pavimento superior. Ele é estruturado por vigas de madeira laminada colada, vigas de

seção “I” e barrotes maciços. O fechamento superior foi realizado a partir de duas camadas de chapas laminadas (SZÜCS *et al.*, 2004). Ademais, verificou-se *in loco* a presença de um forro de lambris de madeira, entre a estrutura e as camadas de fechamento.

Szücs *et al.* (p. 44) explicam como estão dispostos esses elementos, representados na Figura 46:

as vigas MLC estão dispostas no sentido do menor vão e foram pregadas ao frechal do pavimento térreo. As vigas “I” foram ligadas perpendicularmente às MLC, através de cantoneiras metálicas. Os barrotes estão dispostos perpendicularmente às vigas “I” e ligados através de cantoneiras metálicas e encaixe. Para o fechamento foram utilizadas chapas laminadas de 15mm de espessura, dispostas em duas camadas intertravadas, melhorando o desempenho estrutural e acústico. Não foram utilizadas chapas abaixo da estrutura do entrepiso, ficando esta aparente.

Figura 46 - Estrutura do Entrepiso



Fonte: SZÜCS *et al.*, 2004

No banheiro, pela necessidade de estanqueidade, outra solução foi adotada. Nesse caso, ela corresponde a um bastidor de madeira, formado por barrotes maciços, e fechado por chapas laminadas (Figura 47). Abaixo do banheiro, também são usados lambris de madeira como forro.

Figura 47 - Estrutura do Entrepiso do Banheiro

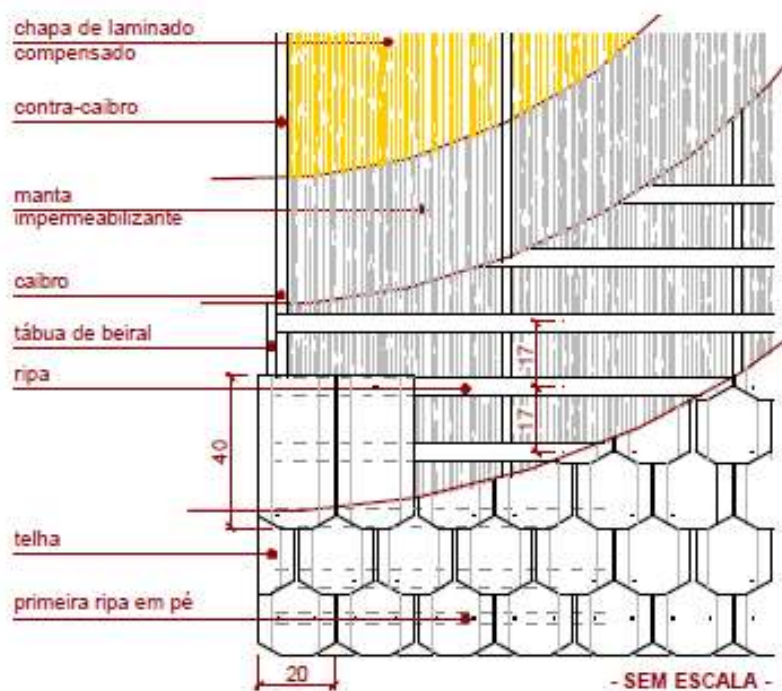


Fonte: SZÜCS *et al.*, 2004

6.3.4 Telhado

“O subsistema telhado é formado pelas treliças, subcobertura e cobertura em telhas de madeira [...]” (SZÜCS *et al.*, 2004, p. 50). Segundo os mesmos autores, as treliças são de madeira maciça, confeccionadas com conectores metálicos estampados e chapas de laminado compensado, que fazem o travamento e funcionam como a subcobertura. Sobre as chapas pregaram-se dois contracaibros responsáveis pela fixação da manta impermeabilizante. Acima deles pregaram-se as ripas, e por fim as telhas de madeira. Essas telhas, assim como os contracaibros, consistem em chapas de laminado compensado (SZÜCS *et al.*, 2004). As Figuras 48 e 49 mostram os detalhes a respeito do telhado, em planta baixa e em corte, respectivamente.

Figura 48 - Detalhes da estrutura do telhado em planta baixa



Fonte: SZÜCS *et al.*, 2004

Figura 49 - Detalhes do telhado em corte



Fonte: SZÜCS *et al.*, 2004

6.3.5 Instalações

A respeito das instalações elétricas, a proposta para a edificação foi que as caixas de tomadas, interruptores, caixas de lâmpadas e de telefone ficassem embutidas. A presença dos vãos entre os montantes facilitou a passagem da tubulação (Figura 50), utilizando serra-copo para a execução de furos necessários nos montantes (SZÜCS *et al.*, 2004).

Figura 50 - Passagem de eletrodutos pelos montantes



Fonte: SZÜCS *et al.*, 2004

As tubulações sanitárias foram executadas em PVC, como em construções convencionais. No entanto, as tubulações de distribuição de água fria e quente se basearam no sistema PEX (polietileno reticulado), vide Figura 51, devido às facilidades construtivas e sua rapidez de instalação (SZÜCS *et al.*, 2004). Os autores explicam esse sistema e relatam suas vantagens (p. 65):

o tubo "PEX" é introduzido dentro de um tubo condutor (PeBD) que o guia desde a Caixa de Distribuição, até o ponto de consumo. A água corre por um sistema de tubos extremamente flexíveis e resistentes, ausente de conexões intermediárias, o que permite a inspeção, troca e manutenção sem quebras de revestimentos e paredes. O conceito primordial deste sistema é garantir a acessibilidade total às instalações, em caso de eventual manutenção. Este sistema não oferece risco de vazamentos, pois o tubo é contínuo, sem emendas desde o abastecimento até o ponto de consumo.

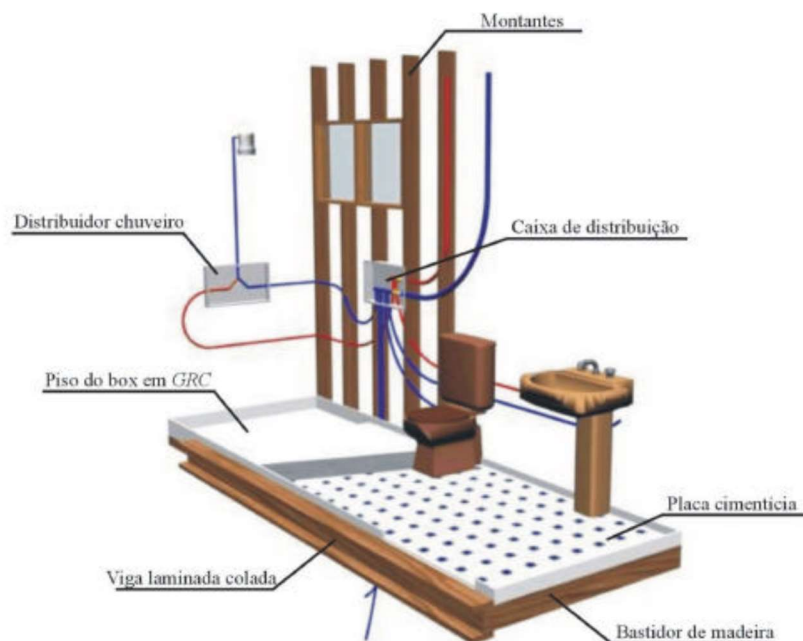
Figura 51 - Tubo PEX passando em meio à estrutura de madeira



Fonte: GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA, 2003

No banheiro da edificação, diferentes soluções foram aplicadas, como a fabricação de um box em GRC (Glass Reinforced Concrete, ou concreto reforçado com fibra de vidro), e o uso de placas cimentícias no piso e nas paredes (SZÜCS *et al.*, 2004). A Figura 52 ilustra o banheiro com as soluções construídas.

Figura 52 - Banheiro do protótipo e seus componentes



Fonte: SZÜCS *et al.*, 2004

7 INSPEÇÃO NO OBJETO DE ESTUDO

7.1 METODOLOGIA DA INSPEÇÃO

Inspecionar algo consiste em, segundo Houaiss e Villar (p. 1090, 2009), “examinar com o fim de verificar seu estado ou funcionamento”. A partir dessa definição, relata-se que existem diferentes formas de executar uma inspeção em componentes de madeira. Esses métodos podem ser destrutivos ou não destrutivos, com o uso dos mais diversos equipamentos ou ensaios ou apenas com ferramentas simples, dependendo da complexidade do caso encontrado ou do nível da análise pretendida por parte do inspetor (BRITO, 2014).

Um dos equipamentos utilizados em inspeções em madeira são os higrômetros, com o intuito de medir o teor de umidade da peça ou localizar focos de umidade, regiões com maior risco de ataque por fungos apodrecedores ou térmitas (VALLE; TEREZO; TELES, 2004). Ademais, outras técnicas detectam regiões sãs e deterioradas na madeira, como a emissão de feixes de raios-X, a propagação de ondas ultrassom, a perfuração controlada da peça, dentre outras (VALLE; TEREZO; TELES, 2004). Para maior descrição sobre esses e outros métodos de inspeção, seus objetivos e limitações, recomenda-se a leitura de Valle, Terezo e Teles (2004).

Há diferenças na inspeção de ambientes em constante uso e sem uso contínuo. O protótipo não possui uso contínuo, e também foram poucos os relatos obtidos, de usuários da edificação, para colaborar no diagnóstico.

Devido à inexperiência e o limitado conhecimento, o autor utilizou a técnica de inspeção visual para executar o estudo. Esse método consiste em fazer levantamentos de anomalias visíveis a olho nu ou com o uso de equipamentos, com o objetivo de constatar sinais de deteriorações e fornecer informações para avaliações preliminares de possíveis manifestações patológicas existentes nos elementos (BERTOLINI, 2010; BONAMINI, 1995 *apud* BRITO, 2014).

Por ser uma técnica que analisa apenas a aparência exterior dos elementos, ressalta-se que os diagnósticos apresentados pelo autor não são de caráter totalmente certo e definitivo, mas as causas apresentadas para as manifestações patológicas são bem fundamentadas.

Dentro do método adotado, procedeu-se com a realização de diversas visitas do autor no protótipo Stella-UFSC. Importante destacar que apesar do protótipo ter

sido construído com o propósito de simular uma residência unifamiliar, ele continuou a ser usado apenas para fins educacionais. Além disso, seu acesso é restringido e limitado, fato que conferiu pouco uso da edificação, apesar de fazer mais de 15 anos da sua construção.

Durante as visitas, o foco da inspeção consistiu em evidenciar anomalias como: a ocorrência de fendas nos componentes de madeira, a presença de dejetos de aspecto granular ou de pó fino, principalmente próximo a móveis e nos seus interiores, ou em locais mais escondidos e de menor uso na edificação.

Ademais, houve uma grande atenção na procura de pontos de acumulação de umidade no interior do protótipo, ou também gotejamentos e escorrimentos, que indicariam comprometimento da estanqueidade do sistema, especialmente na parte interna do telhado. Somado a isso, verificou-se a funcionalidade das esquadrias, buscou-se pela existência de sinais de deterioração nos elementos de madeira, além da ocorrência de manchas e de irregularidades nas superfícies das peças, desgastes dos seus acabamentos e também a ocorrência de furos, com a verificação de possível som oco ao bater. Em certas situações, como nas vigas e nos pilares localizados no ambiente externo, necessitou-se de um trabalho mais aprofundado, como uma investigação, para a obtenção de um diagnóstico mais preciso da anomalia existente.

Ainda sobre a inspeção, não foi possível a análise das peças de madeira dos painéis estruturais da edificação. Não é o propósito do trabalho realizar as intervenções necessárias no protótipo, e para acessar o interior do painel, seria necessário remover o acabamento externo e interno. Caso o autor decidisse pela inspeção do interior dos paredes, não havia patrocínio para posteriores consertos.

Para o registro dos casos, primeiramente foram anotados em plantas e fachadas plotadas dos ambientes, e posteriormente organizados em planilhas eletrônicas, de acordo com a manifestação observada. Para registro visual de todas as ocorrências, utilizou-se de máquina fotográfica (resolução de 13 megapixels). Ferramentas complementares foram usadas, como lanternas, trena, prancheta, escadas, broxa, lixa grão 150 e panos.

A partir do levantamento dos problemas encontrados, realizaram-se os diagnósticos associados. Tal etapa “consiste no entendimento dos fenômenos levantados na etapa de inspeção, identificando as possíveis causas que geram estas manifestações” (LICHTENSTEIN, 1985 *apud* GIORDANI, 2016).

Destaca-se que o diagnóstico de muitas das anomalias presentes foi facilitado devido ao fornecimento de fotos antigas do protótipo pelo GIEM (Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira), que permitiram comparar a situação atual dos elementos de madeira com o estado original, no momento da construção, em 2003.

Realizada essa etapa, avaliou-se a necessidade de intervenção para cada caso, e se necessário, atribuiu-se um prognóstico, propondo sugestões de intervenção para cada situação. Assim, nas subseções subsequentes apresentar-se-ão todas essas análises.

7.2 APRESENTAÇÃO DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS E SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO

Nas subseções a seguir, serão apresentadas as manifestações patológicas encontradas nos componentes de madeira da edificação, discutindo sobre as prováveis causas e sugerindo medidas de intervenção para cada caso. Primeiramente serão discutidas as anomalias referentes ao ambiente externo da edificação e, posteriormente, ao interno.

7.2.1 Ambiente externo da edificação

Como se sabe, o verão é a época do ano em que a radiação solar apresenta maior intensidade, além de ser o período em que o número de horas de insolação é maior (RZATKI, 1993). Durante essa estação, e também nas estações climáticas intermediárias (Outono e Primavera), na região dos trópicos, na qual Florianópolis está inserida, as superfícies que mais recebem incidência de energia solar são as Fachadas Oeste e Leste, mais que as Fachadas Norte e Sul (CORBELLA; YANNAS, 2009). No protótipo Stella-UFSC, como referenciado na Subseção 6.2 (p. 91), a Fachada Leste corresponde à face geminada, onde não foi possível qualquer análise. No entanto, a Fachada Oeste, que é a Fachada Lateral da edificação, é a que se encontra em pior estado dentre as três analisadas, consequência dessa maior exposição aos efeitos das radiações UV e infravermelha (calor). As anomalias presentes nas fachadas mencionadas receberão maior enfoque nas subseções 7.2.1.1 e 7.2.1.2.

Ainda no ambiente externo, destaca-se outro componente da edificação que sofreu deterioração considerável: as telhas. Na subseção 7.2.1.3 explanar-se-á a situação encontrada.

Primeiramente, durante a inspeção, observando a região externa do protótipo, detectou-se o escurecimento dos *sidings* de madeira, uma anomalia recorrente em todas as fachadas. Tal ocorrência fica evidente ao comparar a coloração encontrada no momento da inspeção com a referente ao momento de construção (Figura 53).

Figura 53 - Coloração dos *sidings*: (a) situação antiga e (b) no momento da inspeção



Fonte: (a) GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA, 2003

(b) Acervo do autor, 2019

A causa para o escurecimento desse revestimento atribui-se ao intemperismo, especificamente à ação da radiação ultravioleta no revestimento ao longo dos anos, em conjunto com o acúmulo de sujidades na superfície dessas peças. Dentro desse assunto, interessante situação ocorre na fachada traseira, evidenciada na Figura 54.

Figura 54 - Diferença de cor entre área protegida e desprotegida pela placa de acrílico



Fonte: Acervo do autor, 2019.

Nessa fachada pregou-se uma placa de acrílico de identificação do Protótipo Battistella-UFSC. Nota-se que a madeira coberta por essa placa apresenta coloração mais clara em comparação com a superfície do entorno. Acredita-se então que a placa serviu como uma barreira, impedindo a atuação da radiação UV e consequentemente o escurecimento nessa região, preservando a cor natural das peças.

Crê-se que o escurecimento desse revestimento poderia ser reduzido caso houvesse manutenção preventiva e limpeza recorrentes nesses ambientes. A limpeza evitaria o acúmulo de sujidades, presente não só nos *sidings* mas também em outros componentes externos, como as telhas, pilares e vigas, como será visto. Por sua vez, a manutenção consistiria, além da própria limpeza, na realização de um tratamento superficial da madeira (vide subseção 3.4.1, p. 48), com a aplicação de um produto de acabamento como um *stain* incolor, por exemplo. Segundo Lizardo (2018, p. 1), o tempo de cobertura de proteção desse produto é de 3 anos. Além do escurecimento

do revestimento, a falta de manutenção pode ter permitido a ocorrência de muitas outras anomalias, como será demonstrado em futuras subseções.

A falta de manutenção também pode ser comprovada pelo desenvolvimento de grandes ninhos de insetos, como mostra a Figura 55, localizados na face inferior do beiral da fachada lateral. Também foram encontrados outros dois na fachada traseira, em princípio de desenvolvimento.

Figura 55 - Ninhos de insetos evidenciados no ambiente externo

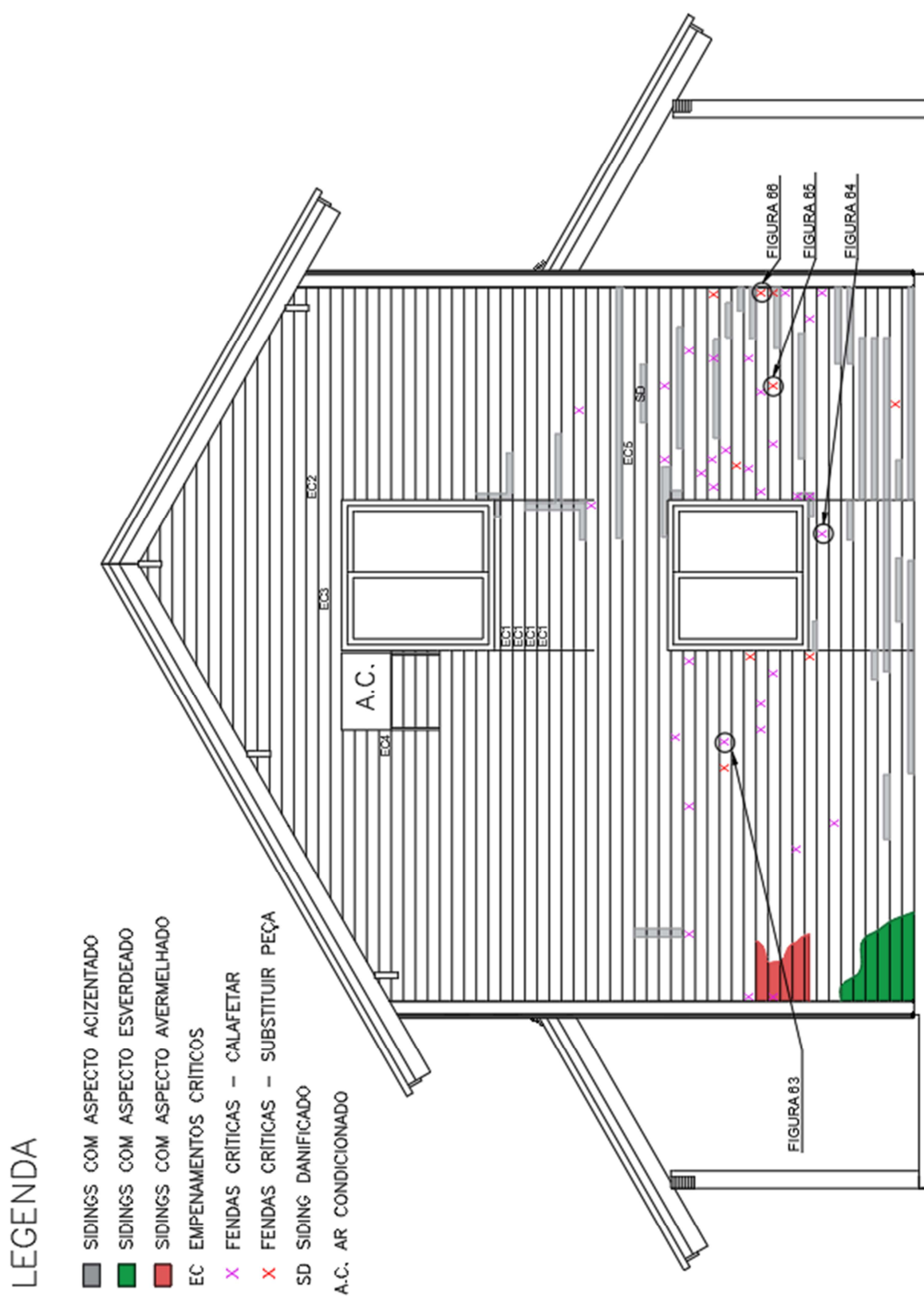


Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.1.1 Fachada lateral

A fachada lateral corresponde à fachada oeste da edificação, que pela posição geográfica, é a que mais recebe radiação solar dentre as fachadas da edificação. Como consequência, é a mais danificada, além de possuir a maior variedade de anomalias. Com intuito de melhor expressar a ocorrência das manifestações patológicas existentes nessa região, foi desenvolvida uma representação (Figura 56) indicando-as na fachada.

Figura 56 - Fachada lateral e suas anomalias presentes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Visualizando a Figura 56, foram encontradas as seguintes manifestações na fachada lateral: *sidings* com aspecto acinzentado, *sidings* com aspecto avermelhado, *sidings* com aspecto esverdeado, empenamento dos *sidings*, presença de fendas na superfície do revestimento, e também um *siding* danificado. Assim, analisar-se-ão essas manifestações individualmente.

7.2.1.1.1 *Empenamento dos sidings*

A fachada lateral da edificação, além de ser a que mais recebe luz solar, tem essa exposição acentuada, pelo fato que o beiral existente protege pouca superfície da fachada, como se vê na Figura 57.

Figura 57 - Fachada lateral da edificação



Fonte: Acervo do autor, 2019

Em consequência da exposição à incidência solar, somada à falta de aplicação de produtos de acabamento protetor durante os anos, permitiu-se o desenvolvimento

de manifestações comuns a toda fachada, como o encanoamento desses revestimentos. Nota-se, drasticamente, a mudança, comparando-se, em uma mesma região, a situação no momento da construção, e a encontrada durante a inspeção (Figura 58 e 59).

Figura 58 - Região da fachada lateral no momento da construção



Fonte: GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA, 2003

Figura 59 - Região da fachada lateral no momento da inspeção



Fonte: Acervo do autor, 2019

O encanoamento desse revestimento ocorre devido à variação de umidade nas peças pela ação do intemperismo. Durante as chuvas, a umidade aumenta e a madeira incha, posteriormente seca e a madeira sofre retração. Essa variação volumétrica contínua, durante os ciclos de umidificação e secagem, possibilita o acontecimento desse e também das fendas, que serão discutidas adiante.

Ademais, o encanoamento pode ocorrer, como visto em 3.3.1 (p. 42), pela ação da luz solar em apenas uma das faces do revestimento. Como consequência, após um período de umidificação da peça, a face externa seca mais rapidamente que a interna, resultando em uma contração diferencial entre ambas e causando essa distorção.

No entanto, destaca-se que essa ocorrência também é um problema de viés técnico, pela ausência da manta de vapor, como é recomendado para esse sistema construtivo. Além disso, a manta isolante existente está praticamente encostada nas tábuas de *siding*, e para seu desempenho correto, é necessária uma câmara de ar entre o revestimento externo e a manta isolante, para permitir a ventilação no interior do painel (SZÜCS *et al.*, 2004). Como consequência, pode estar ocorrendo acúmulo térmico no interior do painel, prejudicando os *sidings* e, possivelmente, contribuindo para os empenamentos.

Ademais, apesar dos pregos utilizados terem sido de fuste helicoidal, como é recomendado (vide Subseção 5.1.3, p. 86), constatou-se que muitos deles estão sendo arrancados, devido às distorções dos *sidings*, e também apresentam corrosão.

Tais empenamentos se apresentam em diferentes magnitudes. Na Figura 60, exemplificam-se respectivamente, o caso EC1 (a) e EC2 (b), encanoamentos críticos localizados também na fachada da Figura 56.

Figura 60 - Empenamentos críticos: EC1 e EC2



(a)

(b)

Fonte: Acervo do autor, 2019

Ressalta-se então a gravidade da ocorrência desses empenamentos, diretamente proporcional à distorção da peça. A partir disso, abrem-se vãos que possibilitam a entrada de água para dentro dos painéis de parede. Com isso, podem surgir regiões úmidas internamente, ambiente favorável para a propagação de microrganismos, como fungos. Esses seres, caso se desenvolvam, terão como alvo a face interna desses mesmos *sidings*. Somado a isso, na hipótese da manta impermeabilizante apresentar defeitos, como furos, que permitam a passagem de umidade, torna-se possível a ocorrência de ataques em outros componentes, como nos compensados que compõem o revestimento interno do painel e, na pior situação, nos montantes estruturais, que porventura sofrerem deterioração, comprometem a estabilidade da edificação.

Então, como sugestão de intervenção, sugere-se inicialmente colocar novos pregos de fuste helicoidal, com maior comprimento, com o intuito de aumentar a ancoragem, prender os *sidings* e diminuir as aberturas. Outra opção seria o uso de ganchos chatos, que promovem boa fixação. Para os *sidings* em que esta forma não fixe o suficiente, devem ser substituídos por novas peças. Depois disso, recomenda-se a instalação de montantes de madeira pregados, na direção vertical, sobre o revestimento externo, espaçados de 80 cm, para minimizar futuros empenamentos.

No momento da intervenção, nos locais onde for avaliada como necessária a substituição, recomenda-se que analise primeiramente a face interna dos *sidings*, se

há sinais de presença de microrganismos ou de deterioração. Caso isso se verifique, propõe-se que tal investigação se prolongue para os componentes internos, de modo a avaliar em profundidade o estado dos componentes internos do painel.

7.2.1.1.2 Fendas

Outra manifestação comum presente na fachada lateral do protótipo é a ocorrência de fendas. O revestimento exterior em madeira que compõe a fachada é constituído de ripas de madeira serrada de pequenas dimensões, colados formando uma única peça (SZÜCS *et al.*, 2004). Por serem formados de pequenos elementos independentes, verificou-se a ocorrência de diversas fendas, não só entre *sidings*, mas também entre e na superfície desses elementos. Ocasionalmente pela variação de umidade e pela variação volumétrica ao longo dos anos, possuem diferentes formatos, longitudinais, transversais, como mostra a Figura 61. Constatou-se também a ocorrência de fendas inclinadas ou em formatos irregulares (Figura 62). Nesses casos, crê-se que a forma esteja sendo influenciada pela presença de grã inclinada (como discutido em 3.1, p. 37-38) nas ripas em questão.

Figura 61 - Exemplos de fendas na fachada lateral



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 62 - Fendas com possível influência de grã inclinada



Fonte: Acervo do autor, 2019

Além da variação na forma, as fendas no revestimento exterior também variam em relação à sua dimensão. Os casos críticos, ou seja, aqueles em que se verifica abertura ou profundidade suficiente que possibilite a passagem de água, estão sinalizados na Figura 56. As Figuras 63 e 64 exemplificam esses casos. Como sugestão de intervenção, recomenda-se calafetar as peças, de acordo com a seção 4.4.4 (p. 80).

Figura 63 - Fenda transversal que necessita ser calafetada



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 64 - Fenda longitudinal que necessita ser calafetada



Fonte: Acervo do autor, 2019

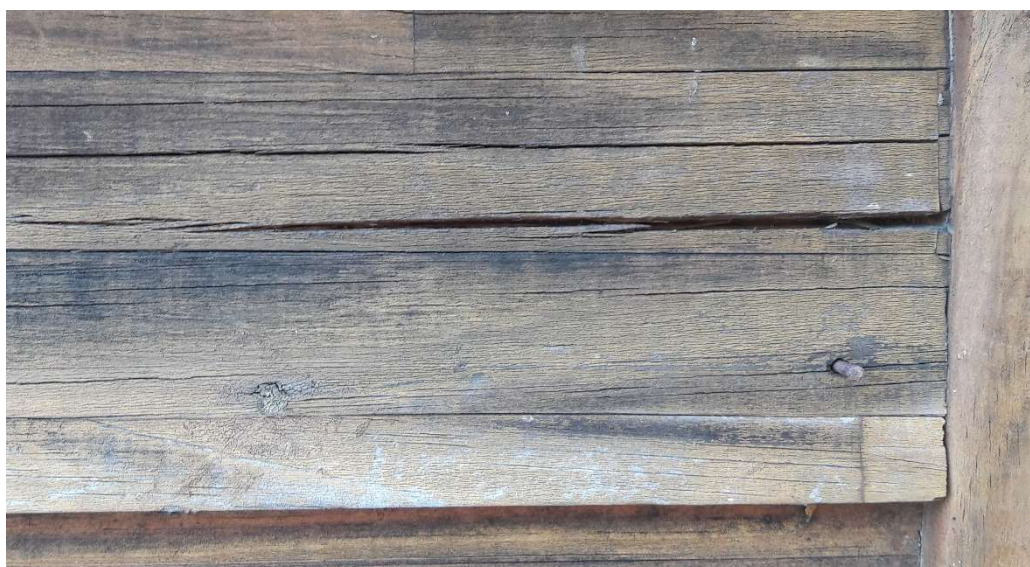
No entanto, há locais de maior gravidade, em que há desprendimento de ripas de madeira da peça de *siding*, ou a ocorrência de aberturas muito severas (respectivamente, Figuras 65 e 66). Em situações como essas, propõe-se a substituição do *siding*.

Figura 65 - Desprendimento de ripa da peça de *siding*



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 66 - Grande abertura em *siding* de madeira



Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.1.1.3 Sidings com aspecto acinzentado

Na Figura 67, exibe-se a ocorrência de aspecto acinzentado nos *sidings* da fachada oeste (ou lateral), onde ocorre, majoritariamente, no lado direito da mesma, vide Figura 56. Isto ocorre devido à ação da radiação UV na superfície das peças. Observando a Figura 68, em maior detalhe dessa anomalia, detecta-se que há uma deterioração da superfície do *siding*, correspondente à deterioração fotoquímica dos

componentes da madeira causada por esse espectro de luz (vide Subseção 3.4.1 p. 45), o que também origina essa mudança de coloração superficial.

Figura 67 - *Sidings* com aspecto acinzentado



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 68 - Detalhe do aspecto acinzentado



Fonte: Acervo do autor, 2019

Constata-se que o acinzentamento ocorre de modo geral na parte de baixo dos *sidings* de madeira. Isso pode ser explicado pelo seguinte processo: devido ao seu encaçamento, há um maior acúmulo de água na parte inferior do *siding*. A incidência de água da chuva ocasiona a lixiviação de elementos na superfície da peça, principalmente de produtos de lignina danificada pela radiação UV (ARRIAGA *et al.*, 2002; BERTOLINI, 2010). Com isso, acredita-se que com a maior presença de água nesses locais, intensifica-se a erosão e o processo de deterioração superficial em si.

Para a solução desse problema, o autor recomenda o lixamento das superfícies que apresentam esse aspecto acinzentado. Um teste dessa forma de intervenção foi realizado em um *siding*. Como pode se ver na Figura 69, após a lixação, a coloração antiga se extinguiu, recuperando-se uma cor próxima à cor natural de madeira. A partir desse processo, valida-se o fato de que essa alteração de cor é apenas superficial, característica da ação da radiação UV.

Figura 69 - *Siding* pré e pós lixação



Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.1.1.4 *Sidings* com aspecto esverdeado

A presença de aspecto esverdeado no revestimento externo, simbolizada na Figura 56, consiste em uma manifestação patológica apresentada na lateral esquerda

da fachada em questão, prolongando-se até a lateral direita da fachada frontal, como pode se ver na Figura 70. Provável explicação para a ocorrência dessas manchas é pela ação de microrganismos nas tábuas de *siding*, uma vez que a região onde isso ocorre é próxima ao solo, onde há maior umidade. Para a definição específica do microrganismo causador dessas manchas, é necessária a realização de exames laboratoriais.

Propõe-se então, como sugestão de intervenção, a limpeza e posterior lixamento dessas superfícies, com o intuito de verificar se a manifestação patológica é apenas superficial ou se prolonga internamente na peça. Caso a segunda hipótese se verifique, propõe-se a substituição dos *sidings* com essa ocorrência, além de analisar se o ataque se prolonga no interior das peças ou em outros componentes do painel.

Figura 70 - Aspecto esverdeado nos sidings de madeira



Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.1.1.5 Sidings com aspecto avermelhado

A presença de aspecto avermelhado nos *sidings* é uma manifestação também presente na fachada lateral externa da edificação, em região sinalizada na Figura 56. A Figura 71 caracteriza a sua ocorrência. Em relação à causa dessa coloração no revestimento, uma suspeita seria que tais manchas possam ter sido ocasionadas pela ação de microrganismos. Como intervenção, recomenda-se processo semelhante ao sugerido na subseção que trata das manchas esverdeadas.

Figura 71 - Aspecto avermelhado nos sidings de madeira

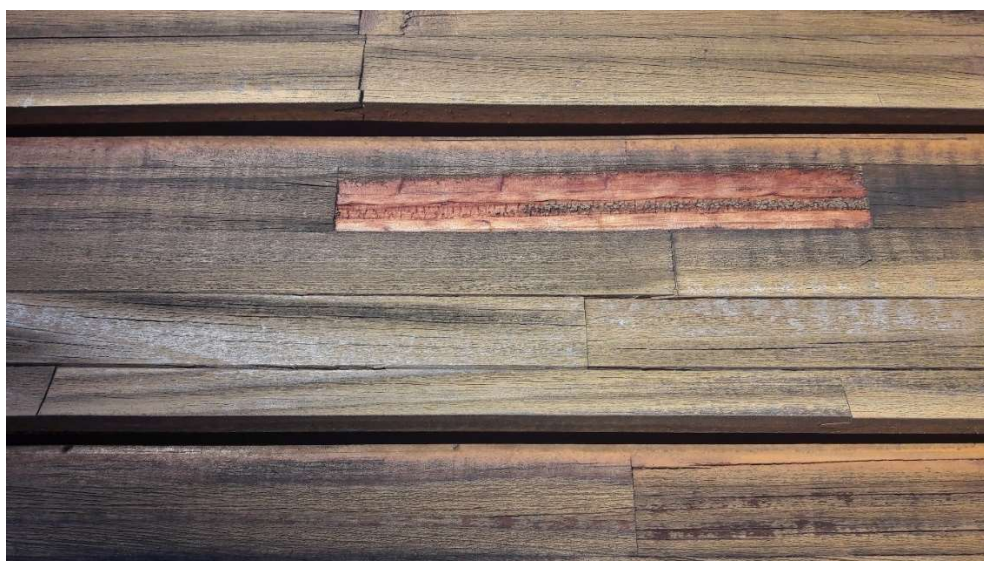


Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.1.1.6 Siding danificado

Acredita-se que a ocorrência de um *siding* danificado, sinalizado na Figura 56 e ilustrado na Figura 72, possa ter ocorrido por haver a presença de medula na ripa em questão, devido à faixa longitudinal de coloração diferenciada no local. A medula é o miolo central de uma seção transversal de tronco, um tecido esponjoso, mole, e sem resistência mecânica (BAUER, 1994). Com isso, supõe-se que a presença desse tecido possa ter enfraquecido a ripa e causado descolamento da camada mais superficial. Recomenda-se então, nesse caso, a substituição do *siding*.

Figura 72 - Siding danificado



Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.1.1.7 Sugestão de intervenção geral na fachada lateral

Sugere-se que a intervenção na fachada lateral se inicie com a remoção do antigo produto de acabamento, a partir do uso de um removedor de tintas e vernizes, como o Spritizi Gel. Primeiramente, o substrato deve ser limpo com o uso de um pano úmido. Após a secagem, o removedor deve ser espalhado com o uso de trinchas, formando uma película que em seguida deve ser removida com espátula metálica. Depois disso, recomenda-se a limpeza da superfície com panos ou papel toalha, para remoção de excessos. O produto possui rendimento aproximado de 3 a 6 m² por quilograma (SPRITIZI, [201-?]).

Prossegue-se com a pregação dos *sidings* encaoados, utilizando pregos de fuste helicoidal ou ganchos chatos, e a calafetação das fendas com o uso de massas para madeira.

Após 15 anos sem manutenção, constata-se que não é possível a recuperação do aspecto original das tábuas de revestimento. No entanto, para a obtenção de uma melhor homogeneidade no acabamento da fachada, propõe-se duas alternativas para continuação dessa intervenção.

A primeira alternativa seria lixar toda a fachada, de modo a se obter, nos *sidings* mais antigos, uma coloração próxima a das novas peças de revestimento que serão instaladas. Após a lixação, limpa-se a superfície com um pano úmido. Por fim, aplica-se um produto protetor na superfície, como um *stain*. Para essa circunstância, sugere-se o uso de um *stain*, como o Osmocolor Stain Incolor UV Class, recomendado para ambientes externos, pois possui duplo filtro solar e é incolor, preservando o aspecto natural da madeira (INCOLOR, [201-?]). O produto deve ser aplicado com trinchas de cerdas macias, a partir de pinceladas longas no sentido dos veios da madeira (APLICAÇÃO, 2016). Ressalta-se que esse *stain* possui propriedades fungicidas, e rendimento de 14 a 20 m² por litro, por demão. Recomendam-se três demãos, com intervalo de 12 horas entre a aplicação das mesmas (INCOLOR, [201-?]).

A segunda alternativa de intervenção consistiria na lixação das peças nos locais onde o revestimento apresenta aspecto acinzentado, avermelhado e esverdeado, conforme designado em suas subseções, e posterior limpeza desses locais com pano úmido. Depois disso, recomenda-se a aplicação de um *stain* com propriedades fungicidas e coloração opaca, o que garantiria uniformidade no

acabamento das peças, mas esconderia o aspecto estético natural de madeira. A forma de aplicação e o rendimento são semelhantes ao incolor, mas são necessárias apenas duas demãos (APLICAÇÃO, 2016; CORES, [2017?])

7.2.1.2 Fachadas frontal e traseira

As fachadas frontal e traseira correspondem às fachadas que recebem menos luz solar. Essa exposição também é diminuída pela presença de uma estrutura de cobertura, tanto no pavimento superior quanto no térreo (vide Figura 41). Por essa razão, problemas bastante recorrentes na fachada lateral, como o encanoamento dos *sidings* e a ocorrência de fendas significativas nas peças, não foram constatadas nas fachadas frontal e traseira. Além disso, os *sidings* das mesmas apresentam um escurecimento menos acentuado, comparados com os da fachada oeste.

No entanto, diferentes anomalias foram constatadas nesses ambientes, como a ocorrência de manchas nas vigas, nos pilares e nos *sidings* presentes nessas fachadas, que serão vistos a seguir.

7.2.1.2.1 Manchas nas vigas e pilares

Em ambas as fachadas, nas vigas e nos pilares externos responsáveis pelo suporte das coberturas dos dois pavimentos, constatou-se um padrão de manchas nas faces desses componentes estruturais diferentes das identificadas nos *sidings*. A Figura 73 ilustra este padrão, caracterizado por uma coloração bem escura, de magnitude variável conforme a peça, e majoritariamente com formatos circulares ou de pontos.

Figura 73 - Padrão de manchas nos componentes estruturais externos das fachadas frontal e traseira



Fonte: Acervo do autor, 2019

Com o objetivo de identificar a gravidade da anomalia nesses elementos, se é apenas superficial, ou se também se propagava internamente nas peças, e assim definir um possível diagnóstico, foram escolhidas duas vigas no nível térreo, uma de cada fachada, que dentre as existentes em cada ambiente, eram as que aparentavam estar em pior estado, ou seja, com o padrão de manchas mais acentuado.

A investigação teve princípio com a limpeza da superfície dessas vigas, com o uso de um pano semiúmido. Depois disso, as respectivas faces foram secas, verificando nesse outro pano seco se ainda havia resquício de sujidade. Com a limpeza finalizada, elas foram lixadas manualmente, para melhor avaliação do dano. Nas Figuras 74 a 77, evidenciam-se, respectivamente, a localização das regiões escolhidas para análise, a superfície antes do processo, a superfície pós-limpeza, e a superfície pós-lixação.

Figura 74 - Localização das regiões analisadas nas duas vigas da fachada frontal (a) e fachada traseira (b)



(a)

(b)

Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 75 - Superfície das vigas analisadas antes do processo de investigação das manchas



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 76 - Superfície das vigas analisadas após a limpeza das manchas



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 77 - Superfície das vigas analisadas após a lixação



Fonte: Acervo do autor, 2019

Observando as Figuras 75 e 76, nota-se que após a limpeza da superfície, a intensidade das manchas diminui consideravelmente, tornando evidente o grande acúmulo de sujidades nas superfícies, resultado da falta de manutenção desses ambientes. Contudo, também é perceptível que as manchas permanecem, e a lixação posterior visa definir se há a ação de um microrganismo manchador na peça ou não.

A resposta para tal dúvida se encontra na Figura 77. Percebe-se que após a lixação, o desgaste intenso provocado no produto de acabamento já deixa à mostra pequenos trechos da coloração natural da peça da madeira, porém ainda há a presença do padrão, mesmo que menos intenso, constatando a provável presença de microrganismo manchador, como fungo, na superfície dessas peças.

A partir dessa descoberta, não havia como saber se a ação desse agente ocorre apenas no produto de acabamento, ou também se encontra na madeira em si. Para elucidar essa questão, decidiu-se por prosseguir com o desgaste do acabamento, até que fosse possível observar a superfície da madeira. A Figura 78

apresenta o resultado obtido após longo período de lixação em região analisada na viga da fachada frontal.

Figura 78 - Superfície de madeira da viga da fachada frontal após intensa lixação



Fonte: Acervo do autor, 2019

Portanto, torna-se evidente que a superfície da madeira à mostra encontra-se em perfeito estado, de modo que o padrão não se perpetua na madeira, mas limita-se à superfície do produto de acabamento. Conclui-se também que o desenvolvimento desses microrganismos tenha sido facilitado pela menor exposição de tais elementos à radiação solar, permitindo uma maior retenção de umidade nesses locais.

Desse modo, caso haja o desejo da recuperação estética desses componentes estruturais, sugere-se primeiramente a limpeza de suas superfícies com pano úmido, retirando as sujidades acumuladas. Após a secagem da superfície, deve-se remover toda a camada de acabamento presente, lixando-a. Após a completa remoção, limpa-se novamente a superfície e após a secagem aplica-se o produto de proteção, como um *stain* de coloração branca. Esse produto exige duas demãos, com

12 horas de intervalo entre elas, e possui rendimento de 10 a 15 m² por litro por demão, aplicando-o com trinchas ou rolo de lã (CORES, [201-?]).

Ressalta-se que passar uma nova camada de produto de acabamento por cima da existente não seria uma medida adequada, pois os microrganismos presentes na camada anterior poderiam atacar a nova.

Uma exceção dentre os elementos estruturais das fachadas frontal e traseira é o pilar presente na fachada frontal (Figura 79). Nesse componente estrutural, detecta-se manchas diferentes além do padrão de manchas comum aos outros componentes estruturais, em conjunto com deterioração superficial do acabamento.

Figura 79 - Pilar presente na fachada frontal



Fonte: Acervo do autor, 2019

A partir da Figura 79, observa-se que nas regiões mais distantes do solo, ainda há a existência de manchas com padrões de pontinhos, mas em menor

intensidade em comparação com as vigas analisadas anteriormente. Isso se explica, possivelmente, por esse elemento estar exposto às intempéries, o que permite certa lavagem das sujidades pelas chuvas. Por outro lado, uma consequência negativa desta exposição é o acabamento desse pilar estar submetido às ações da variação de umidade, ocasionando deterioração desse revestimento superficialmente.

Na parte mais próxima ao solo, verifica-se um aspecto ainda mais sujo, originado pela queda de águas da cobertura próximo ao pilar, que ao cair no solo, respinga no pilar, arrastando sujidade em conjunto, como terra. Ademais, esses respingos elevam a umidade nessa região do pilar, que intensifica a deterioração do acabamento superficial.

Apesar da divergência entre o aspecto desse pilar com os demais elementos estruturais, sugere-se o mesmo processo de intervenção descrito anteriormente.

7.2.1.2.2 Manchas nos sidings de madeira

Constatou-se a ocorrência de manchas no revestimento de madeira, anomalia existente em ambas as fachadas, nos dois pavimentos. Suspeita-se que essa situação seja causada pela presença de microrganismos, encontrada com bastante intensidade em nível acima das janelas existentes em cada fachada, situação ilustrada nas Figuras 80 e 81, que ilustram essa anomalia nas fachadas frontal e traseira, respectivamente.

Figura 80 - Manchas nos *sidings* de madeira na fachada frontal sob a cobertura



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 81 - Manchas nos *sidings* de madeira na fachada traseira sob a cobertura



Fonte: Acervo do autor, 2019

A presença de coberturas nesses ambientes, em ambos os pavimentos, ajuda a inibir possíveis manifestações patológicas causadas pela exposição à radiação solar, como as fendas e os empenamentos. No entanto, geram regiões que recebem pouca ou nula incidência direta dessa luz em sua superfície, como as mostradas nas Figuras 80 e 81. Por conseguinte, esses locais retêm maior umidade, se tornando propícios para o desenvolvimento de microrganismos, que se disseminam gerando fortes manchas e escurecimento nos *sidings* de madeira.

Torna-se interessante observar duas situações. Ambas evidenciam a disparidade do estado da superfície do revestimento entre duas regiões bastantes próximas, devido às diferenças da incidência solar. No primeiro caso (Figura 82), referente à fachada traseira, os *sidings* mais próximos ao piso são menos protegidos pela cobertura, de modo que recebem maior taxa de radiação solar, não ocorrendo a anomalia.

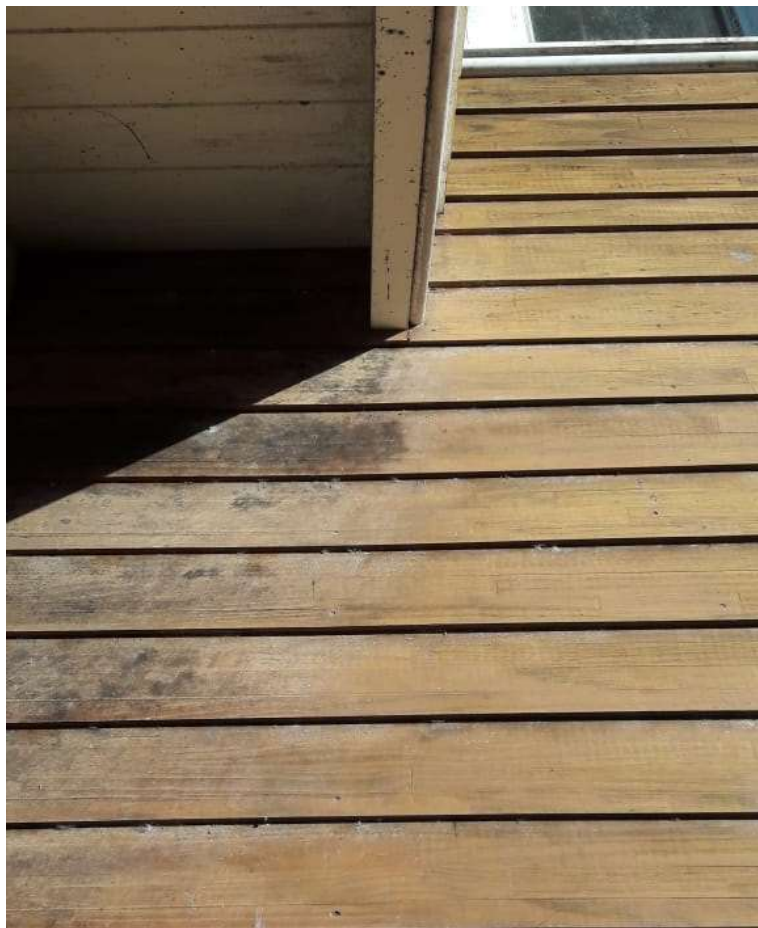
Figura 82 - Diferença do estado dos *sidings* na fachada traseira



Fonte: Acervo do autor, 2019

O caso ilustrado na Figura 83, na fachada frontal, mostra a disparidade na ocorrência dessas manchas entre regiões de revestimento abaixo da cobertura, à esquerda, e à direita, área não protegida por essa estrutura.

Figura 83 - Diferença do estado dos *sidings* na fachada frontal



Fonte: Acervo do autor, 2019

Para as manchas presentes nas fachadas frontal e traseira, sugere-se como intervenção processo semelhante ao apresentado na subseção 7.2.1.1.7 (p. 119-120): aplicação de produto removedor, lixação e limpeza da superfície e aplicação de produto protetor, correspondente à primeira alternativa da subseção mencionada.

7.2.1.2.3 Mancha incomum na fachada frontal

Foi detectada, na fachada frontal, uma mancha de aspecto incomum (vide Figura 84). Uma teoria para a sua ocorrência seria que, em algum momento, alguém tentou fazer a limpeza desse revestimento e, nessa ocasião, usou algum produto

químico que reagiu com a madeira e a deixou com esse aspecto. A sugestão de intervenção para esse caso entra em conjunto com a sugerida na Subseção 7.2.1.2.2, onde a lixação da fachada para buscar homogeneidade nas peças desse ambiente também se aplicaria nessa região.

Figura 84 - Ocorrência de mancha não identificada



Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.1.3 Telhas

As telhas em chapas de madeira laminada compensada estão presentes nas coberturas da área de serviço, na fachada traseira, da varanda, na fachada frontal, e no telhado do andar superior da edificação, de duas águas. A Figura 85 apresenta o aspecto inicial das telhas quando foram instaladas no protótipo em 2003, e a Figura 86, composta por duas ilustrações de áreas da cobertura da varanda, evidencia a situação por ocasião da inspeção desses componentes na edificação em 2019.

Figura 85 - Aspecto inicial das telhas, quando instaladas no Protótipo



Fonte: GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA, 2003

Figura 86 - Estado das telhas no protótipo por ocasião da inspeção



Fonte: Acervo do autor, 2019

Comparando as Figuras 85 e 86, percebe-se claramente nesses locais problemas semelhantes aos ocorridos em todo o ambiente externo da edificação, provenientes da falta de manutenção. A ausência da reaplicação de qualquer produto de acabamento protetor torna as telhas suscetíveis à ação das intempéries, ocasionando as distorções e a delaminação de camadas superficiais das peças de compensado pelo efeito da variação de umidade. Ademais, a ação da radiação UV

contribui para o desgaste superficial e para o escurecimento desse revestimento de madeira.

Além da ação do intemperismo, a falta de limpeza nesses ambientes permite o acúmulo de sujidades na superfície das telhas, o que repercute no escurecimento das mesmas. Somado a isso, a presença desses resíduos contribui para a retenção de umidade, intensificando o efeito de deterioração das peças. Nesse contexto, observa-se, na Figura 87, a diferença entre a região coberta pela projeção do beiral do telhado do pavimento superior, e a região totalmente descoberta. Percebe-se que a região coberta pela projeção do beiral, por onde percola menor quantidade de água e se depositam menor volume de sujidades, se encontra em melhor estado, sem ocorrência de delaminação de camadas superficiais. No entanto, constata-se claramente o efeito da radiação UV, que causa alteração da cor, conferindo-as um aspecto acinzentado.

Figura 87 - Diferença de estado das telhas na fachada frontal



Fonte: Acervo do autor, 2019

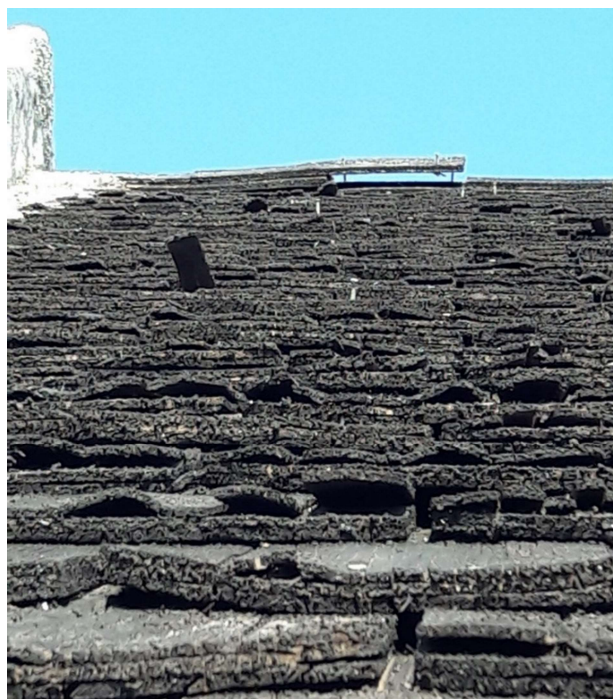
Destaca-se que o telhado do pavimento superior é o que se encontra mais danificado. Nele, há maior ocorrência de peças com distorções, delaminações mais acentuadas, e até o desprendimento de peças inteiras, na região da cumeeira. As Figuras 88, 89 e 90 comprovam essa situação.

Figura 88 - Estado das telhas no telhado principal



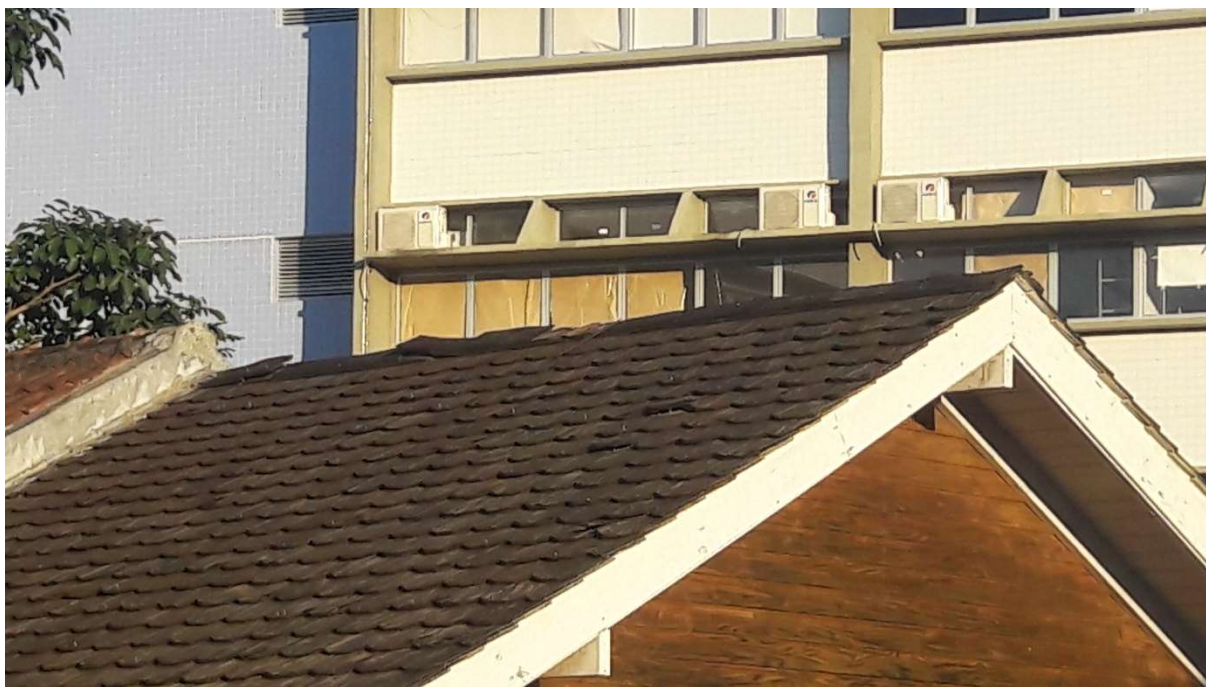
Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 89 - Peça de madeira desprendendo na cumeeira



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 90 - Situação da cumeeira do telhado principal



Fonte: Acervo do autor, 2019

Acredita-se que a situação apresentada nas Figuras 88, 89 e 90 são um grave problema na conservação da edificação. O desprendimento total de telhas pode comprometer a estanqueidade do sistema às chuvas. Registra-se que não foram encontrados pontos de umidade na parte interna desse telhado, mesmo em dias de forte chuva. Todavia, acredita-se que a exposição da estrutura interna da cobertura, pelas aberturas das peças desprendidas, possibilita a entrada de umidade e o surgimento de ambiente favorável para o desenvolvimento e ataque de agentes biodeterioradores, principalmente nas ripas e caibros situados imediatamente abaixo das telhas. A Figura 91 ilustra essa região no momento da construção.

Figura 91 – Região sob as telhas onde pode estar se desenvolvendo agentes biodeterioradores da madeira



Fonte: GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA, 2003

De maneira geral, as telhas encontram-se em péssimo estado. Como intervenção, o autor recomenda a substituição total delas. Somado a isso, alerta-se para que, quando esse processo for executado, seja realizada uma análise nos componentes internos, à procura de pontos com acúmulo de umidade ou sinais de deterioração em tais elementos.

7.2.2 Ambiente interno da edificação

Os componentes de madeira presentes no interior do protótipo são os seguintes: os rodapés, a escada, os móveis, as esquadrias (portas e janelas), as vigas do entepiso e o forro. Os dois primeiros encontram-se em bom estado, pois neles não foram encontradas irregularidades ou anomalias. Dentre os demais, afirma-se que nas esquadrias foram encontradas a maior quantidade de manifestações patológicas. Outro local que apresenta sérios problemas é o balcão da cozinha, como será visto em breve. Também foi feita a inspeção na parte interna do telhado, e relatar-se-ão os resultados obtidos. Por fim, outras ocorrências encontradas serão descritas.

7.2.2.1 Esquadrias

As esquadrias são as portas e janelas existentes na edificação. Apresentam-se a seguir os problemas constatados: fendas e abertura de juntas, empenamentos, problemas de funcionalidade e danos no acabamento. Tais ocorrências serão descritas nas subseções a seguir.

7.2.2.1.1 Aberturas das juntas e fendas nas esquadrias

As esquadrias da edificação têm sua estrutura majoritariamente formada por componentes de madeira serrada, unidas por cavilhas e sambladuras. Desse modo, a movimentação desses elementos pela variação de umidade nas peças causou a ocorrência de aberturas de juntas nos pontos de ligação desses componentes, como evidencia a Figura 92.

Figura 92 – Abertura da junta entre peças de madeira na janela da fachada frontal do pavimento térreo



Fonte: Acervo do autor, 2019

A abertura dessas juntas é comum a todas as esquadrias, e acredita-se que não seja um problema, uma vez que ocorrem em regiões de ligação entre os componentes da esquadria, mais suscetíveis a essa movimentação.

No entanto, casos específicos de fendas foram detectados, no pavimento superior. O primeiro se localiza na janela da fachada lateral. Ela, assim como a presente no pavimento térreo, é uma combinação de janela guilhotina com veneziana. Essa janela é ilustrada na Figura 93.

Figura 93 - Janela presente no quarto, no lado da fachada lateral



Fonte: Acervo do autor, 2019

Na veneziana dessa esquadria, detectou-se uma fenda longitudinal, de grande abertura, apresentada na Figura 94. Crê-se que essa anomalia tenha sido ocasionada pela variação dimensional em uma direção transversal de seção⁴, em conjunto com o esforço de tração perpendicular no ato de puxar a janela para seu fechamento.

⁴ Relembrando a seção 2.2.1.2 (p. 28), a retratibilidade e consequentemente a variação dimensional nas nessas direções é mais elevada.

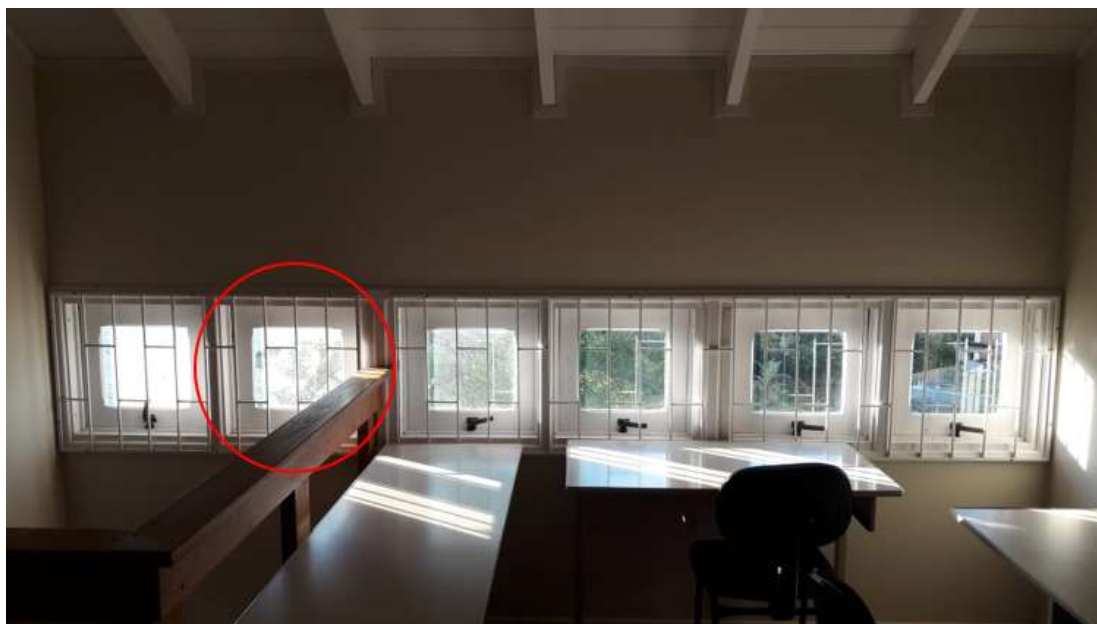
Figura 94 - Fenda longitudinal na parte sanfonada da janela



Fonte: Acervo do autor, 2019

O segundo caso de fenda detectada ocorre em janela maxim-ar, na fachada frontal. A Figura 95 localiza a janela, dentro do ambiente interno, e a Figura 96 evidencia a manifestação encontrada. Acredita-se que tal fenda seja resultado do efeito da variação de umidade, associado com um possível efeito de fendilhamento pela existência do parafuso na linha dessa fissura.

Figura 95 - Localização da janela maxim-ar no ambiente quarto da edificação



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 96 - Fenda localizada no puxador da janela



Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.2.1.2 Problemas de funcionalidade nas esquadrias

Em relação a problemas de funcionalidade nas esquadrias, constatou-se que muitas janelas da edificação se encontram emperradas, necessitando da aplicação de um pouco mais de força para sua abertura. Esse problema pode ser projetual, caso

não tenham sido respeitadas as folgas e as tolerâncias dimensionais das janelas. Além disso, as esquadrias não foram fabricadas pela empresa Battistella, desconhecendo-se a madeira utilizada nesse processo. Tal madeira pode apresentar instabilidade dimensional.

Outras justificativas para esse emperramento seria a pequena expansão lateral dessas esquadrias durante os anos em serviço, ou a falta de lubrificação nos componentes metálicos, no caso das janelas maxim-ar.

Somado a isso, verificou-se que a porta do banheiro não fecha completamente, como pode-se ver na Figura 97.

Figura 97 - Máximo fechamento da porta do banheiro

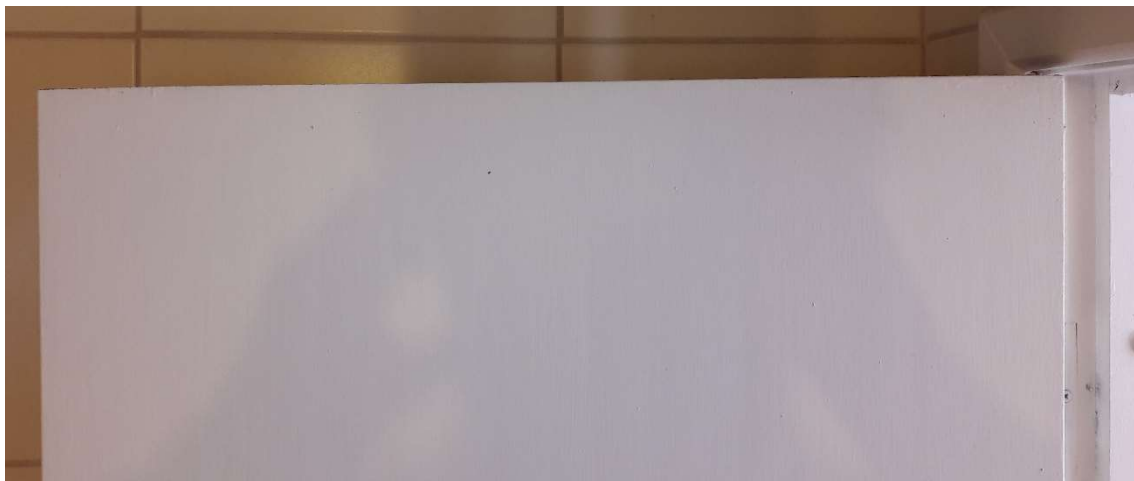


Fonte: Acervo do autor, 2019

Percebeu-se que tal problema ocorre devido ao desnivelamento da face superior da porta, empenamento possivelmente causado pela ação da variação de umidade durante os anos. A Figura 98 ilustra tal distorção, enquanto a Figura 99

mostra o local onde essa face trava com a face inferior da forra, que por sua vez encontra-se reta. Segundo relato de Valle (2019a), a porta não apresentava problemas de empenamento e fechava normalmente, em 2014.

Figura 98 - Empenamento detectado na face superior da porta



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 99 - Local de travamento entre a porta e a forra



Fonte: Acervo do autor, 2019

Ademais, detectou-se também a impossibilidade do fechamento da veneziana da janela do quarto. Na Figura 94 (p. 139), nota-se que não há a presença de um

puxador, ao contrário da janela localizada no mesmo local, no pavimento térreo (Figura 100).

Figura 100 - Presença de puxador na janela do pavimento térreo



Fonte: Acervo do autor, 2019

Devido à ausência de tal instrumento, não foi possível verificar a funcionalidade dessa parte da janela. Visualizando a situação de máximo fechamento, evidenciada na Figura 101, o autor acredita que é possível ainda que ela também possa ter sofrido expansão. No entanto, como dito anteriormente, não há como se certificar disso sem o auxílio do puxador.

Figura 101 - Situação de máximo fechamento da janela do quarto

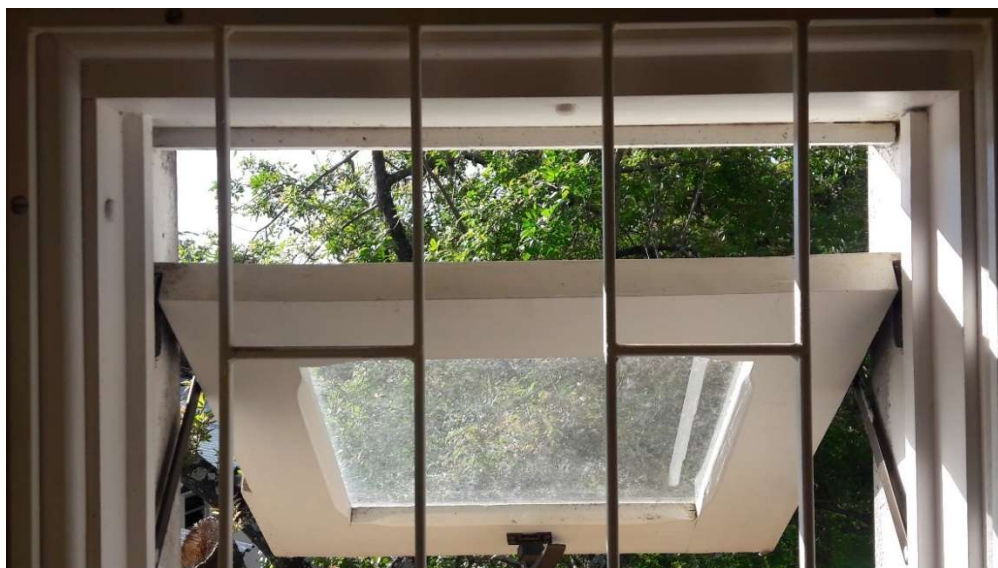


Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.2.1.3 Empenamento nas janelas *maxim-ar*

O empenamento nas janelas *maxim-ar* é uma anomalia comum nas esquadrias desse tipo, ocorrendo em menor ou maior magnitude. A Figura 102 evidencia o problema. Observando-a, nota-se que esse empenamento, mais especificamente um encurvamento, ocorre na face superior dessas janelas.

Figura 102 - Encurvamento nas janelas maxim-ar



Fonte: Acervo do autor, 2019

A pior situação dessa ocorrência ocorre na sexta janela do ambiente quarto da edificação, onde além do encurvamento da peça, também há uma rachadura causando desprendimento de parte da madeira, no canto direito, como mostra a Figura 103.

Figura 103 - Encurvamento da janela maxim-ar do ambiente quarto



Fonte: Acervo do autor, 2019

O diagnóstico provável para essa anomalia é que ela tenha ocorrido pelo efeito da variação de umidade, em conjunto com tensões localizadas introduzidas pelos dispositivos de fixação, cujo ponto de fixação se encontra bastante próximo a extremidade superior desses componentes de madeira. Ademais, acredita-se que as deformações causadas por esse esforço mecânico ocorreram com ajuda da própria umidade, que como visto na subseção 2.2.1.3 (p. 30), quanto maior o teor de umidade, menor a densidade e a resistência da madeira, a quaisquer esforços.

7.2.2.1.4 Manifestações patológicas no acabamento das esquadrias

Em relação ao acabamento externo das esquadrias, principalmente das janelas, verificou-se grande acúmulo de sujidades e deterioração, como pode-se ver nas Figuras 104 e 105. Assim como as anomalias encontradas nas fachadas, destaca-se a falta de manutenção nessas regiões, permitindo o acúmulo de sujidades e a ação do intemperismo, ocasionando em manchas e desgaste superficial do acabamento.

Figura 104 - Aspecto do acabamento externo na janela da varanda



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 105 - Aspecto do acabamento externo em janelas maxim-ar na fachada frontal



Fonte: Acervo do autor, 2019

O pior estado do acabamento externo são nas esquadrias da fachada lateral, pois, por estarem situadas na fachada oeste da edificação, estão expostas em maior intensidade à radiação solar. A Figura 106 ilustra a deterioração presente na janela do pavimento térreo, principalmente na região do peitoril.

Figura 106 – Deterioração no acabamento externo da janela da fachada lateral



Fonte: Acervo do autor, 2019

O acabamento interno das esquadrias, felizmente, encontra-se em melhor estado, apenas com pequeno acúmulo de sujidades em suas superfícies. As exceções são a janela situada entre a cozinha e área de serviço, e a janela entre a sala de estar e a varanda (Figuras 107 e 108).

Figura 107 - Janela entre a sala de estar e a varanda



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 108 - Janela entre a cozinha e a área de serviço



Fonte: Acervo do autor, 2019

As esquadrias das Figuras 107 e 108 são compostas por duas folhas. Uma delas é móvel, enquanto a outra, é fixa. Esse fato caracteriza um defeito de projeto dessas janelas, uma vez que a concepção das mesmas criou um vão estreito no qual não é impossível o acesso do usuário para uma limpeza, por exemplo. Como consequência, verificou-se a presença de manchas bastante escurecidas, em aspecto de pontos, nas faces de madeira serrada desses vãos. A Figura 109 (a) corresponde à janela da sala de estar, enquanto a Figura 109 (b) evidencia a janela da cozinha.

Figura 109 - Manchas de coloração bastante escurecida nas janelas da sala de estar (a) e da cozinha (b)



(a)



(b)

Fonte: Acervo do autor, 2019

O padrão de manchas encontrado nessas janelas possui aspecto semelhante ao encontrado para as vigas e pilares externos da edificação (vide Subseção 7.2.1.2.1,

p. 120-125). Por essa razão, atribui-se o mesmo diagnóstico e sugestão de intervenção recomendada para aqueles componentes.

Finalizando as esquadrias, relata-se um último caso detectado, na lateral do batente da porta da fachada traseira, por onde normalmente se faz o acesso à edificação. Nesse local, constatou-se a ocorrência de manchas no mesmo nível das fechaduras das portas, como se vê na Figura 111. Realizou-se a limpeza e lixagem na mancha do nível da fechadura de baixo. O resultado é apresentado na Figura 112.

Figura 110 - Manchas de coloração bastante escurecida na forra da porta da fachada traseira



Fonte: Acervo do autor, 2019

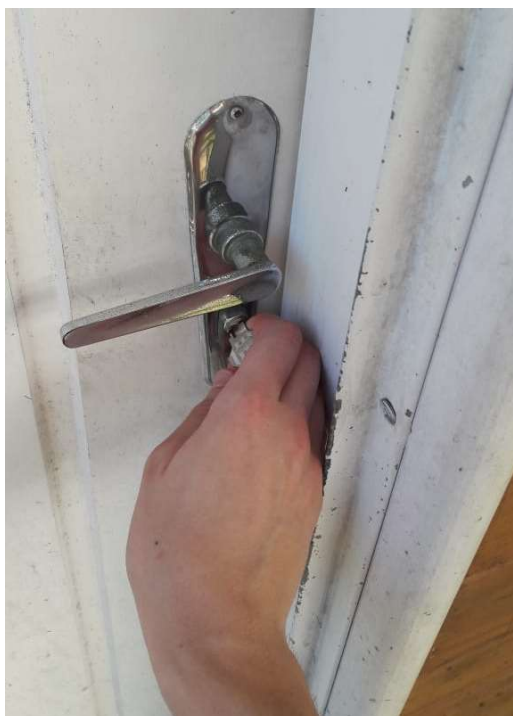
Figura 111 - Mancha na fechadura de baixo da porta, antes e depois de limpeza e lixagem



Fonte: Acervo do autor, 2019

Percebe-se que a mancha não persiste na madeira. O diagnóstico provável para a ocorrência dessa manifestação patológica consiste no depósito de sujidades no momento da abertura da porta em si. Tais sujidades seriam provenientes de outras chaves, ou da gordura ou suor das mãos, uma vez que a fechadura se encontra muito próxima da face lateral do batente, como se vê na Figura 113.

Figura 112 - Mão raspando na região da mancha durante abertura da porta



Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.2.1.5 Sugestões de intervenção para as esquadrias

Produtos de acabamento como esmaltes e *stains* possuem propriedades hidrorrepelentes e são capazes de absorverem de radiações UV, evitando desbotamentos, minimizam a ocorrência de fendas ou rachaduras, além de impedirem impedir a formação de microrganismos como fungos (BONFIM, 2013; LIZARDO, 2018).

Ressaltada a importância da sua presença no acabamento das superfícies, acredita-se que tais produtos, desde a construção da edificação, nunca foram reaplicados nas esquadrias, ação que se tivesse sido realizada com recorrência, juntamente com a limpeza das mesmas, poderia ter evitado ou reduzido boa parte das ocorrências encontradas nesses elementos.

Desse modo, como sugestão de intervenção, recomenda-se a revitalização do acabamento das esquadrias, tanto no ambiente externo quanto no ambiente interno. Primeiramente deve-se retirar o antigo acabamento, lixando-o ou aplicando produto removedor. Depois disso, limpa-se as superfícies e posteriormente repintam-nas, aplicando *stain* de coloração branca. Informações sobre esse produto e sua forma de aplicação estão descritas na subseção 7.2.1.2.1 (p. 124-125).

Em alguns casos somente esse processo não será necessário. Na situação das janelas emperradas, recomenda-se a lubrificação dos conectores metálicos, além da lixação nas laterais das janelas, onde se fizer necessário. Esse trabalho também será preciso na face superior da porta do banheiro, de modo a regularizar essa superfície e extinguir o travamento hoje existente. Acredita-se que tal regularização também deve ser realizada nas janelas maxim-ar encurvadas. Na sexta janela, onde já ocorre certo desprendimento da madeira no lateral direito, sugere-se a regularização desse canto utilizando produto semelhante ao usado na calafetação. Caso essa solução não for eficiente e o problema ocorrer novamente, deve-se substituir o painel da janela.

Na da fachada lateral do quarto, é necessária a instalação de um puxador, para verificar sua funcionalidade. Mesmo assim, caso ela não feche, propõe-se lixar a face a qual conflitar com a moldura da janela. Nesse mesmo local, deve-se realizar a calafetação da fenda existente, e também de qualquer outra fenda profunda ou de grande abertura encontrada durante os serviços de manutenção.

Por fim, em relação às janelas da varanda e da área de serviço no pavimento térreo, o autor acredita que durante a intervenção, poderia ser feito a sua troca por outro tipo de esquadria, com concepção que permitisse o acesso e limpeza a todas as partes da janela.

7.2.2.2 Balcão da cozinha

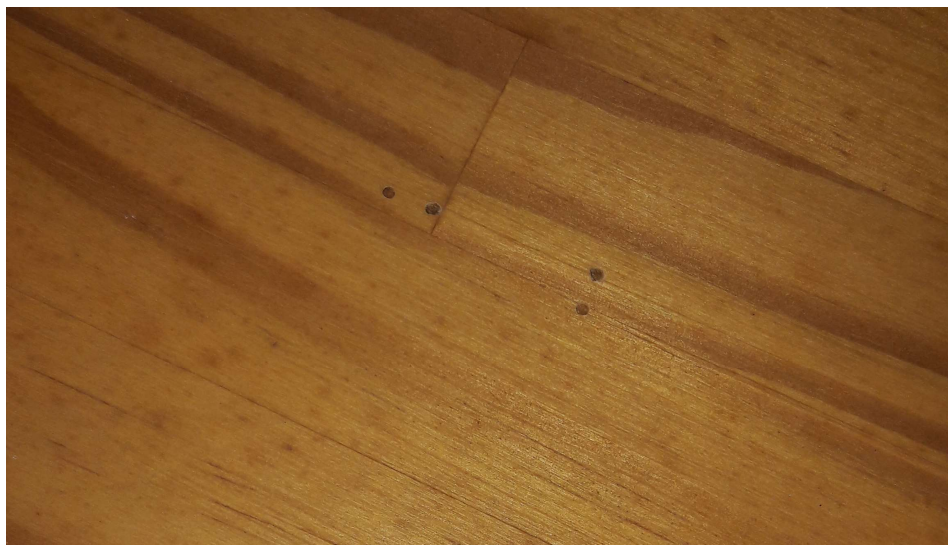
Móvel fabricado de MLC (madeira laminada colada), situado na Figura 113, no qual constatou-se evidências de ataque por térmitas. Para chegar a essa conclusão, primeiramente foram detectados pequenos furos em diferentes partes do móvel, como em sua superfície e também em seu interior. Neste local, constatou-se som oco ao bater, que como visto em 3.5.3.2.1 (p. 62-63), é um indicativo para o ataque de cupins subterrâneos. A Figura 114 ilustra os furos na superfície do móvel, enquanto a Figura 115 sinaliza a região interna do móvel onde eles também foram encontrados, e a Figura 116 apresenta-os, nesse ambiente.

Figura 113 - Balcão de MLC



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 114 - Furos na superfície do móvel



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 115 - Ambientes internos no balcão onde encontrou-se furos



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 116 - Furos detectados no interior do balcão



Fonte: Acervo do autor, 2019

Na Figura 116, observa-se que os furos na madeira produzidos pelas térmitas ocorrem predominantemente na região mais clara da madeira, correspondente ao lenho inicial. Como visto em 2.1 (p. 24), suas células são mais finas comparadas ao tardio, o que resulta em menor densidade e maior suscetibilidade.

Outro sinal encontrado foi a presença de dejetos, na mesma região interna sinalizada na Figura 115, e junto ao piso, próximo ao móvel. As Figuras 117 e 118 ilustram esse sinal nos espaços citados.

Figura 117 - Dejetos no interior do móvel



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 118 - Dejetos no piso

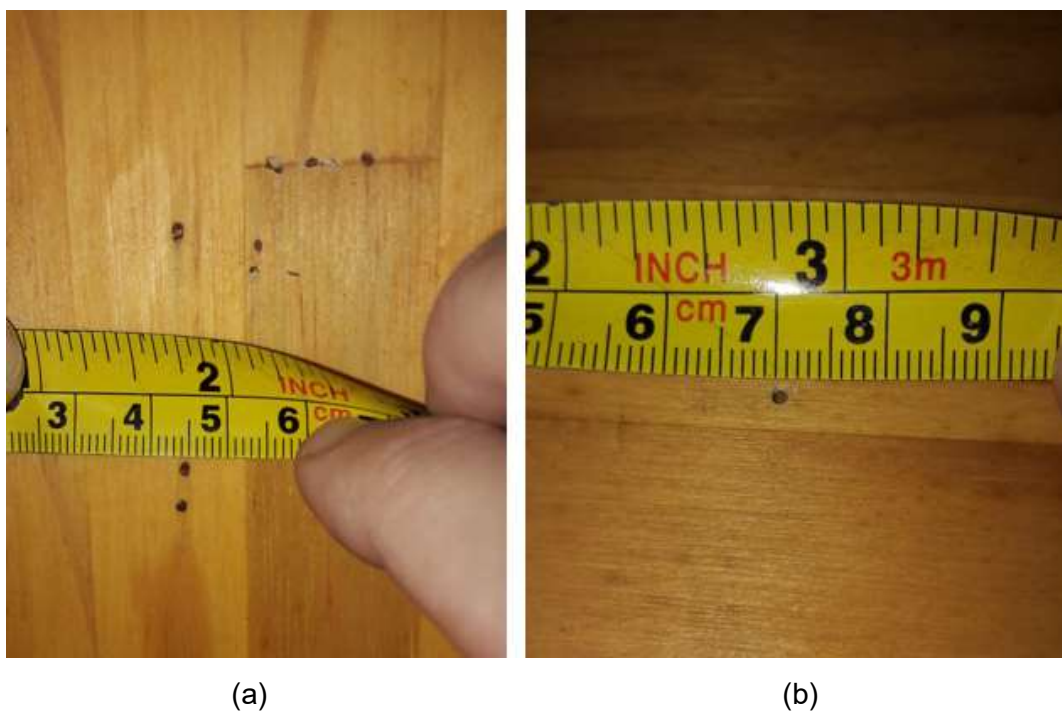


Fonte: Acervo do autor, 2019

Para investigar se os danos encontrados no balcão foram causados pelo mesmo agente, foi feita a comparação entre o diâmetro dos furos (Figura 119) e os aspectos dos dejetos presentes (Figura 120).

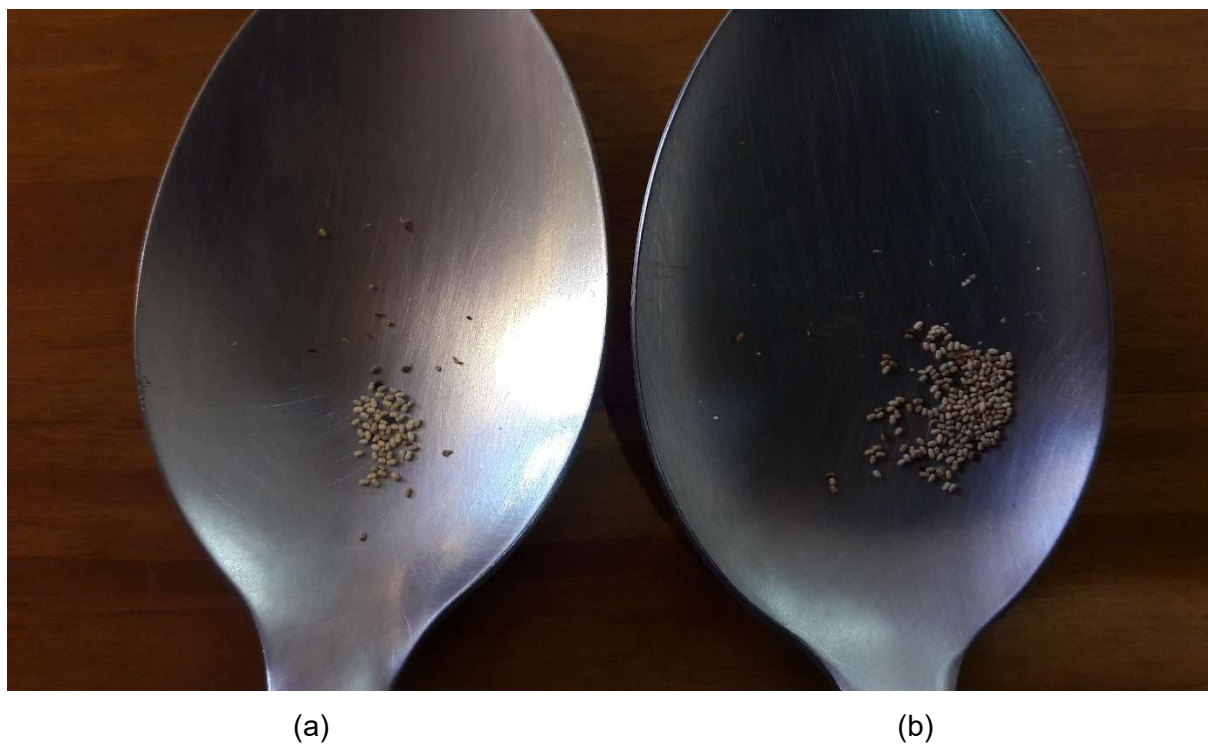
A Figura 119 compara os furos na superfície do móvel (a) e no seu interior (b). Já na Figura 120, na colher da esquerda (a) se encontram os retirados da parte interna do móvel, e na direita (b), os do piso. Observando as ilustrações a seguir, nota-se que os furos apresentam mesmo diâmetro (1,0 mm aproximadamente), e os dejetos nos locais apresentam o mesmo aspecto. Com isso, acredita-se que o ataque tenha sido ocasionado por apenas um tipo de térmita.

Figura 119 - Comparação entre o tamanho dos furos



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 120 - Comparação entre os aspectos dos dejetos encontrados



Fonte: Acervo do autor, 2019

Prosseguindo a investigação, decidiu-se virar o móvel, com o intuito de verificar o estado da parte de baixo desse balcão. Ao realizar essa ação, encontrou-se uma enorme quantidade de dejetos no piso, também semelhantes ao detectados em momentos anteriores. A Figura 121 evidencia-os, e a Figura 122 representa uma amostra colhida da região. Somado a isso, foi encontrada intensa deterioração apenas nos locais onde o móvel toca o piso, vide Figuras 123 e 124.

Figura 121 - Dejetos no piso abaixo do balcão



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 122 - Amostra de dejetos obtida do piso abaixo do móvel



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 123 - Locais deteriorados na parte debaixo do balcão



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 124 - Comparação entre o aspecto dos dejetos encontrados



Fonte: Acervo do autor, 2019

Acredita-se que o contato do móvel com o piso tenha sido vital para a ocorrência do ataque. Essa hipótese pode ser fortificada comparando esse móvel com a bancada onde há a pia, local onde não foi encontrado qualquer sinal de deterioração desse tipo. Observando a Figura 125, nota-se que a bancada, ao contrário do balcão, possui um patamar que a separa do nível do piso.

Figura 125 - Presença de patamar que separa a bancada da pia do piso



Fonte: Acervo do autor, 2019

Então, acredita-se que a deterioração tenha sido causada por cupins subterrâneos. Não foram encontrados, na inspeção, canais de locomoção, essenciais para sua sobrevivência (vide 3.5.3.2.1, p. 62). No entanto, há registro desses sinais no ano de 2012, como se vê na Figura 126. A única incerteza é se a deterioração está em progresso. Os dejetos encontrados foram limpos, e duas semanas após a limpeza não havia ocorrido o retorno desses sinais.

Figura 126 – Presença de canais de locomoção de cupins subterrâneos no móvel



Fonte: GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA, 2012

Como sugestão de intervenção, recomenda-se o tratamento com solução inseticida. Deve ser utilizado um inseticida, como o Pentox Cupim Aerossol, a base de água, pronto para uso. Para sua aplicação, basta introduzir o bico injetor do produto nos orifícios e pulverizá-lo. Depois disso, deve-se limpar os excessos, para evitar manchamento da superfície (PENTOX, [201-?]).

Outra recomendação seria a colocação de uma estrutura abaixo desse balcão, evitando seu contato direto com o piso. Por fim, deve-se acompanhar o estado do móvel, uma vez que se, após o tratamento curativo, retornarem indícios de ataque, evidencia que ele se encontra em estágio avançado e o balcão está comprometido. Nesse caso, não há outra opção a não ser substituí-lo.

Ainda no balcão, foi detectada a ocorrência de mancha de aspecto peculiar, presente em praticamente toda a superfície de madeira dele. Para avaliação dessa anomalia, escolheu-se o caso onde a mancha se encontrava mais concentrada. A Figura 127 apresenta o local dessa situação, enquanto a Figura 128 demonstra o aspecto inicial dessa irregularidade.

Figura 127 - Localização da mancha analisada no móvel



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 128 - Mancha encontrada no interior do balcão

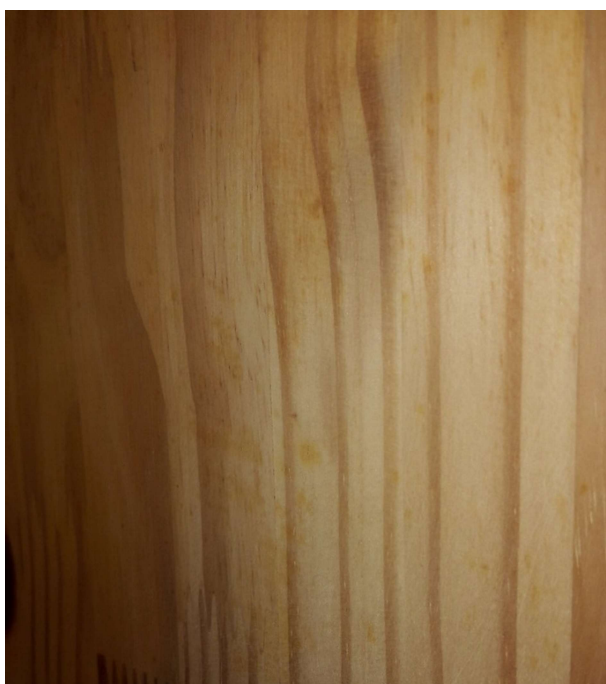


Fonte: Acervo do autor, 2019

Decidiu-se também, nesse caso, executar o lixamento da superfície, com o intuito de verificar se tal problema era apenas superficial ou persistia na peça. Após

intenso trabalho, o resultado é evidenciado na Figura 129. Nota-se que a mancha prossegue na superfície, mesmo que em menor intensidade. Não se sabe ao certo a causa dessa ocorrência, mas por ser algo que ocorre em todo o móvel, suspeita-se que se originou devido uma reação da madeira com algum produto químico, como de acabamento ou algum utilizado durante a produção desse componente. Acredita-se que nesse caso em específico não há necessidade de intervenção, por ser um pequeno dano estético, que apresenta coloração até parecida com a madeira.

Figura 129 - Aspecto da mancha após lixação



Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.2.3 Região interna do telhado

No intuito de verificar a estanqueidade do telhado do pavimento superior, realizou-se a inspeção na parte interna do mesmo. Tal ambiente é acessado a partir de alçapão presente no forro do banheiro. Para surpresa do autor, não foram encontrados pontos de infiltração de umidade, pingadeiras, mesmo em dia de forte chuva. A estrutura, de modo geral, encontra-se em ótimo estado, vide Figuras 130 e 131.

Figura 130 - Região interna do telhado do pavimento superior



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 131 - Ambiente interno do telhado do pavimento superior

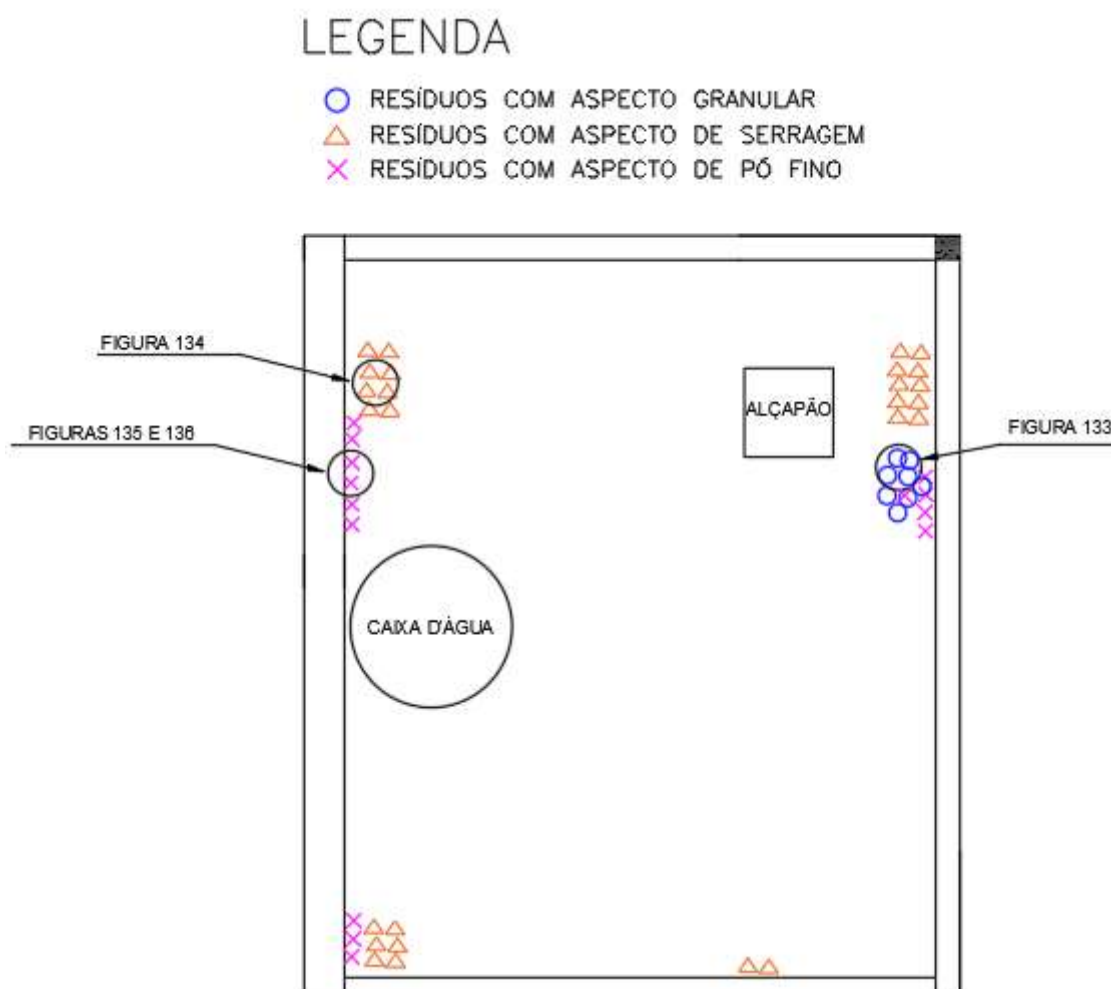


Fonte: Acervo do autor, 2019

No entanto, na região interna do telhado foram encontrados locais com acúmulos de três diferentes tipos de resíduos. A localização destes no ambiente foi situada em planta baixa básica (Figura 132), elaborada pelo autor. O primeiro resíduo,

evidenciado na Figura 133, apresenta aspecto granular e coloração bastante escurecida. Pela sua aparência e tamanho, acredita-se que não seja associado a insetos deterioradores de madeira, como térmitas ou brocas, mas sim de outros animais como morcegos, baratas, pequenos ratos, que não causam danos ao material.

Figura 132 - Planta baixa da região interna do telhado e localização dos resíduos detectados nesse ambiente



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Figura 133 - Resíduo com aspecto granular



Fonte: Acervo do autor, 2019

A Figura 134, por sua vez, apresenta resíduo com aspecto de serragem. Pressupõe-se que esse caso corresponda apenas a impurezas advindas do momento da construção da estrutura. Acredita-se que nunca houve uma limpeza nesse espaço, então esses detritos não foram retirados.

Figura 134 - Resíduo com aspecto de serragem



Fonte: Acervo do autor, 2019

O terceiro e mais preocupante, representados nas Figuras 135 e 136, mostram um resíduo com aparência de pó fino, semelhante a um talco. Tal aspecto é equivalente a dejetos de brocas-de-madeira, como visto em 3.5.3.1 (p. 58). Apesar disso, não há como constatar que está ocorrendo um ataque, pois não foram encontrados furos em nenhum componente de madeira próximo ao local de acúmulo desses resíduos.

Figura 135 - Resíduo com aspecto de pó fino



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 136 - Detalhe aproximado de resíduo com aspecto de pó fino



Fonte: Acervo do autor, 2019

O autor realizou a limpeza dos resíduos nos locais sinalizados. Duas semanas depois, subiu-se novamente no espaço, e não foi detectada a recorrência de qualquer um deles. Indica-se então que o local deve ser recorrentemente inspecionado, no intuito de acompanhar o retorno ou não desses resíduos.

Outra anomalia encontrada foi a existência de uma fenda longitudinal em um montante vertical da treliça mais próxima à fachada lateral. Essa ocorrência é representada na Figura 137.

Figura 137 - Fenda longitudinal em montante vertical de treliça



Fonte: Acervo do autor, 2019

Barras de treliça trabalham sob esforços de tração ou de compressão. No entanto, o aspecto da fenda não corresponde a fissuras devido a esses esforços, levando a crer que essa anomalia não seja de origem estrutural. Com isso, uma suspeita é que ela surgiu devido à retração diferencial da peça entre dias mais quentes e dias mais frios, em uma direção transversal da madeira.

Outra suspeita para essa ocorrência seria a presença de medula na peça, uma vez que é possível o surgimento de fendas em regiões próximas a esse elemento,

decorrentes de tensões internas devidas ao processamento (CALIL JUNIOR; LAHR; BRAZOLIN, 2010). Não foi possível visualizar a face inferior e superior do montante para detectar a medula na peça, devido às ligações estruturais. Então, para evitar entrada de umidade na fenda e sua expansão, sugere-se, como medida de intervenção, a realização da calafetação no local, com o uso de massa para madeira, e seguindo procedimento descrito em 4.4.4 (p. 80).

7.2.2.4 Bancada da pia

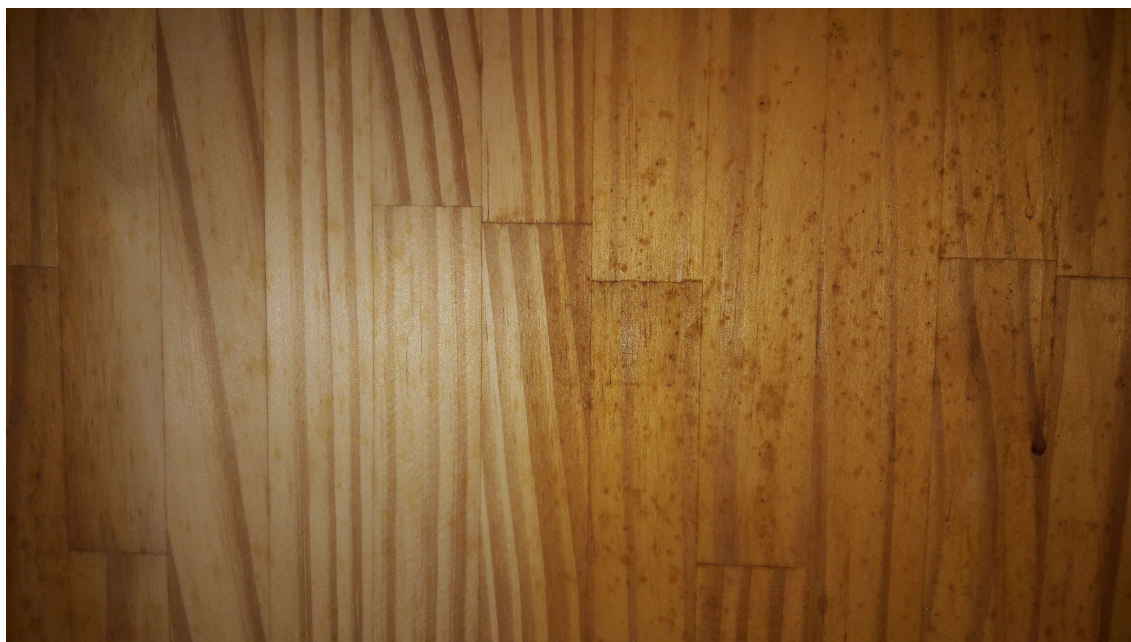
A bancada é um móvel também presente no ambiente da cozinha, evidenciada na Figura 138. Ao contrário do balcão, não foram constatados sinais de deterioração por insetos nesse móvel. No entanto, a superfície de madeira da bancada apresentou o mesmo aspecto de manchas das encontradas no balcão. Foi realizada a lixação na face lateral esquerda, vide Figura 139, e o resultado obtido foi equivalente ao descrito para o balcão.

Figura 138 - Bancada da pia



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 139 - Mancha na face lateral esquerda da bancada da pia



Fonte: Acervo do autor, 2019

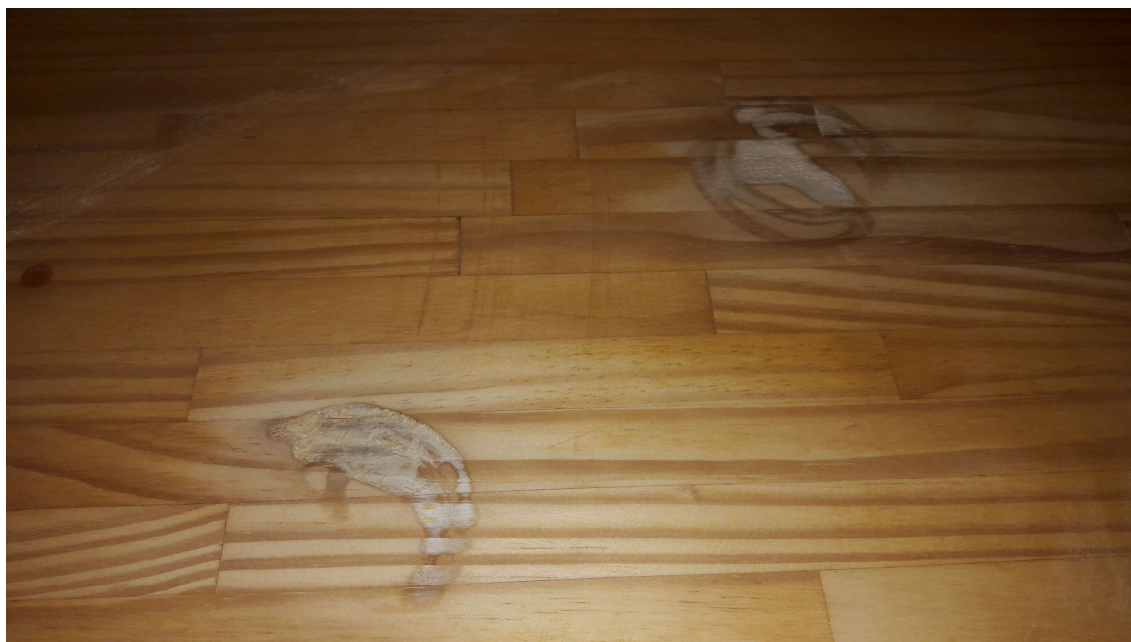
Ademais, no espaço interno do móvel, embaixo da pia, foi detectado um dano com aspecto peculiar, de coloração esbranquiçada, em relação aos arredores dessa mancha. Com o intuito de verificar a profundidade da alteração, lixaram-se os dois pontos. A Figura 140 apresenta essa ocorrência tal como encontrada, e a Figura 141 mostra-a após intensa lixação.

Figura 140 - Aspecto original das manchas esbranquiçadas



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 141 - Aspecto das manchas após lixação



Fonte: Acervo do autor, 2019

Percebe-se, então, que a mancha persiste, mesmo após longo período de lixação. Devido à coloração do dano, acredita-se que isso seja resultado de deterioração química, mais especificamente da reação da madeira com alguma substância básica (vide 3.4.3, p. 49). Pelo tamanho e pelo formato circular, uma hipótese crível para essa anomalia é que a região tenha sido, em algum momento, local de armazenamento de produtos de limpeza, e que na base da embalagem de um desses, como de água sanitária, um produto extremamente básico, tenha ficado resíduo do produto, cujo contato com a madeira, causou tal deterioração.

Pressupondo que essa deterioração é um caso isolado, ou seja, não se propagará no móvel, e por ela estar situada em espaço interno, acredita-se que não há necessidade de intervenção nesse caso, uma vez que para remover esse dano provavelmente seria necessário trocar a peça em questão.

7.2.2.5 Outras ocorrências

7.2.2.5.1 *Manchas devidas à exsudação de extrativos*

A ocorrência de manchas devidas à exsudação de extrativos é uma anomalia comum nos forros e nas vigas dos pavimentos térreo e superior. Como descrito na

Subseção 3.2 (p. 40), essa manifestação patológica ocorre devido à exsudação de extrativos dos nós, causando manchas de coloração amarronzada no acabamento. As Figuras 142 e 143 ilustram-nas.

Figura 142 - Manchas amarronzadas no forro do pavimento térreo



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 143 - Manchas amarronzadas em viga do entrepiso



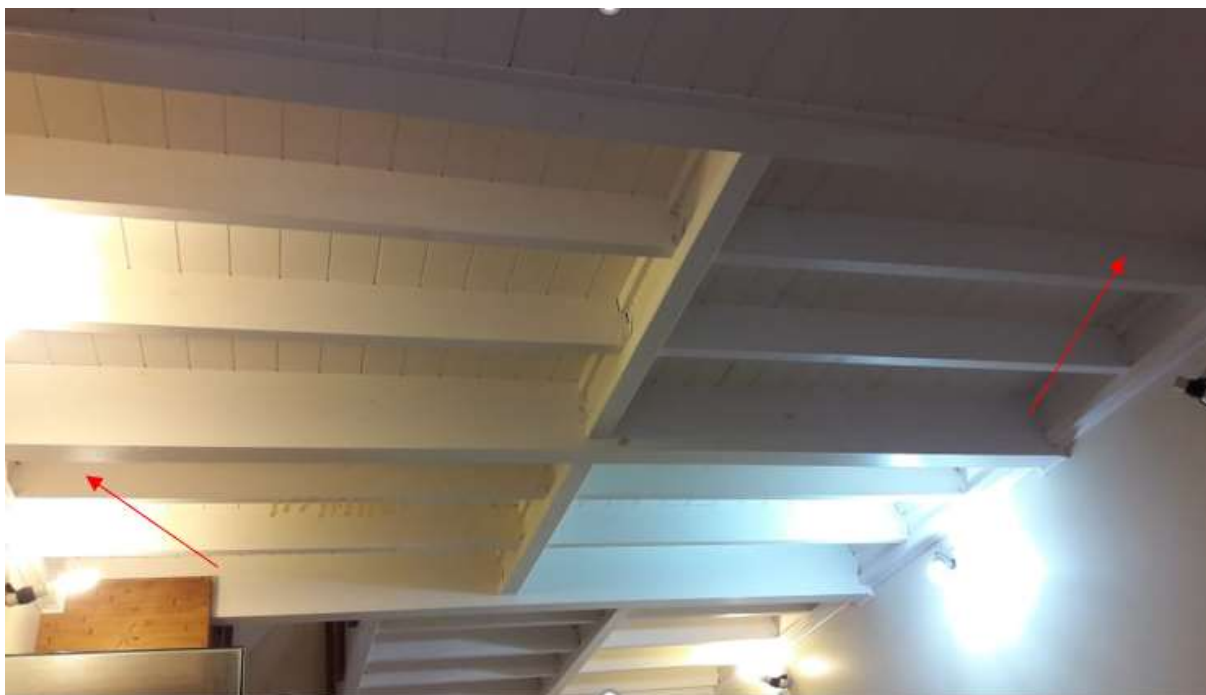
Fonte: Acervo do autor, 2019

Como sugestão de intervenção, a solução definitiva seria a remoção do acabamento nos locais das manchas, e tratar os nós com goma-laca. Depois disso, repintar-se-iam as regiões com *stain* branco. Outra solução, mais viável, porém não definitiva, seria apenas a repintura do produto de acabamento, mas necessitaria reaplicação caso as manchas retornarem.

7.2.2.5.2 Manchas longitudinais em vigas

As manchas longitudinais em vigas são manifestações patológicas detectadas em duas vigas do entrepiso (Figura 144). A Figura 145 evidencia o aspecto de tais manchas.

Figura 144 - Localização das vigas afligidas pela anomalia



Fonte: Acervo do autor, 2019

Figura 145 - Mancha longitudinal em viga do entrepiso, próxima à escada



Fonte: Acervo do autor, 2019

Evidencia-se na Figura 145 que a mancha apresenta semelhante coloração ao dos extrativos exsudados pelos nós. Por essa razão, acredita-se que seja o mesmo mecanismo. No entanto, como não é possível ver a superfície da madeira, coberta

pelo acabamento, não se sabe qual elemento anatômico da madeira estaria liberando tais resinas. A sugestão de tratamento é semelhante ao caso da exsudação de extrativos dos nós.

7.2.2.5.3 Fendas no forro do pavimento superior

Correspondem a fissuras no acabamento, localizadas entre juntas de componentes de madeira. Desse modo, são originadas pela movimentação das peças devido à variação de umidade. A Figura 146 evidencia a ocorrência.

Figura 146 - Fissuras no forro do pavimento superior



Fonte: Acervo do autor, 2019

Nota-se a presença de duas fendas, com extensões perpendiculares entre si. Acredita-se que a primeira, de extensão horizontal, tenha ocorrido por ser uma região de junta entre o forro horizontal do teto do pavimento, e o fechamento vertical. Por sua vez, imagina-se que a segunda tenha surgido por ser uma possível região entre duas chapas de compensados de madeira, que servem de piso na região interna do telhado.

Como sugestão de intervenção, sugere-se inicialmente a raspagem superficial do acabamento destacado pela fissuração, e posteriormente pintar novamente os locais. No entanto, visualizando a Figura 147, aparenta-se que já houve repintura na

região, e mesmo assim a fenda reapareceu. Perante essa situação, recomenda-se que seja feita a raspagem do acabamento, calafetação das juntas, e posterior repintura com *stain* branco.

Figura 147 - Aparência de região repintada no forro de madeira



Fonte: Acervo do autor, 2019

7.2.2.5.4 Desgaste mecânico no piso do pavimento superior

O ambiente designado como quarto no pavimento superior é atualmente utilizado como uma área de estudos, como pode-se ver na Figura 148.

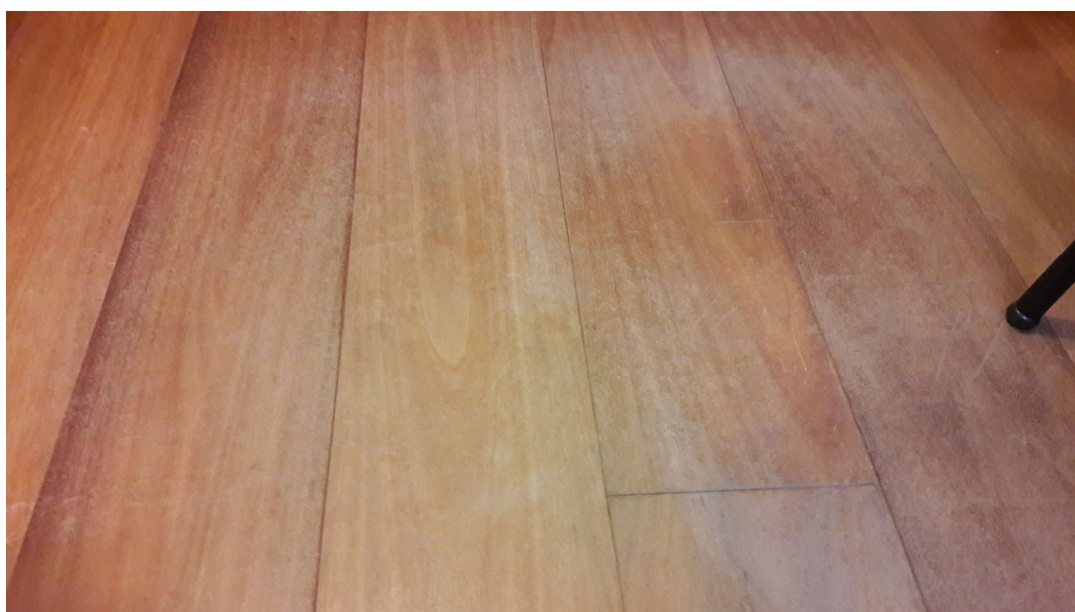
Figura 148 - Ambiente quarto da edificação



Fonte: Acervo do autor, 2019

Na Figura 148, nota-se que de modo geral o piso apresenta boa conservação, exceto na área destinada a estudos, onde há um grande desgaste. Acredita-se que esse desgaste, apresentado em detalhe na Figura 149, seja de origem mecânica devido ao uso do ambiente e arraste de cadeiras e móveis, causando deterioração do piso, com uma grande variação de sua cor natural.

Figura 149 - Detalhe do desgaste mecânico no piso



Fonte: Acervo do autor, 2019

Pela intensidade do desgaste, o autor acredita que não seria possível a recuperação do aspecto natural das peças, recomendando a troca das tábuas de laminado compensado danificadas. Como a coloração das peças do piso não é homogênea, é suficiente a substituição das tábuas danificadas por novas com tom superficial parecido ao restante do ambiente. Além disso, sugere-se a adoção de cadeiras com rodinhas na base, de modo a diminuir a ocorrência de arranhões e desgaste no piso.

8 CONCLUSÃO

Com a realização do trabalho, acredita-se que os objetivos estabelecidos foram alcançados. Durante a inspeção, foram constatadas diversas manifestações patológicas, cujos diagnósticos foram justificados com explicações fundamentadas, utilizando o conhecimento obtido na revisão bibliográfica. A partir dos diagnósticos, também foram propostas sugestões de intervenção viáveis para cada situação.

Pode-se afirmar que um grande problema encontrado foi a falta de execução de manutenções preventivas, principalmente no ambiente externo da edificação, onde a falta de limpeza e reaplicação de produtos de acabamento foi essencial para que houvesse severas deteriorações causadas pela ação do intemperismo. A execução da manutenção poderia ter reduzido consideravelmente a ocorrência de manifestações patológicas encontradas, não só externamente, mas também no ambiente interno do protótipo.

Destaca-se aqui a urgência de determinadas medidas corretivas, como a substituição das telhas, principalmente na região da cumeeira, e da pregação ou substituição dos *sidings* na fachada lateral. São situações que podem expor elementos internos das paredes e da cobertura a condições de umidade mais elevada. Consequentemente, possibilita o desenvolvimento de ambiente propício para a deterioração desses componentes por agentes biodeterioradores, como, por exemplo, os fungos apodrecedores.

Apresenta-se como uma limitação do trabalho a impossibilidade da inspeção dos elementos internos dos painéis estruturais, uma vez que seria necessário remover o acabamento existente, e também da região da cumeeira, pela dificuldade de acesso ao local. Por essa razão, recomenda-se que a análise do estado desses componentes seja realizada no momento que forem executadas intervenções nesses ambientes.

Por fim, sugerem-se recomendações para futuros trabalhos. Uma proposta seria a análise do estado da edificação geminada ao protótipo, construída em alvenaria estrutural, comparando a quantidade e gravidade das anomalias encontradas. Também seria interessante a análise do protótipo com foco em relação ao desempenho da edificação como um todo, além dos componentes de madeira.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, Edward; THALLON, Rob. **Fundamentals of residential construction**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 690 p.
- ALMEIDA, P. A. de Oliveira. Madeiras como material estrutural. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON), 2010. cap. 38, p. 1241-1264. v. 2.
- ALVES, Marcus Vinicius da Silva; MENDES, Alfredo de Souza. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Departamento de Pesquisa, Laboratório de Produtos Florestais, 1988. 56 p. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/laboratorio-de-produtos-florestais/publicacoes-lpf/2655-a-degradacao-da-madeira/file>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- APLICAÇÃO. [São Paulo]: Montana Química, 2016. Disponível em: <https://www.montana.com.br/Perguntas-Freq/Osmocolor-Stain/Aplicacao>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- ARRIAGA, Francisco *et al.* **Intervención en estructuras de madera**. Madrid: AITIM, 2002. 476 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12551**: madeira serrada: terminologia. Rio de Janeiro, 2002. 10 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16143**: Preservação de Madeiras - Sistema de Categorias de Uso. Rio de Janeiro, 2013. 25 p.
- BAUER, L. A. Falcão (coord.). **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994. p. 437-935. v. 2.
- BERGLUND, Lars; ROWELL, Roger M. Wood Composites. In: ROWELL, Roger M. (ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2005. cap. 10, p. 283-305.
- BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção**: patologia, reabilitação, prevenção. Tradução Leda Maria Marques Dias Beck. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 414 p.
- BJÖRNSSON, Henrik. **talltimmer-02**. Växjö: Södra, 2018. 1 ilustração. Disponível em: <https://news.cision.com/sodra/i/talltimmer-02,c2334386>. Acesso em: 01 jul. 2019.
- BLANCO-FLÓREZ, Jeimy *et al.* Simulação em serviço de pisos de madeira jovem de *Tectona grandis*. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p.1048-1060, 2015.

Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/3234/2550>. Acesso em: 20 mar. 2019.

BOTELHO JÚNIOR, Jerónimo Araújo. **Avaliação não destrutiva da capacidade resistente de estruturas de madeira de edifícios antigos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto, 2006. 208 p. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~jmfaria/TesesOrientadas/MestrAntigo/AvaliNaoDestruEdifAntigo.PDF>. Acesso em: 02 abr. 2019.

BONFIM, Gisele. **Informações gerais sobre tintas e pintura imobiliária**. [São Paulo]: Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas (ABRAFATI), 2013. Disponível em: <https://www.abrafati.com.br/informacoes-gerais-sobre-tintas-e-pintura-imobiliaria/>. Acesso em: 10 jun. 2019.

BRITO, Leandro Dussarrat. **Patologia em Estruturas de Madeira**: Metodologia de Inspeção e Técnicas de Reabilitação. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. 502 p. Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/2014DO_LeandroDussarratBrito.pdf. Acesso em: 28 mai. 2019.

BURGER, Luiza Maria; RICHTER, Hans Georg. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

BURKE, Edward *et al.* Understanding Extractive Bleed. **Coatingstech**, [s.l.], v. 7, n. 3, p.48-53, mar. 2010. Disponível em: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2010/fpl_2010_burke001.pdf. Acesso em: 16 jan. 2019.

CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. Rocco; BRAZOLIN, S. Madeiras na construção civil. In: ISAIA, Geraldo C. (ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON), 2010. cap. 37, p. 1209-1239. v. 2.

CAMPOS, Rubens Junior Andrade de. **Diretrizes de projeto para produção de habitações térreas com estrutura tipo plataforma e fechamento com placas cimentícias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/pos/enges/portal/pages/arquivos/dissertacao/24.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2019.

CARLL, Charles G.; HIGHLEY, Terry L. Decay of wood and wood-based products above ground in buildings. **Journal of testing and evaluation**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 150-158, mar. 1999. Disponível em: <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1999/carll99a.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

CLAUSEN, Carol A. Bacterial associations with decaying wood: a review. **International Biodeterioration & Biodegradation**. Madison, U.S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, v. 2, p. 101-107, 1996.

CLAUSEN, Carol A. Biodeterioration of Wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook - Wood as an Engineering Material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. cap. 14. Disponível em: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf. Acesso em: 05 abr. 2019.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2009. 308 p. Disponível em: <https://arquiteturapassiva.files.wordpress.com/2015/09/em-busca-de-uma-arquitetura-sustentc3a1vel-para-os-trc3b3picos.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2019.

CORES semitransparentes. [São Paulo]: Montana Química, [2017?]. Disponível em: <https://www.montana.com.br/Produtos/Consumidores/Linha-Decorativa/Stains-Preservativos/Osmocolor-Stain-Cores-Semitransparentes>. Acesso em: 06 jul. 2019.

CORES sólidas. [São Paulo]: Montana Química, [201-?]. Disponível em: <https://www.montana.com.br/Produtos/Consumidores/Linha-Decorativa/Stains-Preservativos/Osmocolor-Stain-Cores-Solidas>. Acesso em: 06 jul. 2019.

CORREÇÃO de Trincas e Nivelamento de Madeira com Mazza da Montana. [São Paulo]: Montana Química, 2011. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal Montana Química. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=339Wui2ZY6c>. Acesso em: 30 mai. 2019.

CONSTRUÇÃO sustentável. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, [20??]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel>. Acesso em: 15 jun. 2019.

COSTA, Luís Antônio Veiga da. **Fendas de secagem em vigas de madeira. Causas, efeitos na capacidade resistente e métodos de reparação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2015. 244 p.

CRUZ, Alexandre Miguel Veríssimo da. **Revestimentos de piso de madeira para interiores**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015. 142 p.

CRUZ, Helena. Importância das fendas em estruturas de madeira. **Revista Construção Magazine**, Porto, n. 30, p. 38-39, mar. 2009. Disponível em: <http://repositorio.Inec.pt:8080/bitstream/123456789/16846/2/Coluna%20-%20Estruturas%20de%20Madeira%20CM30.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2019.

DANIEL, Geoffrey; NILSSON, Thomas. Developments in the study of soft rot and bacterial decay. In: BRUCE, Alan (ed.); PALFREYMAN, John (ed.). **Forest Products Biotechnology**. London: Taylor & Francis Ltd, 1998. cap. 3, p. 37-62.

DIAS, Gustavo Lacerda. **Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema plataforma) submetidas a força horizontal no seu**

plano. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. 165 p.

FRANCO, Sónia Isabel Saragoça. **Proposta de atribuição de propriedades mecânicas a elementos estruturais de madeira por inspeção visual in situ.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto, 2008. 159 p.

GALVÃO, Antonio Paulo Mendes; MAGALHÃES, Washington Luiz Esteves; Mattos, Patrícia Póvoa de. **Processos práticos para preservar a madeira.** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 49 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/310319/1/doc96.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2019.

GIORDANI, Andréia Zanatta. **Levantamento e Diagnóstico das Manifestações Patológicas em Fachadas de Edificações localizadas no campus da UFSC.** Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. 100 p.

GONZAGA, Armando Luiz. **Madeira: uso e conservação.** Brasília: IPHAN/MONUMENTA, 2006. 246p. (Cadernos Técnicos, v. 6). Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/CadTec6_MadeiraUsoEConservacao.pdf. Acesso em: 10 nov. 2018.

GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA. [**Acervo de fotografias do Protótipo Stella-UFSC**]. Florianópolis: GIEM, 2003. 237 fotografias.

GRUPO INTERDISCIPLINAR DE ESTUDOS DA MADEIRA. [**Acervo de fotografias do balcão da cozinha**]. Florianópolis: GIEM, 2012. 15 fotografias.

HON, David N. S. Weathering and Photochemistry of Wood. In: HON, David N. S. (ed.); SHIRAIISHI, Nobuo (ed.). **Wood and cellulosic chemistry.** 2nd ed. New York: Marcel Decker, Inc., 2001. cap. 11, p. 513-546.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2009. 1986 p.

IBACH, Rebecca E. Biological Properties. In: ROWELL, Roger M. (ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites.** Boca Raton: CRC Press, 2005. cap. 5, p. 106-127.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SP. **Pinus-Eliote.** São Paulo: IPT, [20--?]. Disponível em: http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=7. Acesso em: 03 mai. 2019.

KAAS, Adelaide; WANGAARD, F. F.; SCHROEDER, H. A. Chemical degradation of wood: the relationship between strenght retencion and pentosan content. **Wood and Fiber Science Journal**, Monoma, n. 1, p. 31-39, winter 1970. Disponível em: <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1942/1942>. Acesso em: 22 mar. 2019.

KNOT bleeding. [Montreal]: SICO, 2013. 1 ilustração. Disponível em: <http://www.sico.ca/en-CA/Advice/Problem-Solving/After-application/Knot-bleeding.aspx>. Acesso em: 16 jan. 2019.

KRETSCHMANN, David E. Mechanical Properties of Wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook - Wood as an Engineering Material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. cap. 5. Disponível em: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf. Acesso em: 15 jan. 2019.

KROPF, François W. **Durability and detail design- the result of 15 years of systematic improvements**. [Dübendorf]: EMPA - Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research. [20--?]. p. 321-327.

LEBOW, Stan T. Wood Preservation. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook - Wood as an Engineering Material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. cap. 15. Disponível em: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf. Acesso em: 08 abr. 2019.

LELIS, A. T. *et al.* **Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), 2001. 54 p.

LIZARDO, Célia Bittencourt Guedes. **Suvinil stain protetor**. São Bernardo do Campo: BASF, 2018. Disponível em: <https://www.suvinil.com.br/upload/1ce5884e-c579-4874-ab32-164b25d094d6-suvinil-stain-protetormai2018pt.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2019.

LOGSDON, Norman Barros. **Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira**. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998. Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/1998DO_NormanBarrosLogsdon.pdf. Acesso em: 25 nov. 2018.

MARTINS, Varlone Alves. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Departamento de Pesquisa, Laboratório de Produtos Florestais, 1988. 52 p.

MASSA F12- Viapol. [Caçapava]: Viapol, 2016. 1 vídeo (3 min). Publicado pelo canal Viapol. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=339Wui2ZY6c>. Acesso em: 30 mai. 2019.

MOLINA, Julio Cesar; CALIL JUNIOR, Carlito. Sistema construtivo em *wood frame* para casas de madeira. **Semina: Ciências exatas e tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4017/6906>. Acesso em: 12 abr. 2019

MORRELL, JEFFREY J.; ZABEL, ROBERT A. **Wood microbiology: decay and its prevention**. San Diego: Academic Press, Inc., 1992. 473 p.

NAPPI, Manuela Marques Lalani. **Corrosão de elementos metálicos embutidos em diferentes espécies de madeira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. 233 p.

NILSSON, Thomas; SINGH; Adya P. Tunneling bacteria and tunneling of wood cell walls. **McGraw-Hill yearbook of science & technology**. New York, AccessScience, 2014, 7 p.

PACE, José Henrique Camargo *et al.* A ação do intemperismo interfere no acabamento superficial e na coloração da madeira de espécies florestais. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 61, p. 1-7, 2018.

PENTOX cupim aerossol base água. [São Paulo]: Montana Química, [201-?]. Disponível em: <https://www.montana.com.br/Produtos/Consumidores/Linha-Decorativa/Cupinidas/Pentox-Cupim-Aerossol-Base-Agua>. Acesso em: 02 jul. 2019.

PETRUCCI, Eládio G. R. **Materiais de construção**. 11. ed. São Paulo: Editora Globo, 1998. 435 p.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 223 p.

RITTER, MICHAEL A.; MORRELL, JEFFREY J. Bridge Inspection for Decay and Other Deterioration. In: RITTER, MICHAEL A. **Timber bridges: Design, Construction, Inspection and Maintenance**. Washington: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, 1990. cap. 13. Disponível em: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/misc/em7700_8--entire-publication.pdf. Acesso em: 29 mai. 2019.

ROWELL, Roger M. *et al.* Cell Wall Chemistry. In: ROWELL, Roger M. (ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2005. cap. 3, p. 43-82.

ROWELL, Roger M. Moisture Properties. In: ROWELL, Roger M. (ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2005. cap. 4, p. 84-105.

RZATKI, Jorge Ricardo. **Modelos de Radiação para Aplicação em Simulação Térmica de Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993. 128 p.

SÁNCHEZ, J. E. *et al.* **Casas de madera: los sistemas constructivos a base de madera aplicados a las viviendas unifamiliares**. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de Madera y Corcho (AITIM), 1995. 610 p. Disponível em:

<https://eltrasteroloco.files.wordpress.com/2017/03/casa-de-madera.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.

SANTOS, JOSÉ A.; DUARTE, C. Degradação e proteção superficial da madeira em exterior. **Corros. Pros. Mater.**, Lisboa, v. 32, n. 1, p. 10-18, mar. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/cpm/v32n1/v32n1a02.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.

SCHEFFER, T.; VERRALL, A. **Principles for protecting wood buildings from decay**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1979. 59 p. Disponível em: <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplrp/fplrp190.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

SHERWOOD; Gerald E.; STROH, Robert C. **Wood-Frame house construction**. [Washington]: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, 1989. 267 p.

SILVA, Anderson. **Comportamento diafragma de paredes de madeira no sistema leve plataforma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp010482.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.

SJÖSTRÖM, Eero. **Wood chemistry fundamentals and applications**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, INC, 1993. 298 p.

SOUZA, Rodrigo Vargas. **Aspectos ambientais e de custo de produção do sistema plataforma em madeira para habitação de interesse social: estudo de caso em Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 193 p.

SPRITIZI gel. [São Paulo]: Montana Química, [201-?]. Disponível em: <https://www.montana.com.br/Produtos/Consumidores/Linha-Decorativa/Removedores-e-Restauradores/Striptizi-Gel>. Acesso em: 06 jul. 2019.

SZÜCS, Carolina Palermo (Coord.) *et al.* **Sistema Stella-UFSC: Avaliação e desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento voltado para programas de habitação social**. Relatório final de projeto de pesquisa. Florianópolis: Programa Habitare, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. 87 p.

VALLE, Ângela do. **Porta do banheiro do pavimento superior**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <pitolmaestri@gmail.com>. em: 28 mai. 2019.

VALLE, Ângela do. **Projeto de pesquisa do balcão**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <pitolmaestri@gmail.com>. em: 05 jun. 2019.

VALLE, Ângela do; TEREZO, Rodrigo Figueiredo; TELES, Carlos Dion de Melo. Uso de técnicas não destrutivas no diagnóstico de patologias em estruturas de madeira. **e-Mat**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 148-157, nov. 2004.

VELLOSO, JOANA GERALDI. **Diretrizes para construções em madeira no sistema plataforma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. 104 p.

WILLIAMS, Sam R. Weathering of Wood. In: ROWELL, Roger M. (ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2005. cap. 7, p. 146-192.

WILLIAMS, Sam R. Finishing of Wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook - Wood as an Engineering Material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. cap. 16. Disponível em: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf. Acesso em: 16 jan. 2019.