



Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - PósARQ

Rodrigo Vargas Souza

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL
CONSTRUÍDAS COM O SISTEMA *LIGHT WOOD FRAME* NO SUL DO BRASIL**

Florianópolis, 2021

Rodrigo Vargas Souza

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL
CONSTRUÍDAS COM O SISTEMA *LIGHT WOOD FRAME* NO SUL DO BRASIL**

Tese submetida ao Programa Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo – PósARQ, área de
Concentração: Projeto e Tecnologia do Ambiente
Construído da Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do título de Doutor em Arquitetura.

Orientadora: Dr^a. Lisiane Ilha Librelotto

Coorientadora: Dr^a. Ângela do Valle

Florianópolis, 2021

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

Souza, Rodrigo Vargas

Manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social construídas com o sistema Light Wood Frame no Sul do Brasil / Rodrigo Vargas Souza ; orientadora, Dr^a. Lisiane Ilha Librelotto, coorientadora, Dr^a. Ângela do Valle, 2021.

419 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Habitação de Interesse Social (HIS). 3. Light Wood Frame (LWF). 4. sistema estrutural leve de madeira. 5. manifestações patológicas.. I. Librelotto, Dr^a. Lisiane Ilha . II. Valle, Dr^a. Ângela do . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

Rodrigo Vargas Souza

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL
CONSTRUÍDAS COM O SISTEMA *LIGHT WOOD FRAME* NO SUL DO BRASIL**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof^ª. Dr^ª. Ângela do Valle
Coorientadora
UFSC

Prof^ª. Dr^ª. Akemi Ino
Avaliadora Externa
IAU/ USP - São Carlos

Prof. Dr. Tomás Queiros Ferreira Barata
Avaliador Externo
UNESP – Bauru

Prof. Dr. Humberto Ramos Roman
Avaliador Interno
UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutor no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ) da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Paolo Colosso
Coordenador do PósARQ / UFSC

Prof^ª. Dra. Lisiane Ilha Librelotto
Orientadora
UFSC

Florianópolis, 08 de janeiro 2021.

Aos meus pais: Flávio e Alda,
a minha companheira: Alexandra
e ao meu filho: Vicente.

AGRADECIMENTOS

À minha companheira Alexandra pela inspiração e pelo apoio neste caminho, cuidando com muito amor, dedicação e sabedoria do nosso filho Vicente.

Ao meu filho Vicente pelo seu sorriso e por existir.

Aos meus pais por toda dedicação, educação, amor e por compreenderem minha ausência, necessária para minha formação acadêmica.

Aos meus avós Mário e Iolanda pelos conselhos e educação fundamentais na minha infância.

À professora Lisiane Librelotto, por ter orientado este trabalho e por ter aberto as portas do LabRestauro e do grupo Virtuhab para a realização de várias atividades de pesquisa e extensão.

À professora Ângela do Valle, pela coorientação desta pesquisa, por suas contribuições e por me permitir fazer parte do Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira (GIEM) e utilizar as instalações para a realização da pesquisa.

Aos membros avaliadores da banca de defesa, professores Akemi Ino, Tomás Queiros Ferreira Barata e Humberto Ramos Roman, por aceitarem fazer parte da banca e por suas contribuições.

A todos os professores, colegas e amigos do PósARQ – UFSC pelo conhecimento compartilhado nesta caminhada.

A todos os professores da UFSC que contribuíram para esta pesquisa; A todas as empresas e profissionais que contribuíram com informações preciosas para esta pesquisa; A todos aqueles de maneira direta ou indireta, contribuíram no desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores Carlos Alberto Szücs, Poliana Dias de Moraes e Margarete R. F. Gonçalves que contribuíram com informações fundamentais e preciosas para esta pesquisa.

Aos amigos Ary Manoel Steel, Auro Fonseca e Roger Tim pelo alto nível de discussão técnica construtiva.

Aos amigos Hélios Puig e André Soares pela anarquia, pelo apoio e por me ensinarem que os sonhos não envelhecem.

A todos professores e amigos, aos colegas de trabalho e de sonhos. Muito obrigado!

Change Your Mind

“When you get weak,
and you need to test your will
When life's complete,
but there's something
missing still
Distracting you from this
must be the one you love
Must be the one whose magic touch
can change your mind
Don't let another day go by
without the magic touch”

Neil Young

SOUZA, Rodrigo Vargas. **Manifestações patológicas em habitações de interesse social construídas com o sistema *Light Wood Frame* no sul do Brasil**. 2020. 409 f. Tese (Doutorado em arquitetura e urbanismos) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

RESUMO

Nos últimos anos vem crescendo o uso do sistema construtivo *Light Wood Frame* (LWF) no sul Brasil, principalmente, para construção de Habitações de Interesse Social (HIS). Assim este trabalho analisou o desempenho técnico-construtivo e as manifestações patológicas ocorrentes nas edificações no sul do Brasil. O método utilizado baseou-se em multimétodos, já consagrados nas áreas de Avaliação Pós-Ocupação (APO), engenharia diagnóstica e restauro das edificações. O método leva em consideração o ponto de vista dos especialistas (arquitetos, construtores e pesquisadores), mas também a satisfação dos usuários, para diagnosticar aspectos a corrigir das habitações estudadas. Foram utilizados procedimentos de inspeção tradicionais e elaboraram-se mapas de danos, ferramentas comuns no restauro de edificações. Os resultados apontam as principais manifestações patológicas ocorrentes nas Habitações de Interesse Social construídas com *Light Wood Frame* no Sul do Brasil. As origens das manifestações patológicas são decorrentes de todas as etapas (projeto, construção e utilização) do ciclo de vida das edificações. A etapa que mais gerou as manifestações patológicas, foi utilização (uso e manutenção), mas também, foram identificadas uma quantidade significativa com origem nas etapas de projeto e construção. A maior parte das manifestações patológicas identificadas ocorrem nos revestimentos internos e externos do subsistema parede. Os agentes geradores das manifestações patológicas nas edificações foram: agentes humanos (furos e desgastes causados por impacto, abrasão, esforços e movimentos gerados pelos usuários e falhas no detalhamento do projeto e na construção), agentes mecânicos (vento e granizo), agentes químicos (água, condensação, sais e poeiras), agentes eletromagnéticos (radiação solar) e agentes biológicos (fungos e cupim).

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social (HIS), Light Wood Frame (LWF), sistema estrutural leve de madeira, manifestações patológicas.

ABSTRACT

In recent years, the use of the Light Wood Frame (LWF) construction system has grown in southern Brazil, mainly for the construction of Low-Cost House. Thus, this work analyzed the technical constructive performance and the pathological manifestations occurring in buildings in southern Brazil. The method used is based on multimethods, already established in the areas of Post Occupancy Evaluation (POE), diagnostic engineering and restoration of buildings. The method takes into account the experts' point of view (architects, builders and researchers), but also the users' satisfaction, to diagnose aspects to be corrected in the studied houses. Traditional inspection procedures were used and damage maps were developed, common tools for building restoration. The results show the main pathological manifestations occurring in Social Interest Homes built with Light Wood Frame in Southern Brazil. The origins of pathological manifestations stem from all stages (design, construction and use) of the life cycle of buildings. The stage that most generated the pathological manifestations was use (use and maintenance), but also, a significant amount was identified, originating from the design and construction stages. Most of the pathological manifestations identified occur in the internal and external coatings of the wall subsystem. The agents that generate pathological manifestations in buildings were: human agents (holes and wear caused by impact, abrasion, efforts and movements generated by users and flaws in the design and construction details), mechanical agents (wind and hail), chemical agents (water, condensation, salts and dust), electromagnetic agents (solar radiation) and biological agents (fungi and termites).

Keywords: Low-Cost House, Light Wood Frame (LWF), light-frame construction, pathological manifestations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de madeira das Habitações do Villa Verde.	26
Figura 2 - Residencial Haragano, Pelotas (RS).	27
Figura 3 - Possíveis manifestações patológicas no envelope da edificação.	31
Figura 4 - Evolução dos sistemas estruturais de madeira.	41
Figura 5 - Perspectivas da ossatura do light Wood Frame, 1860.	43
Figura 6 - Comparação entre as ossaturas dos três sistemas.	44
Figura 7 - Produção de painéis na indústria.	45
Figura 8 - Linha de fabricação modular.	46
Figura 9 - Madeira Laminada Colada sendo utilizada no <i>Light Wood Frame</i>	47
Figura 10 - A - Madeira Laminada Colada, B – Madeira Laminada Cruzada e C- Madeira Laminada Cavilhada.	48
Figura 11 - Seção transversal de um tronco de uma conífera.	50
Figura 12 - Os três sentidos de uma seção de madeira.	50
Figura 13 - Estrutura das angiospermas (<i>hardwood</i>) e gimnospermas (<i>softwood</i>).	52
Figura 14 - Anéis de crescimento de duas seções (4 x 9 cm) de <i>Pinus ellioti</i>	53
Figura 15 - Esquema de retirada e dimensões dos corpos de prova.	55
Figura 16 - Diagrama de retração ou inchando de três espécies de árvores e vista isométrica apresenta o percentual de variação nas três direções principais dimensões.	58
Figura 17 - Medida da inclinação das fibras de uma peça de madeira.	59
Figura 18 - Posicionamento dos nós em uma peça de madeira.	60
Figura 19 - Forma de medir a racha (A) e fenda (B).	60
Figura 20 - Encurvamento (a), arqueamento (b), abaulamento (c) e torcimento (d).	61
Figura 21 - Exemplo de carimbo para classificação da madeira serrada.	62
Figura 22 - Câmera de autoclave.	63
Figura 23 - Diagrama do processo de produção da <i>Thermowood</i>	69
Figura 24 - Residência montada no método artesanal.	70
Figura 25 - Painel semi-industrializado sendo montado no local.	71
Figura 26 - Casa modular na etapa de montagem.	72
Figura 27 - Módulos de madeira sendo transportados e conectados.	74
Figura 28 - Subsistemas (elementos) estruturais do LWF.	75
Figura 29 - Tipos de fundações.	75
Figura 30 - Fundação tipo radier.	76
Figura 31 - Piso elevado com fundação em alvenaria estrutural.	77
Figura 32 - Detalhe da fundação e do piso mostrando a abertura para ventilação.	78
Figura 33 - Pregos cravados em topo e ângulo.	81
Figura 34 - Camadas de revestimento dos elementos fixadores para madeira tratada.	86
Figura 35 - Detalhes das interseções entre as paredes.	86
Figura 36 - Detalhes das interseções entre as paredes perpendiculares.	87
Figura 37 - Conectores metálicos para banzos simples.	87
Figura 38 - Aberturas de portas e janelas.	88

Figura 39 - Detalhe do apoio para as vergas.....	88
Figura 40 - Alinhamento vertical dos montantes.....	89
Figura 41 - Três formas diferentes de contraventamento das paredes.....	91
Figura 42 - Tipos especiais de chumbadores.....	92
Figura 43 - Sentido de aplicação das chapas de madeira reconstituída.....	93
Figura 44 - Desempenho acústico do LWF comparado com paredes de alvenaria convencional.....	94
Figura 45 - Detalhamento do EIFS.....	95
Figura 46 - Tecnologias para fabricação de membranas e barreiras transpirantes.....	96
Figura 47 - Diferentes sistemas que funcionam como membrana de vapor.....	97
Figura 48 - Condensação pode ocorrer na face interna do revestimento interno na presença de bloqueador de vapor.....	98
Figura 49 - Tipos de <i>siding</i> utilizados como vedações externas.....	99
Figura 50 - Detalhe do revestimento externo em parede de alvenaria.....	101
Figura 51 - a – composição de vedações externas de chapas metálicas e cimentícias, b - madeira carbonizada como vedação externa.....	102
Figura 52 - Detalhe do peitoril de uma janela no LWF.....	102
Figura 53 - Elementos estruturais utilizados na estrutura do entrepiso.....	103
Figura 54 - Elementos que compõe a estrutura do entrepiso.....	105
Figura 55 - Variação das configurações dos painéis estruturais.....	109
Figura 56 - Sistema de cobertura <i>shingle</i> com ventilação.....	110
Figura 57 - Seção transversal de montantes (38 mm x 89 mm) mostrando os anéis de crescimento.....	114
Figura 58 - Tratamento superficial das placas cimentícias.....	117
Figura 59 - Detalhe da impermeabilização da base das paredes externas junto ao elemento de fundação (áreas secas).....	118
Figura 60 - Detalhe da cobertura.....	119
Figura 61 - Mapa isopletas.....	120
Figura 62 - Ilustração da parede dupla de geminação.....	125
Figura 63 - Gráfico de conforto térmico.....	127
Figura 64 - Fases da vida de uma construção e papel do material.....	130
Figura 65 - Desempenho com e sem manutenção.....	131
Figura 66 - Fluxo genérico para a diagnose.....	133
Figura 67 - Anomalias em revestimentos argamassados: A - vesículas, B - empolamento, C - microfissuras.....	140
Figura 68 - Principais agentes agressores e os efeitos sobre a madeira exposta intemperismo.....	144
Figura 69 - Madeira atacada por fungos de podridão parda.....	146
Figura 70 - Galeria e sinais de ataque de cupins de madeira seca.....	148
Figura 71 - Tipologias de casas térreas e unidades habitacionais verticais mais usuais no MCMV.....	150
Figura 72 - Manifestações patológicas mais frequentes em HIS.....	151
Figura 73 - Elementos construtivos atingidos.....	152

Figura 74 - Localização das Manifestações Patológicas	152
Figura 75 - Infiltração ocorrida entre a janela e o revestimento externo causando apodrecimento da chapa de OSB e montantes estruturais.....	154
Figura 76 - Presença de fungos dentro das paredes nas chapas de contraventamento.....	154
Figura 77 - Manifestações patológicas geradas por condensação nas chapas de OSB.	155
Figura 78 - Infiltração de água gerada por má instalação do acabamento da parede (<i>Step Flashing Roof</i>).	156
Figura 79 - Zonas potencialmente problemáticas no envelope da edificação.	159
Figura 80 - Seção carbonizada de madeira.....	160
Figura 81 - Metodologia geral de APO.	161
Figura 82 - Aspectos a serem tratados em APO em larga escala no sentido de potencializar seus resultados.	162
Figura 83 - Fluxograma dos passos para interpretar e analisar manifestações patológicas nas edificações.	168
Figura 84 - Uso de formão para escarificação.....	170
Figura 85 - Ilustração do equipamento de penetração ao impacto.	171
Figura 86 - Fluxograma da pesquisa	174
Figura 87 - Localização dos estudos de caso.....	183
Figura 88 - Implantação da HIS 1.	184
Figura 89 - Planta baixa do pavimento térreo e superior da HIS 1.	185
Figura 90 - A - vista externa e B – vista interna da HIS 1.....	185
Figura 91 - Perspectiva “explodida” da HIS 1.	186
Figura 92 - Entorno da HIS 1.	188
Figura 93 - Mapa de danos – fachadas HIS 1 e Mapa de danos – planta baixa HIS 1.....	195
Figura 94 - Características dos pátios das HIS.....	197
Figura 95 - Salão de festa feito de alvenaria.	201
Figura 96 - Poema do desejo de forma escrita da HIS 1.	202
Figura 97 - Implantação da HIS 2.	203
Figura 98 - Planta baixa da HIS 2.	204
Figura 99 - A- vista externa e B – vista interna da HIS 1.....	204
Figura 100 - A – ossatura de madeira e B – fundação impermeabilizada.	205
Figura 101 - A – troncos do eucalipto vermelho e B – Peças beneficiadas para uso nas ossaturas.	206
Figura 102 - Perspectiva da HIS 2.	207
Figura 103 - Mapa de danos – fachadas HIS 2.....	213
Figura 104 - Mapa de danos – planta baixa HIS 2	214
Figura 105 - Implantação da HIS 3.	219
Figura 106 - Planta baixa da HIS 3.	220
Figura 107 - A- vista externa e B – vista interna da HIS 3.....	220
Figura 108 - A – ossatura de madeira e B – fachada da HIS 3.....	221
Figura 109 - A – ampliação lateral e B – ampliação nos fundos da HIS 3.....	221
Figura 110 – Mapa de danos – fachadas HIS 3	225

Figura 111 – Mapa de danos – planta baixa HIS 3	226
Figura 112 - Implantação da HIS 4.....	231
Figura 113 - Planta baixa da HIS 4.....	231
Figura 114 - A- vista externa e B – vista interna da HIS 1.....	232
Figura 115 - Ossatura de madeira da HIS 4 em construção.....	233
Figura 116 - Mapa de danos – fachadas HIS 4	237
Figura 117 – Mapa de danos – planta baixa HIS 4	238
Figura 118 - Rua arborizada cuidada pelo proprietário a HIS 4.....	242
Figura 119 - Poema do desejo desenhado da HIS 4.....	243
Figura 120 - Implantação da HIS 5.....	244
Figura 121 - Planta baixa da HIS 5.....	245
Figura 122 - A- Ossatura sendo construída em Maio de 2005 e B – vista da HIS em 2019.....	245
Figura 123- A – Exterior e B – Interior (sala e cozinha) da HIS 5.....	246
Figura 124 – Mapa de danos – fachadas HIS 5.....	251
Figura 125 – Mapa de danos – planta baixa HIS 5	252
Figura 126 - A – Protótipo em construção e B – Protótipo em LSF pronto.....	254
Figura 127 - Implantação da HIS 6.....	257
Figura 128 - Planta baixa da HIS 6.....	258
Figura 129 - A- Perspectiva externa e B – vista interna da HIS 6.....	258
Figura 130 - A e B – Construção da HIS 6.....	259
Figura 131 – Mapa de danos – fachadas HIS 6.....	265
Figura 132 –Mapa de danos – planta baixa HIS 6	266
Figura 133 - Implantação da HIS 7.....	271
Figura 134 - A e B – Perspectivas das ruas do conjunto habitacional em Sapucaia do Sul, RS.	271
Figura 135 - Planta baixa da HIS 7.....	272
Figura 136 - A - vista externa e B – vista interna da HIS 7.....	272
Figura 137 - Cortes da HIS 7.....	273
Figura 138 - Entorno da HIS 7.....	275
Figura 139 – Mapa de danos – fachadas HIS.....	279
Figura 140 – Mapa de danos – planta baixa HIS 7	280
Figura 141 - Ampliação nos fundos da HIS 7.....	281
Figura 142 - Imagem da fundação (radier) e do aterro da HIS 7.....	285
Figura 143 - Poema do desejo de forma escrita da HIS 7.....	287
Figura 144 - Implantação da HIS 8.....	287
Figura 145 - Planta baixa da HIS 8.....	288
Figura 146 - A - vista externa e B – vista interna da HIS 8.....	288
Figura 147 - Mapa de danos – fachadas HIS 8	295
Figura 148 - Mapa de danos – planta baixa HIS 8.....	296
Figura 149 - A-B imagens internas do armazém na frente da HIS 8.....	297
Figura 150 - Implantação da HIS 9.....	300
Figura 151 - Planta baixa da HIS 9.....	301

Figura 152 - A - vista externa e B – vista interna da HIS 9.	301
Figura 153 - Diferença de nível do terreno e parede de LWF geminada ao muro de arrimo de bloco de pedra Grês.	302
Figura 154 - Mapa de danos – fachadas HIS 9.....	307
Figura 155 - Mapa de danos – planta baixa HIS 9	308
Figura 156 - Poema do desejo de forma escrita da HIS 9.	311
Figura 157 - Implantação da HIS 10.	312
Figura 158 - Planta baixa do pavimento térreo e superior da HIS 9.	313
Figura 159 - Perspectiva da HIS 10.....	314
Figura 160 - A – fachada norte e B – fachada sul da HIS 10.....	314
Figura 161 - Mapa de danos – fachadas HIS 10.....	319
Figura 162 - Mapa de danos – planta baixa HIS 10	320
Figura 163 - A e B – ampliações de outras HIS.	327
Figura 164 - Composição do subsistema parede da HIS 1, 7, 8 e 9.	331
Figura 165 - Composição do subsistema parede da HIS 2, 3 e 4.	332
Figura 166 - A – face externa da parede e B - face interna da parede em montagem.	334
Figura 167 - A – fixação do painel na fundação e B – Detalhe da plataforma do entrepiso da HIS 10.....	335
Figura 168 - Detalhe do contato do painel com radier.	336
Figura 169- Exemplo de áreas abertas dos estudos de casos.....	337
Figura 170 - A – lixo no entorno da HIS 7, 8 e 9 e B - vista do conjunto habitacional da HIS 1	339
Figura 171 - Síntese da origem das manifestações patológicas nas HIS	349
Figura 172 - Agentes que atuaram sobre os subsistemas das HIS	350
Figura 173 - A- pilar da HIS 10 e B- um modelo de porta pilar metálico.....	351
Figura 174 - A - descolamento do selante da HIS 7 e B - junta sem o mata-junta da HIS 3.	351
Figura 175 - A - detalhe da janela do lado externo da HIS 1 e B – <i>siding</i> empenado sem fixação na HIS 10.....	352
Figura 176 - A - cantoneira amassada na HIS 8 e B – cantoneira de madeira apodrecida na HIS 5.	353
Figura 177 - A – trincas transversais em telhas de fibrocimento ocasionadas por caminhamento direto na telha e B – aplicação de fita de papel na junta da chapa de gesso.	354
Figura 178 - A – tratamento de juntas entre chapas cimentícias e cantoneira metálica com massa cimentícia nos cantos (vértice) das paredes e B – trinca gerada por impacto e junta entre chapas cimentícias aberta.	355
Figura 179 - A – manchas no forro cimentício identificando vazamento nos pontos de fixação e B – painéis de aquecimento com os vidros quebrados em outras HIS em Sapucaia do Sul.	356
Figura 180 - A – B exemplos de manifestações patológicas causadas por usuários em chapas de gesso acartonado em HIS.	357
Figura 181 - A - chapa de gesso acartonado danificada no rodapé por umidade por limpeza e B – furos nas paredes para colocação de objetos.....	358
Figura 182 - Gráfico psicométrico considerando as temperaturas e as umidades relativas médias da zona bioclimática 3 para identificação do ponto de orvalho.	360

Figura 183 - A - barreira transpirante colocada diretamente sobre a ossatura de madeira e B – ossatura interna da HIS 10.	361
Figura 184 - A – descolamento do revestimento (basecoat) na HIS 1 e B – descolamento da pintura na parede da HIS 3.....	361
Figura 185 - Manchas causadas por microrganismos nas fachadas das HIS 2 (A) e HIS 9 (B).	362
Figura 186 A - B: Telhas da HIS 10 apresentando escurecimento causados por microrganismos nas orientações norte e sul e cobertura cerâmica ao lado seguindo o mesmo padrão de escurecimento.....	363
Figura 187 - Percentual de manifestações patológicas em cada orientação das fachadas das HIS	364

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação dos objetivos com os procedimentos metodológicos	173
Quadro 2 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 1	189
Quadro 3 - Traços físicos encontrados na HIS 1	198
Quadro 4 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 1	200
Quadro 5 - Síntese da avaliação das HIS 1 feita pelo o usuário	201
Quadro 6 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 2	208
Quadro 7 - Traços físicos encontrados na HIS 2	215
Quadro 8 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 2	217
Quadro 9 - Síntese da avaliação das HIS 2 feita pelo o usuário	218
Quadro 10 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 3	223
Quadro 11 - Traços físicos encontrados na HIS 3	227
Quadro 12 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 3	229
Quadro 13 - Síntese da avaliação da HIS 3 feita pelo o usuário	230
Quadro 14 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 4	235
Quadro 15 - Traços físicos encontrados na HIS 4	239
Quadro 16 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 4	241
Quadro 17 - Síntese da avaliação da HIS 4 feita pelo o usuário	242
Quadro 18 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 5	248
Quadro 19 - Traços físicos encontrados na HIS 5	253
Quadro 20 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 5	255
Quadro 21 - Síntese da avaliação da HIS 5 feita pelo o usuário	256
Quadro 22 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 6	261
Quadro 23 - Traços físicos encontrados na HIS 6	267
Quadro 24 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 6	269
Quadro 25 - Síntese da avaliação da HIS 6 feita pelos os usuários	270
Quadro 26 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 7	275
Quadro 27 - Traços físicos encontrados na HIS 7	282
Quadro 28 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva das HIS 7, 8 e 9	284
Quadro 29 - Síntese da avaliação da HIS 7 feita pelo o usuário	286
Quadro 30 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 8	291
Quadro 31 - Traços físicos encontrados na HIS 8	298
Quadro 32 - Síntese da avaliação da HIS 8 feita pela a usuária	299
Quadro 33 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 9	304
Quadro 34 - Traços físicos encontrados na HIS 9	309
Quadro 35 - Síntese da avaliação da HIS 9 feita pelo a usuária	311
Quadro 36 - Principais manifestações encontradas nas HIS 10	316
Quadro 37 - Traços físicos encontrados na HIS 10	321
Quadro 38 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 10	323
Quadro 39 - Síntese da avaliação da HIS 10 feita pelos os usuários	324

Quadro 40 - Síntese das avaliações das HIS feita pelos construtores.....	342
Quadro 41 - Síntese das avaliações das HIS feita pelos usuários	344
Quadro 42 - Manifestações patológicas identificadas nos estudos de caso e sua origem.....	346

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área plantada com <i>Pinus</i> na região sul do Brasil (ha)	28
Tabela 2 - Classificação de madeiras de coníferas quanto à classe de densidade, em função do número de anéis por polegada e da proporção de lenho tardio.	53
Tabela 3 - Classes de resistência das coníferas e folhosas.	56
Tabela 4 - Classes de umidade.	57
Tabela 5 - Classes visuais descritas na <i>National Grading Rule</i>	59
Tabela 6 - Composição quantitativa dos ingredientes ativos do CCA.	64
Tabela 7 - Durabilidade de madeiras com e sem tratamento, em ensaio de campo.	65
Tabela 8 - Preservantes naturais indicações e eficácia.	67
Tabela 9 - Características dos três métodos construtivos.	73
Tabela 10 - Seções transversais padrões para montantes e banzos.	79
Tabela 11 - Pré-dimensionamento dos montantes e das paredes em madeira.	79
Tabela 12 - Resistência das diferentes seções dos montantes utilizados na estrutura do LWF.	81
Tabela 13 - Diferentes partes de um parafuso.	82
Tabela 14 - Conectores mais usuais no <i>Light Wood Frame</i>	83
Tabela 15 - Métodos de contraventamento indicados pelo <i>International Residential Code</i>	90
Tabela 16 - Propriedades térmicas dos materiais isolantes termo acústicos.	94
Tabela 17 - Tipos de membranas e barreiras	96
Tabela 18 - Principais características físicas das chapas cimentícias.	100
Tabela 19 - Pré-dimensionamento para pisos, vigas e treliças de madeira	103
Tabela 20 - Resistência ao fogo e transmissão de som de diferentes tipologias do entrepiso	105
Tabela 21 - Informações técnicas das telhas cerâmica, fibrocimento e <i>Shingle</i>	110
Tabela 22 - Normas relacionadas à construção e aos subsistemas em madeira.	111
Tabela 23 - Vida útil de projeto dos diversos subsistemas.	113
Tabela 24 - Limites de ingredientes ativos.	115
Tabela 25 - Síntese dos ensaios de compressão excêntrica.	116
Tabela 26 - Resistência mecânica (resistência à tração na flexão) das chapas cimentícias. ..	116
Tabela 27 – Síntese dos resultados obtidos do índice de redução sonora ponderada (Rw). ..	122
Tabela 28 - Resistência ao fogo e índice de redução sonora de diferentes tipologias de paredes.	124
Tabela 29 – Condições para obtenção do nível de desempenho térmico mínimo para as oito zonas bioclimáticas (forro em placas de gesso acartonado).	126
Tabela 30 – Agentes que atuam sobre o edifício e suas partes.	135
Tabela 31 - Valores indicativos das propriedades térmicas de alguns materiais.	139
Tabela 32 - Causas intrínsecas aos processos de deterioração em estruturas de madeira.	143
Tabela 33 - Situações gerais de serviço e classes de risco.	145
Tabela 34 - Manifestações patológicas geradas pela umidade em edificações construídas com LWF.	157
Tabela 35 - Amostra de perguntas para avaliar edificações	163

Tabela 36 - Lista de HIS selecionadas	175
Tabela 37 - População entrevistada	180
Tabela 38 - Levantamento espacial interno HIS 1	187
Tabela 39 - Levantamento espacial externo HIS 1	187
Tabela 40 - Levantamento espacial interno HIS 2	206
Tabela 41 - Levantamento espacial externo HIS 2	207
Tabela 42 - Levantamento espacial interno HIS 3	222
Tabela 43 - Levantamento espacial externo HIS 3	222
Tabela 44 - Levantamento espacial interno HIS 4	234
Tabela 45 - Levantamento espacial externo HIS 4	234
Tabela 46 - Levantamento espacial interno HIS 5	247
Tabela 47 - Levantamento espacial externo HIS 5	247
Tabela 48 - Levantamento espacial interno HIS 6	260
Tabela 49 - Levantamento espacial externo HIS 6	260
Tabela 50 - Levantamento espacial interno HIS 7	274
Tabela 51 - Levantamento espacial externo HIS 7	274
Tabela 52 - Levantamento espacial interno HIS 8	289
Tabela 53 - Levantamento espacial externo HIS 8	290
Tabela 54 - Levantamento espacial interno HIS 9	303
Tabela 55 - Levantamento espacial externo HIS 9	303
Tabela 56 - Levantamento espacial interno HIS 10	315
Tabela 57 - Levantamento espacial externo HIS 10	315
Tabela 58 - Os principais traços físicos encontrados nas HIS.	328
Tabela 59 - Síntese dos materiais utilizados no subsistema cobertura	329
Tabela 60 - Transmitância Térmica dos subsistemas cobertura	331
Tabela 61 - Síntese dos materiais utilizados no subsistema parede.	333
Tabela 62 - Síntese dos espaços privados e coletivos das HIS	338
Tabela 63 - Área das aberturas em comparação com a NBR 15220.....	340
Tabela 64 - Dados climáticos dos locais onde estão localizadas as HIS	359
Tabela 65 - Manifestações patológicas nas diferentes orientações solares	364

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	25
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	25
1.2 JUSTIFICATIVA, INEDITISMO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO	28
1.3 PERGUNTA DE PESQUISA.....	33
1.4 OBJETIVOS	33
1.5 HIPÓTESES DA PESQUISA	34
1.6 DEFINIÇÕES	34
1.7 DELIMITAÇÕES.....	36
1.8 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	37
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	39
2.1 LIGHT WOOD FRAME	39
2.1.1 Madeira utilizada na estrutura do <i>Light Wood Frame</i>	48
2.1.2 Métodos para classificação estrutural da madeira	54
2.1.3 Tratamento da madeira.....	62
2.1.4 Método de montagem do Light Wood Frame	70
2.1.5 Características do <i>Light Wood frame</i> (detalhes construtivos).....	74
2.1.5.1 Fundação e piso do <i>Light Wood Frame</i>	75
2.1.5.2 Painéis estruturais do <i>Light Wood Frame</i>	78
2.1.5.3 Entrepiso (plataforma) e cobertura do <i>Light Wood Frame</i>	102
2.1.6 Diretrizes, desempenho e durabilidade do <i>Light Wood Frame</i> no Brasil.....	111
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS CONSTRUÇÕES.....	128
2.2.1 Agentes de degradação dos edifícios e dos materiais de construção	134
2.2.1.1 Agentes de degradação da madeira	143
2.2.2 Manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social.....	149
2.2.3 Manifestações patológicas em habitações construídas com o <i>Light Wood Frame</i>	153
2.2.4 Avaliação Pós-Ocupação	160
2.2.5 Técnicas de diagnóstico (procedimento de inspeção).....	165
2.2.5.1 Ensaio não destrutivos	169
3. MÉTODO, FERRAMENTAS E TÉCNICAS	173
3.1 DEFINIÇÃO DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL PARA ESTUDO DE CASO.....	175
3.2 MÉTODOS DE PESQUISA SELECIONADOS	176
3.2.1 Trabalho de gabinete.....	176
3.2.1.1 Pesquisa documental e Pesquisa bibliográfica	176
3.2.1.2 Preparação para o trabalho de campo	176

3.2.1.3	Ordenamento de dados.....	176
3.2.2	Trabalho de campo	177
3.2.2.1	Visita exploratória	177
3.2.2.2	Levantamento espacial	177
3.2.2.3	Observação	177
3.2.2.4	Entrevista semiestruturadas	178
3.2.2.5	Mapa de danos.....	180
3.3	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	181
4.	ESTUDOS DE CASO.....	183
4.1	ESTUDO DE CASO - HIS 1 – PELOTAS.....	184
4.1.1	Visita exploratória, levantamento espacial – HIS 1.....	185
4.1.2	Observação dos traços físicos da HIS 1.....	197
4.1.3	Percepção técnico-constructiva da HIS 1 sob o viés dos construtores.....	199
4.1.4	Percepção da HIS 1 sob o viés dos usuários.....	200
4.2	ESTUDO DE CASO - HIS 2 – RIO GRANDE.....	202
4.2.1	Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 2.....	205
4.2.2	Observação dos traços físicos da HIS 2.....	215
4.2.3	Percepção técnico-constructiva da HIS 2 sob o viés dos construtores.....	216
4.2.4	Percepção da HIS 2 sob o viés dos usuários.....	217
4.3	ESTUDO DE CASO - HIS 3 – RIO GRANDE.....	218
4.3.1	Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 3.....	220
4.3.2	Observação dos traços físicos da HIS 3.....	227
4.3.3	Percepção técnico-constructiva da HIS 3 sob o viés dos construtores.....	228
4.3.4	Percepção da HIS 3 sob o viés dos usuários.....	229
4.4	ESTUDO DE CASO - HIS 4 – RIO GRANDE.....	230
4.4.1	Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 4.....	232
4.4.2	Observação dos traços físicos da HIS 4.....	239
4.4.3	Percepção técnico-constructiva da HIS 4 sob o viés dos construtores.....	240
4.4.4	Percepção da HIS 4 sob o viés dos usuários.....	241
4.5	ESTUDO DE CASO - HIS 5 – GRAVATAÍ	243
4.5.1	Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 5.....	246
4.5.2	Observação dos traços físicos da HIS 5.....	253
4.5.3	Percepção técnico-constructiva da HIS 5 sob o viés dos construtores.....	254
4.5.4	Percepção da HIS 5 sob o viés dos usuários.....	255
4.6	ESTUDO DE CASO - HIS 6 – CAXIAS DO SUL	256
4.6.1	Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 6.....	259
4.6.2	Observação dos traços físicos da HIS 6.....	267

4.6.3	Percepção técnico-constructiva da HIS 6 sob o viés dos construtores	268
4.6.4	Percepção da HIS 6 sob o viés dos usuários	269
4.7	ESTUDO DE CASO - HIS 7 – SAPUCAIA DO SUL	270
4.7.1	Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 7	273
4.7.2	Observação dos traços físicos da HIS 7	281
4.7.3	Percepção técnico-constructiva da HIS 7 sob o viés dos construtores	283
4.7.4	Percepção da HIS 7 sob o viés dos usuários	285
4.8	ESTUDO DE CASO - HIS 8 – SAPUCAIA DO SUL	287
4.8.1	Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 8	289
4.8.2	Observação dos traços físicos da HIS 8	297
4.8.3	Percepção da HIS 8 sob o viés dos usuários	299
4.9	ESTUDO DE CASO - HIS 9 – SAPUCAIA DO SUL	300
4.9.1	Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 9	301
4.9.2	Observação dos traços físicos da HIS 9	309
4.9.3	Percepção da HIS 9 sob o viés dos usuários	310
4.10	ESTUDO DE CASO - HIS 10 – FLORIANÓPOLIS	312
4.10.1	Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 10	313
4.10.2	Observação dos traços físicos da HIS 10	321
4.10.3	Percepção técnico-constructiva da HIS 10 sob o viés dos construtores	322
4.10.4	Percepção da HIS 10 sob o viés dos usuários	324
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO	325
5.1	ASPECTOS GERAIS DOS ESTUDOS DE CASO	325
5.1.1	Observações dos traços físicos	326
5.1.2	Composição de materiais dos subsistemas das HIS	329
5.1.3	Espaços privados, coletivos e entornos das HIS	336
5.2	PERCEPÇÃO DAS HIS SOBRE VIÉS DOS CONSTRUTORES E DOS USUÁRIOS	339
5.2.1	Percepção das HIS sobre o viés dos construtores	339
5.2.2	Percepção das HIS sobre o viés dos usuários	342
5.3	ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	345
5.3.1	Manifestações patológicas com origem na etapa de projeto	350
5.3.2	Manifestações patológicas com origem na etapa de execução (construção)	353
5.3.3	Manifestações patológicas com origem na etapa de uso e manutenção	356
5.4	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E O CLIMA	358
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	367
6.1	CONCLUSÕES	367
6.2	CONTRIBUIÇÕES DESTA PESQUISA	370

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	371
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	373
APÊNDICE 1	388
APÊNDICE 2	390
APÊNDICE 3	392
APÊNDICE 4	394
APÊNDICE 5	396
APÊNDICE 6.....	399
APÊNDICE 7.....	402
APÊNDICE 8	407
APÊNDICE 9.....	410

1. INTRODUÇÃO

Esta tese assume como tema de pesquisa a ocorrência de manifestações patológicas em *Light Wood Frame* (LWF). Foi desenvolvida na área de concentração de Projeto e Tecnologia do Ambiente Construído, na linha de pesquisa Métodos e Técnicas Aplicados ao Projeto em Arquitetura e Urbanismo. Ainda, está incluso no projeto de pesquisa Gestão da Sustentabilidade e Desenvolvimento Tecnológico e junto ao Grupo de Pesquisa VirtuHab.

O desenvolvimento desta pesquisa acontece em paralelo a normatização do LWF no Brasil com a NBR 16936 - Edificações em *Light Wood Frame* entrando em consulta pública. Com o aumento da escala de produção de edificações construídas com os sistemas construção a seco (*Light Wood Frame e Light Steel frame*), considerados ainda inovadores no território nacional, fica evidente a lacuna do conhecimento no que tange a Avaliação Pós Ocupação (APO) destes sistemas construtivos em diferentes aspectos: técnicos, sociais e culturais. A emergência de uma pesquisa de campo confrontando as dificuldades inerantes a objetividade científica e a coleta de dados se fez necessária.

Concomitantemente com as atividades realizadas nesta pesquisa, foram ministrados cursos práticos e palestras na comunidade acadêmica e local na cidade de Florianópolis, afim de divulgar e estabelecer uma boa prática construtiva do sistema construtivo LWF.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A utilização de sistemas construtivos que aliam racionalização, alta produtividade, qualidade técnica e que minimizem os impactos ambientais, vem ganhando cada vez mais espaço no Brasil, principalmente, para construção de Habitações de Interesse Social (HIS).

O *Light Wood Frame* (LWF)¹ utilizado para construções de edificações de até cinco pavimentos é um destes sistemas construtivos, pois é leve, estruturado em perfis de madeira de floresta plantada, que permite a utilização em conjunto com diversos materiais, além de permitir rapidez na montagem e total controle dos gastos já na fase de projeto por ser um sistema industrializado (MOLINA e CALIL JUNIOR, 2010).

¹ Neste trabalho adotou-se o uso da pronúncia em inglês *Light Wood Frame*, para denominar o sistema estrutural leve de madeira. Na literatura este sistema também pode ser chamado de *Wood Frame*, *light timber construction*, *light-frame construction* no idioma inglês e sistema estrutural leve de madeira e/ou sistema leve de madeira no idioma português. De forma coloquial o *Light Wood Frame* pode ser chamado também de *platform framing* (sistema plataforma) que é a versão mais atual e mais utilizada do *Light Wood Frame*, conforme apresentando na seção 2.1.

Dentre os sistemas construtivos de madeira que estão sendo disseminados por pesquisadores e também por empresas especializadas, o sistema estrutural leve, conhecido como *Light Wood Frame* (LWF), apresenta um alto grau de desenvolvimento e de aceitação das construções habitacionais em madeira. Em países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Suécia, Finlândia e Japão, os sistemas estruturais leves de madeira são utilizados em larga escala. No primeiro, cerca de 90% das residências são construídas como o LWF, o qual associa as vantagens da madeira a processos industrializados de construção (THALLON, 2008).

No Chile, por exemplo, o escritório de arquitetura Elemental devolveu um projeto com tipologia “metade pronta” para Habitações de Interesse Social (HIS) para a empresa florestal Arauco. O conjunto habitacional chamado Villa Verde foi todo construído no sistema LWF, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Estrutura de madeira das Habitações do Villa Verde.



Fonte: ArchDaily Brasil (2013)

Nas últimas duas décadas, surgiram pequenas empresas no sul do Brasil que, buscando alternativas construtivas com baixo impacto ambiental, mais rápidas e econômicas, adotaram o LWF como solução construtiva para edificações térreas e de dois pavimentos (sobrados), predominantemente, para atender a demanda de habitações de interesse social.

Em 2011, foi aprovada a Diretriz SINAT nº 005 intitulada “Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas – Sistemas leves tipo *Light Wood Framing*” (BRASIL, 2011) e em meados de 2012, a Caixa

Econômica Federal (CEF) aprova a construção do primeiro conjunto habitacional em LWF, incluso no programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) – o residencial Haragano, localizado na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul (ESPINDOLA e INO, 2014). O empreendimento, entregue em 2013, atende a primeira faixa do Programa Minha Casa Minha Vida, que inclui famílias com renda mensal de até três salários mínimos. Foram construídas 280 unidades habitacionais de 45 m², incluindo 270 sobrados geminados e dez casas térreas (Figura 2).

Figura 2 - Residencial Haragano, Pelotas (RS).



Fonte: Autor (2017)

As florestas plantadas no Brasil ocupam, aproximadamente, 4,8 milhões de hectares (ha), dos quais, cerca de 3,0 milhões de ha correspondem a reflorestamentos com eucalipto, e 1,5 milhão, a reflorestamentos com pinus, sendo a maioria das plantações efetuadas pelas indústrias do setor ou por iniciativa de alguns estados (BRDE, 2003, ACR, 2014).

A região sul do Brasil se destaca pela produtividade florestal sendo, superior em produtividade por ha aos Estados Unidos e à África do Sul, com uma área de floresta plantada de Pinus spp de 4.581.173 ha e de Eucalipto spp de 3.046.733 (ACR, 2014, SNIF, 2017), conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Área plantada com Pinus na região sul do Brasil (ha)

Estado	Área plantada de Pinus Spp (ha)	Área plantada de Eucalipto Spp (ha)
Paraná	2.239.755	1.250.129
Santa Catarina	1.699.441	536.314
Rio Grande do Sul	641.977	1.210.290
Região sul	4.581.173	3.046.733
Total Brasil	5.135.048	18.705.725

Fonte: Adaptado de SNIF (2017)

Apesar dos possíveis impactos a biodiversidade e a paisagem a floresta plantada é uma alternativa para a melhoria das condições de vida da população de baixa renda e para a reabilitação de áreas degradadas podendo facilitar a restauração ecológica de florestas nativas (OLIVEIRA E OLIVEIRA, 2018). Segundo Laroca (2002) quanto ao aspecto florestal e ambiental, a madeira de floresta plantada pode ser plantada e manejada para este fim, garantindo estoques para as gerações futuras. Sob o ponto de vista sócio-econômico, pode gerar oportunidades de trabalho em regiões com vocação florestal nas várias etapas da cadeia produtiva (serrarias, fábricas de componentes, carpintaria e usinas de tratamento). Com um baixo investimento de capital é possível substituir a produção centralizada em descentralizada, em forma de cooperativas ou de pequenas empresas (LAROCA, 2002).

Os esforços em direção à produção de HIS com melhor qualidade técnico-construtiva, e de forma mais sustentável, é um empreendimento conjunto de vários segmentos (silvicultura, serrarias, fabricantes, projetistas, construtores e universidades) e principalmente integrando profissionais de diversas áreas do conhecimento que possam interagir nos aspectos político, cultural, ambiental e, inclusive, em dimensões éticas e estéticas.

1.2 JUSTIFICATIVA, INEDITISMO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O Setor da Construção Civil vem apresentando mudanças significativas, com vários esforços para a melhoria da qualidade na cadeia produtiva e para o incremento da produtividade por meio do desenvolvimento de planos organizacionais e inovações tecnológicas, tais como a revisão e a produção de normas técnicas, a redução do desperdício em canteiros de obras, a utilização de sistemas industrializados e a formação de um sistema nacional de certificação.

Segundo Espindola (2017) no histórico geral do país, desde a segunda metade do século XX, a indústria da construção em madeira foi pouco disseminada e apresentou poucas inovações tecnológicas. Entre 1980 e 2000 foram construídas poucas construções leves de

madeira ² no território nacional, podendo se destacar as habitações populares, vilas e obras provisórias (escritórios, refeitórios e vestiários para canteiros de obras) construídas pelas empresas construtoras EPOTEC do Paraná, Battistela de Santa Catarina e Madezatti do Rio Grande do Sul. Além destas construções, desde 1990, se intensificaram as pesquisas visando a transformação e o desenvolvimento tecnológico da indústria de construção em madeira no Brasil. Nestes processos, foram construídos protótipos e unidades experimentais nas diversas regiões brasileiras, em geral, como resultados de pesquisas em instituições de ensino, como Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Estas primeiras iniciativas e, em paralelo, o desenvolvimento e a consolidação das indústrias de chapas reconstituídas, chapas de gesso acartonado e chapas cimentícias no território nacional para atender a demanda crescente da construção a seco, em especial do *drywall*, possibilitaram no início dos anos 2000, que construtoras e madeireiras em pequenas escalas adotassem o LWF como solução construtiva.

Espíndola (2017) afirma que em 2009, o setor madeireiro se mobilizou mediante a denominada Comissão Casa Inteligente para transformar e incrementar sua produção. Como resultado desta ação conjunta, em 2011, foi aprovada a Diretriz SINAT nº 005 e em 2012, o sistema construtivo leve de madeira denominado *wood frame* foi introduzido no programa habitacional Minha Casa Minha Vida (PMCMV) financiado por agentes públicos.

Com o Documento de Avaliação Técnica -DATEc nº 20 (BRASIL, 2017) em vigor desde 2013 há um número crescente de HIS construídas com o sistema construtivo LWF e, recentemente, a Comissão de Estudo de Sistemas Construtivos *Wood Frame* (CE-002:126.011) do Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002) anunciou que está em fase de aprovação a norma de *Light Wood Frame* no Brasil. Isto deve consolidar o LWF como alternativa construtiva industrializada, sustentável e econômica, para HIS em todo o território nacional, em especial na região sul do Brasil, devido aspectos culturais construtivos herdados, principalmente, dos imigrantes italianos e alemães.

Porém é importante nesta etapa de desenvolvimento do sistema construtivo no País Avaliações Pós-Ocupação (APO), principalmente, do desempenho construtivo e da aceitação dos usuários, já que a madeira como material de construção ainda apresenta pouca aceitação no

² Estes sistemas leves de madeira não eram necessariamente o *Light Wood Frame* desenvolvido na América do Norte ou na Europa no mesmo período, eram versões mais rudimentares ou entramados, painéis encaixados e sistemas de pilar-viga.

Brasil, não somente por questões técnicas, mas simbólicas, isto é, devido às associações da casa de madeira como construção de baixa qualidade ou de baixa durabilidade, sendo este um dos principais empecilhos ao seu emprego (FILHO *et al.*, 2018).

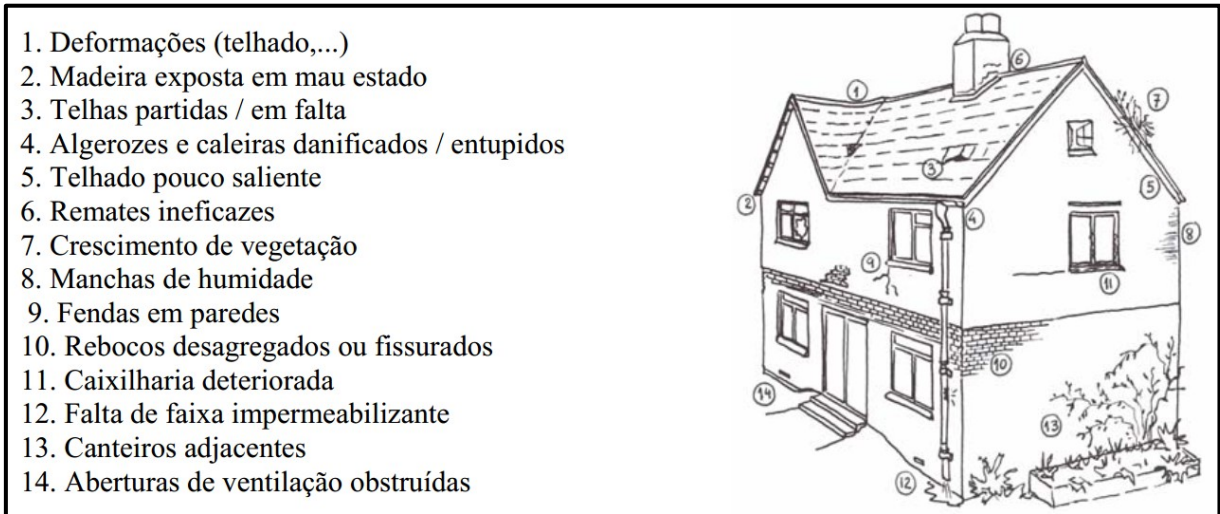
Segundo Ono *et al.* (2015) o processo de produção do ambiente construído necessita de conhecimento pleno de todas as suas etapas, desde as atividades de pré-projeto, projeto, construção, uso e ocupação, até o final da vida útil do edifício. É possível formar-se, assim, um ciclo realimentador que tem como finalidade a busca pela melhoria da qualidade em cada etapa, sempre vinculada à redução de erros e associada a custos menores, do projeto ao uso e à manutenção, até o adequado descarte ou reuso dos resíduos da demolição.

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) tem contribuído com o conhecimento mais aprofundado de várias etapas desse processo. Aplicada no decorrer do uso da edificação, seus diagnósticos e recomendações podem contribuir para a formulação de intervenções com vistas à manutenção e operação dos próprios estudos de caso e, se em edificações semelhantes e de modo sistêmico (ONO *et al.*, 2015).

Segundo a ABDI (2015), os sistemas construtivos destinados à habitação devem cumprir os critérios mínimos de seu desempenho, conforme a NBR 15575 – Edificações habitacionais - desempenho (ABNT, 2013), considerando aspectos de segurança estrutural; segurança ao fogo; estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico e de durabilidade (vida útil). Além disso, deve ser realizada análise preliminar dos custos e prazos, e vantagens e desvantagens das alternativas disponíveis.

Segundo Gomide (2016), evitar equívocos técnicos ou precipitações estratégicas no desenvolvimento de novos sistemas construtivos se constituem metas obrigatórias para o mercado da construção. A prevenção de erros técnicos pode ser obtida por meio de estudos e experiências adquiridas buscando, a qualidade total. Para evitar ocorrência de manifestações patológicas e aumentar o desempenho e a durabilidade das edificações, é necessário recorrer aos conhecimentos dos diagnósticos e prognósticos e prescrições de boas técnicas, justamente com uma análise das manifestações patológicas recorrentes, condições de uso, detalhes construtivos e adaptação dos sistemas construtivos ao clima e à cultura construtiva local. A Figura 3 apresenta algumas manifestações patológicas possíveis no envelope da edificação.

Figura 3 - Possíveis manifestações patológicas no envelope da edificação.



Fonte: Cruz (2001)

As primeiras construções feitas em LWF no início dos anos 2000 no país foram marcadas por experimentalismos e adaptações construtivas³, já que não havia um entendimento técnico construtivo consolidado, faltava disponibilidade de materiais e muitos componentes construtivos no mercado nacional essenciais para compor a boa técnica construtiva. Assim, apesar do pioneirismo construtivo, muitas edificações apresentaram baixo desempenho técnico-construtivo e muitas manifestações patológicas, ainda pouco entendidas quanto as suas causas e origens.

Passados mais de 15 anos do desenvolvimento e avanços já citados do LWF no Brasil, com produções de edificações isoladas e em escala (loteamentos populares com financiamento público), documentos técnicos validados apenas por ensaios de laboratórios privados, esporços estudos científicos⁴, despreparo e falta de interesse da cadeia produtiva da madeira para fornecimento de peças adequadas para a ossatura do sistema leve, um provincianismo técnico industrial baseado apenas em interesses mercadológicos, desatualização e estagnação da construção civil e do ensino das escolas de engenharia e arquitetura⁵, o LWF consolida-se como alternativa construtiva inédita e sustentável, porém ainda com lacunas no conhecimento no que tange a sua tropicalização, aceitação cultural, causas e características das suas possíveis e recorrentes manifestações patológicas.

³ Em sua Tese Espíndola (2017) apresenta algumas edificações deste período tentando construir uma linha histórica da evolução do wood frame no Brasil, porém deixa de fora muitas construções significativas deste período, como as casas de baixo custo construídas em LWF sob a orientação da Brasilit nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A Brasilit foi uma das principais divulgadoras deste sistema construtivo no início dos anos 2000.

⁴ Espíndola (2017) faz um levantamento de todas as pesquisas realizadas no Brasil até o início de 2010.

⁵ Ver a tese de Santos (2008) que investiga, numa perspectiva sócio-histórica, como a hegemonia do sistema construtivo do concreto armado foi engendrada no Brasil, a partir dos currículos dos cursos de arquitetura e engenharia civil, da organização profissional, das normas técnicas e uma intensa campanha publicitária.

No entanto, com o desenvolvimento do sistema construtivo *Light Wood Frame* no mercado nacional, com o início da vigência da norma desempenho em edificações NBR 15575 (ABNT, 2013) somados à disponibilidade de madeira de floresta plantada para fornecimento de matéria-prima, disponibilidade de financiamento do sistema construtivo LWF para a construção de unidades habitacionais unifamiliares e normatização do LWF, possibilitam a este sistema construtivo uma alternativa viável e promissora para o desenvolvimento de HIS mais sustentáveis. Neste contexto este trabalho se propõe a analisar o desempenho técnico-construtivo ⁶ e a identificar as principais manifestações patológicas recorrentes nas HIS construídas com o sistema construtivo LWF no sul do Brasil, levando em consideração o ponto de vista dos especialistas (arquitetos, construtores e pesquisadores), mas também a satisfação dos usuários, por meio de uma Avaliação Pós-Ocupação.

Esta pesquisa não pretendeu propor um método para avaliação das manifestações patológicas, porém, utiliza diferentes procedimentos baseados em multimétodos já consagrados em Avaliação Pós-Ocupação (APO) combinando com procedimentos de inspeção tradicionais, obtendo assim, resultados quali-quantitativos dos estudos de caso analisados. Estes procedimentos exigiram, antecipadamente, a elaboração de uma revisão bibliográfica detalhada, especialmente sobre o LWF, já que há pouca informação técnica científica deste sistema construtivo no país. Também foram feitas buscas exploratórias e sistemáticas em diferentes bases de dados (Scopus, Scielo, ISI Web of Science e ProQuest)⁷ e não foi encontrado nenhum trabalho científico que tenha feito APO em HIS construídas com LWF no Brasil, o que torna esta pesquisa inédita.

A originalidade desta pesquisa não se deve aos procedimentos utilizados no método, já que a APO e os estudos de patologias das construções são conhecimentos consolidados, mas sim, no fato de utilizar estudos de casos em HIS, construídas com o LWF no sul do Brasil, em um momento que o sistema construtivo está sendo consolidado no território nacional e a pesquisa sendo desenvolvida, paralelamente, a elaboração da norma de edificações em *Light Wood Frame*.

⁶ Ver definições (seção 1.6) e delimitações (seção 1.7) de desempenho técnico-construtivo nesta pesquisa.

⁷ Tanto a busca sistemática quanto a exploratória foram realizadas no primeiro trimestre de 2018, momento em que o tema da pesquisa foi definido. A estratégia de busca iniciou com o mapeamento da literatura compondo as questões de interesse desta pesquisa e definindo os critérios de inclusão e exclusão. Foram utilizadas diferentes combinações de palavras-chaves contendo ao menos duas palavras-chaves: “Avaliação Pós-Ocupação” e/ou “Manifestação Patológicas” e/ou “Light Wood Frame” e/ou “Wood Frame” e/ou “Sistema Estrutural Leve de Madeira” e/ou “Habitações de Interesse Social”. A busca sistemática utilizou o método SSF – *Systematic Search Flow* FERENHOF e FERNANDES (2016).

Também é importante salientar que os estudos de casos selecionados para a pesquisa representam variações deste sistema construtivo no país, construídos com diferentes métodos de montagem, espécies de madeira e diferentes detalhes construtivos. A soma destas variações construtivas com o fato de o sistema construtivo ser culturalmente pouco conhecido pelos usuários e, muitas vezes, pelos profissionais (arquitetos, engenheiros e construtores) aumentaram a complexidade para as identificações das origens e causas das manifestações patológicas das HIS. Assim a utilização dos procedimentos de multimétodos considerando a conjuntura social em que estão inseridas as HIS, os recursos disponíveis para a pesquisa⁸ e o atual contexto de desenvolvimento do LWF no país, foram as estratégias metodológicas mais adequadas à realidade brasileira ao mesmo tempo que empregaram uma abordagem integrada à visão do usuário, projetista e construtor.

Por fim, os resultados obtidos neste estudo podem contribuir para os futuros projetos e investimentos relacionados à produção de HIS construídas com LWF e para o desenvolvimento do LWF para a produção de HIS no Sul do Brasil.

1.3 PERGUNTA DE PESQUISA

Quais as origens e as características das manifestações patológicas nas habitações de interesse social construídas com o sistema construtivo *Light Wood Frame* no Sul do Brasil?

1.4 OBJETIVOS

O **objetivo geral** desta pesquisa é identificar as origens e as causas das manifestações patológicas nas Habitações de Interesse Social (HIS) construídas no sistema construtivo *Light Wood Frame* (LWF) na região sul do Brasil.

Para tanto, os **objetivos específicos** são:

- Analisar o desempenho técnico-construtivo das HIS construídas com o sistema LWF;
- Analisar a adequabilidade de projetos de HIS construídas com o sistema LWF;
- Identificar processos, materiais e fluxos que possam estar gerando problemas na fase industrial⁹;
- Verificar causas que possam gerar problemas na montagem das edificações;

⁸ Esta pesquisa foi feita com recursos do próprio pesquisador, sem financiamento público ou privado.

⁹ Por fase industrial entende-se a fabricação e execução, sem necessariamente envolver a fase de projeto e de montagem no local (*In situ*), já que os subsistemas de cinco estudos de casos foram produzidos na fábrica no método semi-industrializado (dos painéis) e transportando para o canteiro de obras.

- Analisar a satisfação dos usuários (moradores) das HIS construídas no sistema LWF no sul do Brasil.

1.5 HIPÓTESES DA PESQUISA

As hipóteses formuladas nesta pesquisa são:

- As habitações de interesse social construídas com o *Light Wood Frame* no sul do Brasil apresentam manifestações patológicas por falhas de projeto e execução.
- As habitações de interesse social construídas com o *Light Wood Frame* são adequadas tecnicamente para a região sul do Brasil.
- As habitações de interesse social construídas com o *Light Wood Frame* no sul do Brasil são adequadas para atender as demandas de moradia das classes sociais da qual são destinadas.
- Há problemas de ordem técnico-construtiva que devem ser identificados e corrigidos nas HIS construídas com o *Light Wood Frame* no sul do Brasil.
- Há ocorrências de problemas de utilização (pós-ocupação) que devem ser diagnosticados e corrigidos em futuros projetos construídos com o *Light Wood Frame* no sul do Brasil.

1.6 DEFINIÇÕES

Nesta pesquisa será utilizado o conceito de **Manifestação Patológica**¹⁰ com suas **origens** e **causas**. É na manifestação patológica que se inicia o processo de investigação das causas, a origem e a natureza dos fenômenos patológicos. A ocorrência das manifestações, ao nível da superfície dos componentes, nem sempre acompanha o momento do surgimento do problema. Há casos em que a manifestação patológica só fica legível ao observador, seja usuário

¹⁰ A ciência que estuda as patologias das construções define os conceitos de causas, origem, natureza, manifestações, mecanismos e agentes, de ocorrências que estejam promovendo a perda no desempenho da edificação ou de um componente construtivo. Neste trabalho é considerado o conceito de origem, causa e agente da manifestação patológica obtidas de forma exploratória. A natureza da patologia, que é a razão secundária da manifestação patológica, que está ligada aos aspectos produtivos e, os mecanismos, que pressupõe a identificação das causas, origem e natureza das manifestações patológicas não foram utilizadas conceitualmente nesta pesquisa. A identificação da manifestação patológica com precisão, muitas vezes, pode necessitar de ensaios laboratoriais que não foram utilizados nesta pesquisa, por falta de recurso econômico e de tempo, o que confirma o caráter exploratória e de campo desta pesquisa.

da edificação ou profissional em uma rotina de inspeção, após os estragos já estarem em estado avançado de deterioração.

A **origem** é o “ porquê” da manifestação patológica. Explica a razão principal para o seu surgimento, estando diretamente ligado às etapas do processo de produção das edificações, componentes e materiais, uso e manutenção. Segundo Tinoco (2009 - A), a origem da manifestação patológica na edificação ou em um componente construtivo se relaciona com a sua vida útil, pode se localizar desde o processamento do material na natureza, passando pelo beneficiamento até o seu emprego na edificação. A origem sempre está relacionada à produção pela atividade humana. Assim, a manifestação patológica pode ter origem na concepção do projeto, isto é, na elaboração do detalhe construtivo, passando pela execução até a maneira como o material é utilizado na vida diária. Então fica definido neste trabalho que as origens das manifestações patológicas podem ser oriundas do projeto, da execução, do uso, da falta de manutenção e/ou da qualidade do material. Muitas vezes neste estudo será observado que há manifestações patológicas com mais de uma origem e/ou uma causa.

A **causa** é a razão primária da manifestação patológica, configurando-se na justificativa mais evidente para o seu surgimento, pois descreve o fato, sendo geralmente, esta associada a um ou mais agentes, o qual são os responsáveis por desencadear a manifestação patológica. Segundo Tinoco (2009 - A) em determinadas situações, podem ocorrer ações de vários agentes agressivos em uma ou mais partes da edificação. Como tais circunstâncias podem tornar complexa a identificação dos níveis de intensidade dos ataques, é prático dividir as causas num quadro geral:

- Causas operantes ou eficientes
- Causas predisponentes ou coadjuvante

As causas operantes são as causas principais, as responsáveis pelo maior montante dos problemas e prejuízos sobre componentes. As causas predisponentes referem-se à ação do tempo (entropia), debitadas pela ausência de manutenção periódica. Trata-se de causas que atuam de modo coadjuvante à ação operante principal, suas ações podem ser lentas, mas são constantes e progressivas. Além disso, as causas podem estar visíveis ou ocultas. As que não se apresentam a vista do observador são reveladas através de investigações (TINOCO, 2009 - A).

Um ou vários **agentes** podem atuar para a degradação das edificações e seus componentes construtivos. Para este trabalho, têm-se os agentes mecânicos, eletromagnéticos, químicos, biológicos e humanos como principais responsáveis, direto e indiretos, pela

deterioração das edificações. A Tabela 30, na revisão bibliográfica, apresenta os principais agentes que podem atuar sobre o edifício e suas partes.

O conceito de **desempenho** de edificações tem sido entendido como o comportamento em uso das construções ao longo da sua vida útil. Já a vida útil é um conceito entendido como período de tempo durante o qual a edificação mantém o desempenho esperado, quando submetidos apenas às atividades de manutenção pré-definidas em projeto, NBR 15575 (ABNT, 2013). A abordagem do desempenho se realiza durante o projeto e construção, uso e manutenção da edificação, na preparação e estruturação de diretrizes de projeto, no controle de qualidade de produtos por meio de inspeção, aprovação e certificação.

A avaliação do **desempenho técnico-constructivo** neste trabalho está relacionada a identificação das causas e origens das manifestações patológicas vinculadas às deficiências e inadequações geradas nas etapas de projeto, execução da obra, uso e manutenção. Esta pesquisa é predominantemente, qualitativa devido ao tamanho da amostra e por utilizar um método que leva em consideração o ponto de vista dos especialistas (arquitetos, construtores e pesquisadores), mas também a satisfação dos usuários, para diagnosticar aspectos a corrigir nos estudos de caso. Neste sentido, Nurizan e Hashim (2001) afirmam que a avaliação do desempenho técnico-constructivo pode ser obtida por meio de uma mensuração subjetiva, incluindo a percepção, satisfação e aspirações dos usuários e/ou equipe técnica que fez parte da construção da edificação, utilizando para isto questionários e entrevistas.

Nesta pesquisa foi utilizado o conceito de subsistemas para dividir as HIS em partes. Os subsistemas são compostos por diferentes elementos (materiais), formando uma parte da edificação, com funções e necessidades para o cumprimento do desempenho. Os subsistemas avaliados neste trabalho são: a fundação/piso, a parede, o entrepiso e a cobertura.

1.7 DELIMITAÇÕES

As delimitações deste trabalho são as seguintes:

- foram feitas as avaliações dos subsistemas fundação/piso, parede, entrepiso e cobertura, não sendo avaliados os subsistemas elétrico e hidrossanitário;
- não foi possível avaliar a ossatura das HIS, em função da dificuldade de acesso aos painéis (paredes) internamente. Para obtenção de informações compositivas dos mesmos foram consultadas fotografias registradas durante a execução das obras, desenhos técnicos, memoriais descritivos e relatos dos agentes entrevistados que participaram do projeto e da execução das obras;

- não foram avaliados eventuais anexos (ampliações) existentes nas HIS construídos em outros sistemas construtivos;
- neste trabalho não foram feitos ensaios não destrutivos e de laboratório nas edificações, componentes e/ou materiais devido à falta de recursos materiais e financeiros;
- na avaliação do subsistema cobertura não foi acessada a cobertura pela face exterior, devido à falta de equipamentos de segurança, assim, as avaliações fotográficas e visuais deste subsistema, feitas à distância, podem trazer imprecisões; e,
- nesta pesquisa não foi adotada uma classificação ou um indicador de desempenho das edificações, já que a avaliação do desempenho técnico-construtivo das HIS é feita de forma qualitativa por meio de visitas exploratórias e entrevistas e, de forma quali-quantitativa, por meio levantamento espacial e elaboração de mapas de danos.

1.8 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este trabalho está dividido em 6 capítulos. Neste primeiro capítulo são apresentados o problema de pesquisa, a justificativa, o ineditismo e a relevância do estudo, a pergunta de pesquisa, o objetivo geral, os objetivos específicos, as hipóteses da pesquisa, as definições e as delimitações da pesquisa, além desta apresentação da estrutura do documento.

No segundo capítulo, de revisão bibliográfica, são apresentados os temas relativos ao *Light Wood Frame* tais como: a madeira utilizada na estrutura, os métodos de classificação estrutural da madeira, os tratamentos utilizados na madeira, os métodos de montagem, e as características dos materiais e dos subsistemas que compõem uma edificação construída com o LWF. Neste capítulo também são discutidas as diretrizes, o desempenho e a durabilidade do LWF no Brasil, as patologias que podem ocorrer nas construções, nas habitações de interesse social e nas habitações construídas com o LWF. Fechando o capítulo da revisão bibliográfica são apresentados temas relacionados à avaliação pós-ocupação, às técnicas de diagnóstico (procedimento de inspeção) e os ensaios não destrutivos.

No terceiro capítulo é apresentado o método de pesquisa, com os passos que foram seguidos para o desenvolvimento, partindo da seleção das habitações de interesse social para o estudo de caso. Depois foram apresentadas as etapas do método de pesquisa selecionado, detalhando os procedimentos para a coleta de dados que incluem visitas exploratória, levantamento espacial, observação e entrevistas semiestruturadas. Também foram apresentados o procedimento para elaboração dos mapas de dados e a população consultada.

No quarto capítulo são apresentados os resultados dos dez estudos de caso realizados, fazendo uma descrição detalhada de todos os dados obtidos, partindo de uma descrição das edificações, passando pelos resultados das observações e apresentando os dados obtidos nas entrevistas até chegar nas manifestações patológicas que foram apresentadas individualmente para cada caso.

No quinto capítulo é apresentada a discussão dos resultados obtidos, fazendo uma discussão individual e conjunta dos resultados obtidos das HIS de forma quali-quantitativa e identificando os agentes e as origens das manifestações patológicas.

Por fim, no sexto capítulo conclui-se o trabalho, sintetizando os principais resultados da pesquisa, sendo indicadas sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo está organizado em duas seções. Na primeira seção (2.1), é apresentada a história do LWF, a madeira utilizada em sua estrutura, os principais métodos utilizados para a classificação da madeira e os principais preservantes utilizados para proteção da madeira. Também são apresentados nesta seção, os métodos de montagem (construtivos) e as características do sistema construtivo (fundação, piso, paredes, entrepiso e cobertura) e, por fim, discutida as diretrizes, o desempenho e a durabilidade do LWF no Brasil.

Na segunda seção (2.2), são apresentadas as principais patologias ocorrentes em edificações, os agentes de degradação dos edifícios e dos materiais de construção, as manifestações patológicas ocorrentes em HIS e em habitações construídas com o LWF. Também são apresentados os métodos e instrumentos utilizados na avaliação pós-ocupação e as técnicas de diagnóstico (procedimento de inspeção) em edificações.

2.1 LIGHT WOOD FRAME

A madeira como material de construção está diretamente relacionada com o desenvolvimento da história da humanidade. Segundo Turan (2009):

“O início da construção de madeira deve ser mais antigo que o *Homo sapiens*, os humanos modernos. Mesmo antes, do próprio significado de construção, sabemos que nossos antepassados foram se aninhando em galhos de árvores modificando o ambiente natural. A atividade de construção dos ninhos dos macacos mais altos, organizando e tecendo os galhos em uma plataforma redonda estável, em seguida, amortecendo-o com galhos quebrados, paus e folhas arrancadas, para uma noite de descanso, podem não ser "construções" no sentido convencional, no entanto, é uma atividade construtiva consciente que está bem além de apenas acumular materiais. De acordo com Fruth e Hohmann, ninhos também podem ser considerados “a base ferramental para toda habilidade futura de uso”, onde cognição superior e habilidades tecnológicas serviram como trampolim para o grande salto na evolução dos hominídeos. Isto é provável que esta primeira alteração ambiental seja o começo de uma longa jornada na história da construção.” (TURAN, 2009).

Turan (2009) afirma que os primeiros abrigos humanos foram desenvolvidos onde as condições ambientais eram favoráveis ao crescimento das árvores, que eram disponíveis de alguma forma como material de construção. Das formas rudimentares de construção, a tecnologia amadureceu com o tempo e a experiência, o conceito de estrutura foi desenvolvido até os tempos modernos, da produção artesanal ao refinamento dessas técnicas, principalmente, por meio de métodos empíricos e compreensão intuitiva do comportamento estrutural e da natureza do material. Este processo de formação e evolução de construção de madeira tem sido gradual e, em geral, um progresso de mudança e desenvolvimento para uma economia de

materiais e trabalho racional. Esta evolução é uma conquista significativa do intelecto humano e um passo importante para a racionalização das decisões de projeto.

Para Turan (2009) há diversos sítios arqueológicos que demonstram a utilização da madeira como material de construção no período paleolítico, tais como as cabanas magdalenianas (13.000-10.000 a.C) e as habitações rasas de terra amata (400 000 a.C) na Europa ocidental, como também as construções *anasazi pithouse* (200 d.C) no sudoeste americano, que eram feitas escavadas na terra (Figura 4 – a).

Em 400 aC, a prática comum no sul da Europa eram casas triangulares com armações semi-rígidas que tinham as cargas transferidas para o solo (Figura 4 – b). As construções de madeira em Burgaschi, aproximadamente um milênio depois, apresentavam forma retangular e tinham como principal inovação o uso de estacas no solo (Figura 4 – c)

Turan (2009) afirma que uma progressiva linha de evolução pode ser traçada no desenvolvimento das construções de madeira. Embora não seja um desenvolvimento linear, o denominador comum neste processo longo e lento foi a busca pela racionalização, ou seja, estabilidade e rigidez das construções com menos material e menos trabalho possível.

Uma das técnicas construtivas que é possível destacar desta linha evolutiva das construções de madeira é o blocause (do alemão de *Block + Haus*) que consistia na sobreposição de troncos de madeira que eram encaixados nas extremidades (WEIMER, 2005) (Figura 4 – d). Com o desenvolvimento das técnicas de carpintaria, a partir do século XV, as edificações de toras foram evoluindo para troncos regulares (Figura 4 – e) e grossas tábuas (Figura 4 – f).

Thiede (1963) apud Weimer (2005) afirmam que as construções em blocause necessitavam de uma abundância de troncos retos e lisos:

“Por isso, as árvores indicadas são as coníferas e exatamente nos locais onde havia abundância de pinheiros eram encontradas essas construções, ou seja, desde os Cárpatos até o Jura alemão. Isso vale dizer que ocorriam desde a Prússia oriental, a Silésia, Boêmia, até o sul da Alemanha, pelos Alpes bávaros, Alpes suábios, e na Floresta Negra, às margens do Reno. Daí se estendiam pela Suíça e Áustria até as encostas sulinas dos Alpes tirolezes, na Itália. Eram também encontradas nos países nórdicos na península da Dinamarca.” (THIEDE, 1963 apud WEIMER, 2005)

O blocause foi uma das técnicas construtivas mais antigas e também a primeira a ser abandonada, segundo Thiede (1963) apud Weimer (2005):

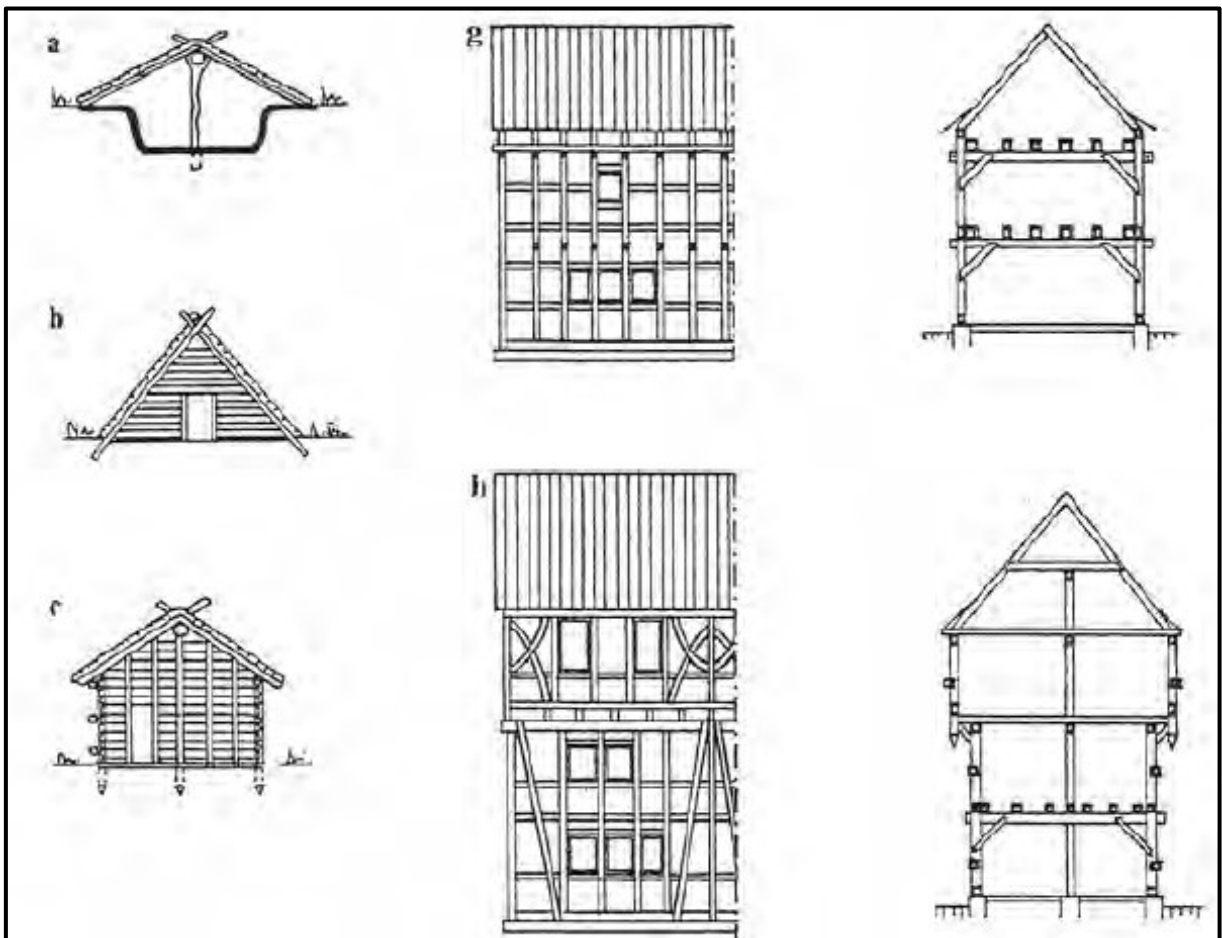
“A razão fundamental desse fato deve ser creditada ao alto consumo de madeira que demandava. Com o progressivo crescimento populacional, o consumo se tornou cada vez maior. Em consequência, a demanda superava a oferta e, por isso, teve de ser abandonada. Essas construções persistiam até tempos recentes nas regiões altas e inóspitas dos Alpes, ficando sempre mais restrita à arquitetura rural.” (THIEDE, 1963 apud WEIMER, 2005)

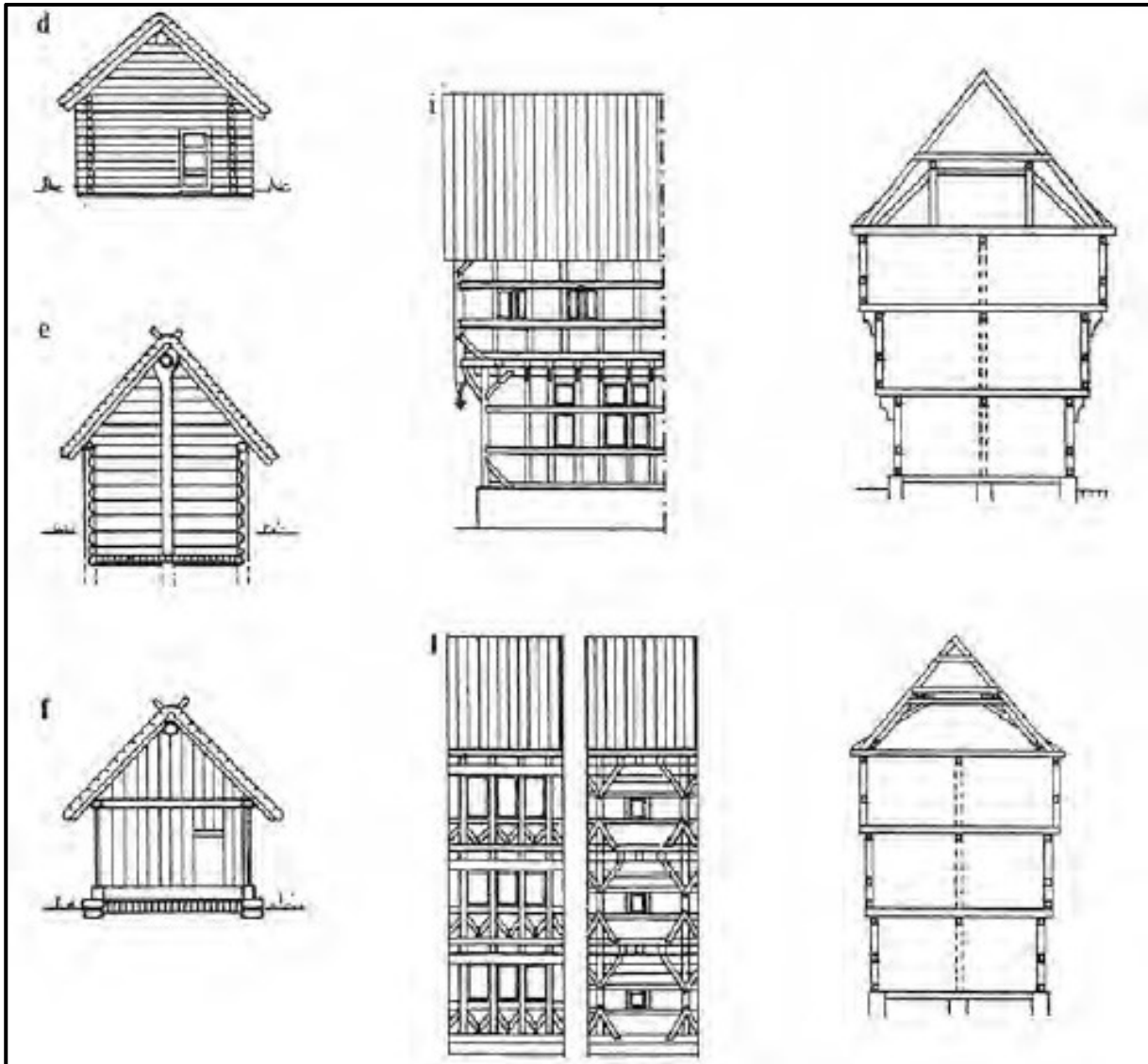
Segundo Weimer (2005) por essas razões, a técnica que se impôs, com o passar do tempo em toda a Europa central foi a construção em prateleiras (*fachwerk* ou *fachwerkbau*), também conhecida como enxaimel. Este sistema construtivo, inicialmente, se desenvolveu na planície germânica e planalto médio, no centro da Alemanha, pois havia abundância da madeira de carvalho (*Eiche*) (WEIMER, 2005).

Segundo Benoît e Paradis (2007) a construção de edificações com estruturas de madeira foi uma das técnicas mais importantes utilizadas na Europa entre o período medieval até o final do século XVIII. As peças eram trabalhadas por carpinteiros por meio de processos artesanais, tais como falquejamento e o entalhamento. Dentre os sistemas construtivos em madeira deste período, destacam-se as diferentes variações do enxaimel.

Weimer (2005) afirma quando a cultura centro-europeia chegou à Idade Média, já havia experimentado uma variação dos sistemas construtivos enxaimel: o baixo-saxão (Figura 4 – g), o franco (Figura 4 – h) e o alemânico (Figura 4 – i e j).

Figura 4 - Evolução dos sistemas estruturais de madeira.



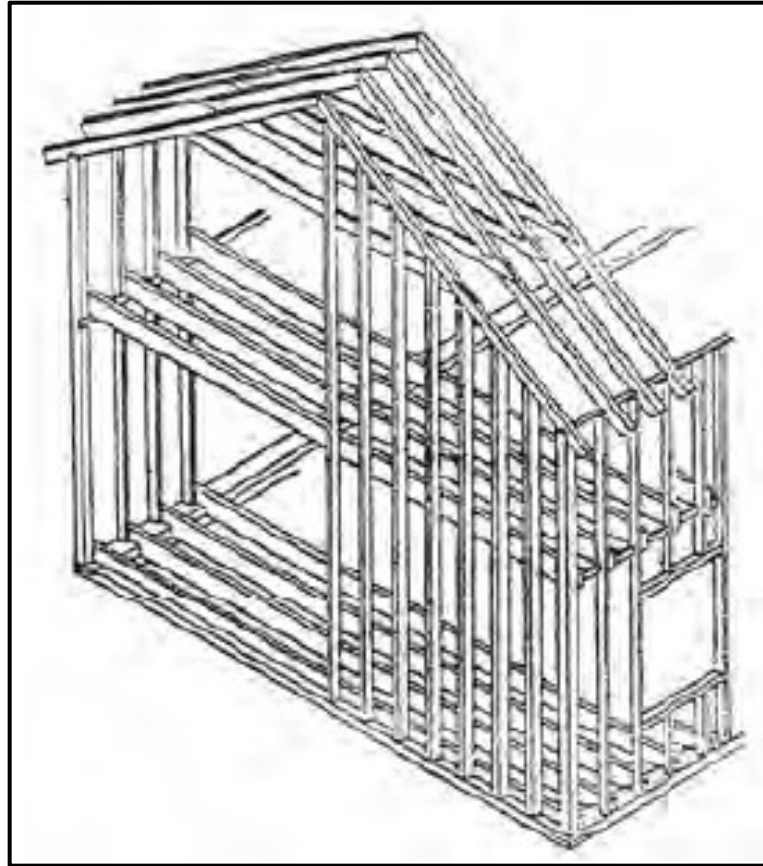


Fonte: Benedetti e Bacigalupi (1991)

A partir do final do século XVIII, as serras passam a ser operadas mecanicamente e a manufatura industrial de pregos transforma os hábitos construtivos nos Estados Unidos. Peças de madeira de menor seção tornaram-se disponíveis em grandes quantidades. O sistema estrutural leve de madeira é o primeiro tipo de construção industrializada que se tem conhecimento e foi utilizada pelos pioneiros americanos para a produção de casas em Chicago em 1840 (BENOÎT E PARADIS, 2007).

Segundo Thallon (2008) o *Light Wood Frame* originou-se nos Estados Unidos há mais de 150 anos e evoluiu rapidamente para o sistema de construção, predominante, para habitações e outros edifícios de pequena escala. Hoje, mais de 90% de todos os edifícios norte-americanos são construídos usando alguma versão deste método. A Figura 5 apresenta uma das primeiras perspectivas da ossatura do *Light Wood Frame*, que se tem conhecimento, desenhada pelo Engenheiro Arquiteto George E. Woodward em 1860.

Figura 5 - Perspectivas da ossatura do light Wood Frame, 1860.



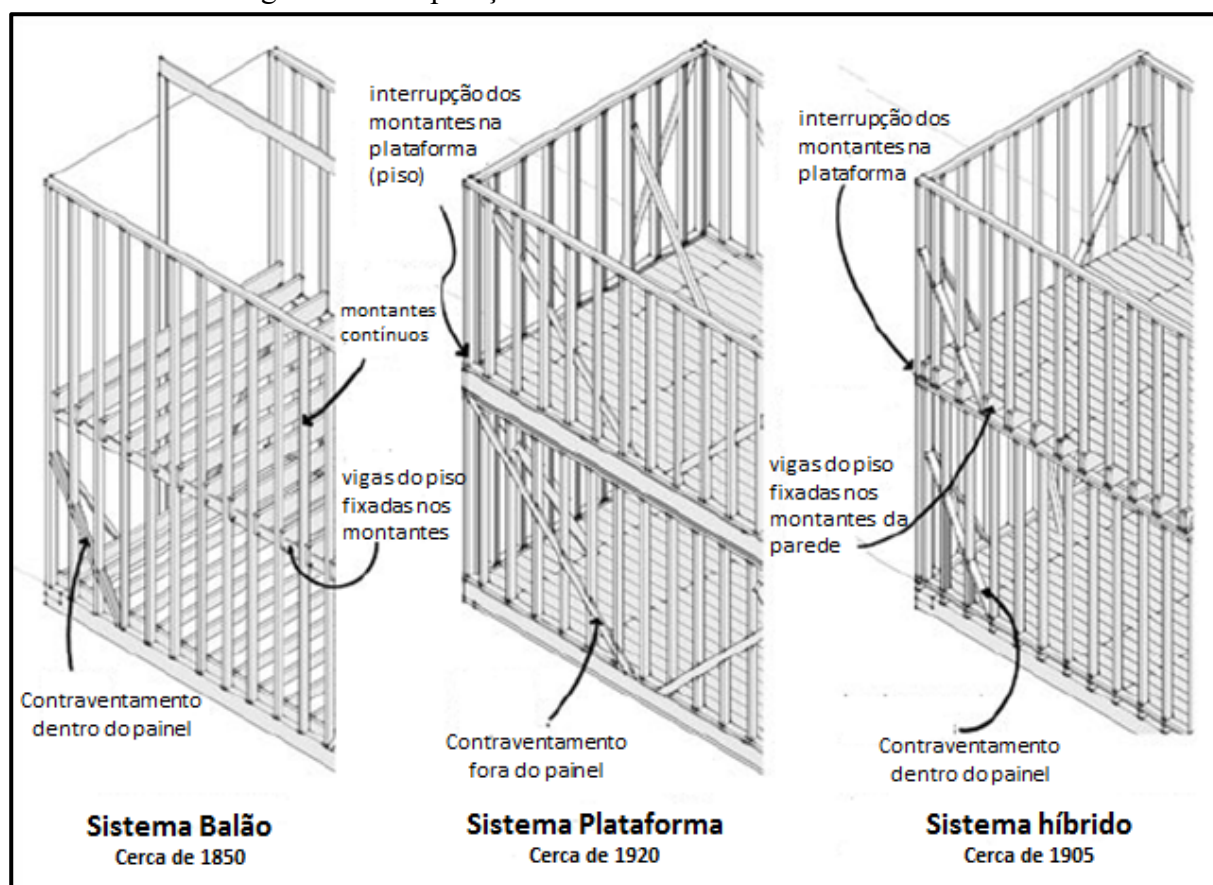
Fonte: Turan (2009)

De acordo com Sánchez (1995), as construções leves em madeira tiveram origem no século XIX, na América do Norte, como consequência de dois fatores: a disponibilidade de produtos industriais inéditos e padronizados (madeira serrada e pregos), e a necessidade de um sistema rápido de construção para a colonização do oeste dos Estados Unidos. Segundo Benoît e Paradis (2007), as primeiras construções do *Light Wood Frame* foram construídas na versão conhecida como sistema balão (*Balloon frame*). Este sistema construtivo é marcado pela fabricação industrial de peças esbeltas, pouco espaçadas entre si, cuja altura acompanha desde a fundação até a cobertura. Essa ossatura é fechada por painéis estruturais de madeira.

Com o tempo, surgiram várias modificações no sistema balão, buscando o seu aprimoramento até chegar ao Sistema Plataforma (*Platform frame*), que é o sistema construtivo geralmente empregado nos dias de hoje. O sistema plataforma mantém o conceito estrutural do sistema balão, ou seja, pequenas seções de madeira associados a painéis de fechamento, mas diferencia-se pela interrupção dos montantes ao nível de cada piso, conforme mostra a Figura 6. Esta descontinuidade permite a pré-fabricação das peças e a facilidade de execução e de montagem dos quadros, uma vez que se manipulam peças com menor comprimento, menor peso e menos encaixes e cortes (SILVA, 2004). Segundo Thallon (2008), o Sistema Plataforma

sobrepujou seu antecessor devido à maior facilidade e rapidez de execução, e também por apresentar melhor desempenho frente ao fogo. Segundo O'Brien (2010) devido à disponibilidade de serrarias, produtores de madeira na região dos Montes Apalaches não investiram em serras e fornos a vapor necessários para produzir montantes de madeira com umidade controlada. Assim os carpinteiros eram incapazes de reproduzir a ossatura do sistema plataforma, fazendo adaptações que resultou em um sistema híbrido (*hybrid "Blacksburg" frames*), utilizando detalhes do sistema balão e do sistema plataforma.

Figura 6 - Comparação entre as ossaturas dos três sistemas.



Fonte: Adaptado de Turan (2009)

Atualmente, as construções de sistemas leves de madeira são utilizadas em larga escala na construção civil em países como EUA, Canadá, Austrália, Alemanha e países Escandinavos. Esta tecnologia é usada na construção de edifícios residenciais, hotéis, escritórios, escolas e pequenos edifícios comerciais. O desenvolvimento de uma ampla gama de elementos estruturais possibilitou o transporte de grandes painéis da indústria para o canteiro de obras (Figura 7) (MALESZA E MIEDZIALOWSKI, 2017).

Figura 7 - Produção de painéis na indústria.

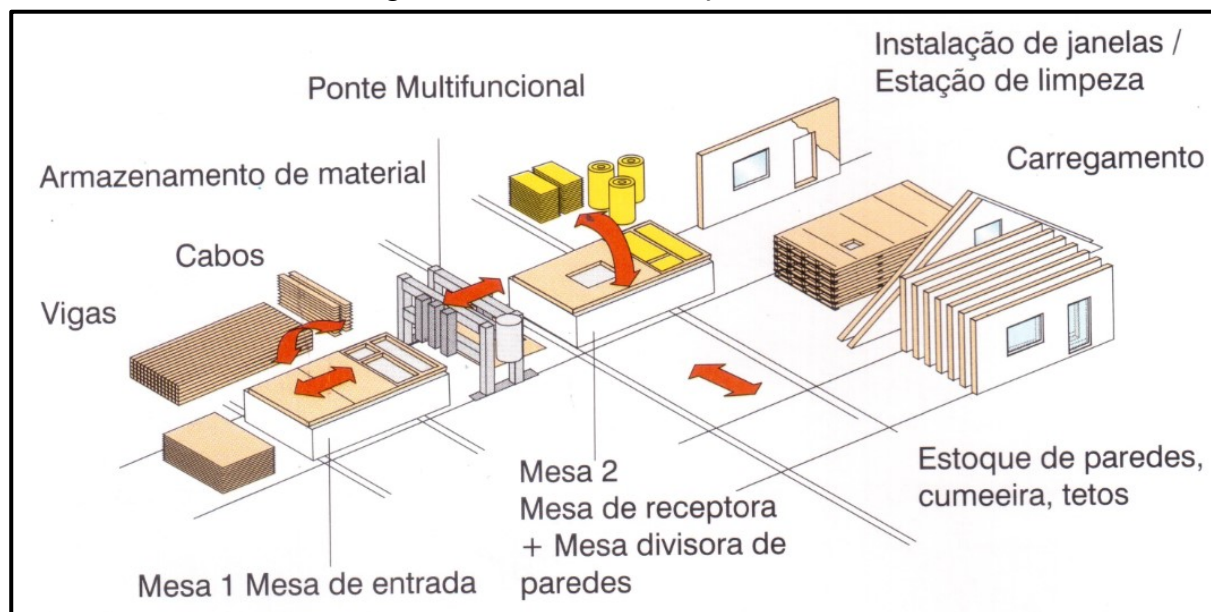


Fonte: Malesza e Miedzialowski (2017)

O *Light Wood Frame* consiste num sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira de floresta plantada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar o conforto térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo. Atualmente, o sistema LWF permite a construção de casas de até cinco pavimentos com total controle dos gastos já na fase de projeto devido à possibilidade de industrialização do sistema. A madeira é utilizada, neste caso, principalmente como estrutura interna de paredes e pisos, proporcionando uma estrutura leve e de rápida execução, pois os sistemas e subsistemas são industrializados e montados por equipes especializadas, em momentos definidos da obra, e de forma independente (MOLINA e CALIL JUNIOR, 2010). A Figura 8 mostra a produção industrial dos subsistemas (painéis) do LWF em uma linha de produção, onde inicialmente são posicionados os montantes e os banzos ¹¹e as chapas de compensado ou OSB que compõe a estrutura dos painéis (mesa 1). Esta etapa pode ser manual ou automatizada. Após o posicionamento das peças estruturais é feita a fixação com pregos ou grampos, cortes das “rebarbas” e das aberturas (portas e janelas) pela ponte multifuncional. Na etapa seguinte, é feita a instalação dos isolamentos termoacústico e dos sistemas hidráulico e elétrico e colocado os fechamentos externas e internas (mesa 2), onde os painéis são virados manual ou mecanicamente para isto. Por fim é feita a instalação das esquadrias das portas e janelas e limpeza dos painéis para serem estocados, montados em módulos ou levados para a obra.

¹¹ Neste trabalho optou-se por chamar o elemento horizontal que compõe a ossatura de banzo. Na literatura também é possível encontrar como guia. Já o elemento vertical que compõe a ossatura é chamado de montante.

Figura 8 - Linha de fabricação modular.



Fonte: Weinmann (2012)

Na última década, as construções de madeira mostraram uma forte expansão, devido as melhorias tecnológicas trazidas pelas madeiras engenheiradas. As madeiras engenheiradas ou madeiras massivas (*massive timber*) são madeiras transformadas industrialmente para utilização, especialmente, na construção civil. Estas transformações buscam eliminar as imperfeições naturais da madeira, tais como deformações, rachaduras e a variabilidade de resistência mecânica. Assim é possível produzir peças em seções e comprimentos muito superiores aos da madeira serrada.

Os sistemas construtivos de madeira engenheirada que são mais utilizados são: a Madeira Laminada Colada (MLC ou Glulam), a Madeira Laminada Pregada (NLT ou *Nail Laminated Timber*), a Madeira Laminada Cruzada (CLT ou *Cross Laminated Timber*), e a Madeira Laminada Cavilhada (DLT ou *Dowel Laminated Timber*).

A madeira Laminada Colada é uma das madeiras engenheiradas mais utilizadas em todo o mundo. Segundo Dias (2019) as primeiras estruturas de MLC foram concebidas na Alemanha, em 1906, pelo Engenheiro Otto Hetzer. Basicamente as peças estruturais de MLC são produzidas com lâminas de madeira oriundas de floresta plantada coladas entre si com adesivos sintéticos, tais como a melamina-ureia-formaldeído e o resorcinol formaldeído, utilizando prensas.

A Madeira Laminada Colada é utilizada para construção de estruturas com arcos, vigas retas ou curvas, lajes e painéis, que vencem pequenos e grandes vãos, podendo assim, ser utilizados em diferentes tipologias construtivas. Nos Estados Unidos as vigas e pilares de MLC

são comumente utilizadas para vencer grandes vãos em edificações construídos com o sistema *Light Wood Frame* (Figura 9).

Figura 9 - Madeira Laminada Colada sendo utilizada no *Light Wood Frame*.



Fonte: *American Plywood Association* (2018)

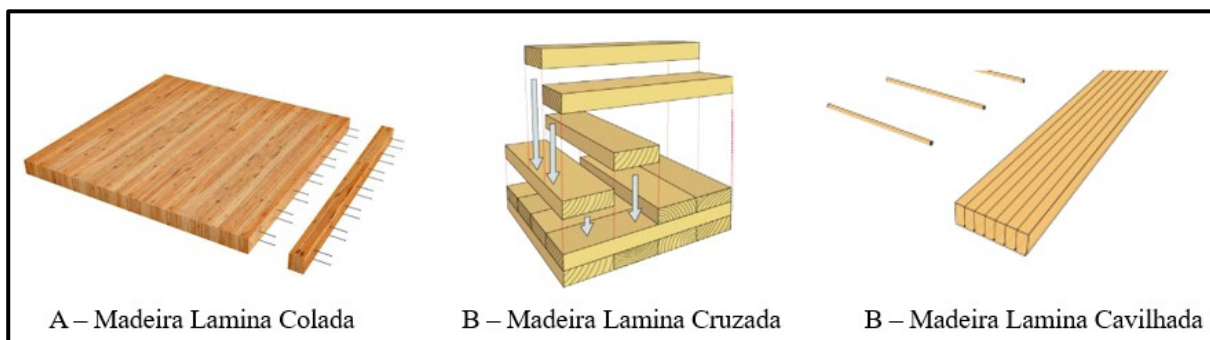
Segundo *Binational Softwood Lumber Council and Forestry Innovation Investment Ltda* (2017), a Madeira Laminada Pregada permite a criação de diferentes elementos estruturais, tais como vigas, pilares, painéis e lajes possibilitando uma vasta gama de oportunidades arquitetônicas. Historicamente, o NLT era usado, principalmente, para construção de armazéns e outros grandes edifícios. Atualmente a tecnologia esta sendo utilizada, principalmente, para construção de painéis estruturais. A fabricação do NLT é feito com lâminas de madeira pregadas entre si a (Figura 10 - A).

A Madeira Laminada Cruzada consiste em painéis pré-fabricados, constituídos por números ímpares de laminadas de madeira maciça coladas em sentido ortogonal (Figura 10 – B). Desenvolvidas inicialmente na Europa na década de 1990, podem ser empregadas como lajes ou vedações, com ou sem função estrutural. Segundo Dias (2019) a CLT tem a sua

estrutura básica comparável a placas já existentes de compensados, pois a colagem de painéis de madeira faz com que se minimize os efeitos de retração e se tenha uma maior estabilidade dimensional. Portanto, o único avanço tecnológico que o CLT trouxe foi a capacidade de se produzir painéis colados de grandes dimensões e espessuras, o que faz do produto único e versátil.

A Madeira Laminada Cavilhada é feita com lâminas de madeira fixadas com cavilhas de madeira, assim dispensado o uso de pregos ou colas para unir as lâminas (Figura 10 – C). Na Europa é conhecida também como *Dübelholz*. Segundo a StructureCraft (2019) lâminas de madeira são pré-fresadas para colocação e ajustes das cavilhas, criando um painel estrutural rígido que é eficiente, principalmente, para vencer grandes vãos horizontais possibilitando um projeto arquitetônico flexível. As madeiras engenheiras, em especial a DLT, evoluíram com as Máquina de Controle Numérico Computadorizado (CNC) que cortam as peças com precisão milimétrica.

Figura 10 - A - Madeira Laminada Colada, B – Madeira Laminada Cruzada e C- Madeira Laminada Cavilhada.



Fonte: Adaptado de StructureCraft (2019) e Dias (2019)

Este trabalho não se propõe a contar a história do desenvolvimento do LWF no Brasil, para mais informações sobre este tema poderá ser consultado a tese de doutorado: *O wood frame na produção de habitação social no Brasil desenvolvida por Espíndola (2017)*.

2.1.1 Madeira utilizada na estrutura do *Light Wood Frame*

A madeira é um material heterogêneo, sendo sua variabilidade estrutural e química refletida nas suas propriedades físicas, tais como: densidade, permeabilidade; comportamento quanto à capilaridade; condutividade térmica; difusão da água de impregnação, entre outras (KLOCK e ANDRADE, 2013).

Segundo *Testing of Timber Structures* (TENTIS) (2008) o arranjo de seus componentes físicos e químicos definem a estrutura lenhosa como uma engenhosa organização arquitetônica da madeira. Para entender o comportamento e as limitações da madeira, são necessárias algumas informações básicas das diferentes camadas que compõem o tronco (Figura 11), descritas a seguir:

Casca: as camadas externas protegem o tronco do fogo, variações climáticas, ataques fúngicos e cortes. As camadas internas são constituídas pelo floema, conjunto de tecidos vivos especializados em transportar a seiva elaborada das folhas para as áreas de crescimento.

Câmbio: é um tecido de espessura microscópica que produz o crescimento diametral do tronco, geralmente um anel exterior para o floema, e um interior para o xilema.

Alburno: novas células que formam condutos verticais para água e nutrientes das raízes às folhas. Paredes celulares ainda estão crescendo para dentro, e são carregadas com amidos para seu próprio crescimento.

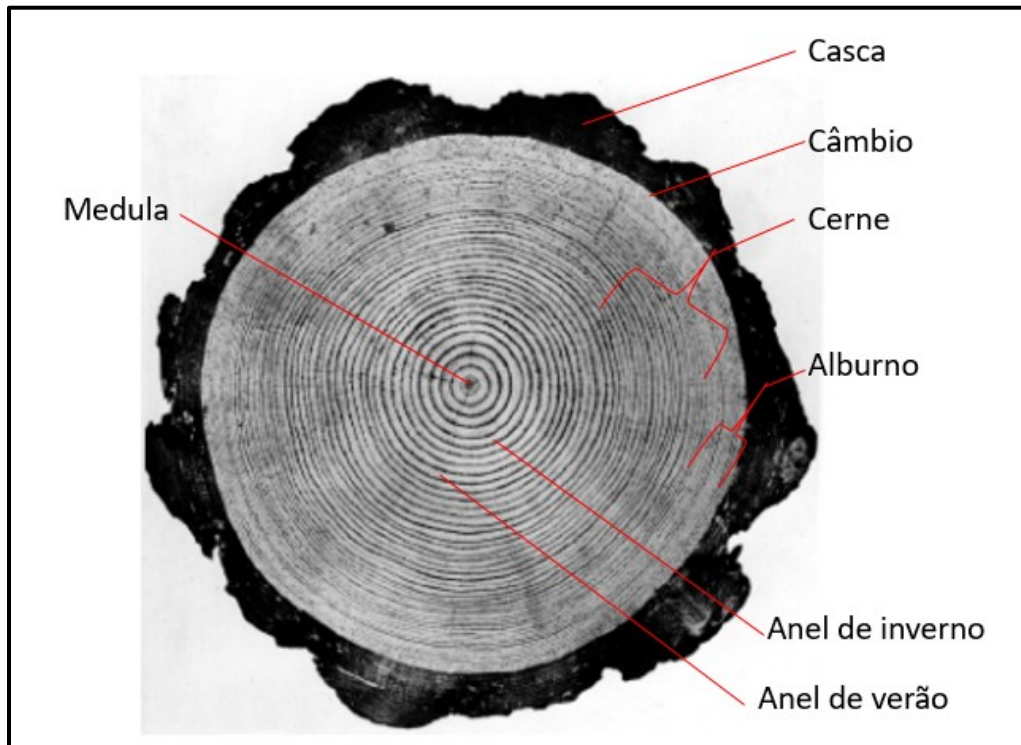
Cerne: as células no cerne pararam de crescer e formaram recipientes para resíduos (extrativos). Esta é a parte mais antiga do tronco e, muitas vezes, mais densa, embora não seja, necessariamente, mais forte.

Extrativos: são produtos de reações de crescimento que se armazenam em células do cerne. A composição real dos extrativos varia de espécie para espécie e, nos elementos menores, de árvore para árvore. Alguns extrativos são tóxicos para fungos e alguns térmitas.

Madeira juvenil: esta é a primeira marca deixada pela árvore bem no começo de seu crescimento e, portanto, esta próxima ao centro da árvore. Tende a ser inferior em densidade e estrutura celular. Em geral, a madeira juvenil é uma parte muito pequena da seção transversal, exceto na madeira cultivada em plantio de rápido crescimento.

Medula: o centro do tronco é a fina faixa escura que antigamente era um galho ou broto.

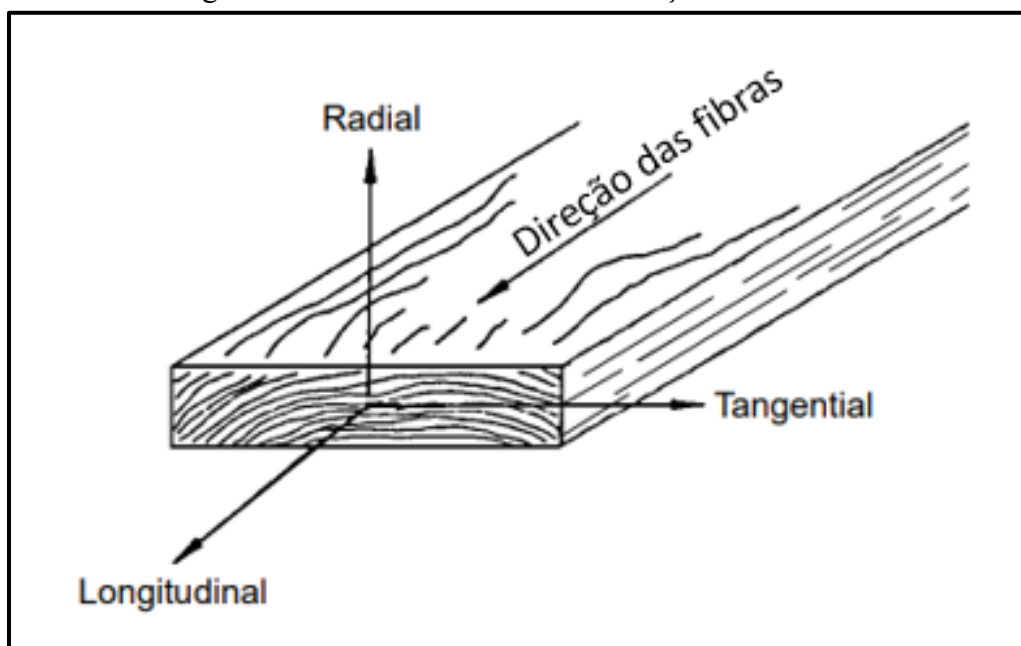
Figura 11 - Seção transversal de um tronco de uma conífera.



Fonte: Adaptado de The Forest Products Laboratory (1999)

A madeira é um composto feito de um complexo químico de celulose, hemicelulose, lignina e extrativos. A madeira é anisotrópica, pois devido à constituição da árvore, as suas propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas não são as mesmas nos três sentidos principais: axial, radial e tangencial, conforme Figura 12 (TENTIS, 2008).

Figura 12 - Os três sentidos de uma seção de madeira.



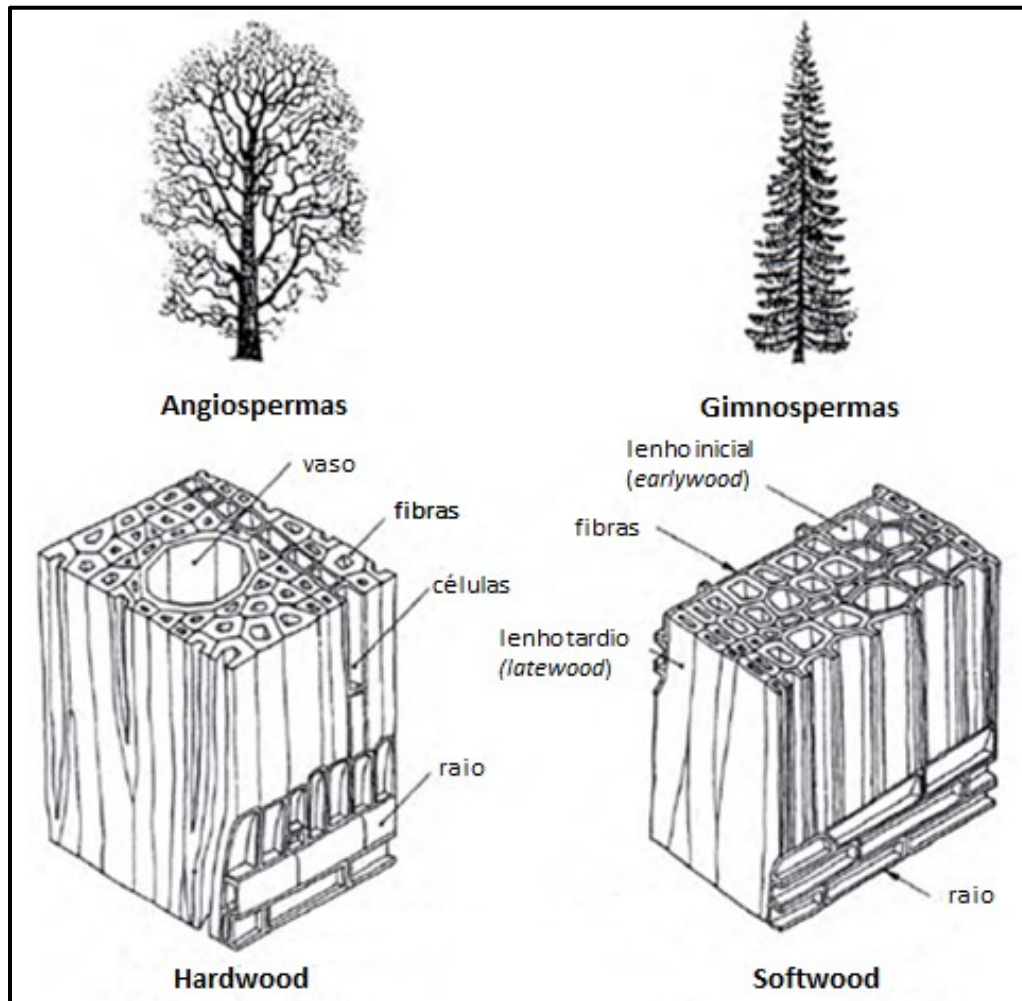
Fonte: Adaptado de The Forest Products Laboratory (1999)

Marabezi (2009) afirma que as madeiras de coníferas (Gimnospermas) são compostas por 90-95% de traqueóides, que são células longas e delgadas com arestas fechadas achatadas ou cônicas. Os traqueóides têm a função de conduzir a seiva bruta (no albúrnio), de depositar substâncias polimerizadas (no cerne), de conferir resistência mecânica ao tronco e, como consequência, às peças produzidas com este material. Os raios são conjuntos de células alongadas e achatadas, dispostos horizontalmente, da casca à medula. Podem constituir até 10% da madeira das coníferas e têm a função principal de conduzir a seiva elaborada (BOM, 2011).

Segundo Bom (2011), as madeiras de folhosas (Angiospermas) apresentam o tecido básico de sustentação constituído por vasos, fibras e raios. Os vasos são células alongadas, com até 1 mm de comprimento, com seção transversal arredondada e vazada. Os vasos podem constituir até 50% da madeira das folhosas, com a função de transportar a seiva bruta (no albúrnio) e de depósito de substâncias polimerizadas (no cerne). As fibras são células alongadas, com até 1,5 mm de comprimento, seção transversal vazada e arredondada, paredes de espessura superior à dos vasos. As fibras são elementos fechados, não possuindo comunicação através das extremidades. Podem constituir, dependendo da espécie, até 50% da madeira das Dicotiledôneas, sendo responsáveis por sua resistência mecânica. Por fim os raios nas folhosas fazem a mesma função que nas coníferas (BOM, 2011) (Figura 13).

As espécies de coníferas, também chamadas de *softwood* (madeira macia), são as madeiras mais utilizadas para estrutura do LWF. *Southern Yellow Pine* (SYP) é um grupo constituído por quatro espécies de coníferas que crescem no sul dos Estados Unidos. As quatro espécies são: Pinheiro (*Pinus echinata*), Pinheiro palustris (*Pinus palustris*), Pinheiro ellioti (*Pinus ellioti*) e Pinus taeda (*Pinus palustris*), estas duas últimas, amplamente cultivadas no Brasil (MACSWEEN, 2018). Estas espécies de coníferas, de rápido crescimento, são mais suscetíveis aos ataques de térmitas em regiões de clima quente, por serem madeiras macias, mas devido ao seu lenho permeável, são também mais fáceis de tratar que as espécies de folhosas, também chamadas de *hardwood* (madeira dura).

Figura 13 - Estrutura das angiospermas (*hardwood*) e gimnospermas (*softwood*).

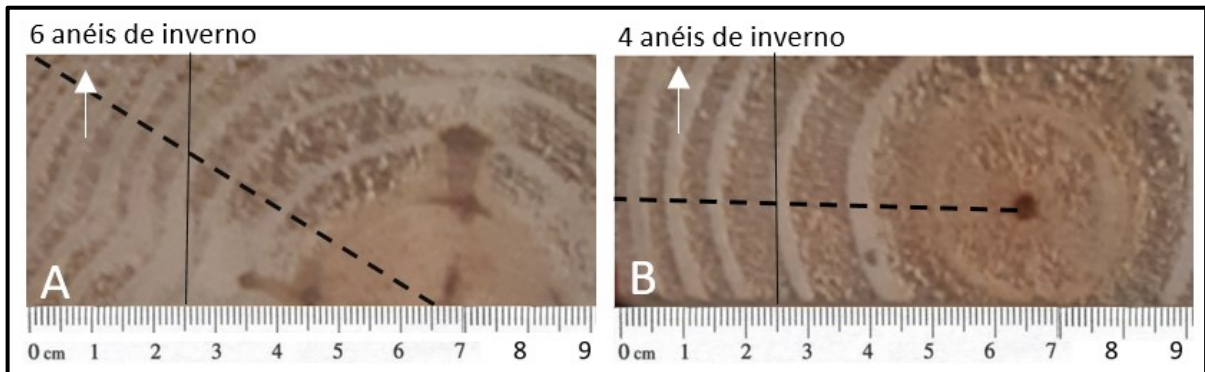


Fonte: Adaptado de TENTIS (2008)

No anel de crescimento das coníferas, o lenho mais claro, chamado lenha inicial ou madeira de verão (*earlywood*), é composto basicamente por células com maior lúmen, paredes mais finas, conseqüentemente, madeira menos densa. O lenho escuro, chamado lenho tardio ou madeira de inverno (*latewood*), é constituído de células com paredes mais espessas e menor lúmen, resultando em madeira mais densa e com melhor resistência mecânica do que o lenho inicial (RALL, 2006).

O número de anéis de crescimento está relacionado com a idade da madeira e é medido pela quantidade de anéis de inverno presentes em 2,50 cm medidos em uma linha radial representativa em peças, contendo medula ou não. A Figura 14 mostra duas seções transversais (4 x 9 cm) de uma árvore (conífera): a seção A tem seis anéis de crescimento e mais de um terço de madeira de inverno, já a seção B, tem quatro anéis de crescimento e menos da metade de madeira de inverno.

Figura 14 - Anéis de crescimento de duas seções (4 x 9 cm) de *Pinus ellioti*.



Fonte: Elaborado pelo autor

O Projeto CE-02:126.10: anexo G: classificação visual de madeira serrada conífera (ABNT, 2003) classifica a madeira como: densa quando apresenta seis ou mais anéis de crescimento e mais de um terço da área da seção transversal composta de madeira de inverno ou quatro ou mais anéis de crescimento, com mais da metade de lenho tardio, não-densa com quatro ou mais anéis de crescimento e mais de um sétimo de lenho tardio e não-estrutural quando não atender nenhuma das condições anteriores (Tabela 2). A classificação sempre se dará quando a primeira condição for satisfeita. Assim é possível afirmar que na Figura 14 a seção A é considerada uma madeira densa e a seção B como não densa.

Tabela 2 - Classificação de madeiras de coníferas quanto à classe de densidade, em função do número de anéis por polegada e da proporção de lenho tardio.

Classe	Número de anéis/polegada	Proporção de madeira de lenho tardio
Densa	≥ 6	$> 1/3$
	≥ 4	$> 1/2$
Não-densa	≥ 4	$> 1/7$
Não-estrutural	não atende a nenhum dos critérios	

Fonte: Adaptado de CE 02: 126.10 -Anexo G (ABNT, 2003)

Segundo o Projeto CE-02:126.10 (ABNT, 2003) na classificação, as peças com número de anéis de crescimento excessivamente baixa devem ser descartadas, mesmo que sejam isentas de defeitos. Definem-se como peças de número de anéis de crescimento excessivamente baixa aquelas que apresentam menos de 15% de madeira de inverno medidos em 2,50 cm de uma linha radial representativa.

Segundo Ballarin *et al.* (2017) o uso estrutural da madeira de *Pinus sp.* tem sido crescente no Brasil, devido a indisponibilidade de madeiras nativas, tradicionalmente usadas nesse segmento e também por razões mercadológicas, que tornam a madeira de *Pinus sp.* uma boa opção, principalmente para o uso de estruturas pré-fabricadas. A produção dessa madeira

em ciclos mais curtos tem tornado comum o decréscimo constante na oferta de árvores adultas, com grandes diâmetros. Além do aspecto da juvenilidade, nota-se que a madeira hoje disponível para uso industrial e comercial apresenta uma incidência muito grande de nós e outros defeitos, que podem comprometer, significativamente, seu desempenho físico-mecânico e sua qualidade (BALLARIN *et al.*, 2017).

Outras espécies de madeiras também já foram utilizadas para fazer a ossatura e os fechamentos do *Light Wood Frame*. O *The Forest Products Laboratory* lista uma série de coníferas e folhosas em seu *Wood Handbook-Wood as an Engineering Material* (1999). Entre as coníferas mais conhecidas, junto com o grupo de coníferas (SYP) já citadas neste trabalho, estão a Jack pine (*Pinus banksiana*), a Lodgepole pine (*Pinus contorta*), a Pitch pine (*Pinus rigida*), a Red pine (*Pinus resinosa*), a Yellow-cedar (*Chamaecyparis nootkatensis*), a Caribbean pine (*Pinus caribaea*), Pinus Radiata (*Pinus radiata*) e o Cipreste Mexicano (*Cupressus lusitanica*). Entre as folhosas mencionadas estão: o Angelim (*Hymenolobium excelsum*) e a Santa Maria (*Calophyllum brasiliense*).

Outra folhosa que é utilizado para execução das ossaturas do LWF é o Eucalipto sp. O gênero *Eucalyptus* possui centenas de espécies registradas, cujas as características físicas e mecânicas podem variar bastante entre espécies. Os mais populares no Brasil são: o *Eucalyptus alba*, o *Eucalyptus camaldulensis*, o *Eucalyptus citriodora*, o *Eucalyptus cloeziana*, o *Eucalyptus cloeziana*, o *Eucalyptus dunnii*, o *Eucalyptus grandis*, o *Eucalyptus saligna*, o *Eucalyptus triantha* e o *Eucalyptus urophylla*.

No sul do Brasil já foram feitas HIS com ossaturas de *Light Wood Frame* com Angelim Pedra (*Hymenolobium petraeum*) pela madeira Pagliarim em Caxias do Sul, Cedrinho (*Erismia uncinatum*) pela madeireira Vacariense em Gravataí e de Eucalipto sp. pela Wilson Representações em Florianópolis e, também, pelo Projeto Morar Melhor em Pelotas. Algumas destas HIS foram avaliadas neste trabalho.

2.1.2 Métodos para classificação estrutural da madeira

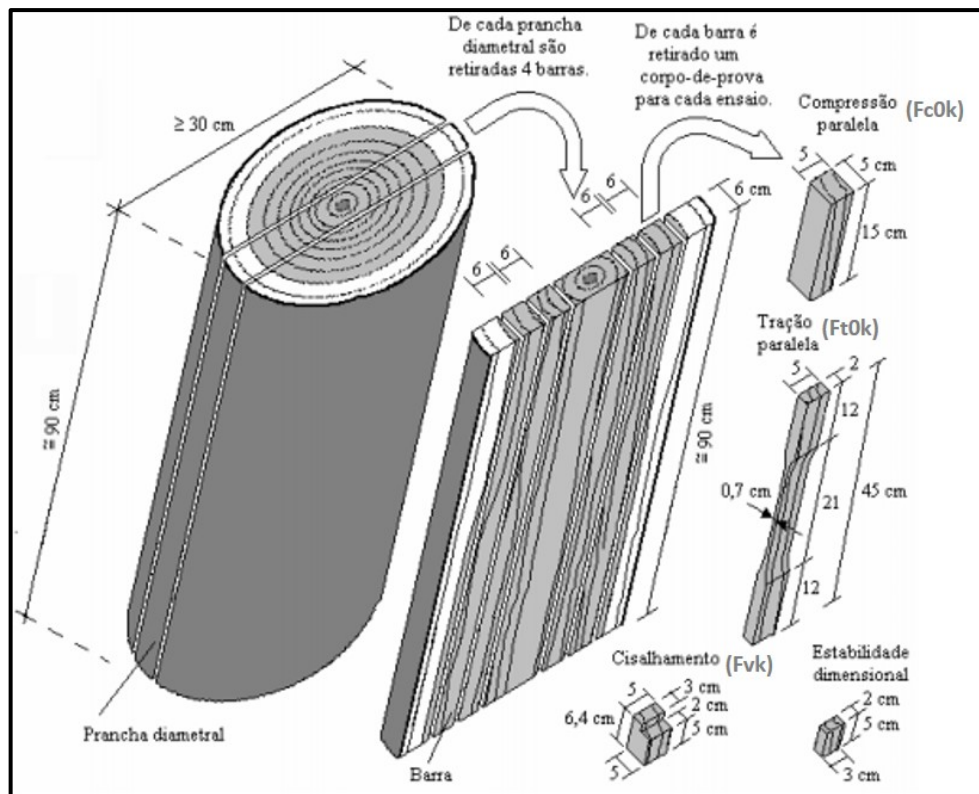
Segundo Calil Júnior *et al.* (2018) a madeira para uso estrutural, requer um bom controle de qualidade das peças, pois há necessidade de garantir sua rigidez e resistência mecânica. Esse controle de qualidade pode ser realizado por métodos mecânicos, visuais, ou a combinação de ambos.

As propriedades mecânicas da madeira avaliam a aptidão da madeira a suportar esforços. São mensuradas, normalmente, pela resistência do material e sua rigidez a diferentes

solicitações. A resistência é determinada pela maior tensão que pode ser aplicada a corpos de prova isentos de defeitos, sem que ocorra ruptura ou deformação específica excessiva. A rigidez da madeira é determinada pelo valor médio do módulo de elasticidade¹² na fase de comportamento elástico linear do material (RALL, 2006).

Os ensaios mais comumente utilizados na caracterização mecânica da madeira são os de compressão paralela às fibras, flexão, cisalhamento e dureza. A NBR 7190 – Projeto de estrutura de madeira (ABNT,1997), introduziu o conceito de classes de resistência da madeira. Por meio dele, a madeira é classificada estruturalmente pela sua resistência característica à compressão paralela às fibras. A norma também define a amostragem mínima de 12 corpos de prova. Na Figura 15 são apresentados o esquema de retirada dos corpos de prova e suas dimensões.

Figura 15 - Esquema de retirada e dimensões dos corpos de prova.



Fonte: Adaptado de Logsdon, Finger e Borges (2008)

¹² O módulo de elasticidade ou módulo de Young é uma propriedade intrínseca dos materiais, dependente da composição química, microestrutura e defeitos (poros e trincas), que pode ser obtida da razão entre a tensão exercida e a deformação sofrida pelo material. Tensão corresponde a uma força ou carga, por unidade de área, aplicada sobre um material, e deformação é a mudança nas dimensões, por unidade da dimensão original. Pode-se então medir os diversos ΔL s correspondentes aos acréscimos da carga axial aplicada à barra e realizar o ensaio até a ruptura do corpo de prova. Chamando de A a área da seção transversal inicial do corpo de prova, a tensão normal σ pode ser determinada para qualquer valor de P , com a fórmula $\sigma = P/A$. Obtêm-se, assim, diversos pares de valores σ e ϵ . A representação gráfica da função que os relaciona recebe o nome de diagrama tensão x deformação.

A NBR 7190 (ABNT, 1997) apresenta duas definições de densidade a serem utilizadas em estruturas de madeira: a densidade básica e a densidade aparente. A densidade básica (ρ_{bas}) da madeira é definida como a massa específica convencional obtida pelo quociente da massa seca pelo volume saturado e pode ser utilizada para fins de comparação com valores apresentados na literatura internacional.

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad (1)$$

Sendo: m_s a massa seca, em quilograma (kg); V_{sat} o volume saturado, em metro cúbico (m³).

A densidade aparente (ρ_{ap}) é determinada para uma umidade padrão de referência de 12%, pode ser utilizada para classificação da madeira e nos cálculos de estruturas.

$$\rho_{ap} = \frac{m_{12}}{V_{12}} \quad (2)$$

Sendo: m_{12} a massa da madeira a 12% de umidade, em kg; V_{12} o volume da madeira a 12% de umidade, em metro cúbico (m³).

Tabela 3 apresenta os valores sugeridos pela NBR 7190 (ABNT, 1997) para as classes de resistência das madeiras de coníferas e folhosas.

Tabela 3 - Classes de resistência das coníferas e folhosas.

Madeira de coníferas (Valores na condição-padrão de referência U = 12%)					
Classes	fc0k (MPa)	fvk (MPa)	Ec0,m (MPa)	$\rho_{bas,m}$ (kg/m3)	$\rho_{aparente}$ (kg/m3)
C 20	20	4	3.500	400	500
C 25	25	5	8.500	450	550
C 30	30	6	14.500	500	600
Madeira de folhosas (Valores na condição padrão de referência U = 12%)					
Classes	fc0k (MPa)	fvk (MPa)	Ec0,m (MPa)	$\rho_{bas,m}$ (kg/m3)	$\rho_{aparente}$ (kg/m3)
C 20	20	4	9.500	500	650
C 30	30	5	14.500	650	800
C 40	40	6	19.500	750	950
C 60	60	8	24.500	800	1000

fc0k: resistência característica à compressão paralela às fibras

fvk: resistência característica ao cisalhamento paralelo às fibras

Ec0,m: módulo de elasticidade médio à compressão paralelas às fibras

$\rho_{bas,m}$: densidade básica da madeira

$\rho_{aparente}$: densidade aparente da madeira

Fonte: NBR 7190 (ABNT, 1997)

Outro fator importante que afeta a resistência da madeira é a umidade. Segundo NBR 7190 (ABNT, 1997), o projeto das estruturas de madeira deve ser feito admitindo-se uma das classes de umidade especificadas na Tabela 4.

As classes de umidade têm por finalidade ajustar as propriedades de resistência e de rigidez da madeira em função das condições ambientais onde permanecerão as estruturas. Estas classes também podem ser utilizadas para a escolha de métodos de tratamentos preservativos das madeiras.

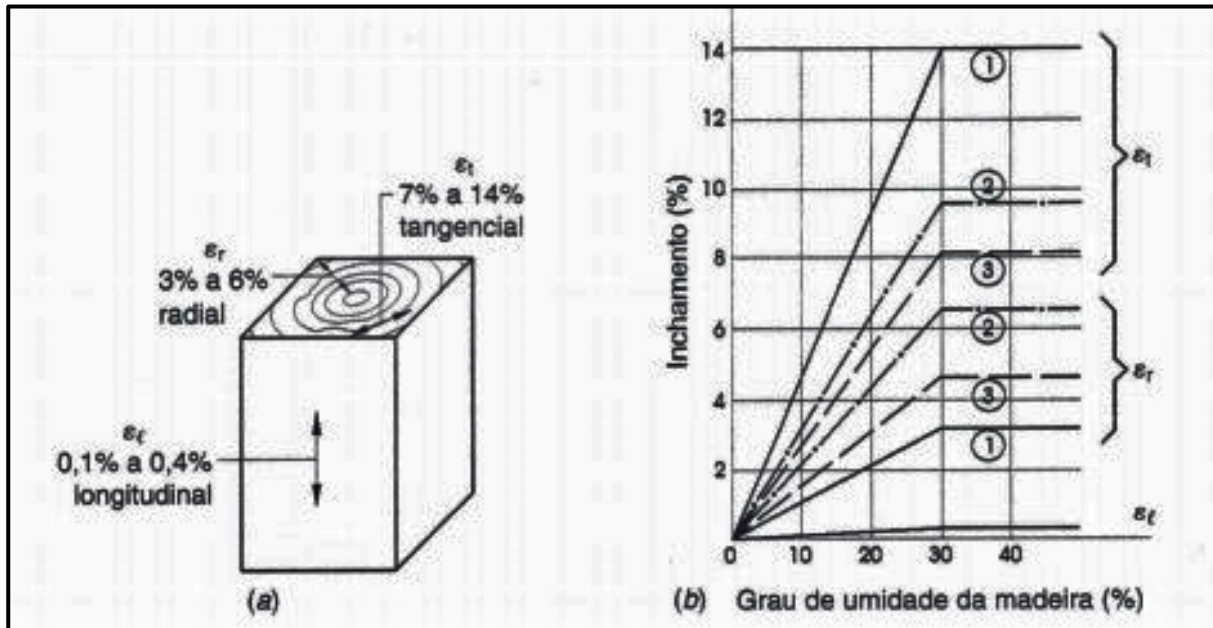
Tabela 4 - Classes de umidade.

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: NBR 7190 (ABNT, 1997)

Segundo Pfeil e Pfeil (2017) as madeiras sofrem retração ou inchamento com a variação da umidade entre 0% e o ponto de saturação das fibras (30%), sendo a variação dimensional aproximadamente linear. O fenômeno é mais importante na direção tangencial; para redução da umidade de 30% até 0%, a retração tangencial varia de 5% a 10% da dimensão verde, conforme as espécies. A retração na direção radial é cerca da metade da direção tangencial. Na direção longitudinal, a retração é menor, valendo apenas 0,1% a 0,3% da dimensão verde, para secagem de 30% a 0%. A retração volumétrica é aproximadamente igual à soma das três retrações lineares ortogonais (PFEIL e PFEIL, 2017). A Figura 16 apresenta um diagrama de retração ou inchando de três espécies de árvores (1 – carvalho brasileiro, 2 – eucalipto e 3 – pinho brasileiro), em função do grau de umidade. A vista isométrica apresenta o percentual de variação nas três direções principais (tangencial, radial e longitudinal).

Figura 16 - Diagrama de retração ou inchando de três espécies de árvores e vista isométrica apresenta o percentual de variação nas três direções principais dimensões.



Fonte: Pfeil e Pfeil (2017)

O método de classificação visual consiste na seleção das peças individualmente através de sua aparência. Na América do Norte, as regras de classificação são escritas pela *Southern Pine Inspection Bureau (SPIB)*. Os critérios para a limitação dos defeitos descritos em todas as regras de classificação visual em vigor na América do Norte, incluindo a *SPIB*, são baseados na norma *Standard Practice for Establishing Structural Grades and Related Allowable Properties for Visually Graded Lumber - D 245-93* (ASTM, 1998), por exigência da *National Grading Rule*.

A classificação visual das peças de madeira identifica defeitos como nós, desvios de grã, rachaduras e presença de medula, os quais afetam negativamente o desempenho mecânico da madeira. A classificação proposta consiste no exame das quatro faces e das duas extremidades (seções transversais) de cada peça. Nas faces são avaliados o comprimento das peças, a localização e a natureza dos nós, o desvio de grã, os empenamentos e as fendas, sendo atribuído um nível de qualidade visual em função da ocorrência e dimensão desses defeitos. Nas extremidades das peças são observadas as quantidades de anéis de crescimento, concomitantemente com a quantidade de madeira de lenho inicial presente em 2,54 cm, medidos em uma linha radial representativa, atribuindo à peça um nível de densidade de anéis (FIORELLI *et al.*, 2009).

As classes visuais descritas na *National Grading Rule* são divididas em quatro, conforme a Tabela 5. A classe visual *Select Structural (SS)*, é a de melhor qualidade e admite

um menor índice de defeitos, nesta classe a soma de defeitos não deve reduzir 33% da resistência das peças de madeira isenta de defeitos da mesma espécie. A classe visual S1 é permite uma redução de 45%, a classe visual S2 uma redução de 55% e a classe visual S3 uma redução de até 74% na resistência.

Tabela 5 - Classes visuais descritas na *National Grading Rule*.

Dimensões	Classe	Razão de resistência à flexão (%)
Montantes (peças de seção transversal retangular, com espessura variando de 38 mm a 89 mm e com largura maior ou igual à 89 mm)	Select Structural (SS)	67%
	Classe (S1)	55%
	Classe (S2)	45%
	Classe (S3)	26%

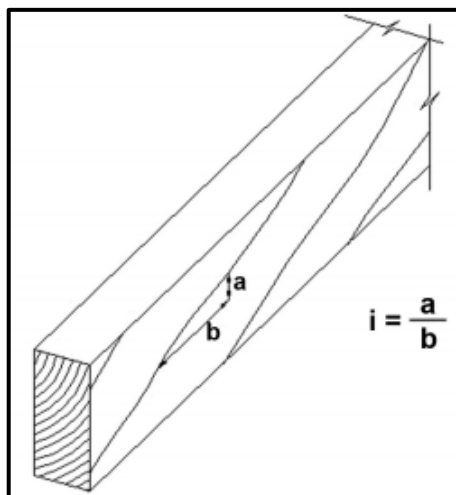
Fonte: Adaptado de Carreiras e Dias (2006)

Para especificação em projetos, as peças enquadradas na Classe Visual SS são indicadas para os usos principais da estrutura, onde sejam requeridas as maiores cargas. As peças das classes visuais S1 e S2 são indicadas para uso secundário nas estruturas e as peças da classe visual S3 ou desclassificadas não são indicadas para uso na estrutura.

A inclinação das fibras resultante de serragem diagonal, ou fibras espiral ou torcida na árvore é medida pelo ângulo de inclinação das fibras (grã) em relação à extremidade da peça. O ângulo é expresso como uma inclinação.

A inclinação das fibras é medida e limitada nas quatro faces por todo o comprimento de peça, e na zona que apresentar maior inclinação geral, considerando o pequeno desvio em torno dos nós. Os desvios localizados somente são considerados quando a peça tiver menos de 89 mm de largura ou altura inferior a 38 mm (ABNT, 2003). A Figura 17 apresenta a medida da inclinação das fibras de uma peça de madeira.

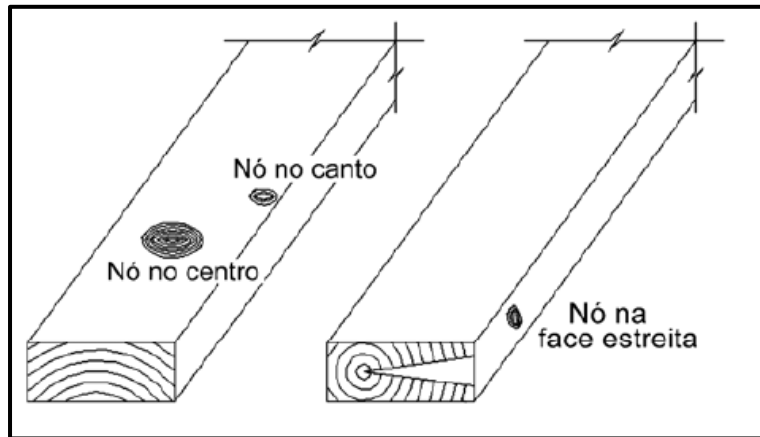
Figura 17 - Medida da inclinação das fibras de uma peça de madeira.



Fonte: CE 02: 126.10 - Anexo G (ABNT, 2003)

Os nós são classificados quanto à posição na peça: no centro ou no canto da face larga, ou na face estreita. Os nós podem ser medidos diretamente na superfície da peça, ou podem ser medidos pelo método da equivalência, em que a proporção da seção transversal do nó é multiplicada pela área transversal da peça para estabelecer o tamanho do nó equivalente, conforme Figura 18.

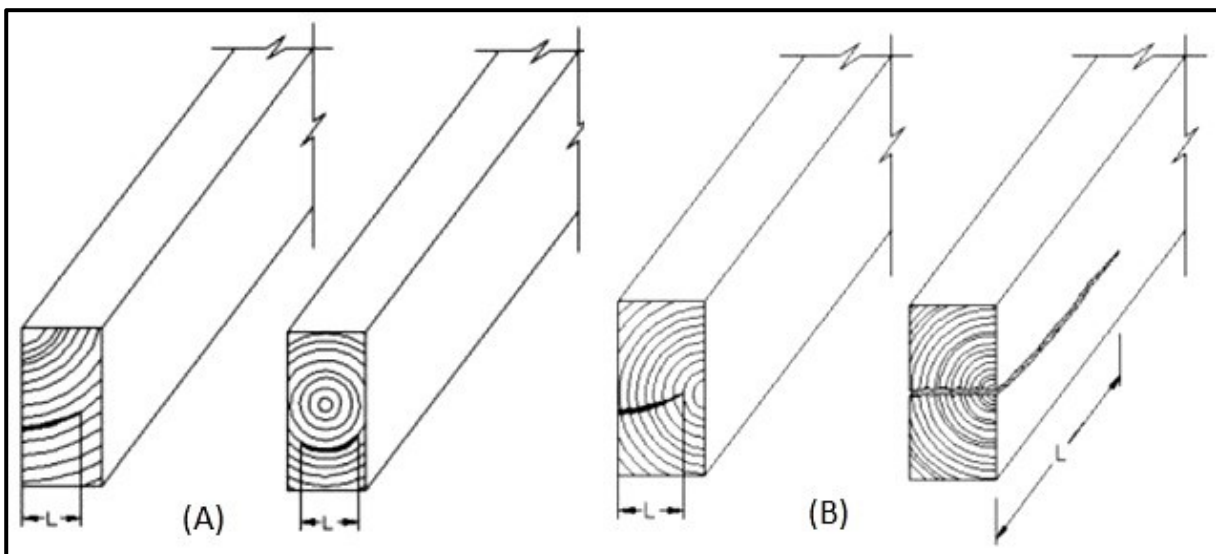
Figura 18 - Posicionamento dos nós em uma peça de madeira.



Fonte: CE 02: 126.10 -Anexo G (ABNT, 2003)

Segundo a D245-93 (ASTM, 1998) o tamanho de uma racha anelar é igual ao seu comprimento ao longo da curvatura do anel de crescimento em que ocorre. Se a racha atravessar a peça em espessura, o tamanho da racha é igual ao comprimento médio da racha medido paralelamente ao comprimento da peça (Figura 19 – A). Já a medida das fendas superficiais é dada pela profundidade média medida pelas linhas que cercam a fenda e que são paralelas às faces largas da peça (Figura 19 – B).

Figura 19 - Forma de medir a racha (A) e fenda (B).



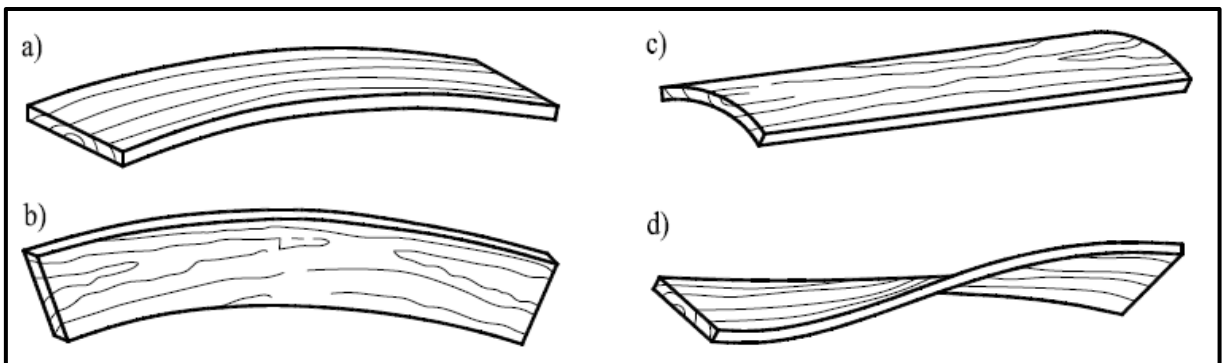
Fonte: D245-93 (ASTM, 1998)

Outros defeitos podem ocorrer nas peças de madeira, principalmente por decorrência do tipo de desdobro (radial ou paralelo) e do processo de secagem. As direções de corte radial ou tangencial apresentam resultados diferenciados nos produtos, pois o corte radial apresenta menor possibilidade de apresentar defeitos na etapa de secagem. Os métodos para obtenção de madeira radial são considerados mais caros, com menores produções e rendimentos de madeira serrada que o método de corte paralelo. Porém estas desvantagens são compensadas pela redução de defeitos das peças e pelo melhor comportamento em uso.

Já o processo de secagem trata-se da retirada de umidade excessiva da madeira, o que influencia diretamente na qualidade final da mesma. A correta secagem da madeira é necessária por diversas razões, tais como, redução da movimentação dimensional, redução da probabilidade de ataques de fungos, aumento de eficácia de impregnação da madeira contra a demanda biológica e aumento de resistência e de elasticidade.

Entre os defeitos que a má secagem pode causar estão os vários tipos de empenamento (encurvamento, arqueamento, abaulamento e torcimento, ilustrados na Figura 20), o colapso, o endurecimento superficial, as rachaduras, as manchas e os defeitos de grã.

Figura 20 - Encurvamento (a), arqueamento (b), abaulamento (c) e torcimento (d).



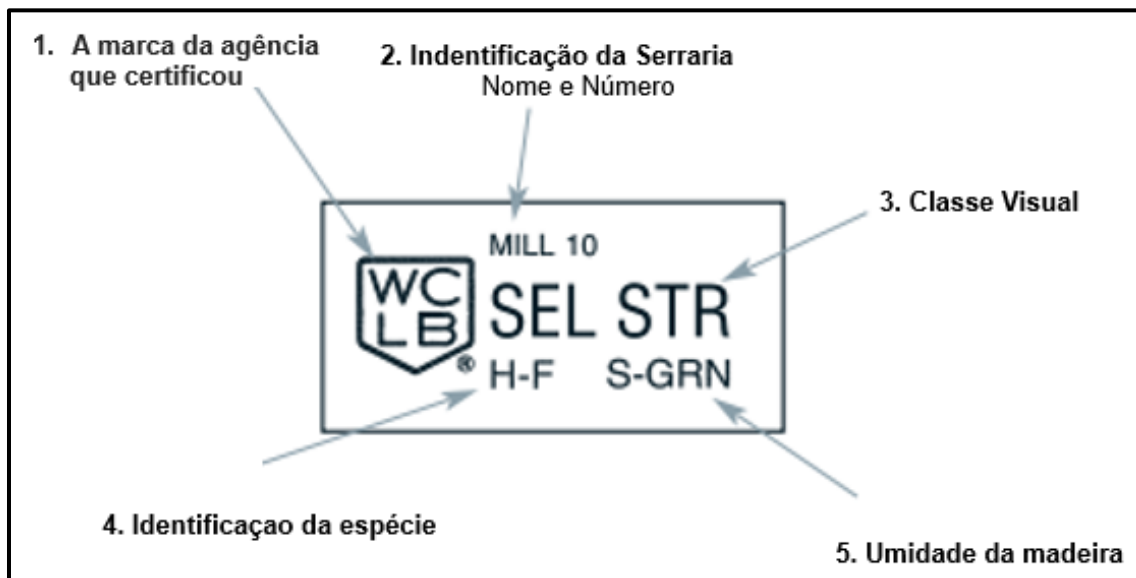
Fonte: TENTIS (2008)

Segundo Fiorelli *et al.* (2009), a classificação visual apresenta bons resultados, mostrando-se adequada para a madeira do gênero *Pinus*, pois é possível verificar que as madeiras com maior densidade de anéis e maior resistência têm ruptura, na grande maioria das vezes, nos defeitos, principalmente nos nós. Já as madeiras com menor densidade de anéis, a ruptura nem sempre ocorre nos defeitos, e na maioria das peças acontece em seções sem defeito, pelo fato de se tratar de madeiras menos resistentes (FIORELLI *et al.*, 2009).

Nos Estados Unidos toda a madeira serrada é identificada para atender aos requisitos da *American Softwood Lumber Standard - PS 20-70* (NIST, 2010) que padroniza os métodos de classificação e as dimensões das peças de madeira. Assim a madeira é carimbada com as

informações da agência que a certificou, a identificação da serraria (indústria), a classe visual, a identificação da espécie e a umidade da madeira (Figura 21). Esta identificação não existe no Brasil e ainda é um desafio para o mercado nacional.

Figura 21 - Exemplo de carimbo para classificação da madeira serrada.



Fonte: *Softwood Export Council* (2009)

2.1.3 Tratamento da madeira

A madeira, como material de origem orgânica, pode sofrer biodeterioração. Agentes biológicos, tais como bactérias e fungos, insetos (coleópteros e térmitas) e brocas marinhas (moluscos e crustáceos), podem atacá-la, dependendo da condição ambiental na qual a mesma está inserida.

A preservação química é o método mais antigo e, ainda hoje, o mais utilizado. Mas esse tipo de preservação é questionável, devido ao seu potencial de ação nociva aos homens e pelos riscos de contaminação ambiental provocada pela disposição irregular dos resíduos da madeira tratada. Os preservativos químicos classificam-se em dois tipos: oleosos e hidrossolúveis. Nos oleosos, o veículo usado para impregnação é um óleo com ação preservativa (subprodutos da hulha e algumas frações de petróleo, como por exemplo, o creosoto). Os hidrossolúveis são sais preservativos, e o veículo usado para impregnação é a água (tais como o Arsênio de Cobre Cromatado e Borato de Cobre Cromatado) (CALIL JÚNIOR *et al.*, 2002). Os principais preservantes químicos tradicionais utilizados são:

- O **alcatrão**, que é um subproduto da carbonização das matérias-primas: madeira, turfa, lignito xisto betuminoso e hulha;

- O **creosoto de alcatrão do carvão de pedra**, seu destilado, é o mais tradicional produto de tratamento de madeira de todos os tempos;
- O **creosoto de madeira** é o destilado do alcatrão ou breu de madeira. Este é o mais antigo preservante conhecido pelo homem. No Egito antigo foi usado na conservação de cadáveres;
- O **pentaclorofenol** é obtido por cloração direta catalisada pelo Cloreto de alumínio ($AlCl_3$);
- O **Borato de Cobre Cromatado (CCB)** é um hidrossolúvel de sulfato de cobre, ácido bórico e bicromato de potássio, que pode ser misturado de modo artesanal, aplicado por imersão ou em autoclave;
- O **Arseniato de Cobre Cromatado (CCA)** é um sal hidrossolúvel muito eficiente e usado desde 1930. Basicamente, o arsênio é o agente inseticida, o cobre, fungicida, e o cromo, o elemento fixador. Atualmente é o hidrossolúvel mais utilizado em todo o mundo, normalmente aplicado em autoclave.

Estes tratamentos químicos podem ser feitos por imersão ou por meio de tratamento profundo em Autoclave. O tratamento profundo feito pelo processo de autoclave é dividido em dois ramos: processos de células vazias e de células cheias. Este processo de autoclave é feito em usinas de preservação (Figura 22) através de equipamento que produz de maneira alternada, vácuo e pressão, permitindo que o preservativo químico penetre profundamente e de maneira homogênea nas fibras de madeira.

Figura 22 - Câmera de autoclave.



Fonte: Do autor em Águas Mornas/SC (2012)

No Brasil, os principais preservantes químicos utilizados para o tratamento da madeira são o creosoto e o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA). Segundo Fagundes (2003), a utilização do creosoto tem diminuído muito, em função do aspecto característico escuro e oleoso causado na madeira. Já a madeira tratada com CCA, vem sendo cada vez mais utilizada para fins estruturais, porém este produto vem gerando muita controvérsia em vários países que ainda o utilizam, pois, estudos mostram que a exposição aos componentes do CCA – Cobre, Cromo e Arsênico podem causar sérios problemas a saúde dos seres humanos e ao meio ambiente (FAGUNDES, 2003).

Kats e Salem (2005) afirmam que há um acréscimo na taxa de mortalidade por câncer entre carpinteiros expostos à madeira tratada com CCA devido ao excessivo aumento nos casos de câncer de pulmão e leucemia. Segundo Thomasson *et al.* (2006), o contato a longo prazo com o arsênio pode afetar o fígado e provocar queda de cabelos e unhas, anemia, dermatites tumores malignos e defeitos genéticos.

O Conselho Americano da Ciência e da Saúde e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos concluíram que a madeira tratada com CCA não apresenta nenhum perigo para a saúde. Porém à lixiviação do arsênio e as dúvidas sobre a eliminação dos resíduos da madeira tratada com CCA afetarão cada vez mais as atitudes dos consumidores em relação ao uso da madeira tratada com este produto (FOREST AND WILDLIFE, 2004).

Segundo Jankowsky *et al.* (2003) os ingredientes ativos do preservante CCA (arsenato de cobre cromatado) são o CrO₃ (cromo), o CuO (cobre) e o As₂O₅ (arsênio). Ao longo dos anos, as porcentagens desses ingredientes foram alteradas, resultando na existência de três formulações básicas atualmente disponíveis no mercado: o tipo A, o tipo B e o tipo C. A Tabela 6 apresenta a proporção dos ingredientes ativos na composição dos diferentes tipos de CCA.

Tabela 6 - Composição quantitativa dos ingredientes ativos do CCA.

Produto	Cromo	Cobre	Arsênio
CCA tipo A	66,5%	18,1%	16,4%
CCA tipo B	35,3%	19,6%	45,1%
CCA Tipo C	45,5%	18,5%	34,0%

Fonte: Barillari (2002)

A quantidade de preservante a ser impregnada na madeira é definida como retenção, expressa em kg de ingredientes ativos do preservante por metro cúbico de madeira tratada (kg/m³). Para o uso do CCA, o nível adequado de retenção dependerá do risco de degradação biológica da madeira. Para madeira sem contato direto com o solo (madeiramento aéreo,

estruturas de telhados, beirais), é recomendada uma retenção de 4,0 kg/m³; enquanto que para postes a retenção normatizada é da ordem de 9,6 kg/m³ (JANKOWSKY *et al.*, 2003).

Segundo Evans *et al.* (2000) um dos inconvenientes apresentados pelo CCA é perda de resistência da madeira tratada, sobretudo da tenacidade que está relacionada com o aumento da retenção. Essa perda de resistência parece estar ligada a alterações no Ph ocorridas no primeiro estágio da reação de insolubilização do CCA (BARILLARI, 2002).

Para Besner *et al.* (1999), o uso da madeira tratada com CCA apresenta algumas limitações, como o seu uso em contato com o cimento (rico em Ca) e sob alta umidade, o que reduz o poder deste preservativo contra alguns organismos xilófagos. Adicionalmente, há a possibilidade de alterações tanto quantitativas como qualitativas devido à lixiviação do preservante quando as madeiras são submetidas à intemperismos (BARILLARI, 2002).

A madeira do gênero *Pinus* sem tratamento, exposta a ensaios de campos de apodrecimento, apresenta baixa durabilidade. Já as madeiras tratadas com preservantes hidrossolúveis apresentam durabilidade acima de 15 anos, ou seja, a madeira do gênero *Pinus* quando tratada passa a ser considerada durável (Tabela 7) (BARILLARI, 2002). Segundo Hedley *et al.* (2000), que fez ensaios de campo, em situação de baixa umidade, o CCA mostrou ser mais eficiente na prevenção da deterioração que o CCB, já no campo com maior umidade (pluviosidade maior que 3.500 mm /ano), o CCB teve um melhor desempenho que o CCA e no campo quente úmido (pluviosidade de 2.000 mm/ano) o desempenho do CCA foi semelhante ao do CCB.

Tabela 7 - Durabilidade de madeiras com e sem tratamento, em ensaio de campo.

Espécie de madeira	Tratamento	Durabilidade	Fonte
<i>Pinus elliottii</i>	Sem tratamento	8 meses	Lopes, 1984
<i>Pinus spp</i>	Sem tratamento	< 1 ano	Fernandes <i>et al.</i> , 1990
<i>Pinus spp</i>	Hidrossolúveis (c/ pressão)	12 – 16 anos	Jankowsky <i>et al.</i> , 1989
<i>Pinus silvestris</i>	CCA	+ de 15 anos	Hedley <i>et al.</i> , 2000
<i>Pinus radiata</i>	CCA	20 anos	Hedley <i>et al.</i> , 2000
<i>Pinus radiata</i>	CCB	20 anos	Hedley <i>et al.</i> , 2000

Fonte: Adaptado de Barillari (2002)

Em todo o mundo, novos produtos químicos como Quaternários de Cobre Amoniacais (ACQ), Cobre Azoles (CA) e Cobres Micronizados (MCQ) têm substituindo o CCA para usos em aplicações variadas. Estes conservantes não contêm compostos de Arsênio ou Cromo e fornecem a mesma proteção contra a podridão e ataques de cupins. (LOUSIANA PACIFIC, 2008). Segundo U.S. Department of Agriculture (2006) o uso ACQ e CA estão crescendo nos

Estados Unidos, porém a madeira tratada com estes produtos aumenta corrosão dos elementos metálicos quando comparado com madeiras não tratadas.

Nos últimos 20 anos aparecem uma nova geração de preservantes, como fruto da conscientização ambiental. Entre esta nova geração de preservantes, é possível citar a utilização de aplicação de temperaturas letais, através da exposição ao calor ou ao frio. Também vem sendo estudado a introdução de inimigos naturais para o controle das espécies de pragas e a utilização de mineralizantes e de extratos vegetais para a proteção das madeiras não resistentes aos agentes xilófagos.

Entre os produtos preservantes naturais, que estão sendo utilizados e estudados no meio científico, estão o óleo de mamona (STUMPP, 2001), a cera de lima ácida (SBEGHENLOSS, 2008), o extrato a base de tanino (taninos extraídos de árvores de *Acácia mimosa*) (STUMPP, 2001), o extrato EMX (óleos essenciais, extraídos de plantas da Amazônia) (STUMPP, 2001), os óleos essenciais de plantas aromáticas (citronela e alecrim) (SBEGHEN, 2001), óleo de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) (MACHADO *et al.*, 2003), o oleoresina de capsaicina (ZIGLIO, 2015) e o *taill oil* e seus subprodutos (subproduto no processamento de polpa de coníferas resinosas, para produção do papel Kraft) (BOSSARDI, 2014).

O óleo de mamona, a cera de lima ácida, o extrato a base de tanino e o extrato EMX apresentaram boa eficiência contra o cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). Já os óleos essenciais de plantas aromáticas (citronela e alecrim) apresentaram desempenho médio e, o óleo de Neem, pouca eficiência contra o *Cryptotermes brevis*. Já o oleoresina de capsaicina, o *taill oil* e seus subprodutos apresentaram boa eficiência como fungicidas

Os preservantes naturais são alternativas viáveis para o controle de agentes biológicos deterioradores da madeira. Porém ainda se percebe a necessidade de pesquisas mais aprofundadas, pois todos os produtos apresentados foram ensaiados em laboratório. A Tabela 8 apresenta os preservantes naturais suas indicações e eficácias.

Tabela 8 - Preservantes naturais indicações e eficácia.

Preservativo	Ativos naturais	Indicação	Eficácia	Fonte
Óleo de mamona	Sementes de mamona (<i>Ricinus Communis</i>)	Prevenção e combate ao cupim da madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>). Uso interno/externo.	Boa eficácia no controle do cupim de madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>).	Stumpp (2001)
Óleo de Neem	azadirachtina	Prevenção ao ataque de cupins xilófagos e inibe a proliferação de fungos	Pouca eficiência no tratamento de madeira contra cupins xilófagos	Machado <i>et al.</i> (2003); Paes <i>et al.</i> (2010)
Tall Oil e seus subprodutos	Ácidos resínicos livres, ácidos graxos de cadeia longa, esteróis, terpenos voláteis e outros materiais insaponáveis	Proteção contra o fungo de podridão branca (<i>Trametes versicolor</i> (L.; Fr.) Pilát)	Boa eficácia na proteção do ao fungo de podridão branca (<i>Trametes versicolor</i> (L.; Fr.) Pilát)	Bossardi (2014)
Oleoresina de capsaicina	capsaicina	Prevenção ao ataque de fungos (<i>Paecimyces variotti</i> e <i>Pycnoporus sanguineus</i>)	Inibe o surgimento e o crescimento do fungo e protege contra o ataque de organismos xilófagos	Ziglio (2015)
Cera de lima-ácida	Os compostos presentes na cera de lima-ácida	Proteção ao cupim da madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>). Uso interno/externo.	Boa eficiência na proteção do cupim de madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>) e boa permanência	Sbeghen-Loss (2008)
Extrato a base tatino	Extratos essenciais de plantas	Uso interno para prevenção e combate ao cupim da madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>)	Boa eficácia no controle do cupim de madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>). Porém com baixa resistência ao intemperismo.	Stumpp (2007)
Óleos essenciais de plantas aromáticas (citronela e alecrim):	Citronelal, limoneno, elemicina, linalol, cariofileno, eugenol e outros compostos	Prevenção e combate ao cupim da madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>).	Média eficácia no controle do cupim de madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>).	Sbeghen (2001)
Extrato EMX	Óleos essenciais de plantas da Amazônia	Uso interno para prevenção e combate ao cupim da madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>)	100% de eficácia no controle do cupim de madeira seca (<i>Cryptotermes brevis</i>). Porém com baixa resistência ao intemperismo.	Stumpp (2001)

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Como alternativa aos preservantes químicos tradicionais e naturais pode-se citar a modificação por impregnação, a modificação térmica e a modificação química.

Segundo Esteves e Pereira (2019) a modificação por impregnação difere da modificação química pelo fato de não ser a ligação química com os compostos estruturais existentes nas células de madeira que promovem as melhorias das propriedades da madeira, embora essa ligação possa ocorrer.

Segundo Esteves (2014) o funcionamento da modificação por impregnação baseia-se na introdução de um ou vários compostos químicos na parede das células que, ao reagirem, formam um composto que bloqueia o acesso aos grupos hidroxilo, diminuindo desta forma a higroscopicidade da madeira. Existem principalmente dois mecanismos: a impregnação com um monômero e subsequente polimerização ou a introdução de um material solúvel que se torna depois insolúvel após tratamento. O processo de modificação por impregnação que mais tem evoluído nos últimos anos é a furfurilação. Este processo de modificação da madeira pode ter um futuro promissor, uma vez que o álcool furfurílico pode ser obtido por meio dos produtos secundários da produção do bioetanol, e o preço deste composto químico deverá baixar no futuro (ESTEVES, 2014).

O processo de modificação térmica da madeira consiste na aplicação de calor a fim de melhorar a qualidade da madeira por meio de alteração da estrutura química da sua parede celular (Celulose, hemicelulose e lignina) objetivando a estabilidade dimensional, o aumento da resistência ao intemperismo e a resistência à organismos xilófagos.

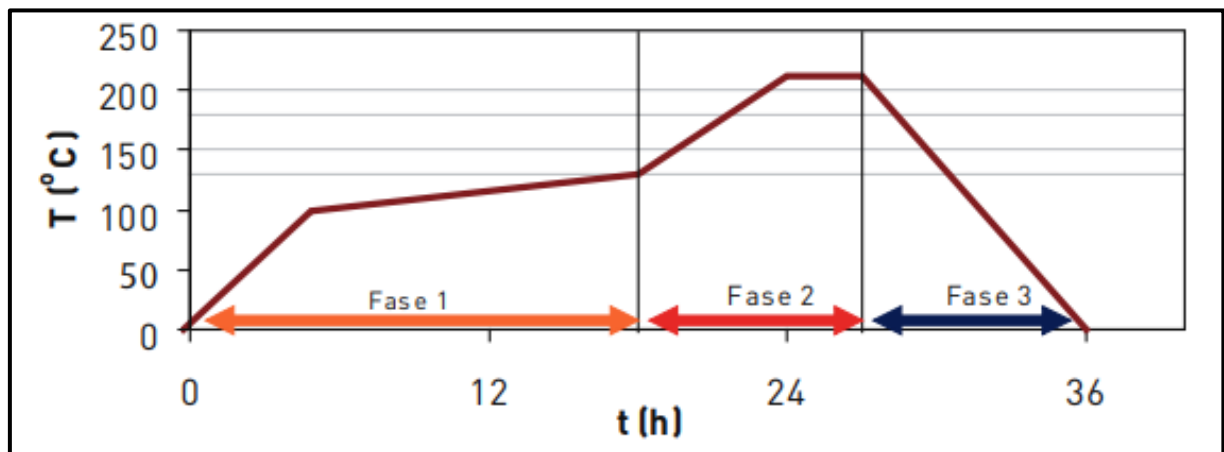
O processo de tratamento térmico da madeira é realizado com altas temperaturas as quais provocam o início da degradação de seus constituintes químicos fundamentais, principalmente as hemiceluloses, que são mais sensíveis aos efeitos do calor, tais temperaturas estariam entre 100 e 250 °C (BRITO *et al*, 2006).

Segundo Esteves (2014) os processos de modificação térmica existentes são: *Thermowood* (Finlândia), *Plato* (Holanda), *Oil Heat Treatment* (Alemanha), *Bois Perdure e Rectification* (França) embora o *Bois Perdure* tenha sido adquirido pela *PCI Industries* do Canadá. Os processos desenvolvem-se normalmente em quatro fases: aquecimento, tratamento, arrefecimento e estabilização. A principal diferença entre os métodos está no produto que é utilizado para o aquecimento (vapor, óleo, gás neutro) e nas condições operatórias na fase de tratamento, que ocorre a temperaturas entre os 160-260°C (ESTEVES, 2014).

Dentre os métodos citados o *Thermowood* desenvolvido pela VTT (*Finnish State Research Center*) na Finlândia vem sendo o mais utilizado. Segundo *Finnforest* (2010) este processo pode ser dividido em três fases (Figura 23):

- **Fase 1 - Aumento da temperatura e secagem a alta temperatura:** Utilizando calor e vapor de água, a temperatura de secagem sobe rapidamente até próximo dos 100 °C. A partir deste ponto, a temperatura é aumentada de forma regular até aos 130 °C, período durante o qual a secagem de alta temperatura acontece e o teor de humidade na madeira decresce quase até zero.
- **Fase 2 - Tratamento térmico:** À medida que a secagem de alta temperatura acontece, a temperatura dentro do secador aumenta para valores entre os 185 °C e os 215 °C. Quando o nível de temperatura é alcançado, a temperatura mantém-se constante durante 2 ou 3 horas, dependendo do resultado final pretendido.
- **Fase 3 - Arrefecimento e acondicionamento da humidade:** A fase final é efetuada para baixar a temperatura por meio do uso de sistemas de água atomizada; quando a temperatura atinge 80 – 90 °C, o teor de umidade é repostado para que o teor de umidade na madeira suba para um nível aceitável de 4 – 7%.

Figura 23 - Diagrama do processo de produção da *Thermowood*.



Fonte: *Finnforest* (2010)

Outro processo que está sendo utilizado para melhorar as características da madeira é a modificação química. Segundo Esteves (2014) as modificações químicas existentes baseiam-se na reação entre os grupos hidroxilo da madeira e um reagente químico. Ao substituir alguns grupos hidroxilo da madeira por um composto hidrofóbico, a higroscopicidade diminui conduzindo a um material com propriedades melhoradas. Esteves (2014) afirma que o principal método de modificação química, que já está sendo comercializado, é a acetilação com anidrido acético. As propriedades melhoradas pela modificação química não são muito diferentes das promovidas pela modificação térmica. A resistência contra fungos aumenta consideravelmente na madeira acetilada mesmo em contato com o solo. Em relação à resistência contra térmitas apenas se verifica um ligeiro aumento. A madeira tratada mostra alguma resistência em relação

aos xilófagos marinhos, mas é ainda suscetível ao ataque, por exemplo, de crustáceos e moluscos (ESTEVEVES,2014). Na subseção 2.2.1.1, são apresentados os principais agentes deterioradores da madeira.

2.1.4 Método de montagem do Light Wood Frame

Para o sistema construtivo *Light Wood Frame* há diferentes métodos de montagem, que se diferenciam por serem mais ou menos industrializados. Assim sendo, os métodos de montagem influenciam, principalmente, o espaço e o local para montagem e o tempo de execução da obra. Os principais métodos de montagem do LWF são: o método não industrializado (artesanal), o método semi-industrializado (ou dos painéis) e o método modular (industrializado).

No método não industrializado de construção, os painéis, as lajes, as colunas, os contraventamentos e as tesouras são montadas no canteiro de obras. Ele se caracteriza pela baixa escala de produção e pela baixa produtividade e, geralmente, utilizam materiais disponíveis no local, sem transformação ou beneficiamento. Essa técnica pode ser usada em locais onde a pré-fabricação não é viável (Figura 24).

Figura 24 - Residência montada no método artesanal.



Fonte: Do autor em Gravataí/RS (2005)

Apesar da baixa produtividade o método artesanal é uma alternativa de autoconstrução. Nos Estados Unidos o faça-você-mesmo (*Do it yourself* – DIY) é um método de construção feito sem ajuda direta de especialistas e profissionais, porém há uma série de produtos, como kits e manuais disponíveis no mercado para auxiliar a autoconstrução do *Light Wood Frame*.

No método semi-industrializado de construção, os painéis estruturais ou não estruturais, as lajes e as tesouras podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local (Figura 25). Alguns materiais de fechamento dos painéis podem ser aplicados na fábrica para diminuir o tempo da construção. Os painéis e os subsistemas são conectados no local usando técnicas convencionais (parafusos auto-brocantes e auto-atarrachantes). Este vem sendo o método mais utilizado no Brasil nos últimos anos para a construção de HIS.

Figura 25 - Pannel semi-industrializado sendo montado no local.



Fonte: Do autor em Florianópolis/SC (2012)

No método industrializado, as construções modulares são unidades completamente industrializadas. Elas podem ser fornecidas à obra com todos os acabamentos internos como os revestimentos, as louças sanitárias, as instalações elétrica e hidráulica, entre outros, conforme Figura 26. A mão-de-obra deve ser especializada para a montagem no canteiro e os prazos de construção são reduzidos.




Figura 26 - Casa modular na etapa de montagem.



Fonte: Do autor em Curitiba/PR (2012)

A pré-fabricação de uma habitação implica numa busca pelo aumento da qualidade estética, o aperfeiçoamento do método de construção e a melhoria da segurança do processo. A construção pré-fabricada modular pode oferecer benefícios, tais como: construção mais rápida, melhor segurança do trabalhador, menor desperdício, menos resíduos, garantia de qualidade aprimorada e custo de produção menor. A Tabela 9 apresenta as características dos três métodos construtivos: tradicional, sistema dos painéis e sistema modular.

Tabela 9 - Características dos três métodos construtivos.

Tradicional	Sistemas dos painéis	Sistema modular
<ul style="list-style-type: none"> • Ossatura de madeira utilização seções de padrões comerciais. • Sistemas estruturais são construídos inteiramente ou em grande parte no <i>in loco</i>. • Construção linear; se construi uma etapa da obra da obra para a outra começar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os painéis são pré-fabricados antes de serem enviados para um canteiro de obras • Podem ser produzidos diferentes tipos de paredes, cobertura ou piso, estruturais ou não. • Sistemas podem ser panelizados na fábrica, ou montada adjacente ao canteiro de obras se o espaço permitir • Pode ser montado enquanto outro trabalho é feito no local • Projetado para atender uma demanda específica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os módulos são montados na fábrica e transportados para o canteiro de obras • Há dois tipos modular de construção: temporário e permanente • Os módulos já são confeccionados com os fechamentos internos e instalações elétricas e hidráulicas e, muitas vezes, com os fechamentos externos também • Normalmente 80 a 95% do módulo é completo antes de ser enviado para o canteiro de obras • Os Módulos são inspecionados na fábrica, mas a estrutura completa deve atender o mesmo requisitos normativos que as construções tradicionais • O tempo de construção pode ser reduzido 50% quando comparado a construção tradicional.
		

Fonte: Adaptado de *WoodWorks* (2014)

A construção modular cada vez mais está se tornando uma tendência para a construção de edifícios, já que as novas gerações de proprietários e projetistas querem que seus projetos sejam concluídos com rapidez e economia. Neste método os módulos são montados até 95% em fábrica, em um ambiente controlado, sendo inspecionados periodicamente por profissionais qualificados. Após finalizados, os mesmos são transportados para a obra e conectados entre si por meio de guindastes (Figura 27). Finalizada a construção modular, as mesmas não se distingue em nada das construções tradicionais.

Figura 27 - Módulos de madeira sendo transportados e conectados.



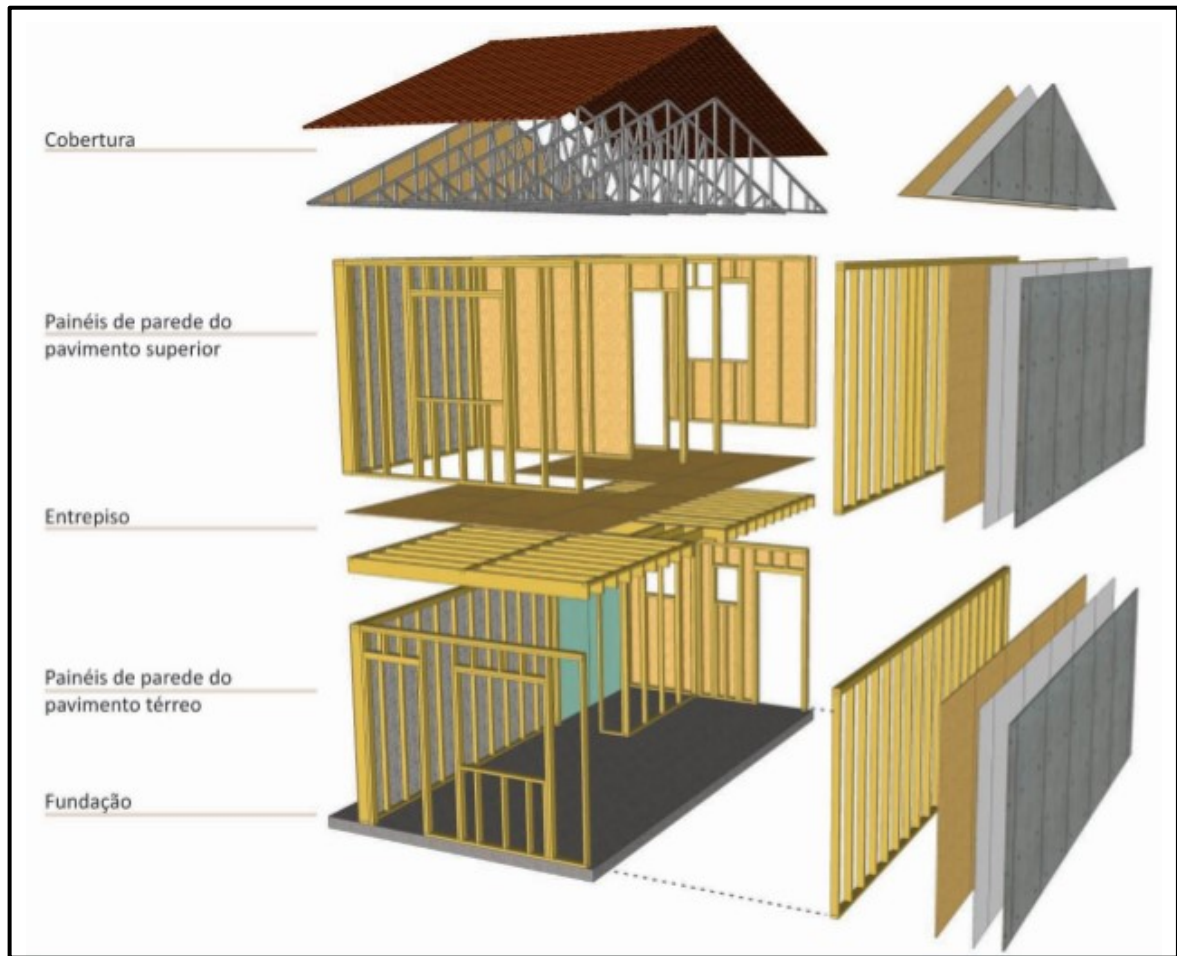
Fonte: *WoodWorks* (2014)

2.1.5 Características do *Light Wood frame* (detalhes construtivos)

Para a caracterização das partes do sistema construtivo *Light Wood Frame* foi utilizado o conceito de subsistemas, que é composto por vários elementos, formando uma parte da edificação, com funções definidas e necessárias para o cumprimento do desempenho.

No *Light Wood frame*, o arranjo dos subsistemas de fundação, de piso, de parede, de entrepiso e de cobertura é responsável pela função estrutural da edificação, conforme ilustra a Figura 28. Nesta seção, são apresentados detalhes dos subsistemas e do processo construtivo dos mesmos.

Figura 28 - Subsistemas (elementos) estruturais do LWF.

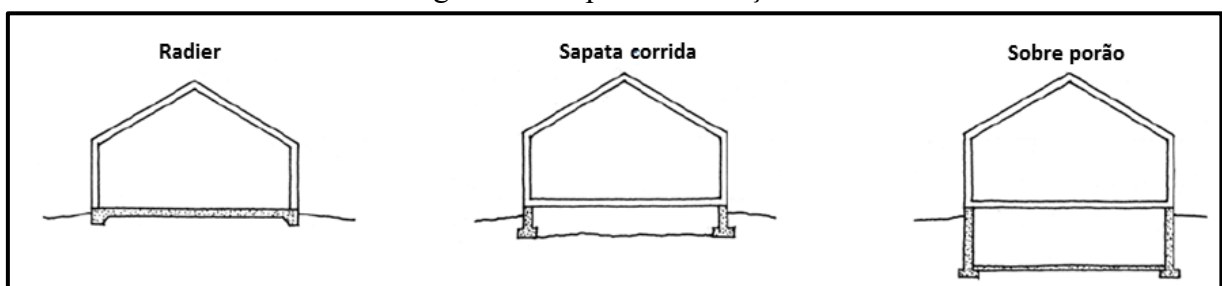


Fonte: Espíndola (2017)

2.1.5.1 Fundação e piso do *Light Wood Frame*

As edificações construídas com estruturas leves em madeira, geralmente, apresentam cargas relativamente reduzidas, e por isso, suas fundações podem apresentar soluções simples e econômicas. A fundação adequada a ser adotada para cada construção varia conforme a necessidade imposta pelo local da obra, podendo ser: radier, sapata corrida, sapatas isoladas ou blocos estruturais (Figura 29).

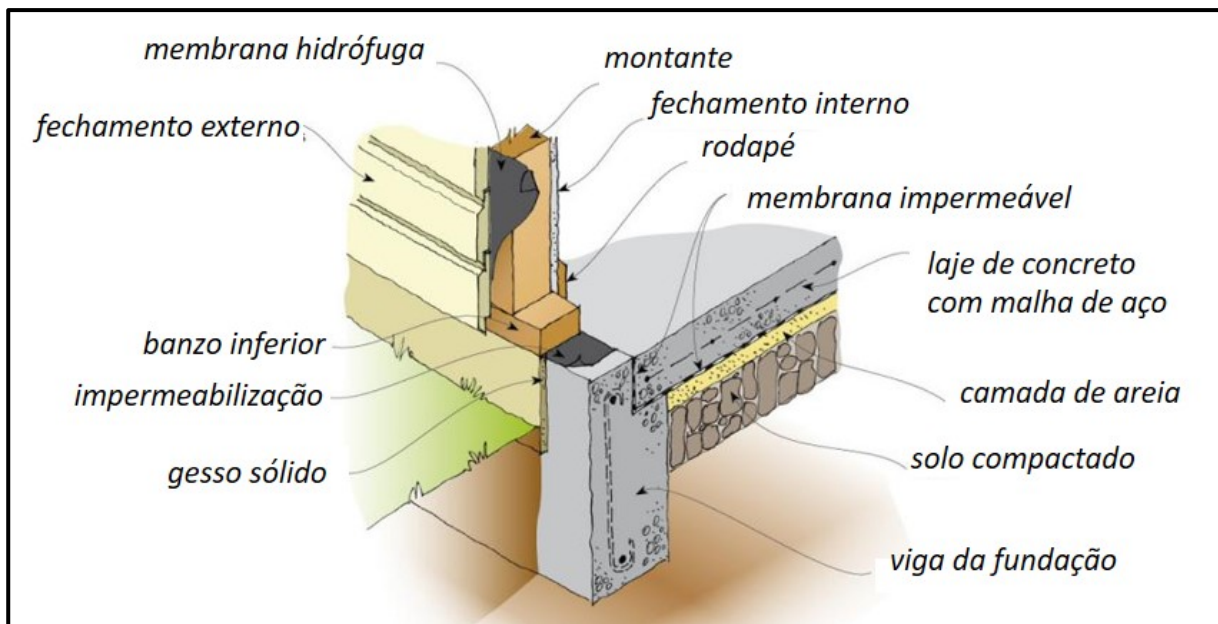
Figura 29 - Tipos de fundações.



Fonte: Thallon (2008)

As fundações tipo radier começaram a ser utilizadas com mais frequência no final dos anos 70 nos Estados Unidos para construção de casas de até dois pavimentos, pois eram consideradas mais baratas (em locais planos) e apresentavam resistência ao fogo e aos termitas (BRAZ, 2019). Para a execução do radier recomenda-se colocar uma camada de aterro compactado em toda a área do piso, depois este deve ser coberto com uma camada de areia ou concreto (fraco) para fornecer uma base lisa, na qual é colocado uma membrana impermeável (*Damp Proof Membrane* - DPM). Sobre a membrana é colocado uma malha de aço fixada a fundação e, finalmente, o concreto que deve ser curado, matendo-se a laje molhada durante sete dias (Figura 30). Quando se faz o uso da fundação tipo radier, a própria fundação pode servir de piso para a edificação, já quando se utiliza a fundação com pilotis, é necessário executar o piso, geralmente, elevado do solo.

Figura 30 - Fundação tipo radier.



Fonte: Adaptado de Braz (2019)

Os pisos, do mesmo modo que a fundação, podem ser de vários materiais: madeira, concreto, tijolos, cerâmica, e mesmo uma combinação de vários materiais. A principal característica do piso é ser uma superfície plana, capaz de resistir e transferir as forças verticais (ex. gravitacionais, sobrecargas de utilização, etc.) e as forças horizontais (ex. ações devidas ao vento) e que será utilizada como base para a ossatura em madeira.

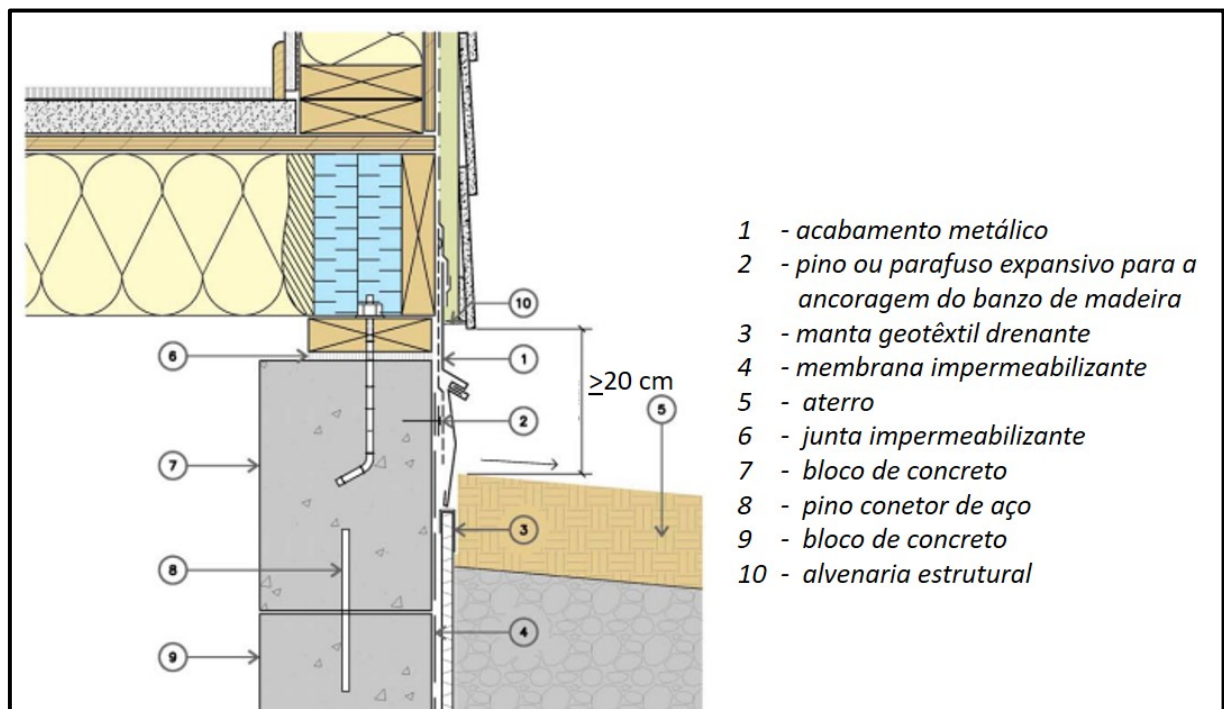
No Sistema Plataforma, na América do Norte, os pisos aéreos de madeira são muito utilizados. Esses são indicados principalmente para construções em terrenos inclinados, terrenos muito frágeis ou úmidos, ou para os pisos de andares superiores.

A estrutura do piso é composta por um quadro de vigas dispostas paralelamente e travadas transversalmente, na qual as vigas são apoiadas e fixadas às fundações. As vigas podem ser: maciças em madeira, treliças de banzos paralelos ou compostas em T ou I. O espaçamento entre as vigas pode ser de 40 ou 60 cm.

A estrutura do piso pode ser composta de duas formas, dependendo da fundação: um único nível ou em dois níveis. No caso do uso de vigas baldrame de concreto ou fundação em sapata corrida, um único nível de vigas dá apoio ao piso. Quando é utilizada fundação tipo pilotis, são necessários dois níveis de vigas, uma perpendicular à outra, sendo o vigamento inferior, apoiado sobre os pilotis e o vigamento superior (barroteamento), recebendo diretamente os painéis de piso (*AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION, 2005*).

Para os alicerces de alvenaria estrutural, são procedimentos necessários de execução: o revestimento dos blocos com argamassa, a impermeabilização da superfície em contato direto com o solo e uma cinta contínua de amarração, conforme Figura 31.

Figura 31 - Piso elevado com fundação em alvenaria estrutural.

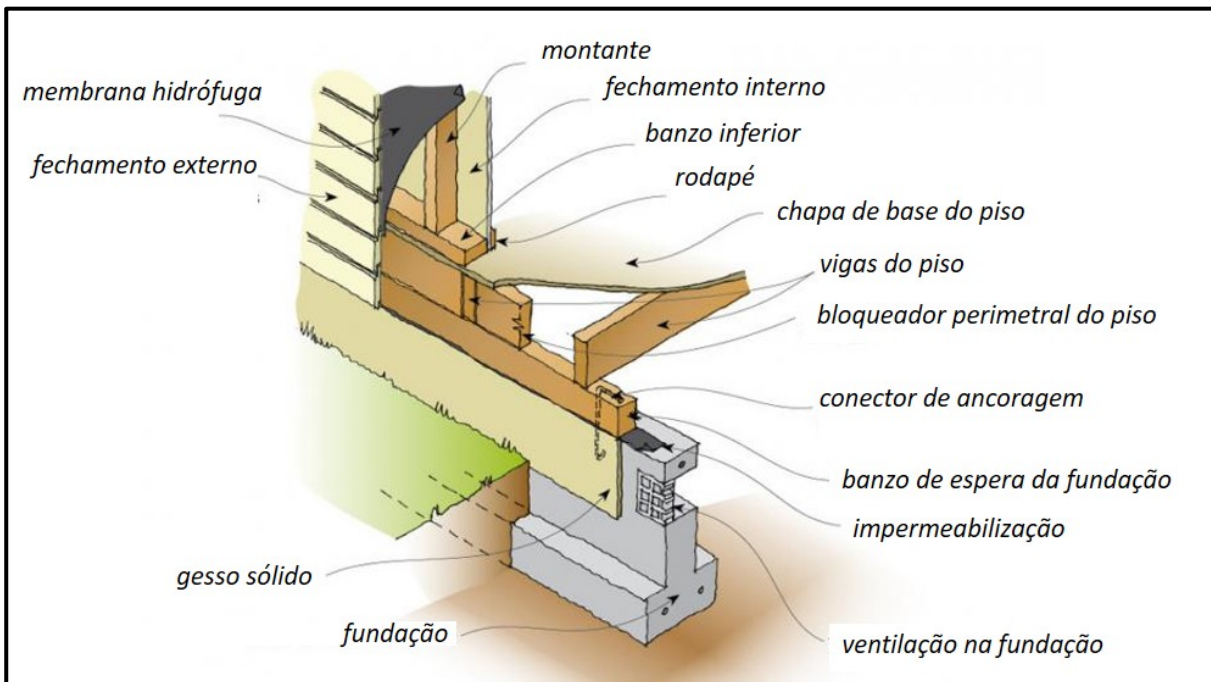


Fonte: Adaptado de *Oregon Housing and Community Services* (2019)

Segundo *Southern Forest Products Association* (2017) os problemas relacionados à umidade estão entre os problemas mais comuns enfrentados nas fundações e nos pisos de casas construídas com o *Light Wood Frame*. Os projetos destes subsistemas devem observar aspectos como a drenagem do terreno, a impermeabilização e a ventilação para evitar manifestações patológicas causadas pela umidade que vem do solo.

A ventilação, natural ou mecânica, é vital para preservação dos materiais e componentes da fundação e do piso, como também para saúde dos usuários, assim sendo, é importante prever aberturas ou janelas nas fundações a modo de fazer uma ventilação cruzada para remoção da umidade (Figura 32) . Outra alternativa é a instalação de uma manta retardadora de vapor sobre o terreno e sob o piso de madeira para reduzir a umidade (*SOUTHERN FOREST PRODUCTS ASSOCIATION*, 2017). Nos climas frios os pisos elevados também devem ser isolados e conter uma camada de manta de vapor. Normalmente estes isolamentos são colocados pela face externa do envelope da edificação e não devem impedir que os materiais e componentes “respirem”.

Figura 32 - Detalhe da fundação e do piso mostrando a abertura para ventilação.



Fonte: Adaptado de Branz (2019)

2.1.5.2 Painéis estruturais do *Light Wood Frame*

Os principais elementos dos painéis estruturais são a ossatura de madeira composta por montantes, e banzos superiores e inferiores, chapas de contraventamento e as chapas de fechamento interno e externo.

A concepção do sistema busca a racionalização do uso da madeira a partir da padronização das seções transversais e a partir delas a modulação dos acessórios hidráulicos, elétricos e de acabamento para as várias possibilidades de projeto. Os montantes e os banzos formam o painel estrutural. Normalmente, essas peças são definidas por seções transversais

padrão. As principais dimensões das seções transversais do LWF são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Seções transversais padrões para montantes e banzos.

Dimensão nominal (polegadas)	Dimensão real (mm)	
	Peças secas	Peças úmidas
2" x 3"	38 x 64	40 x 65
2" x 4"	38 x 89	40 x 90
2" x 6"	38 x 140	40 x 143
2" x 8"	38 x 184	40 x 190
2" x 10"	38 x 235	40 x 241
2" x 12"	38 x 286	40 x 292
3" x 4"	64 x 89	65 x 90
4" x 4"	89 x 89	90 x 90

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O espaçamento entre os montantes depende da dimensão do painel, do posicionamento das traves de piso e das treliças de cobertura. De modo geral, utilizam-se os espaçamentos de 30, 40 e 60 cm.

Há ainda a possibilidade de mudança entre pavimentos, quando considerada a flexão das traves de borda e/ou do duplo banzo superior do quadro. Para um pré-dimensionamento, o *Canadian Wood Council (CWC)* (2013) considera o tipo de parede em função do tipo da carga aplicada, conforme apresenta a Tabela 11.

Tabela 11 - Pré-dimensionamento dos montantes e das paredes em madeira.

Parede	Tipo da carga aplicada (permanente e sobrecarga)	Classe	Dimensão do montante (mm)	Espaçamento entre montantes (cm)	Altura da parede (m)
Interna	Sem carregamento em residência	-	38 x 38	40	2,4
	Sem carregamento em edifício	-	38 x 89	40	3,6
	Sótão acessível e telhado	2	38 x 89	60	3,6
			38 x 64	40	2,4
	Sótão inacessível mais piso	3	38 x 89	60	3,6
			38 x 64	40	2,4
	Sótão inacessível mais dois pisos	7	38 x 89	40	3,6
	Sótão acessível mais um piso	4	38 x 89	40	3,6
	Sótão acessível mais dois pisos	8	38 x 89	30	3,6
			64 x 89	40	3,6
38 x 140			40	4,2	
Sótão acessível mais três pisos	11	38 x 140	30	4,2	
Telhado	1	38 x 64	60	3,0	
		38 x 89	60	3,6	
		38 x 89	40	3,6	
Telhado mais um piso	5	38 x 89	40	3,6	

Parede	Tipo da carga aplicada (permanente e sobrecarga)	Classe	Dimensão do montante (mm)	Espaçamento entre montantes (cm)	Altura da parede (m)
	Telhado mais dois pisos	9	38 x 89	30	3,6
			64 x 89	40	3,6
38 x 140			40	4,2	
	Telhado mais três pisos	12	38 x 140	30	4,2
Externa	Telhado e sótão	2	38 x 64	40	2,4
			38 x 89	60	3,0
	Telhado, sótão e mais um piso	6	38 x 89	40	3,0
			38 x 140	60	3,0
	Telhado, sótão e mais dois pisos	10	38 x 89	30	3,0
			64 x 89	40	3,0
			38 x 140	40	3,6
	Telhado, sótão e mais três pisos	13	38 x 140	30	1,8

Esquema construtivo para cada classe



Fonte: Adaptado de CWC (2013)

O montante com seção 38 mm × 89 mm é o mais utilizado na América do Norte para compor os painéis estruturais das edificações térreas, obedecendo a um espaçamento máximo de 60 cm. Para edificações com dois pavimentos, adota-se a mesma seção, mas com espaçamento de 40 cm. Para edificações com três pavimentos, no piso inferior, adotam-se as dimensões de 38 mm × 140 mm e de 64 mm × 89 mm e, espaçamento máximo, de 40 cm (AWC, 2002).

De acordo com CWC (2013), no banzo inferior do painel, utiliza-se, de modo geral, uma única peça de seção transversal igual à do montante. No banzo superior do painel, utilizam-se duas peças para travamento dos quadros, propiciando maior rigidez à flexão, porém uma única peça é admitida quando a excentricidade de montantes consecutivos não exceder a 50 mm.

Como já apresentado na subseção 2.1.1 a densidade da madeira influencia na resistência das peças estruturais. A densidade é inversamente relacionada com a velocidade de crescimento das árvores. Quanto maior o número de anéis de crescimento por polegada, temos um crescimento mais lento e, portanto, maior densidade da madeira (LOUISIANA PACIFIC, 2009). A tabela 12 apresenta a resistência das seções dos montantes mais utilizados na estrutura do LWF.

Tabela 12 - Resistência das diferentes seções dos montantes utilizados na estrutura do LWF.

Classe		SYP SPIB # 2; KD 19; HT			Pino Insigne D Don		
Densidade média		609 Kg/m ³			450 KG/m ³		
Solicitação	Unidade	2"x 4" (38x89)	2"x 6" (38x140)	2"x 8" (38x184)	2"x 4" (38x89)	2"x 6" (38x140)	2"x 8" (38x184)
Ft	Kg/ cm ²	140	115	110	53	9	46
Ftp		58	51	46	41	38	37
Fcp		116	112	109	-	-	-
MOE		112.500	112.500	112.500	73.929	82.270	87.900

Ft: Tensão admissível de flexão

Ftp: Tensão admissível de compressão paralela às fibras

Fcp: tensão admissível de tração paralela às fibras

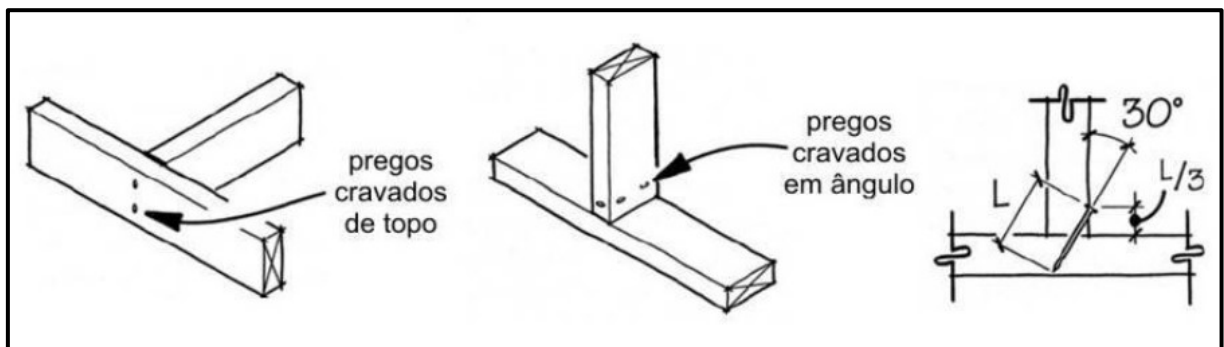
MOE: Módulo de elasticidade

Fonte: *Lousiana Pacific* (2009)

A estabilidade da ossatura do *Light Wood Frame* depende das fixações entre as peças que a compõe. Uma das vantagens da madeira como material estrutural é a facilidade de unir as peças com uma variedade de fixações: pregos, parafusos, grampos e conectores metálicos de vários tipos. Para máxima resistência e rigidez, cada tipo de fixação requer projetos de conexões adaptados às propriedades de resistência da madeira ao longo e através do grã, considerando todas as cargas envolvidas no projeto estrutural e as alterações dimensionais que podem ocorrer com as variações de umidade.

Os pregos são as fixações mecânicas mais comuns usadas nas construções de madeira, sendo os pregos dos tipos liso, anelado e espiralado os mais utilizados para as estruturas leves de madeira. A ligação entre os montantes verticais e os banzos inferiores e superiores é feita, geralmente, por pregos cravados em topo ou em ângulo. Para as ligações de montantes de 38 mm × 89 mm, utiliza-se, para união em topo, 2 pregos 16 d ($\varnothing = 4,1$ mm e $C = 88,9$ mm) e, para ligações em ângulo, 3 pregos 8 d ($\varnothing = 3,3$ mm e $C = 63,5$ mm), como mostra a Figura 33 (AMERICAN WOOD COUNCIL, 2005).



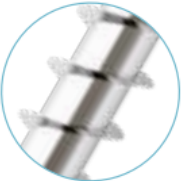

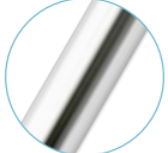


Figura 33 - Pregos cravados em topo e ângulo.

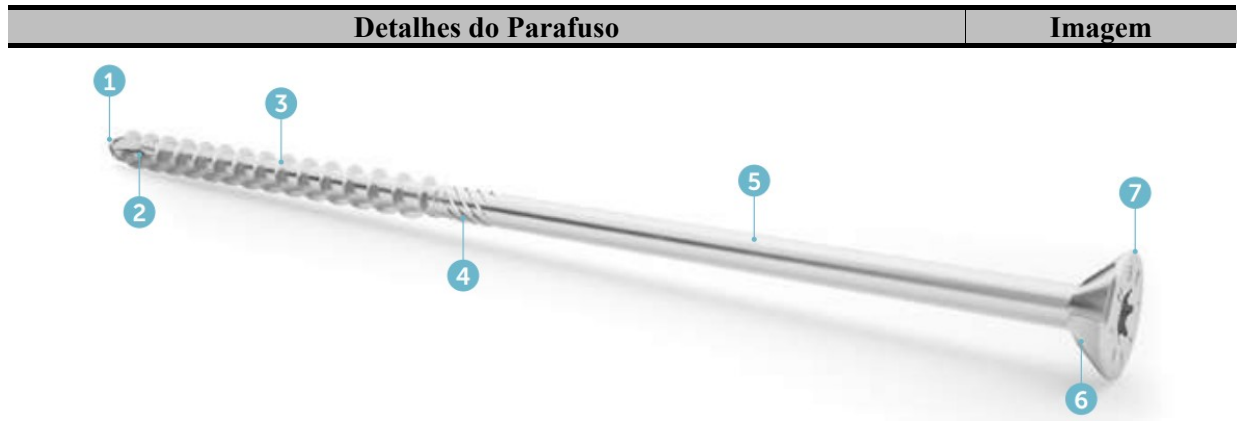


Fonte: Thallon (2008)

Nas últimas décadas vem sendo desenvolvidos parafusos e conectores metálicos especiais para atender as diferentes conexões nos sistemas construtivos de madeira. Cada simples componente da geometria do parafuso é analisado e desenvolvido para aumentar o desempenho em termos de resistência e aplicação. Na Tabela 13 são apresentadas as diferentes partes de um parafuso utilizados nos sistemas construtivos de madeira.

Tabela 13 - Diferentes partes de um parafuso.

Detalhes do Parafuso	Imagem
<p>1. PONTA AUTO-PERFURANTE: a ponta auto-perfurante, desenvolvidas com geometrias exclusivas para os diferentes tipos de madeira (coníferas, folhosas, particulares e laminadas) com a rosca a “saca-rolhas” até à extremidade garante uma aderência inicial veloz e eficiente.</p>	
<p>2. ENTALHE: o entalhe permite o corte das fibras na fase de inserção, prevenindo o risco de rachaduras ou fissuras na madeira. A posição recuada do entalhe é essencial para garantir a capacidade de ajuste e perfuração da ponta.</p>	
<p>3. ROSCA: A rosca, com diferentes geometrias, permite o aparafusamento rápido e seguro, em particular o passo da rosca está ligado às dimensões do diâmetro e comprimento do parafuso. As roscas com passo veloz servem para parafusos de médias/longas dimensões para acelerar os procedimentos de aparafusamento, enquanto as roscas com passo lento são ideais para parafusos pequenos, onde é pedido cuidado e precisão na fase de aparafusamento. Os parafusos totalmente roscados são os mais indicados para conexão da ossatura de madeira</p>	
<p>4. FRESA: A geometria da fresa é estudada especificamente para alargar as fibras da madeira e remover as aparas criadas pelo avanço do parafuso. A fresa abre um espaço para a passagem da haste e limita o super aquecimento do parafuso.</p>	
<p>5. HASTE: Um especial enceramento superficial cobre a haste, reduzindo assim significativamente o atrito e, conseqüentemente, os esforços de torção em fase de aparafusamento.</p>	
<p>6. SUB-CABEÇA: Os escareadores (chamados “nervuras”) caracterizam-se por ter uma forma muito incisiva, apta a cortar as aparas que saem do orifício após a perfuração da madeira.</p>	
<p>7. CABEÇA: A geometria da cabeça define a resistência à penetração do parafuso. Os tipos de cabeças mais utilizados no LWF são a cilíndrica, a embeber, a trombeta, a troncocónica e a sextavada.</p>	


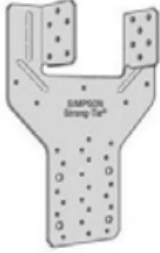
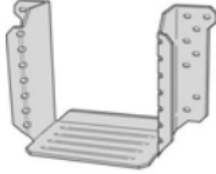
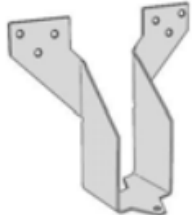

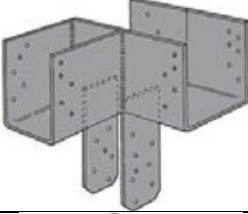
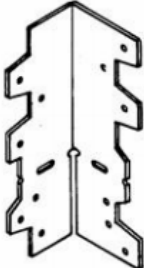





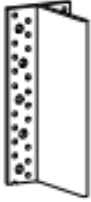
Fonte: Adaptado de Rothoblaas (2019)

Os conectores de chapa de metal transmitem as cargas por meio de dentes, pregos ou parafusos. As chapas são geralmente feitas de aço galvanizado e devem possuir dimensões necessárias para transmitir os esforços nas articulações. As placas estampadas (dentadas) necessitam de uma prensa hidráulica, já as pregadas ou parafusadas podem ser instaladas manualmente (*U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1999*). Há também uma gama de conectores metálicos de uso estrutural que fazem a ligação de madeira-madeira ou madeira-alvenaria. Na Tabela 14 são apresentados os conectores mais usuais no *Light Wood Frame*.

Tabela 14 - Conectores mais usuais no *Light Wood Frame*.

Conectores	Observações	Imagem
<p>Chapas estampadas</p>	<p>Não é indicada para conexões submetidas a compressão ou cisalhamento. Utilizada, normalmente, na fabricação de treliças.</p>	
<p>Chapas lisas</p>	<p>Pode ser utilizado com pregos ou parafusos. Há modelos utilizados para absorver os esforços cortantes.</p>	
<p>Conector angular para esforço de tração</p>	<p>É ancorada na fundação, com parafuso sextavado ou expansivo e pregada às paredes (montantes) para absorver os esforços de tração.</p>	

Conectores	Observações	Imagem
Suportes	Suportam compressão e cisalhamento e são fixadas com pregos ou parafusos.	
Conector de viga	Os buracos dos parafusos são feitos de forma que permitam uma instalação dupla em uma treliça.	
Suporte para treliça de espigão e de caibro	São pregados ou parafusados.	
Suporte de reparo em U	Deve ser bem apertado quando instalado ao redor de outros suportes e deve ter 1/8" de abertura entre o suportes original e a terça.	
Chapas de amarração anti-furacões e antisismos.	São pregadas ou parafusadas.	
Suporte múltiplo de topo de coluna	São parafusados, com parafusos auto-atarraxantes.	
Fixador de madeiramento	Suportam melhor cargas de compressão.	

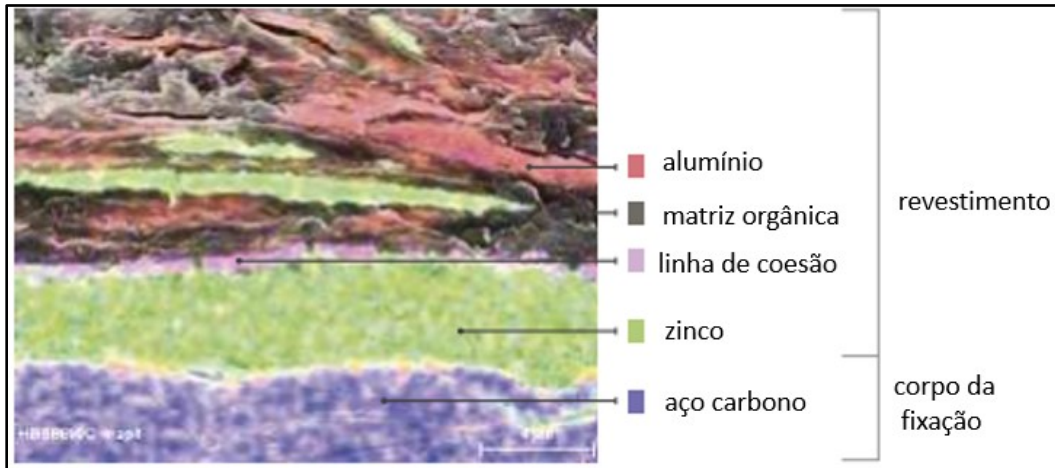
Conectores	Observações	Imagem
Braço de travamento	Resistem à compressão e tração.	
Cantoneira de fundação	Suporta cargas laterais. É ancorada na fundação, com parafuso sextavado, e pregada às paredes (montante)	
Holdown	Resiste à deformação devida ao esticamento do material. É chumbado ao banzo inferior e aparafusado aos montantes.	
Suporte oculto	Utiliza-se cavilha auto-perfurante para fixar a viga de madeira no suporte de metal.	

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Os pregos, os parafusos e os conectores utilizados no LWF, normalmente, são feitos em aço carbono com zincagem galvânica ou em aço inoxidável. Segundo *U.S. Department of Agriculture* (1999) a corrosão dos elementos de fixação pode ocorrer com a presença de umidade e com o contato com a madeira tratada com certos sais ou retardadores de fogo. *U.S. Department of Agriculture* (1999) afirma que os pregos de cobre e aço inox (304 e 316) tiveram bom desempenho em madeira tratada com amônia e CCA. A Rothoblaas (2019) recomenda utilizar em madeiras tratadas e em madeiras que contenham tatinos “agressivos” (com pH ácidos) fixações de aço com múltiplas camadas com tratamento superficial à base de resina epoxídica e *flakes* de alumínio. Este revestimento de múltiplas camadas é composto por uma camada funcional externa de cerca de 15-20 μm de matriz epóxidica com cargas de *flakes* de alumínio, que confere ao revestimento uma excelente resistência aos stress mecânicos e térmicos. Os *flakes* de alumínio também funcionam como elemento sacrificial catódico para o metal base do elemento fixador. Uma camada interna de cerca de 4 μm de zinco tem a função

de ulterior camada de resistência à corrosão (Figura 34) (ROTHOBLAAS, 2019). Na subseção 2.2.1 são discutidos os principais agentes de degradação dos materiais de construção.

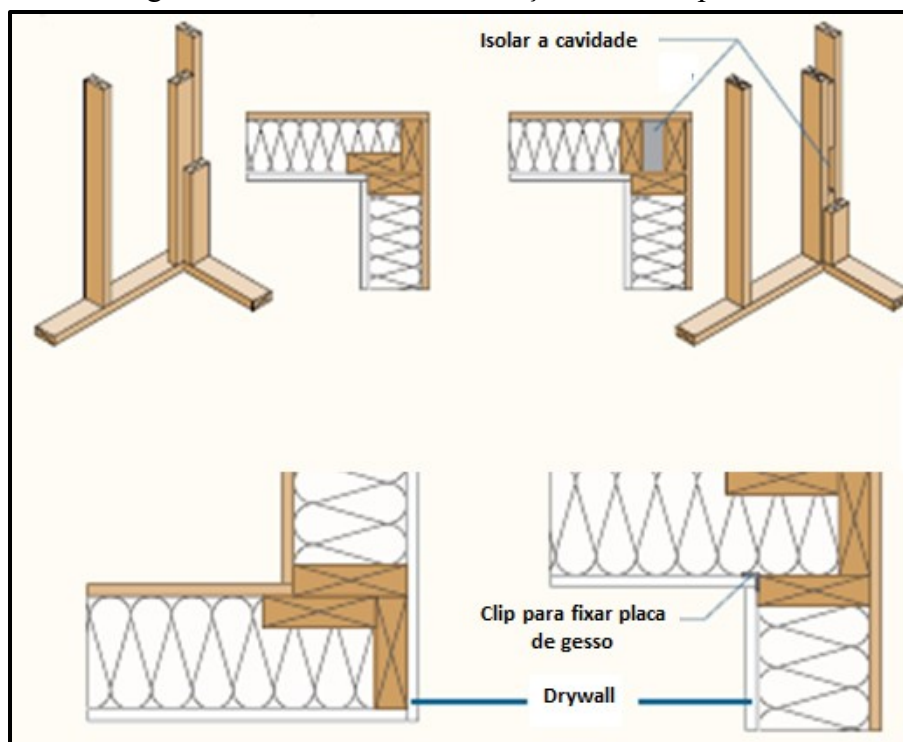
Figura 34 - Camadas de revestimento dos elementos fixadores para madeira tratada.



Fonte: Rothoblaas (2019)

Segundo Thallon (2008), nas interseções entre as paredes, onde as tensões são maiores, os montantes devem ser mais fortes que os montantes padrão. Nas normas de construção norte-americanas, recomenda-se, no mínimo, a utilização de montantes duplos. A Figura 35 ilustra diferentes soluções construtivas para cantos de parede e, de forma similar, as interseções entre paredes.

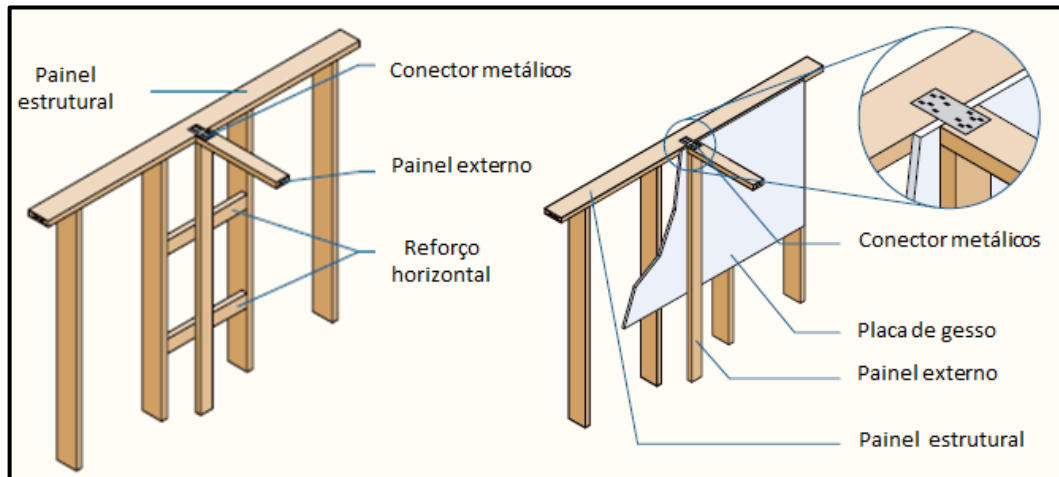
Figura 35 - Detalhes das interseções entre as paredes.



Fonte: American Plywood Association (2014)

As paredes internas podem ser estruturais ou auxiliarem na rigidez da estrutura. As conexões entre paredes (painéis) externas e internas quando estruturais devem ser feitas diretamente entre montantes, utilizando montantes auxiliares, quando as paredes internas não fazem função estrutural, a interseção pode ser feita sobre as chapas de vedações ou utilizando reforços horizontais (Figura 36).

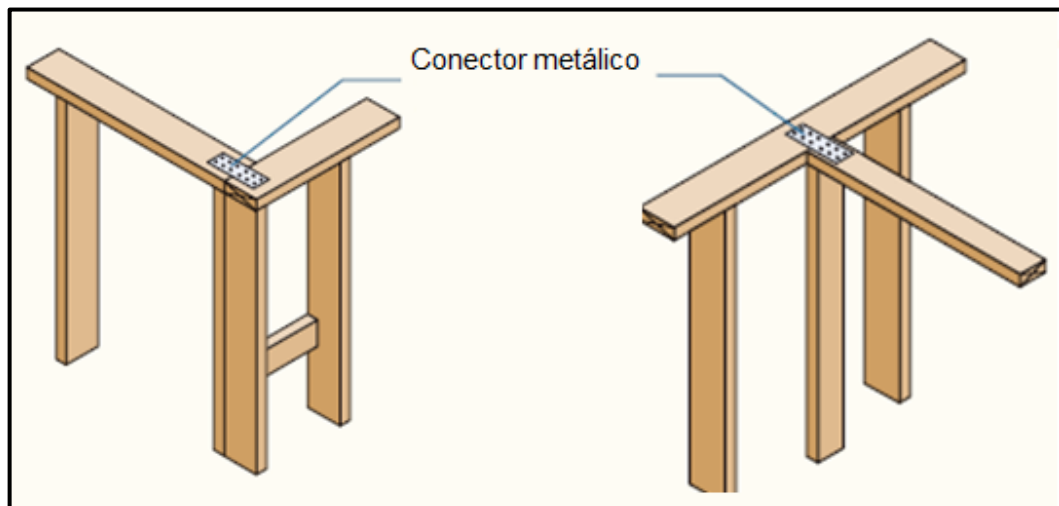
Figura 36 - Detalhes das interseções entre as paredes perpendiculares.



Fonte: *American Plywood Association* (2014)

Para a união dos banzos superiores quando forem constituídas por dupla travessa, deve-se utilizar transpasses nas junções de canto de parede e nas emendas longitudinais, sendo a ligação realizada com 2 pregos 16 d a cada 300 mm (*AMERICAN WOOD COUNCIL*, 2005). Quando os banzos forem peças únicas, as emendas longitudinais, as junções de canto de parede e as interseções de paredes devem ser executadas com a utilização de conectores metálicos, conforme a Figura 37.

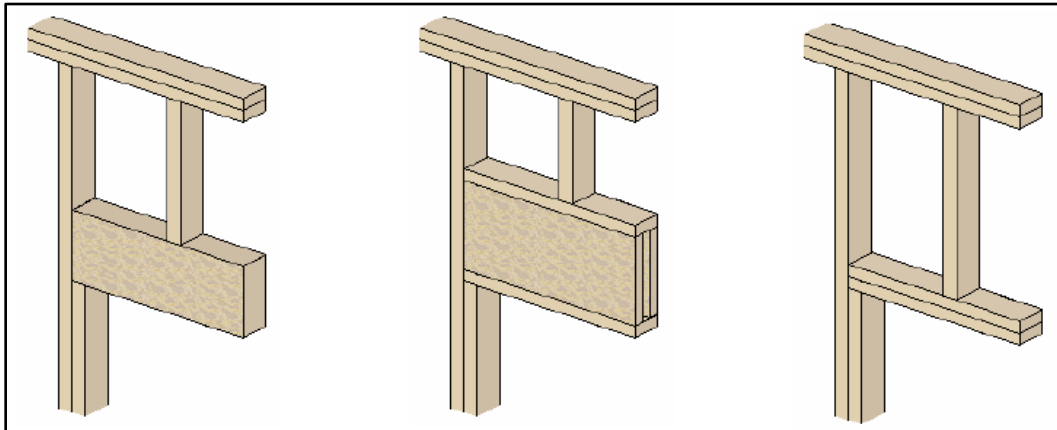
Figura 37 - Conectores metálicos para banzos simples.



Fonte: *American Plywood Association* (2014)

Nas paredes estruturais, as aberturas de portas e janelas recebem uma verga para a transferência das cargas do pavimento superior para os montantes laterais de apoio. Essa peça pode apresentar diversas seções transversais e/ou composições, conforme ilustra a Figura 38.

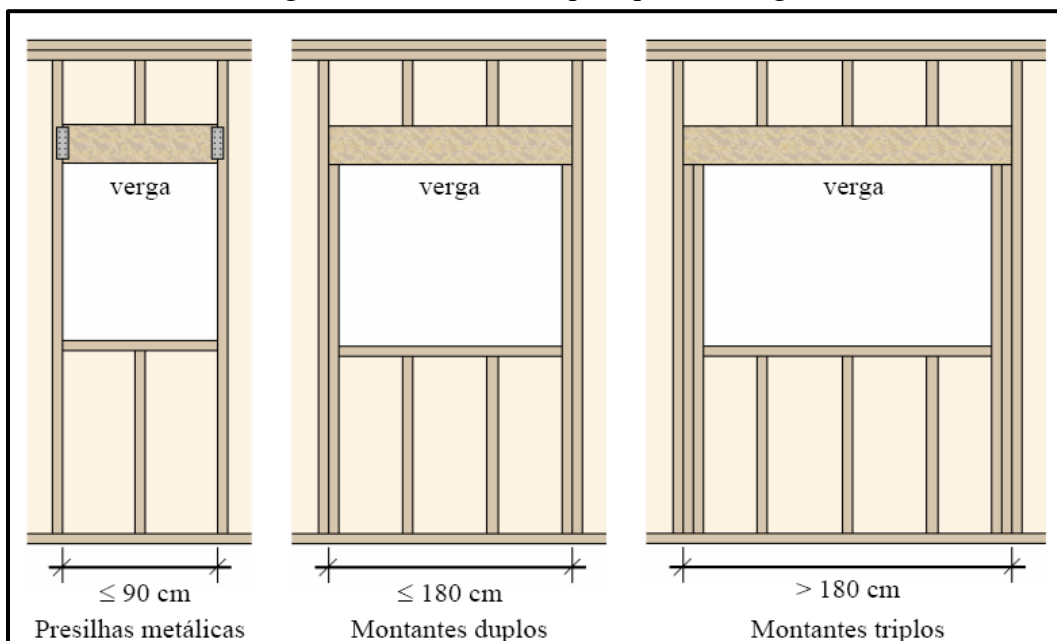
Figura 38 - Aberturas de portas e janelas.



Fonte: Silva (2004)

Segundo AWC (2002), no suporte das vergas, as aberturas inferiores a 180 cm devem utilizar montantes duplos, um deles servindo como apoio direto para essas peças. As aberturas superiores a 180 cm devem utilizar montantes triplos, neste caso, dois deles servindo como apoio direto. Também é permitido o uso de presilhas metálicas para vãos inferiores a 90 cm, conforme mostra a Figura 39.

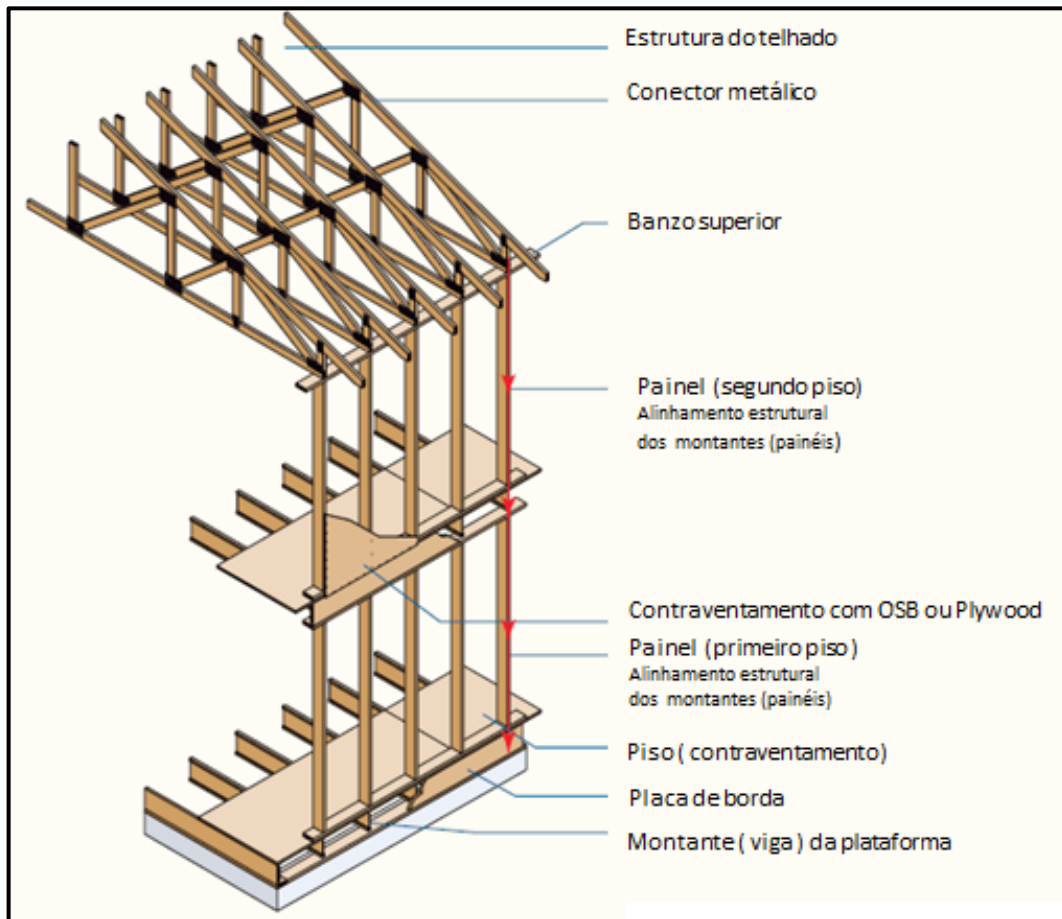
Figura 39 - Detalhe do apoio para as vergas.



Fonte: Silva (2004)

Os montantes dos painéis entre pisos devem estar alinhados para facilitar as distribuições das cargas. A forma mais utilizada para contraventamento da ossatura são as chapas *Oriented Strand Board* (OSB) ou *Plywood* (compensado) (Figura 40).

Figura 40 - Alinhamento vertical dos montantes.













Fonte: *American Plywood Association* (2014)

O *International Residential Code* (2018) recomenda dez métodos diferentes para contraventar a ossatura do *Light Wood Frame* em edificações residenciais (Tabela 15). A escolha do método mais apropriado depende da tipologia da construção, do entorno e da velocidade dos ventos. Segundo Cushman (2006) as paredes de contraventamento devem ser calculadas, levando em consideração a geometria arquitetônica e a localização, quando há possibilidade de os ventos passarem dos 160 km/h. Regiões com ventos abaixo deste valor, podem seguir as orientações dos métodos descritos no *International Residential Code*. Os métodos 3 e 10 são os mais usuais atualmente nos Estados Unidos para edificações residenciais. O método 3 utiliza chapas estruturais (OSB ou *Plywood*) na vertical em locais estratégicos das paredes estruturais, já o método 10, com revestimento contínuos de chapas (OSB ou *Plywood*), permite uma redução nos reforços estruturais e na ancoragem das fundações, porém as chapas

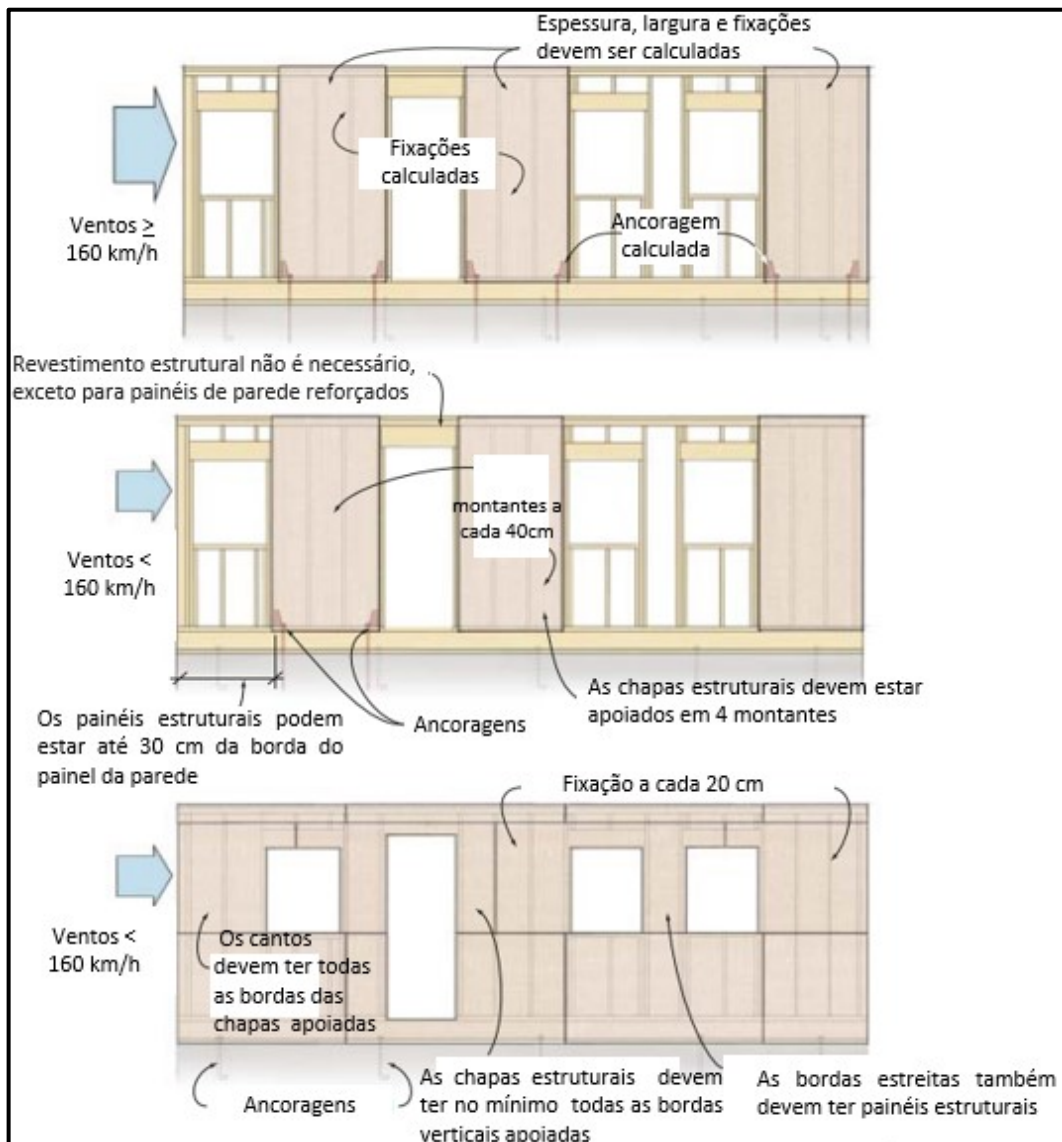
dos cantos dos painéis (paredes) devem estar com todas as bordas apoiadas. A Figura 41 apresenta estas três possibilidades em um mesmo painel estrutural.

Tabela 15 - Métodos de contraventamento indicados pelo *International Residential Code*.

Método	Observação	Imagem
1	Tiras diagonais Colocação de tiras metálicas ou de madeira em ângulos 45 à 60 graus com espaço dos montantes a cada 40 cm	
2	Tábuas de madeira em diagonal Colocação de tábuas no sentido diagonal com espaçamento dos montantes a cada 60cm	
3	Revestimento de chapas estruturais de madeira Espessura mínima de 10 mm das chapas <i>Oriented Strand Board (OSB)</i> ou <i>Plywood</i> (compensado).	
4	Painéis estruturais de fibra de vidro Os painéis devem ter 12 mm de espessura com espaço dos montantes a cada 40 cm	
5	Chapas de gesso As chapas de gesso 12,5 mm devem ser colocadas em todas as arestas da edificação, tendo uma largura total de 1.80 m	
6	Chapas Cimentícias Placas cimentícias devem ser colocados com espaço dos montantes a cada 40 cm	
7	Painel Sinding (Hardboard) Painel <i>Sinding</i> devem ter espessura de 18 mm	
8	Parede alternada Utiliza além de chapas de 8 mm, montantes duplos e ancoragem fixadas em quatro pontos na fundação	
9	Pórtico estrutural Utiliza chapas de contraventamento de 8 mm criando um pórtico estrutural com conectores metálicos fixados na fundação	
10	Revestimento contínuo Este método utilizada chapas estruturais em toda a superfície da ossatura	

Fonte: Adaptado de *International Residential Code* (2018)

Figura 41 - Três formas diferentes de contraventamento das paredes.



Fonte: Cushman (2006)

A ligação de um painel de parede à estrutura de fundação convencional em concreto pode ser feita por meio de parafusos de ancoragem com a dobra inferior em 90° devidamente posicionado no momento da preparação da ferragem. Porém o mais usual para fixação dos banzos na fundação são os parafusos de ancoragem especiais, também chamados *Parabolts* (Figura 42). Estes são instalados após a finalização da estrutura de alvenaria ou concreto. O *Wood Frame Construction Manual* (2005) recomenda utilizar parafusos com diâmetro mínimo de 12,7 mm, sendo pelo menos dois parafusos por peça fixada junto à fundação, com penetração mínima de 15 cm, e espaçamento entre eles de, no máximo, 180 cm. Também deve ser previsto fixação na extremidade de cada painel, cuja distância da borda deve ser de 30 cm.

Figura 42 - Tipos especiais de chumbadores.



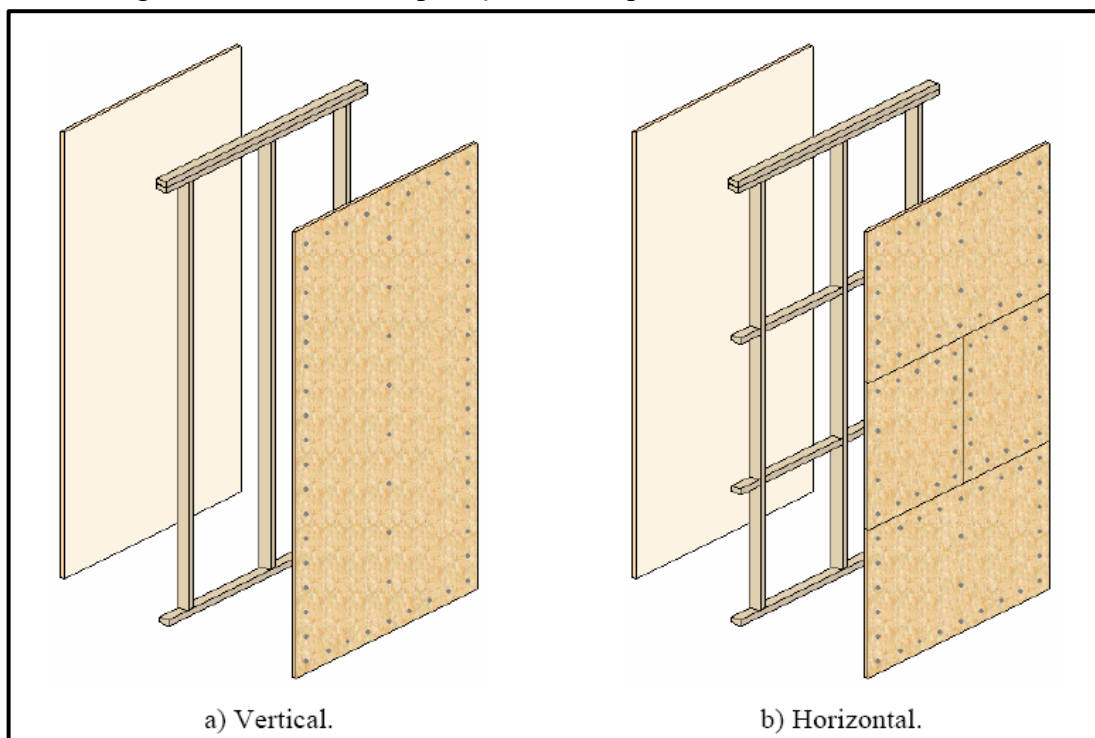
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

As chapas de fechamento revestem a estrutura proporcionando uma superfície plana para o acabamento interno e externo da parede. Muitas também são fundamentais na resistência estrutural da edificação, a seguir, destacam-se as mais usuais:

- **Chapas de madeira maciça:** são peças em pranchas de madeira maciça com diferentes tipos de encaixe (“macho – fêmea” com juntas descontínuas ou sobrepostas entre si ou deixado juntas abertas).
- **Chapas de gesso acartonado:** são produzidas a partir de gipsita natural e cartão dúplex. Possui como característica uma superfície lisa que facilita a atividade de acabamento, devido à sua regularidade geométrica, e dispensa também a camada de regularização.
- **Chapas cimentícias:** são produtos resultantes da mistura de cimento Portland, adições ou aditivos com reforços de fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção de fibras de amianto.
- **Chapas de poliestireno expandido (EPS):** são chapas de revestimento externo que compõe o sistema de fechamento *Exterior Insulation and Finish System* (EIFS). As chapas de EPS são utilizadas sobre a chapa de madeira reconstituída e revestidas com uma tela de proteção de PVC ou fibra de vidro e uma massa niveladora.
- **Chapas vinílica (Siding Vinílico):** são chapas de PVC para vedações externas aplicadas sobre as chapas de madeira reconstituída.
- **Chapas de madeira reconstituída:** são as chapas de uso padrão. Destacam-se o *Oriented Strand Board* (OSB) e o *Plywood* (compensado).

As chapas podem ser fixadas no sentido vertical ou horizontal (Figuras 43 a e b respectivamente). Segundo Thallon (2008), a aplicação na vertical é mais comum e permite que todas as arestas da chapa de fechamento encontrem apoio nos montantes e banzos da ossatura (mas somente quando o comprimento da chapa corresponde à altura do pé-direito), permitindo a pregação ao longo de todo o contorno da chapa. Isto não ocorre quando as chapas são dispostas horizontalmente (Figuras 29 b), devendo ser acrescentados à ossatura elementos bloqueadores, ligando montantes adjacentes e servindo de base para a fixação dos pregos. Os elementos bloqueadores, inseridos na ossatura da parede, auxiliam no comportamento da edificação em situação de incêndio. De acordo com Thallon (2008), a instalação das chapas na horizontal é recomendada quando houver solicitações mais acentuadas na direção perpendicular à superfície das chapas. Neste caso, a orientação das fibras da madeira é mais favorável para vencer o vão entre montantes, melhorando a rigidez. Isto acontece, por exemplo, quando a parede recebe revestimento de argamassa (*stucco*) sobre as chapas de fechamento.

Figura 43 - Sentido de aplicação das chapas de madeira reconstituída.



Fonte: Silva (2004)

Dentro dos painéis, entre os montantes, são colocados isolantes termoacústicos, os mais utilizados no LWF são a lã de rocha, lã vidro e lã de PET (poliéster). Porém, atualmente, tem surgido no mercado algumas alternativas como as lãs naturais e as espumas expansivas de poliuretano. A tabela 16 apresenta as propriedades térmicas de alguns materiais utilizados como isolantes nos painéis do LWF.

Tabela 16 - Propriedades térmicas dos materiais isolantes termo acústicos.

Produto	Densidade de massa aparente ¹ (kg/m ³)	Condutividade térmica ² (W/(m.K))	Calor específico ³ (KJ/(kg.K))
Lã de vidro	10 - 100	0,045	0,70
Lã de rocha	20 - 200	0,045	0,75
Lã de PET	7 - 150	0,068	-
Lã de ovelha	15	0,042	1,38
Lã de cânhamo (Thermo Hemp)	38	0,038	1,38
Espuma expansiva de poliuretano	25 - 40	0,035	1,42
Poliestireno extrudado (XPS)	25	0,029	1,5
Poliestireno expandido (EPS)	15-35	0,0400	1,42

¹ Quociente da massa pelo volume aparente de um corpo.

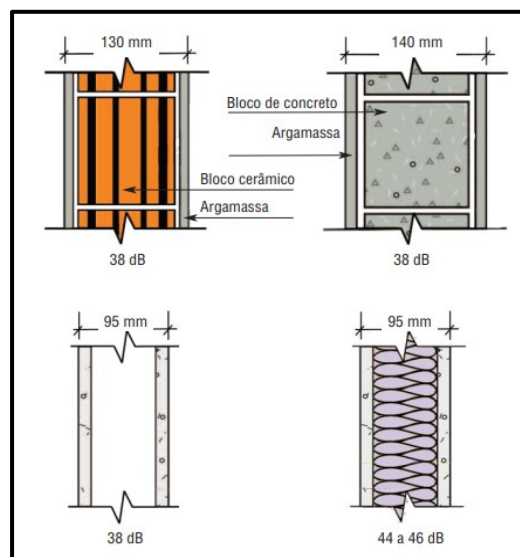
² Propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1W/m^2 , quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro

³ Coeficiente da capacidade térmica pela massa

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados dos catálogos dos produtos (2020)

Os painéis do LWF formam o chamado sistema massa-mola-massa. Pois são constituídos de uma massa (chapa), um “colchão” de ar ou um material que amortece e absorve a maior parte da onda sonora, quebrando sua intensidade (mola) e outra massa (chapa). A Associação Brasileira de *Drywall* (2018) afirma que a eficiência do sistema se deve ao fato de ocorrer uma fricção entre a onda sonora e o novo meio (o ar ou um material fibroso como uma lã isolante). Na Figura 44 é mostrado o desempenho acústico comparado com paredes de alvenaria convencional e suas equivalentes no LWF sem e com lã isolante.

Figura 44 - Desempenho acústico do LWF comparado com paredes de alvenaria convencional.

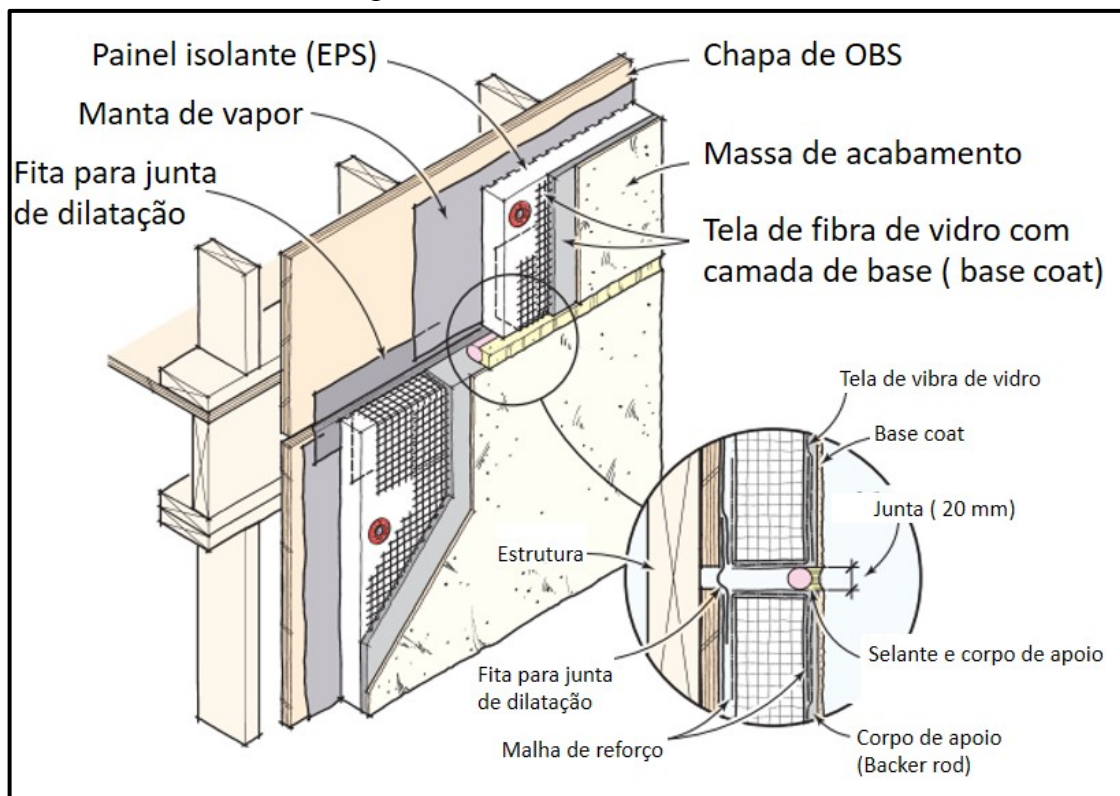


Fonte: Associação Brasileira de *Drywall* (2018)

Outra forma de fazer o isolamento termoacústico do LWF é utilização do sistema de acabamento e isolamento externo (*Exterior Insulation and Finish System - EIFS*). Este sistema consiste na colocação de painéis de poliestireno expandido (EPS) ou outro material isolante sobre a chapa de madeira reconstituída e revestidas com uma tela de proteção de fibra de vidro (ou PVA) e uma massa niveladora. As fixações dos painéis podem ser feitas quimicamente, por meio de adesivos ou mecanicamente, por meio de tirantes (Figura 45).

A utilização do sistema EIFS diminui o efeito das pontes térmicas que podem ocorrer nos montantes das paredes do LWF, como também, os riscos de condensação interna dentro das paredes. No sistema EIFS, é essencial detalhar corretamente a camada de controle de vapor e interseções de janelas e portas para evitar problemas com a umidade.

Figura 45 - Detalhamento do EIFS.



Fonte: Wardell (2017)

As membranas e barreiras transpirantes, são elementos que compõe os painéis, pois são fundamentais para proteger o invólucro do edifício contra o risco de infiltrações de água e permitir uma regulação termo-higrométrica da estrutura. Também tem um papel fundamental no controle da difusão do vapor e de vedação do ar e do vento, sendo importante para aumentar eficiência energética do edifício. As membranas podem ser agrupadas em três tipos, dependendo das suas propriedades (Tabela 17).

Tabela 17 - Tipos de membranas e barreiras ¹³.

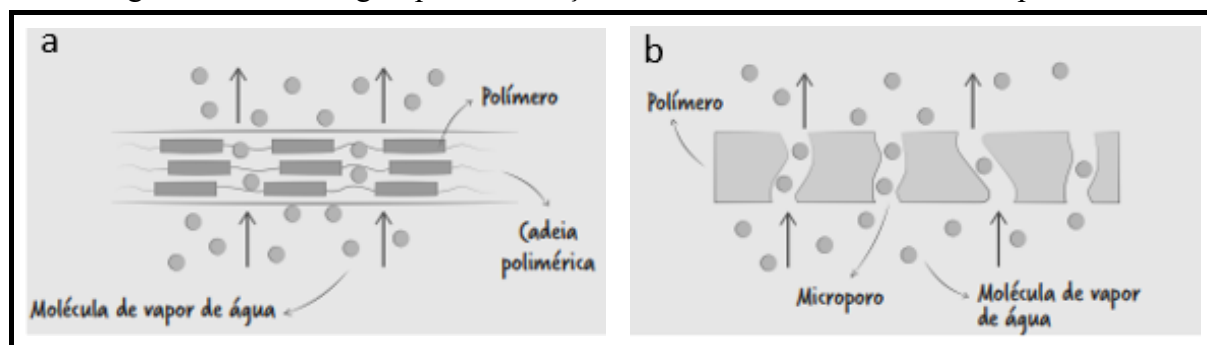
PRODUTO	IMPERMEABILIDADE AO AR	IMPERMEABILIDADE À ÁGUA	IMPERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA
Bloqueadoras vapor	100%	100%	100%
Barreiras para-vapor	100%	100%	70%
Membranas transpirantes	100%	100%	0%

Fonte: Adaptada de Rothoblass (2019)

Segundo Rothoblaas (2019) atualmente há duas tecnologias para fabricação das membranas e barreiras transpirantes:

- Produtos monolíticos: são membranas com camada funcional homogênea e contínua. A permeabilidade ao vapor de água é atribuída a uma reação química fundada sobre a permeância do polímero: de fato, alguns polímeros são capazes de ativar uma reação química com as moléculas do vapor e assim deixar-se atravessar, tornando-se assim transpirantes (Figura 46 – a).
- Produtos microporosos: são membranas com camada funcional microporosa, obtida mecanicamente. A permeabilidade ao vapor de água é atribuída ao princípio da capilaridade: a molécula de vapor passa através dos microporos do filme funcional, inserido em uma ou duas camadas de proteção (Figura 46 – b).

Figura 46 - Tecnologias para fabricação de membranas e barreiras transpirantes.

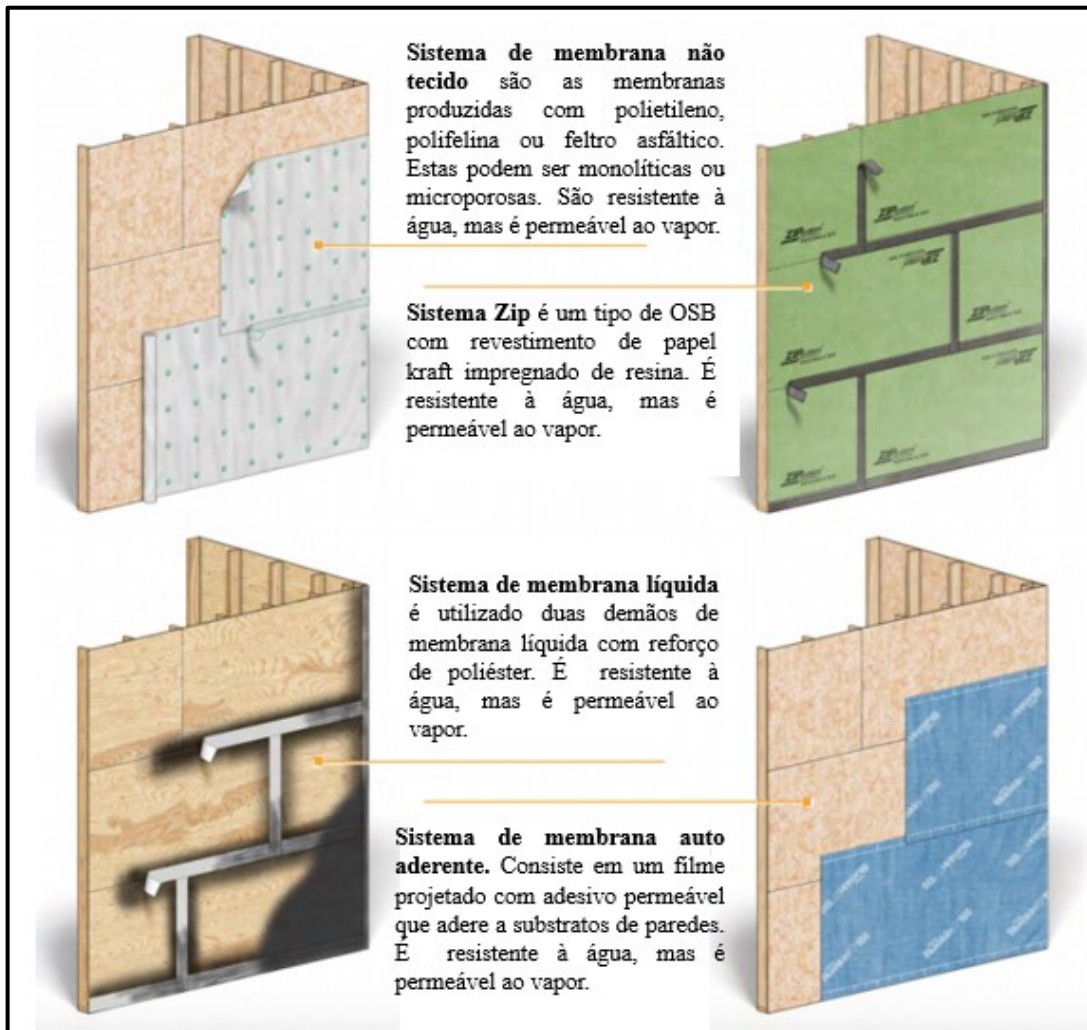


Fonte: Rothoblass (2019)

Além das membranas de não tecido, que são as mais usuais para o envelopamento das edificações, há diferentes produtos que funcionam como barreiras a prova da água ou de vapor, tais como: o sistema Zip, as membranas líquidas e as membranas auto aderentes (Figura 47).

¹³ Neste trabalho as membranas e as barreiras são chamadas, genericamente, de membranas ou mantas hidrófugas e/ou de vapor, pois ainda há pouco opção no mercado nacional. No Brasil são comercializadas duas opções atualmente: *Tyvek-HomeWrap* e a *lp-housewrap*.

Figura 47 - Diferentes sistemas que funcionam como membrana de vapor.

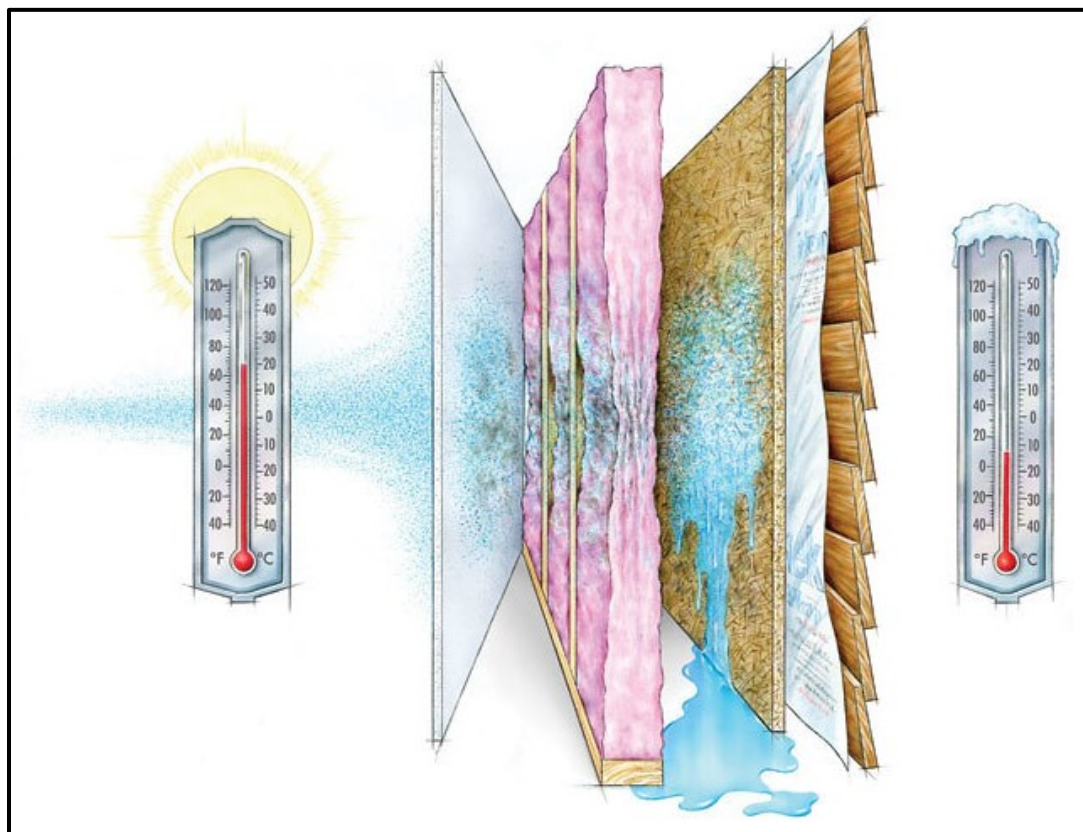


Fonte: *Fine Home Building* (2019)

Normalmente no Brasil as membranas e barreiras transpirastes são adotadas somente na parte externa sobre a estrutura de madeira ou chapas reconstituídas (OSB ou *Plywood*). Durante o inverno, a umidade expelida pelo calor do interior pode penetrar nas paredes e nos tetos difundindo-se como vapor pelos materiais de construção (embora seja muito mais provável que ocorra vazamentos de ar). Essa umidade pode condensar na fase interna do revestimento externo, causando problemas como mofo e podridão (Figura 48). No verão, no entanto, com a combinação de dias quentes e úmidos e interiores secos e com ar condicionado, o fluxo de vapor reverte e pode forçar o ar úmido para dentro através do seu isolamento, onde pode condensar-se em uma barreira de vapor fria e impermeável (REYNOLDS E PIERSON, 2019). Segundo Reynolds e Pierson (2019) uma das alternativas é a utilização do OSB no lado

de dentro da parede, pois é permeável ao vapor¹⁴ e aumento um pouco a inércia térmica do revestimento interno. Por estes motivos é importante que as barreiras de vapor sejam permeáveis ao vapor da água.

Figura 48 - Condensação pode ocorrer na face interna do revestimento interno na presença de bloqueador de vapor.



Fonte: *Fine Home Building* (2017)

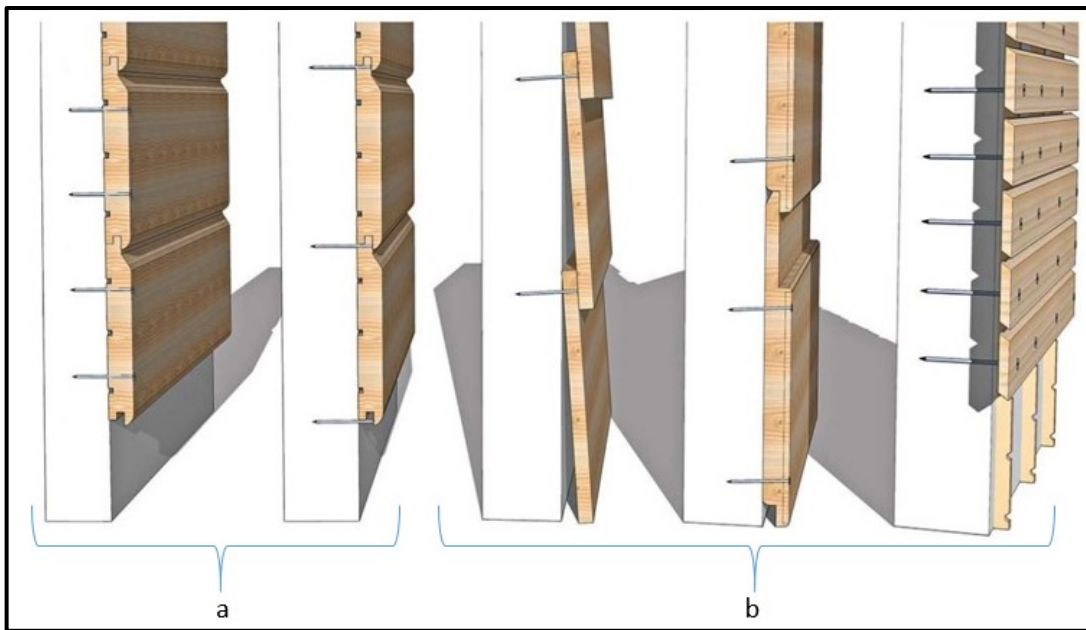
Há diversos tipos de materiais para as vedações dos painéis (paredes), possibilitando diferentes arranjos técnico-constructivos e estéticos. Atualmente a vedação interna mais utilizada no *Light Wood Frame* é a chapa de gesso acartonado. Esta é leve, fácil de instalar, incombustível e aumenta a resistência ao fogo das paredes. A utilização de aditivos e fibra de vidro melhoram o desempenho acústico, como também, aumenta a resistência a umidade. A resistência mecânica ao impacto pode variar de 10 a 90 J e, ao cisalhamento, de 10 a 100 kg por ponto de fixação (ancoragem) dependendo do modelo da chapa utilizada.

Os revestimentos externos mais utilizados são os *siding* de madeira, as chapas cimentícias e as vedações de tijolos tradicionais que são fixados ao painel de madeira por meio de conectores metálicos.

¹⁴ Segundo o código de obras canadense qualquer material que permita a passagem de menos de 60 NG (nanogramas) de umidade sob condições específicas é considerado uma barreira de vapor. As chapas de OSB de 18 mm permite a passagem de 40 NG e as membranas de polietileno 3,4 NG.

O *siding* de madeira é a vedação mais antiga utilizada no LWF. As mesmas podem ser produzidas em madeira de coníferas ou folhosas e são instaladas sobre as chapas reconstituídas (*Plywood* ou OSB) ou sobre ripas verticais. No passado eram instaladas diretamente sobre a ossatura de madeira. As mesmas podem ser conectadas com encaixe “macho-fêmea” (Figura 49 – a), ser sobrepostas entre si ou deixado juntas abertas (Figura 49 – b), independente do tipo de encaixe, estas devem ser fixadas com parafusos ou pregos.

Figura 49 - Tipos de *siding* utilizados como vedações externas.



Fonte: *Fine Home Building* (2017)

As chapas cimentícias são outro elemento bastante utilizado nas vedações externas do LWF. Estas são instaladas com pregos ou parafusos, as faces externas podem ficar exposta sem nenhum tipo de tratamento ou impermeabilizadas, pintadas com tinta acrílica ou tratadas com argamassa monocomponente à base de cimento modificada com polímeros e fibras e telas álcali-resistentes em fibra de vidro para reforço (*basecoat*), evitando assim, trincas nas paredes e nas faces externas. Há diferentes tipos de tecnologias de fabricação das chapas cimentícias, as mais utilizadas no Brasil no LWF são:

- as **chapas cimentícias da Nova Tecnologia de Fibrocimento - NTF** são elaboradas a partir de uma mistura homogênea de cimento e fibras vegetais mineralizadas, com tratamento de superfície com aditivos especiais hidrofugados (*coating*);
- as **chapas cimentícias autoclavadas** são produzidas com alta pressão, umidade e alta temperatura e são compostas por uma mistura homogênea de cimento, reforços orgânicos e agregados naturais que não incorporam fibras de amianto;

- as **chapas cimentícias produzidas com Cimento Reforçado com Fios Sintéticos – CRFS** são produzidas a partir de uma mistura homogênea de cimento Portland, agregados naturais e celulose com fios sintéticos de polipropileno ou PVA. As chapas de CRFS são fabricadas no processo Hatschek, que consiste na suspensão bem diluída de cimento, fibras e aditivos. A mistura passa por cilindros, que a captam por sucção, removendo o excesso de água e formando sucessivas camadas de acordo com a espessura desejada,
- as **chapas de concreto reforçadas com malha de fibra de vidro (*Glass Fiber Reinforced Concrete* - GRFC)** são produzidas com uma liga cimentícia, estruturada por malha de fibra de vidro.

A norma de placa de fibrocimento sem amianto - NBR 15498 (ABNT, 2014) estabelece os requisitos e métodos de ensaio e classifica as chapas nas classes A e B. A classe A é indicada para aplicações externas sujeitas à ação direta de sol, chuva, calor e umidade. Podem ser fornecidas com ou sem revestimento. Elas devem atender aos seguintes requisitos de ensaio: resistência à tração na flexão, permeabilidade, envelhecimento acelerado por imersão em água quente, envelhecimento acelerado por imersão/secagem, comportamento sob a ação do fogo e variação dimensional por imersão e secagem. Já a classe B é indicada para aplicações internas e aplicações externas não sujeitas a ação direta de sol, chuva, calor e umidade. As chapas são classificadas em cinco categorias de acordo com sua resistência à tração na flexão. Tabela 18 apresenta as principais características físicas das diferentes tecnologias de fabricação das chapas cimentícias.

Tabela 18 - Principais características físicas das chapas cimentícias.

Tipo	Densidade (kg/m ³) ¹	Absorção umidade (%) ¹	Variação dimensional (mm/m) ¹	Resistência a flexão (kgf/cm ²) ¹	Classe do material ²
chapas cimentícia NTF	1.200	-	0,30 - 3,5	122,37	A3
chapas cimentícia autoclavada	1.330	30	0,31 – 0, 67	160	-
chapas cimentícia CRFS	1.595	11,90	1,3	107	A2
chapa cimentícia GRFC	1.117	18,35	0.6 – 1.2	108,77	A3

¹ Os dados foram obtidos nos catálogos dos produtos e contato com os departamentos técnicos das empresas fabricantes das diferentes chapas cimentícias.

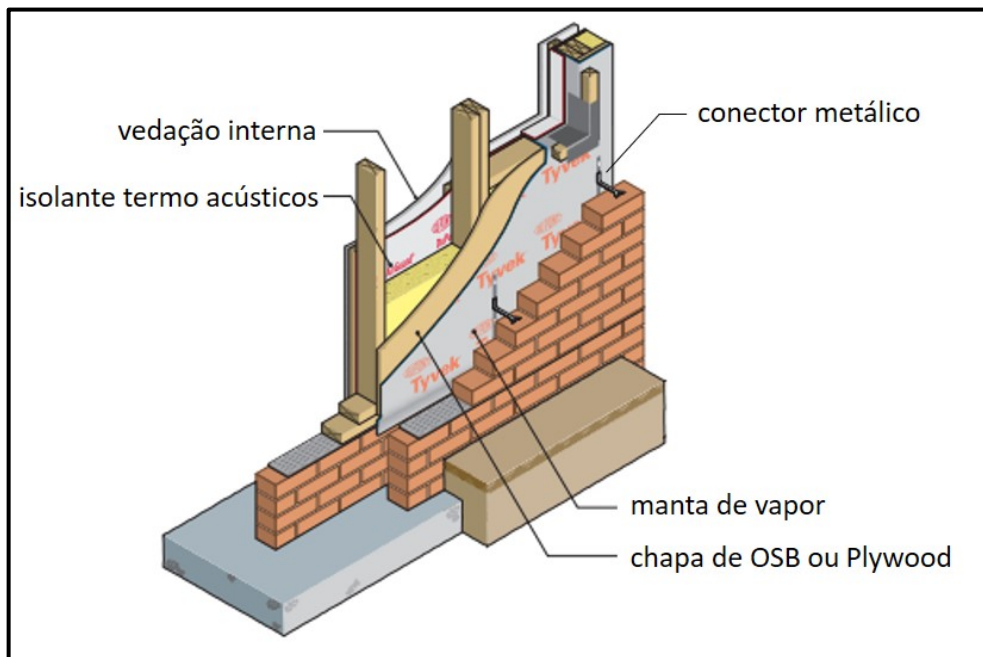
² O número representa a categoria (1,2,3 ou 4) da classe (A ou B) que são os valores mínimos de tração na flexão, conforme NBR 15498 (ABNT, 2014).

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados dos catálogos dos produtos (2020)

Outro revestimento muito utilizado na América do Norte é a parede tradicional de alvenaria, construída paralelamente a parede estrutural (ossatura de madeira) e, conectada a

mesma, por meio de conectores metálicos. Este tipo de vedação, chamada de *timber frame wall brick cladding*, pode melhorar o desempenho termoacústico da edificação, por meio de aumento da massa das paredes. A Figura 50 apresenta um detalhamento do revestimento externo em parede de alvenaria para o LWF.

Figura 50 - Detalhe do revestimento externo em parede de alvenaria.



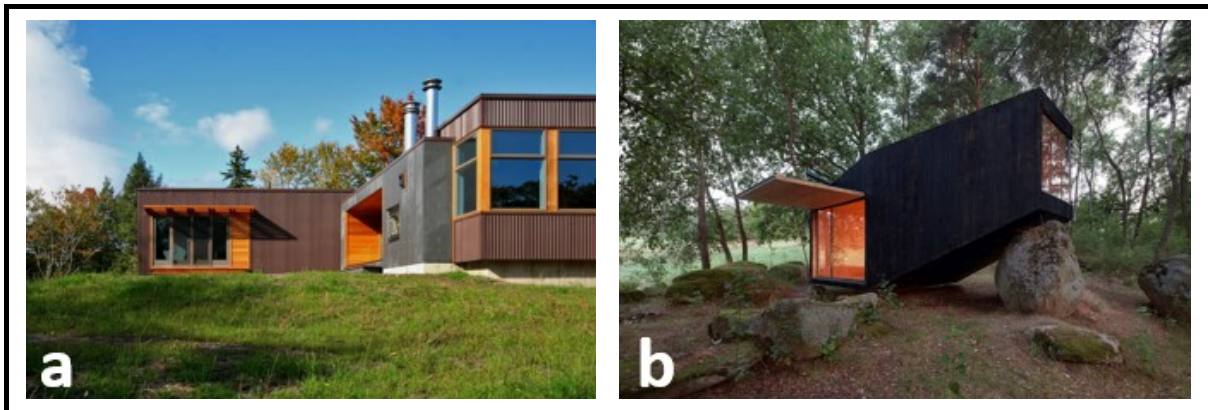
Fonte: Adaptado de Du pont (2014)

Além das vedações já apresentadas, as chapas metálicas, o *siding* vinílico e a madeira carbonizada (*Shou Sugi Ban*¹⁵) são alguns dos materiais utilizados como vedações na arquitetura contemporânea com resultados técnico-construtivos e estéticos variados (Figura 51 - a e b).

No Brasil há uma variação dos tipos de fechamentos para a composição do painel, mas nos últimos anos a composição mais utilizada no LWF para HIS é a chapa de gesso como revestimento interno, chapa de OSB como elemento de contraventamento e chapa cimentícia como revestimento externo.

¹⁵ *Shou Sugi Ban* é uma técnica japonesa milenar que consiste na queima superficial de peças de madeira para combater os possíveis danos causados pelas intempéries e agressões naturais.

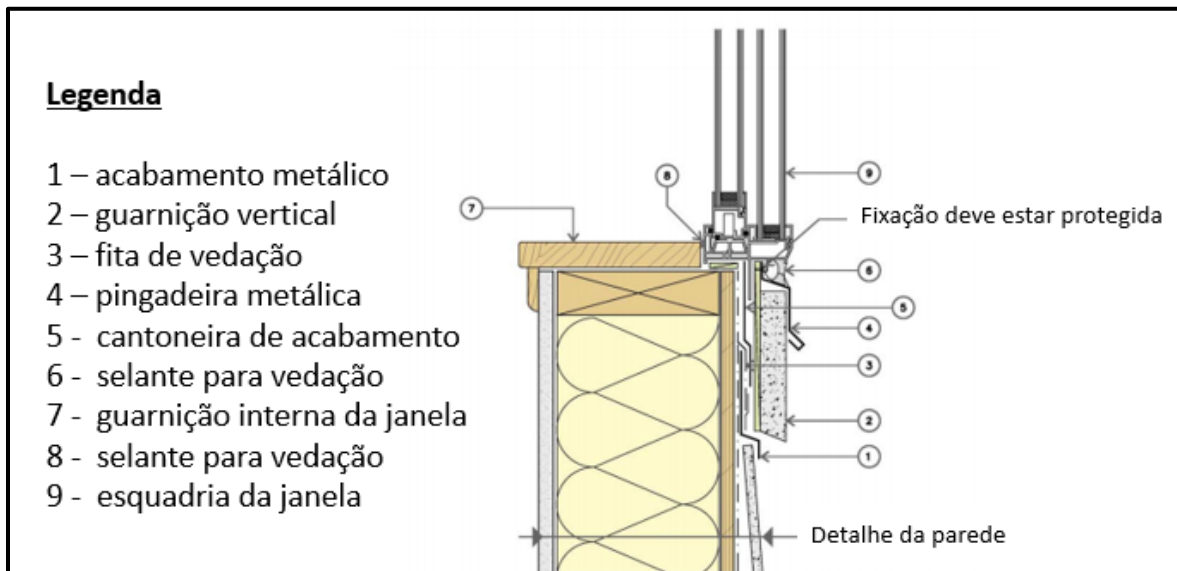
Figura 51 - a – composição de vedações externas de chapas metálicas e cimentícias, b - madeira carbonizada como vedação externa.



Fonte: Adaptado de *ArchDaily* Brasil (2019)

Outro aspecto importante no subsistema parede é a interface entre as chapas de vedações, estrutura e esquadrias das aberturas. Devem ser previstos fitas de vedações ou cantoneiras com massas de acabamento para unificar (vedar) as diferentes camadas dos revestimentos com a estrutura antes de fixar as esquadrias. A *Oregon Housing and Community Services* (2019) no *Building Enclosure Rehabilitation Guide: Multiunit Residential Wood-Framed Buildings* apresenta alguns detalhamentos destas interfaces entre paredes e esquadrias. A Figura 52 apresenta o detalhe do peitoril de uma Janela.

Figura 52 - Detalhe do peitoril de uma janela no LWF.



Fonte: Adaptado de *Oregon Housing and Community Services* (2019)

2.1.5.3 Entrepiso (plataforma) e cobertura do *Light Wood Frame*

O entrepiso (ou plataforma) é formado por elementos estruturais (vigas) e por chapas ou tábuas que formam o assoalho (piso). As vigas estruturais podem ser de montantes maciços,

vigas leves, vigas de madeira massiva ou treliças horizontais (Figura 53).

Figura 53 - Elementos estruturais utilizados na estrutura do entrepiso









Fonte Elaborado pelo autor (2019)

O espaçamento da estrutura da plataforma deve estar entre 40 cm ou 60 cm, seguindo o alinhamento dos painéis estruturais, conforme Figura 40. O assoalho pode ser feito de diversas maneiras, tais como painéis de madeira (OBS ou *Plywood*) ou painéis cimentícios (painel wall) revestidos de madeira maciça, pisos vinílicos, tábuas ou concreto armado, desde que sejam tomados os devidos cuidados com a impermeabilização e o desempenho termoacústicos.

Uma estrutura deve ser projetada para suportar todas as cargas que devem atuar na estrutura durante sua vida útil. Sob os efeitos das cargas aplicadas esperadas, a estrutura deve permanecer intacta e ter um desempenho satisfatório. O CWC (2019) propõe uma tabela (Tabela 19) de vãos típicos para auxiliar o projetista na seleção de um sistema estrutural de madeira baseado na norma CSA O86 - *Standard Engineering Design in Wood* (SCC, 2017).

Tabela 19 - Pré-dimensionamento para pisos, vigas e treliças de madeira

Decks (pisos), vigas e treliças		vão típicos (m)	Relação aproximada entre vão e altura (l/d)
decks de madeira		1 a 2,5	25- 35
painéis		0,3 a 0,6	20 a 40
montante maciço		3 a 7	15 a 25
viga I de madeira		6 a 10	20 a 25
painéis com ossatura (stressed-skin panels)		3 a 7	24 a 30
vigas de madeira compensada		4 a 9	18 a 20

Decks (pisos), vigas e treliças		vão típicos (m)	Relação aproximada entre vão e altura (l/d)
madeira serrada paralela		4 a 18	18 a 20
painel laminado colado (laminated veneer lumber)		4 a 18	18 a 20
madeira lamina coloda (Glulan)		4 a 25	18 a 20
treliças e arcos		vão típicos (m)	relação aproximada entre vão e altura (l/d)
treliças inclinadas		6 a 3	2 a 5
treliças de banzos paralelos		6 a 3	10 a 15
arcos treliçados		20 a 50	5 a 10

Fonte: Adaptado de CWC (2019)

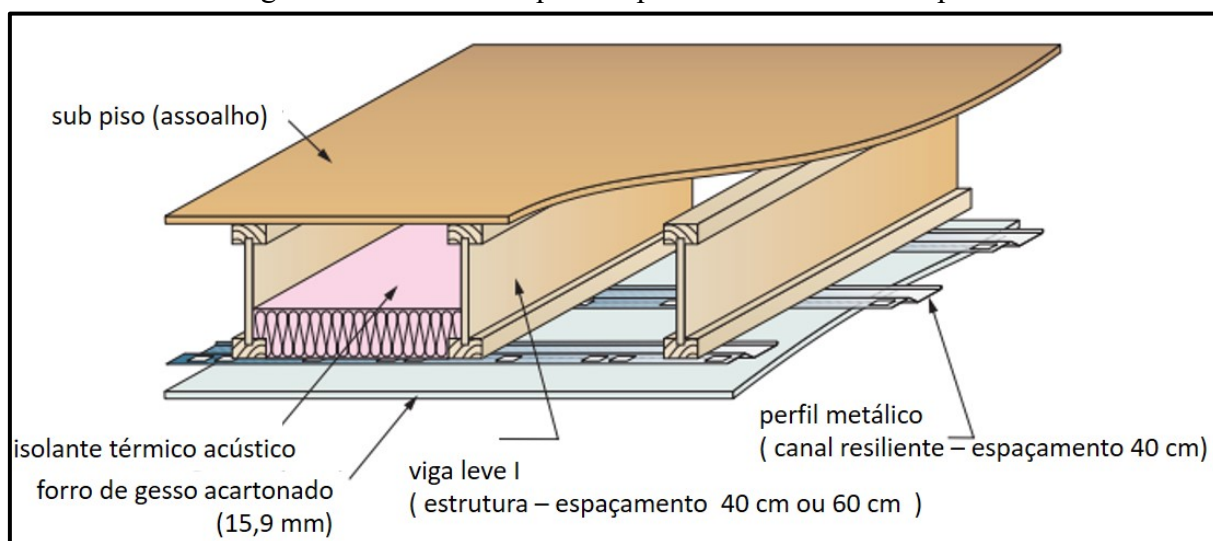
Uma preocupação em relação a plataforma é o seu desempenho ao isolamento acústico e ao isolamento ao fogo. Segundo *Canada Mortgage and Housing Corporation - CMHC (2002)* para a plataforma ter um melhor desempenho ao fogo, estas devem ser construídas com vigas, sub-pisos (assoalhos), isolantes termoacústicos e vedações inferiores (forro) com chapas de gesso com 15,9 mm de espessura fixadas em canais (perfis) resilientes metálicos, conforme Figura 54. Na ausência dos canais resilientes recomenda-se duplicar as chapas de gesso e aumentar o travamento das vigas para evitar a torção em situação de incêndio.

Segundo CMHC (2002) as habitações construídas com o LWF podem ter um bom desempenho acústico. A redução da transmissão do som entre as unidades habitacionais depende de três fatores: dissociar os dois lados das paredes e pisos, aumentar a massa geral dos pisos e das paredes e preencher as cavidades com isolantes acústicos. CMHC (2002) afirma que o isolamento acústico para edifícios multifamiliares deve ter uma Classe de Transmissão de Som - STC maior que 55 para paredes e pisos entre unidades, Classe de Isolamento ao Impacto - CII maior que 55 para pisos rígidos e maior que 65 para pisos acarpetados¹⁶. A tabela

¹⁶ Classe de Transmissão do Som (STC) - índice da perda de transmissão de som transportado pelo ar medido em laboratório. É calculado de acordo com a ASTM E 413 - *Standard Classification for Rating Sound Insulation* usando valores de perda de transmissão de som medidos de acordo com ASTM E 90 - *Standard Test Method for*

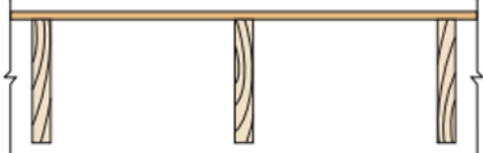
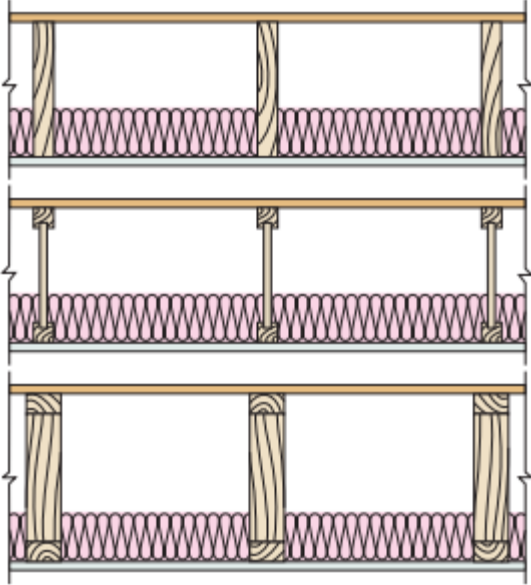

20 apresenta a resistência ao fogo e a transmissão de som de diferentes tipologias do entrepiso.

Figura 54 - Elementos que compõe a estrutura do entrepiso

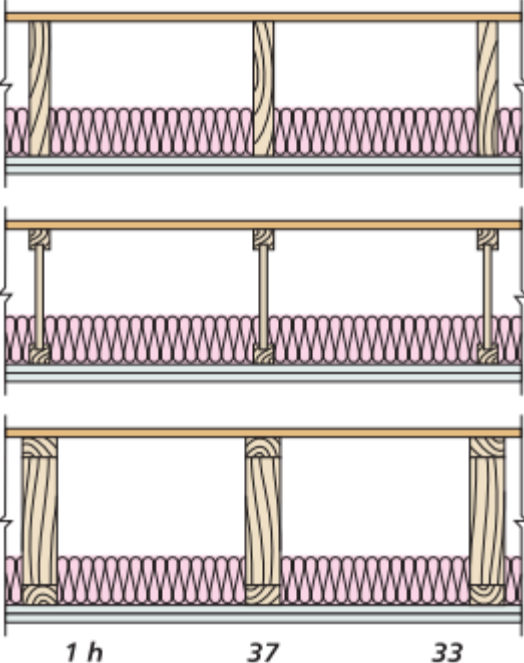
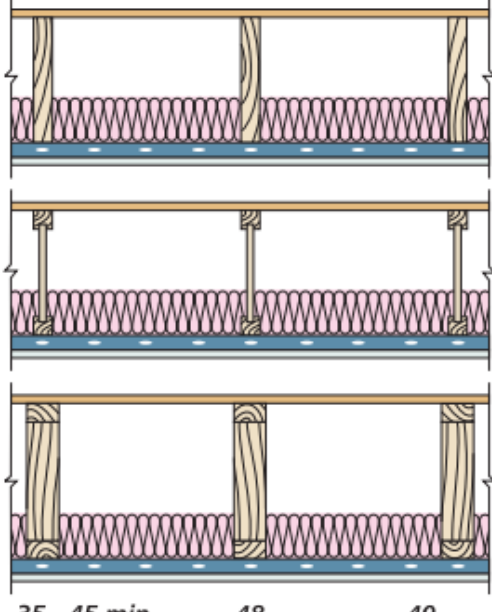


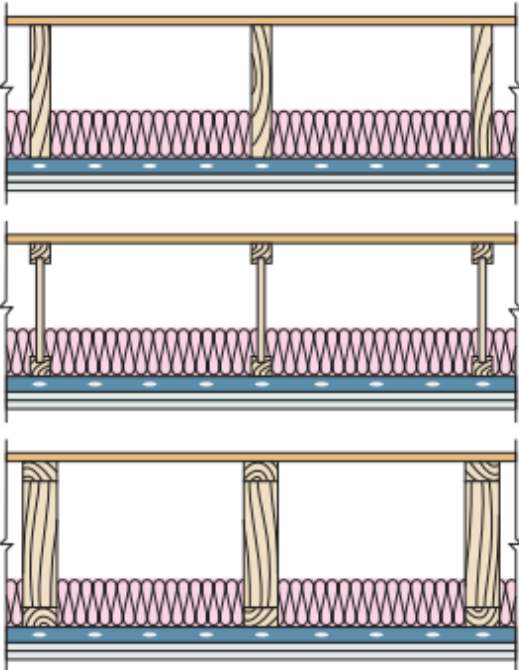
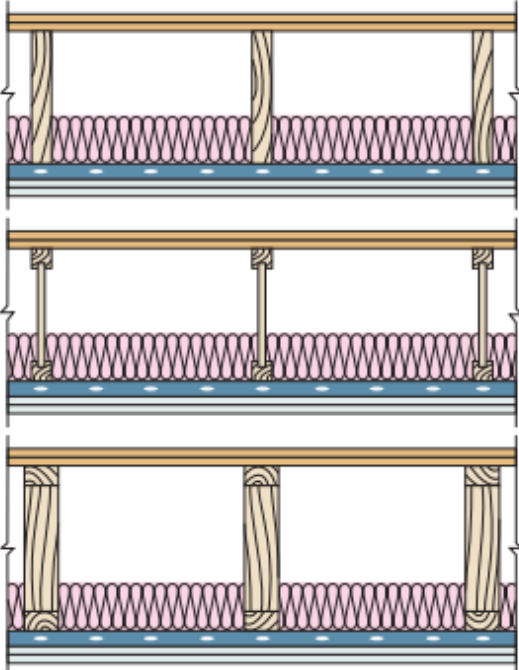
Fonte: CMHC (2002)

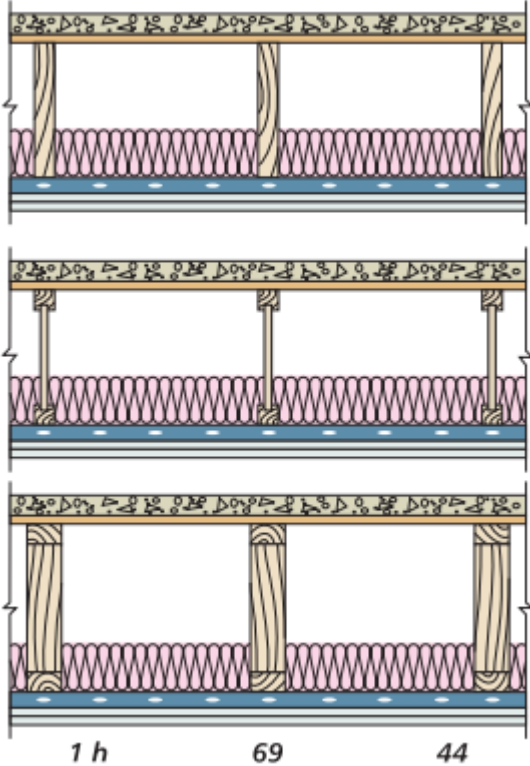
Tabela 20 - Resistência ao fogo e transmissão de som de diferentes tipologias do entrepiso

Composição da plataforma	Resistência ao fogo ¹	Classe de Transmissão de Som (STC) ²	Classe de Isolamento de Impacto (CII) ³
Uma camada de <i>plywood</i> ou <i>OSB</i> de 15 mm Vigas de 38 mm x 241 mm espaçadas a cada 400 mm		12 - 15 min	Sem classificação sonora
Uma camada de <i>plywood</i> ou <i>OSB</i> de 15 mm; Viga de 38 mm x 241 mm ou viga I leve com 241 mm de altura ou treliças com 300 mm de altura espaçadas a cada 400 mm; Isolamento de 89 mm de espessura entre as vigas; Uma camada de chapa de gesso de 15,9 mm no teto.		30 - 45 min	34
		30	

Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions sobre uma gama de frequência 125-4000 Hz e a Classe de Isolamento de Impacto (CII) é calculada de acordo com a ASTM E 989 - *Standard Classification for Determination of Impact Insulation Class*.

Composição da plataforma	Resistência ao fogo ¹	Classe de Transmissão de Som (STC) ²	Classe de Isolamento de Impacto (CII) ³
<p>Uma camada de <i>plywood</i> ou <i>OSB</i> de 15 mm; Viga de 38 mm x 241 mm ou viga I leve com 241 mm de altura ou treliças com 300 mm de altura espaçadas a cada 400 mm; Isolamento de 89 mm de espessura entre as vigas; Duas camadas de chapa de gesso de 15,9 mm no teto.</p>	 <p>1 h 37 33</p>		
<p>Uma camada de <i>plywood</i> ou <i>OSB</i> de 15 mm; Viga de 38 mm x 241 mm ou viga I leve com 241 mm de altura ou treliças com 300 mm de altura espaçadas a cada 400 mm; Isolamento de 89 mm de espessura entre as vigas; Perfil resiliente a cada 400 mm; Uma camada de chapa de gesso de 15,9mm no teto.</p>	 <p>35 - 45 min 48 40</p>		

Composição da plataforma	Resistência ao fogo ¹	Classe de Transmissão de Som (STC) ²	Classe de Isolamento de Impacto (CII) ³
<p>Uma camada de <i>plywood</i> ou <i>OSB</i> de 15 mm; Viga de 38 mm x 241 mm ou viga I leve com 241 mm de altura ou treliças com 300 mm de altura espaçadas a cada 400 mm; Isolamento de 89 mm de espessura entre as vigas; Perfil resiliente a cada 400 mm; Duas camadas de chapa de gesso de 15,9 mm no teto.</p>	 <p>1 h 54 47</p>		
<p>Dois camadas de <i>plywood</i> ou <i>OSB</i> de 15 mm; Viga de 38 mm x 241 mm ou viga I leve com 241 mm de altura ou treliças com 300 mm de altura espaçadas a cada 400 mm; Isolamento de 89 mm de espessura entre as vigas; Perfil resiliente a cada 400 mm; Duas camadas de chapa de gesso de 15,9 mm no teto.</p>	 <p>1 h 57 50</p>		

Composição da plataforma	Resistência ao fogo ¹	Classe de Transmissão de Som (STC) ²	Classe de Isolamento de Impacto (CII) ³
<p>Cobertura de concreto de 38 mm no sub-piso; Uma camada de <i>plywood</i> ou <i>OSB</i> de 15 mm; Viga de 38 mm x 241 mm ou viga I leve com 241 mm de altura ou treliças com 300 mm de altura espaçadas a cada 400 mm; Isolamento de 89 mm de espessura entre as vigas; Perfil resiliente a cada 400 mm; Duas camadas de chapa de gesso de 15,9 mm no teto.</p>			

¹ As classificações de resistência ao fogo são atribuídas de acordo com as exigências do código nacional de construção do Canadá. Eles são geralmente descritos em 15 ou 30 minutos. Menos de 45 minutos, os intervalos de classificação podem ser inferiores a 15 minutos.

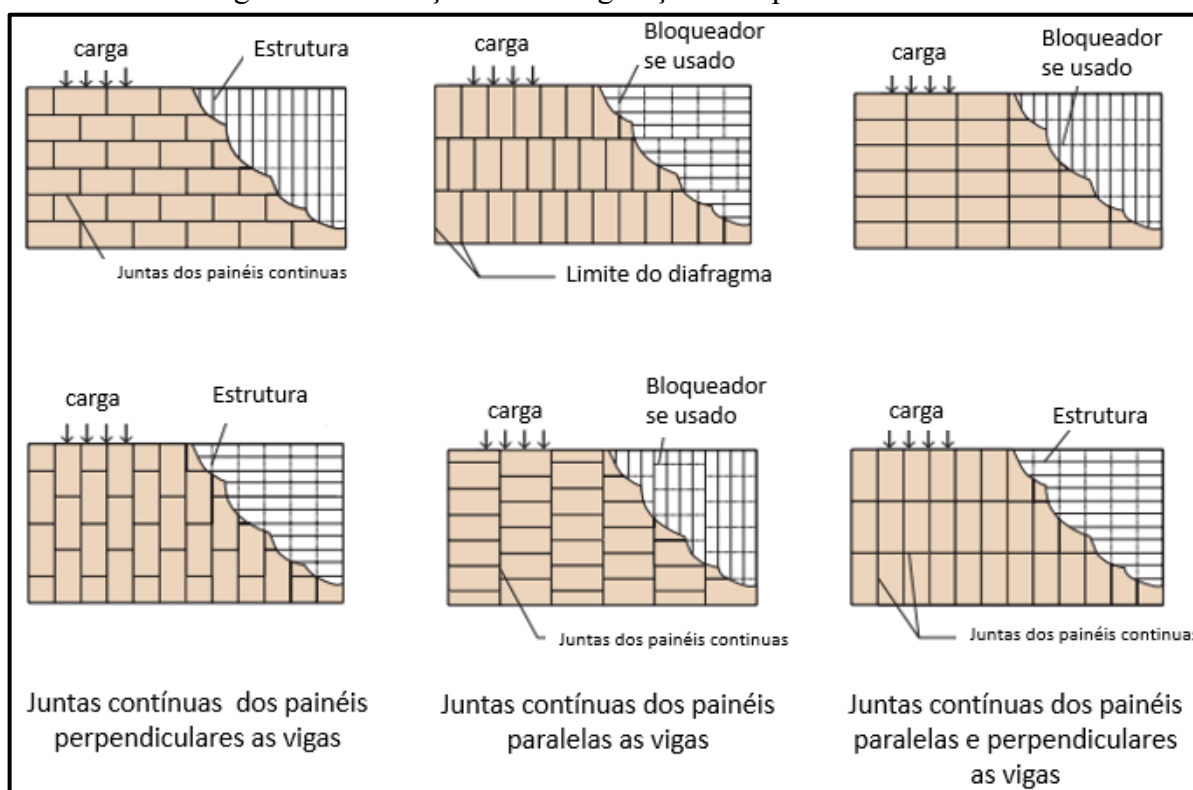
² Valores de STC : 15 a 20 - ruim; 25 a 35 - regular; 35 a 45 - boa; 45 a 55 - muito boa e acima de 55 – excelente.

³ Classe de Isolamento de Impacto são para montagens de pisos sem acabamento.

Fonte: CMHC (2002)

A plataforma também age como um diafragma para transferir cargas laterais. A pressão do vento (cargas horizontais) atua nas superfícies de fechamento da edificação e é distribuída para os montantes correspondentes nos painéis estruturados. Segundo Santos e Szücs (2009) as reações horizontais necessárias para equilibrar os montantes transformam-se em forças aplicadas nos diafragmas horizontais que formam o piso. A Figura 55 apresenta as diferentes configurações recomendadas pela *American Plywood Association* (APA) (2007) dos painéis estruturais.

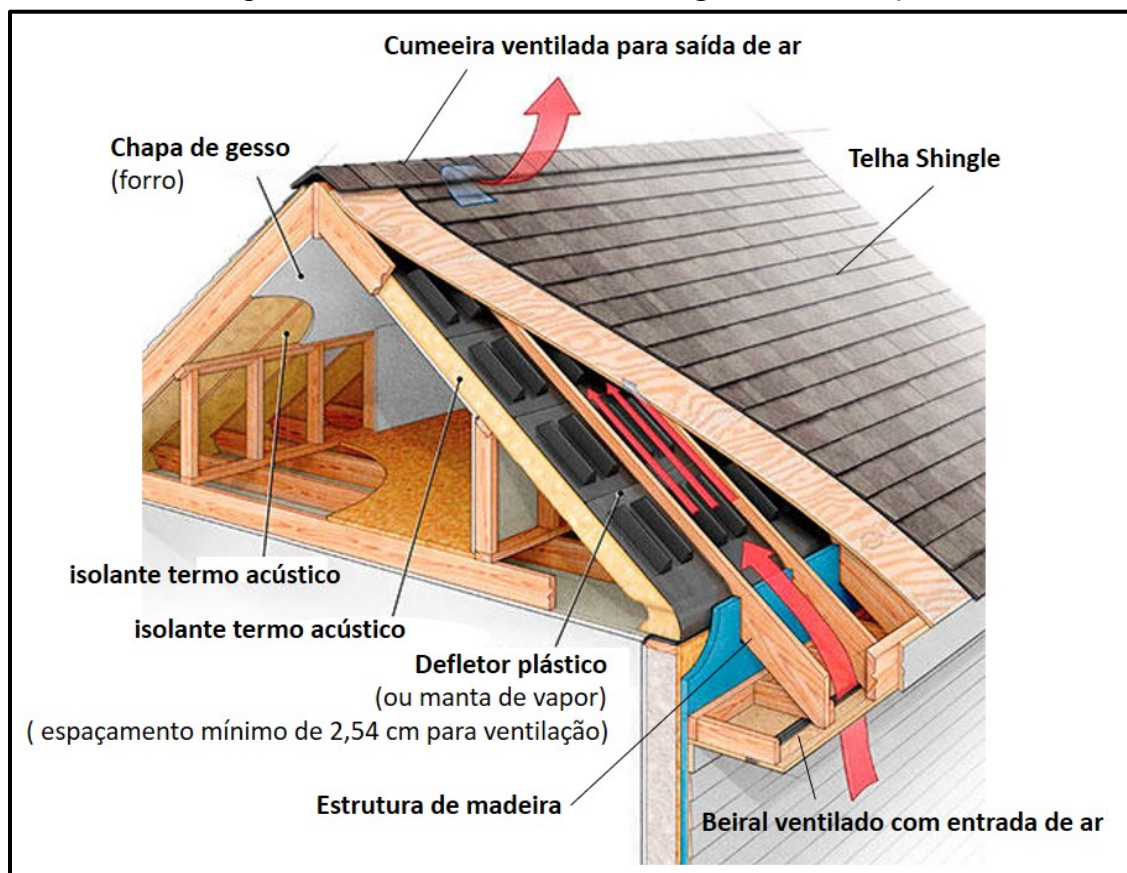
Figura 55 - Variação das configurações dos painéis estruturais



Fonte: Adaptado de APA (2007)

As treliças são os elementos estruturais mais utilizados na cobertura. São pré-fabricadas, leves e somente fixadas nas paredes externas da edificação. Desta forma, possibilitam maior flexibilidade na montagem e na arquitetura interna dos ambientes. Sua geometria também permite o suporte do forro e sua modulação obedece a dos montantes das paredes (40 ou 60 cm). Como a plataforma do entrepiso, a cobertura também pode trabalhar como um diafragma proporcionando maior rigidez a toda a estrutura, assim são utilizados painéis estruturais (OSB ou *Plywood*) sobre as mesmas, servindo também como base para a colocação das telhas. Na América do Norte as telhas mais utilizadas para habitações térreas e de até dois pavimentos são as telhas *Shingle*. Estas são produzidas com asfalto modificado, malha de fibra de vidro e gravilhas minerais.

É importante que neste sistema de cobertura, junto com a telha e a chapa da base, se utilize isolantes termoacústicos e manta de vapor e sejam previstas aberturas para ventilação da cobertura, evitando problemas com a umidade já que o mesmo tem baixa inércia térmica. A Figura 56 apresenta um exemplo de um sistema de cobertura *Shingle* com sótão.

Figura 56 - Sistema de cobertura *shingle* com ventilação

Fonte: Adaptado de *Lstiburek* (2011)

No Brasil as telhas mais utilizadas nas HIS construídas com o LWF são as telhas de fibrocimento e as telhas cerâmicas. Ainda não há fabricação da telha *Shingle* no Brasil e, as telhas importadas, ainda ficam com valores elevados para este tipo de habitação, além do mais, faltam estudos que avaliem o desempenho deste sistema de cobertura no clima brasileiro. A Tabela 21 apresenta informações técnicas dos três modelos de telhas: cerâmica, fibrocimento e *Shingle*.

Tabela 21 - Informações técnicas das telhas cerâmica, fibrocimento e *Shingle*.

Tipo	Peso (Kg/m ²)	Vão livre ² (m)	Propriedades ópticas e térmicas ³		
			Emitância (ε)	Refletância solar (ρ)	SRI ⁴
Cerâmica	30 a 50	0,32	0,827	0,220 a 0,793	18 a 97
Fibrocimento	16	1,69	0,874	0,395 a 0,747	41 a 91
Shingle ¹	18	0,60	0,860	0,049 a 0,276	-2 a 25

¹ sistema de cobertura Shingle (telha *shingle* asfáltica mais chapa de OSB ou *Plywood*).

² distância entre apoio (terças, ripas (galgas) ou montantes).

³ dados retirados de *Krelling et al.* (2018).

⁴ índice de Refletância Solar (SRI) baseado na E1980 - *Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces* (ASTM, 2019).

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

2.1.6 Diretrizes, desempenho e durabilidade do *Light Wood Frame* no Brasil

O Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), foi uma forma de o Governo Federal estabelecer critérios para o financiamento de construções habitacionais utilizando sistemas construtivos inovadores, por não possuírem normas brasileiras próprias. Com isso, para que uma empresa possa pleitear o financiamento de um empreendimento de um conjunto de casas em *Light Wood Frame* atualmente, essa empresa precisa validar seu produto junto ao Sistema SINAT, por intermédio de uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA). Tendo o seu produto aprovado essa empresa recebe o Documento de Avaliação Técnica (DATec), que é reavaliado periodicamente pela ITA e que viabiliza a solicitação de financiamento a solicitação de financiamento públicos para essas construções, além dos outros trâmites, já comuns às construções convencionais (STAMATO e ANDRADE JUNIOR, 2016).

Em 2013 a comissão do Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT) aprovou a DATec nº 020 da empresa TECVERDE possibilitando o financiamento do sistema construtivo *Light Wood Frame* para a construção de unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas ou geminadas. O primeiro conjunto habitacional, construído com o *Light Wood Frame*, financiado pela Caixa Econômica Federal foi o residencial Haragano, localizado na cidade de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul.

Segundo a ABDI (2015), por ainda não existirem normas específicas aplicáveis ao sistema construtivo LWF, as normas técnicas usualmente utilizadas são: NBR 7190 – Projetos de estrutura de madeira (ABNT, 1997); a Diretriz SINAT nº005 - Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “*Light Wood Framing*”) (BRASIL, 2011) e a EN-1995:1 – Eurocode 5: *Design of timber structures* (CEN, 2004). A tabela 22 apresenta as principais normas relacionadas as construções de madeira no Brasil.

Tabela 22 - Normas relacionadas à construção e aos subsistemas em madeira.

CÓDIGO	TÍTULO
NBR 6627:1981	Pregos comuns e arestas de aço para madeiras
NBR 7203:1982	Madeira serrada e beneficiada
NBR 9487:1986	Classificação de madeira serrada de folhosas – Procedimento
NBR 11700:1991	Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento para uso geral – Classificação
NBR 7190:1997	Projeto de estruturas de madeira
NBR 12551:2002	Madeira serrada – Terminologia
NBR 14807:2002	Peças de madeira serrada – Dimensões
NBR 11941:2003	Madeira - Determinação da densidade básica
NBR ISO 1096:2006	Madeira compensada – Classificação

CÓDIGO	TÍTULO
NBR ISO 1954:2006	Madeira compensada - Tolerâncias dimensionais
NBR ISO 2426-1:2006	Madeira compensada - Classificação pela aparência superficial
NBR 15798:2010	Pisos de madeira – Terminologia
NBR ISO 1032:2010	Madeira serrada de coníferas — Dimensões — Termos e definições
NBR ISO 2299:2010	Madeira serrada de folhosas — Defeitos — Classificação
NBR 15799:2010	Pisos de madeira com e sem acabamento — Padronização e classificação
NBR ISO 3179:2011	Madeira serrada de coníferas – Dimensões nominais
NBR 15930-1:2011	Portas de madeira para edificações
NBR ISO 2074:2012	Madeira compensada — Vocabulário
NBR 15799:2013	Pisos de madeira com e sem acabamento – Padronização e classificação
NBR 6232:2013	Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão
NBR 16143:2013	Preservação de madeiras — Sistema de categorias de uso
NBR 12498:2017	Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral – Requisitos
NBR 11869:2017	Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral - Inspeção e recebimento

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A evolução das construções em LWF no Brasil está na busca pelo desempenho especificado pela NBR15.575 (ABNT, 2013). Essa norma altera a forma de avaliar uma edificação, que no Brasil era feita por itens individualizados, e passa a considerar como parâmetros itens como durabilidade, conforto do usuário, segurança contra incêndio e impermeabilidade. A NBR 15.575 (ABNT, 2013) é dividida em seis partes:

Parte 1: Requisitos gerais;

Parte 2: Requisitos para sistemas estruturais;

Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;

Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;

Parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura;

Parte 6: Requisitos para sistemas hidrossanitários.

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), relacionada ao desempenho das edificações habitacionais brasileiras, a durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe foram atribuídas, seja pela degradação ou pela obsolescência funcional. Segundo Agopyan e John (2014) a vida útil de algumas partes da construção, que são facilmente substituíveis em atividades de manutenção, pode ser prevista e planejada. Esse é o caso de pinturas, lâmpadas e até esquadrias e fachadas. Outras partes, como as fundações e as peças estruturais, são de difícil substituição: a vida útil desses materiais determinará a vida útil máxima da construção. O conhecimento dos mecanismos e da velocidade de degradação permite um planejamento da vida útil, a partir do projeto.

Segundo Pizzoni e Valle (2017) os valores teóricos de vida útil de projeto (Tabela 23), são estabelecidos por projetistas, construtores e incorporadores, podendo ser confirmados por meio de atendimento às normas brasileiras, regionais ou internacionais. Porém, este valor depende muitas vezes de fatores externos aos controlados por técnicos, como por exemplo, o correto uso e operação do edifício e de suas partes, a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção, alterações climáticas e níveis de poluição no local, mudanças no entorno ao longo do tempo, trânsito de veículos, rebaixamento do nível do lençol freático, obras de infraestrutura e expansão urbana, etc. A velocidade de degradação de um dado material depende de sua interação com o ambiente. Fatores como temperatura, carregamento, esforços de abrasão e contato com produtos químicos - decorrentes do uso ou mesmo naturalmente presentes na atmosfera, como o CO₂, a água, contaminantes, chuva, radiação solar – e a ação de seres vivos - como fungos, bactérias, insetos como cupins, vegetais e até mesmo roedores – podem também degradar estruturas (AGOPYAN e JOHN, 2014).

Tabela 23 - Vida útil de projeto dos diversos subsistemas.

Sistema	Vida útil mínima (anos)
Estruturas	≥ 50 ¹
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Sistema hidrossanitário	≥ 20

¹NBR 8681 – Ações e segurança das estruturas: procedimento (ABNT, 2003)

Fonte: Adaptado de Pizzoni e Valle (2017)

Segundo a SINAT n°005 (BRASIL, 2017) os requisitos mínimos de desempenho para as peças que compõem os sistemas estruturais (paredes internas e externas) do LWF devem atender a resistência característica mínima à compressão, à 12% de umidade, paralela às fibras das classes de resistência das coníferas: classe mínima C20 da NBR 7190 (ABNT, 1997). As peças (montantes) devem ter seção transversal nominal mínima de 38 mm x 89 mm (tolerância de -1,5mm).

No Brasil é difícil de identificar estes requisitos mínimos já que as peças de madeira não são fornecidas com nenhuma padronização (identificação ou classificação) pela indústria madeireira, deixando a responsabilidade para as construtoras selecionarem as peças, que muitas vezes, encontram lotes com muitas peças (montantes) sem a densidade e a umidade adequadas e com muitos defeitos. A Figura 57 apresenta um lote de madeira (montante 38 mm x 89 mm), destinado ao uso do LWF, mostrando a seção transversal com os anéis de crescimento, após

classificação visual, conforme o projeto de norma CE 02: 126.10 -Anexo G (ABNT, 2003), apenas 25% das peças foram classificadas como densas.

Figura 57 - Seção transversal de montantes (38 mm x 89 mm) mostrando os anéis de crescimento.¹⁷



Fonte: Autor (2018)

A SINAT nº005 (ABNT, 2017) recomenda para edificações térreas e sobrados unifamiliares - peças estruturais de madeira submetidas a tratamento químico sob pressão, com os seguintes produtos preservativos e retenções mínimas: Arseniato de Cobre Cromatado do tipo C (CCA-C) e solução de Cobre, Cromo e Boro (CCB) com 4,0 kg/m³; e solução de Cobre e Azóis do tipo B (CA-B) com 1,7 kg/m³. A penetração deverá ser total, ou seja, 100% do alburno e porção permeável. Para peças utilizadas na estrutura de telhado, consideram-se madeira com alta resistência ao ataque de organismos xilófagos ou peças estruturais tratadas similares às peças de edificações unifamiliares (SINAT nº005, 2017).

Para edificações multifamiliares de até quatro pavimentos - peças estruturais de madeira submetidas a tratamento químico sob pressão, com os seguintes produtos preservativos e retenções mínimas: Arseniato de Cobre Cromatado do tipo C (CCA-C) e solução de Cobre, Cromo e Boro (CCB) com 6,5 kg/m³; e solução de Cobre e Azóis do tipo B (CA-B) com 3,3 kg/m³. A penetração deverá ser total, ou seja, 100% do alburno e critérios mínimo definidos na NBR 7511 - Dormente de madeira - Requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2005) (Tabela 24).

¹⁷ Inicialmente a avaliação visual de lotes de madeira nas madeireiras, destinado ao uso do LWF, estava no escopo desta pesquisa, mas devido ao tempo a limitação, foram feitos apenas algumas avaliações iniciais.

Tabela 24 - Limites de ingredientes ativos.

Limites dos ingredientes ativos do CCA – C		
Ingredientes ativos	Mínimo - %	Máximo - %
Cobre	17,0	21,0
Cromo	44,50	50,5
Arsênio	30,0	38,00
Limites dos ingredientes ativos do CCB		
Cobre	24,7	27,3
Cromo	60,3	66,7
Boro	10,0	11,0
Limites ingredientes ativos do CA-B		
Cobre	95,4	96,8
Azole, como Tebuconazole	3,2	4,6

Fonte: SINAT nº005 (2017)

Atualmente no Brasil o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) é o produto mais utilizado para tratamentos das peças estruturais no LWF, porém como já citado na subseção 2.1.3, o uso deste produto vem sendo restrito em todo mundo, principalmente em uso residencial. Essas restrições possuem como base a perda dos componentes do CCA ao longo do tempo por lixiviação ou volatilização, acarretando riscos de contaminação ao ser humano e ao meio ambiente. Além dos problemas ambientais e ocupacionais relacionados à produção e utilização da madeira tratada com CCA. Outro desafio é a disposição final dos resíduos gerados após a vida útil, por serem considerados perigosos.

A NBR 10.004 – Resíduos sólidos: classificação (ABNT, 2004) determina o uso do CCA como Classe 1 (perigosos) no que se refere à lixiviação (liberação do elemento), mas não especifica a classificação quanto à volatilização (passagem do estado sólido ou líquido para o gasoso). Este quesito deveria ser considerado devido a fumaça tóxica em situação de incêndio.

Nos Estados Unidos, a *Environmental Protection Agency* – EPA - anunciou, em 2003, uma decisão voluntária das indústrias para cessar a produção de madeira tratada com CCA em uso residencial. Com aumento do uso da madeira tratada para uso residencial no Brasil é necessário a busca de produtos mais sustentáveis que não põem em risco a saúde de montadores, construtores e moradores das residências construídas com o LWF.

No DATec nº 020 (2017) foram realizados ensaios laboratoriais em paredes representativas, considerando quadros estruturais compostos por peças de madeira serrada com seção de 38 mm x 89 mm e de 38mm x 140 mm, chapas de OSB com 9,5 mm de espessura em ambos os lados e chapas de gesso acartonado com 12,5 mm de espessura em uma face.

A Tabela 25 apresenta a síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica realizados em laboratório, para avaliar a resistência às cargas verticais, considerando o estado limite último e o estado limite de serviço. Observa-se que a carga de primeiro dano de

compressão excêntrica média do montante 38 mm x 89 mm é de 118,3 kN/m e do 38 mm x 140 mm é de 179,3 kN/m. Já a carga de ruptura média do montante 38 mm x 89 mm é a mesma do primeiro dano, 118,3 kN/m. Enquanto a do montante 38 mm x 140 mm é de 233,8 kN/m.

Tabela 25 - Síntese dos ensaios de compressão excêntrica.

Corpo de prova ensaiado	Carga do primeiro dano (kN/m)		Carga de ruptura (kN/m)	
	38mm x 89mm	38mm x 140mm	38mm x 89mm	38mm x 140mm
Quadro estrutural (montantes)				
CP 1	120,5	156,6	120,5	224,7
CP 2	117,9	156,6	117,9	224,7
CP 3	116,5	224,7	116,5	251,9
Média	118,3	179,3	118,3	233,8

Fonte: DATec n° 020 (2017)

A SINAT n°005 (2017) também prevê desempenho mínimo para os elementos de vedação. As chapas de OSB tem que ter tratamento inseticida e resistirem ao crescimento de fungos, sendo obrigatório o atendimento somente para uso como componentes estruturais de pisos de áreas molhadas (Fungo apodrecedor: perda de massa <10%). Já as chapas de OSB ou compensado com função estrutural devem seguir as mesmas exigências que os montantes estruturais.

As chapas de OBS são elementos de vedação, mas também de contraventamento da estrutura, conforme apresentado na subseção 2.1.5, porém falta um detalhamento teórico sobre a função estrutural deste elemento na diretriz SINAT n°005 (2017), principalmente, no que tange a paginação das chapas estruturais como é feito no *International Residential Code* (2018).

As chapas cimentícias devem ser no mínimo Categoria 2, considerando-se a média dos valores de resistência à tração na flexão obtidos das amostras ensaiadas nas duas direções, na condição saturada. A resistência à tração na flexão das chapas na direção de menor resistência não pode ser menor que 70% do valor especificado na Tabela 26 da NBR 15498 – Placa de fibrocimento sem amianto – Requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2016), conforme a categoria da chapa declarada pelo fabricante.

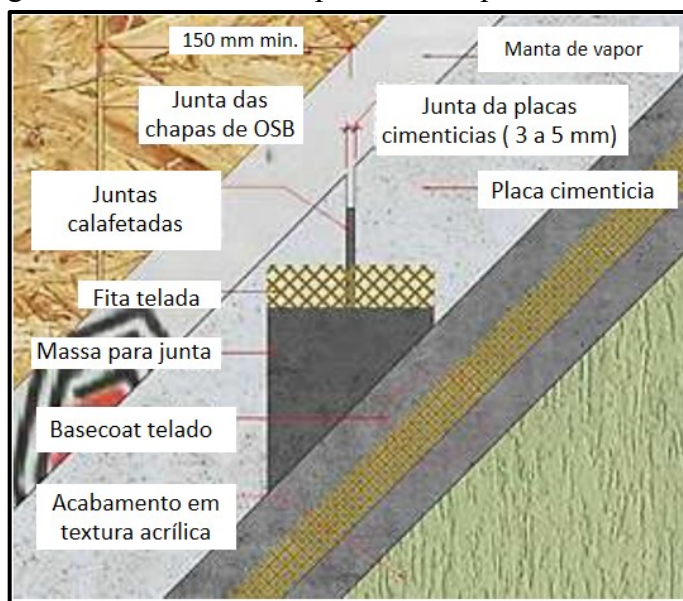
Tabela 26 - Resistência mecânica (resistência à tração na flexão) das chapas cimentícias.

Categoria	Chapa de Classe A	Chapa de classe B
1		4 MPa
2	4MPa	7 MPa
3	7 MPa	10 MPa
4	13 MPa	16 MPa
5	18 MPa	22 MPa

Fonte: SINAT n°005 (2017)

As chapas cimentícias também deve ser incombustível e ter uma absorção de água menor $\leq 25\%$. Já a variação dimensional, considerado o tratamento empregado nas juntas, não pode permitir a ocorrência de falhas, como fissuras, destacamentos e descolamentos na região da junta e na chapa, conforme critério definido para a resistência à ação de calor e choque térmico (SINAT nº005, 2017). A Figura 58 apresenta as diferentes camadas do tratamento de juntas utilizadas no DATec nº 020 (2017).

Figura 58 - Tratamento superficial das placas cimentícias.



Fonte: DATec nº 020 (2017)

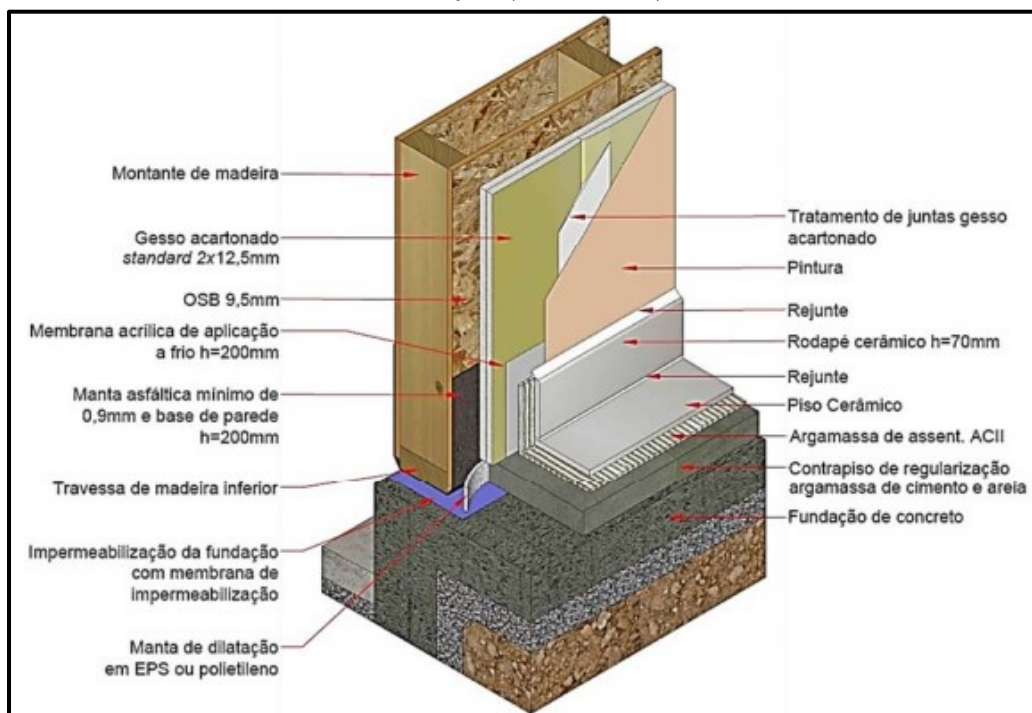
Na Diretriz SINAT nº005 (2017) falta um detalhamento sobre a paginação das diferentes camadas dos revestimentos externos. Os diferentes fabricantes de chapas cimentícias recomendam, independente da categoria, formas diferentes de instalação. A falta de paginação e a falta de um entendimento mais aprofundado das juntas de dilatação dos revestimentos cimentícios são um dos principais problemas dos sistemas construtivos à seco (*Light wood Frame e Light Steel frame*) no Brasil. As variações de tecnologia de fabricação e as diferentes formas de instalação das chapas cimentícias necessitam de um projeto de paginação de camadas específico, o que ainda não é especificado pela norma NBR 15498 (ABNT, 2016) e entendido pelas empresas construtoras destes sistemas construtivos no Brasil.

Outro revestimento externo utilizando como fechamento do *Light Wood Frame* no Brasil é o *Siding* de PVC. Segundo SINAT nº005 (2017) o PVC exposto aos raios ultravioleta, após 2000 horas de exposição em câmara de CUV, com lâmpada de UVB, não devem apresentar bolhas, fissuras ou escamações.

Já as chapas de gesso de 12,5 mm, que é a espessura mais usual, devem ter resistência à ruptura longitudinal de 550 N e transversal 210 N, já a espessura de 15 mm devem ter resistência 650 N e transversal 250 N. Segundo Agopyan e John (2014) um componente de gesso, exposto à ação de umidade e água pode degradar rapidamente. As chapas de gesso resistente à umidade (RU) devem ter absorção de água no máximo de 5%, conforme a NBR 14715 (SINAT nº005, 2017).

Segundo a Diretriz SINAT nº005 (2017) as premissas de projeto devem tomar medidas para evitar ascensão por capilaridade de umidade da fundação para as paredes, como a adoção de sistema de impermeabilização. A Figura 59 apresenta o detalhe da impermeabilização da base das paredes externas junto ao elemento de fundação (áreas secas).

Figura 59 - Detalhe da impermeabilização da base das paredes externas junto ao elemento de fundação (áreas secas).



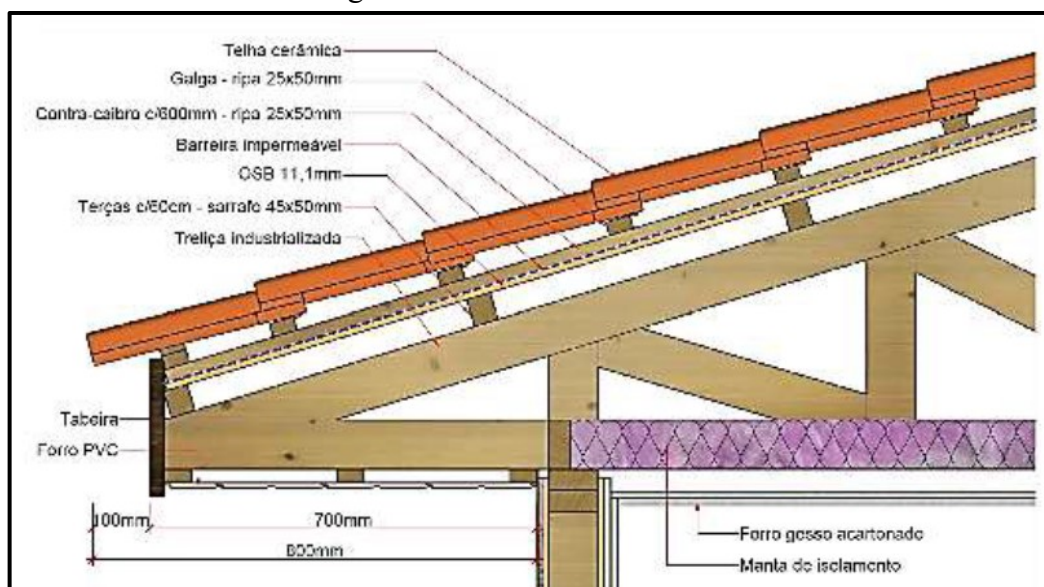
Fonte: DATec nº 020 (2017)

No DATec nº 020 (2017) o sistema de vedação vertical é composto por três tipos de chapas de revestimento: chapas cimentícias (classe A3 de 8 mm de espessura, densidade de 850kg/m³ e variação dimensional de + 2 mm/m), chapa de gesso acartonado *Standard* (ST) com 12,5 mm de espessura e chapa de gesso acartonado resistente à umidade (RU) com 12,5mm de espessura. Os acabamentos das chapas variam em função das características do ambiente. O SINAT nº005 (2017) especifica o desempenho mínimo.

Na América do Norte a telha mais usual para o fechamento da cobertura do sistema LWF é a telha Shingle, pois na sua base são utilizadas as chapas de OSB ou *Plywood* que proporcionam rigidez à estrutura da cobertura. No Brasil, como já citado, as telhas mais tradicionais são as telhas de fibrocimento e as telhas cerâmicas.

Para estrutura do telhado o SINAT nº005 (2017) recomenda peças leves de madeira serrada com alta resistência natural ao ataque de organismos xilófagos ou tratadas quimicamente sob pressão e forro: formado por chapas de gesso acartonado, e ou chapas cimentícias, em áreas molhadas, ou réguas de PVC (somente para unifamiliar, exceto cozinhas, em razão da necessidade). O DATec nº 020 (2017) adota em edificações multifamiliares, sobre as tesouras que conformam a estrutura a aplicação de chapas de OSB com 11,1 mm de espessura e, sobre esta, barreira impermeável. Sobre a estrutura de fixação do forro em camada dupla das chapas de gesso acartonado (12,5mm de espessura), a aplicação de manta de lã de vidro com espessura de 100 mm. O telhado é em telha cerâmica com 20 mm de espessura, sendo o beiral com projeção horizontal de 800 mm em todo o perímetro da edificação, o qual recebe forro em réguas de PVC com 8 mm de espessura (Figura 60).

Figura 60 - Detalhe da cobertura.



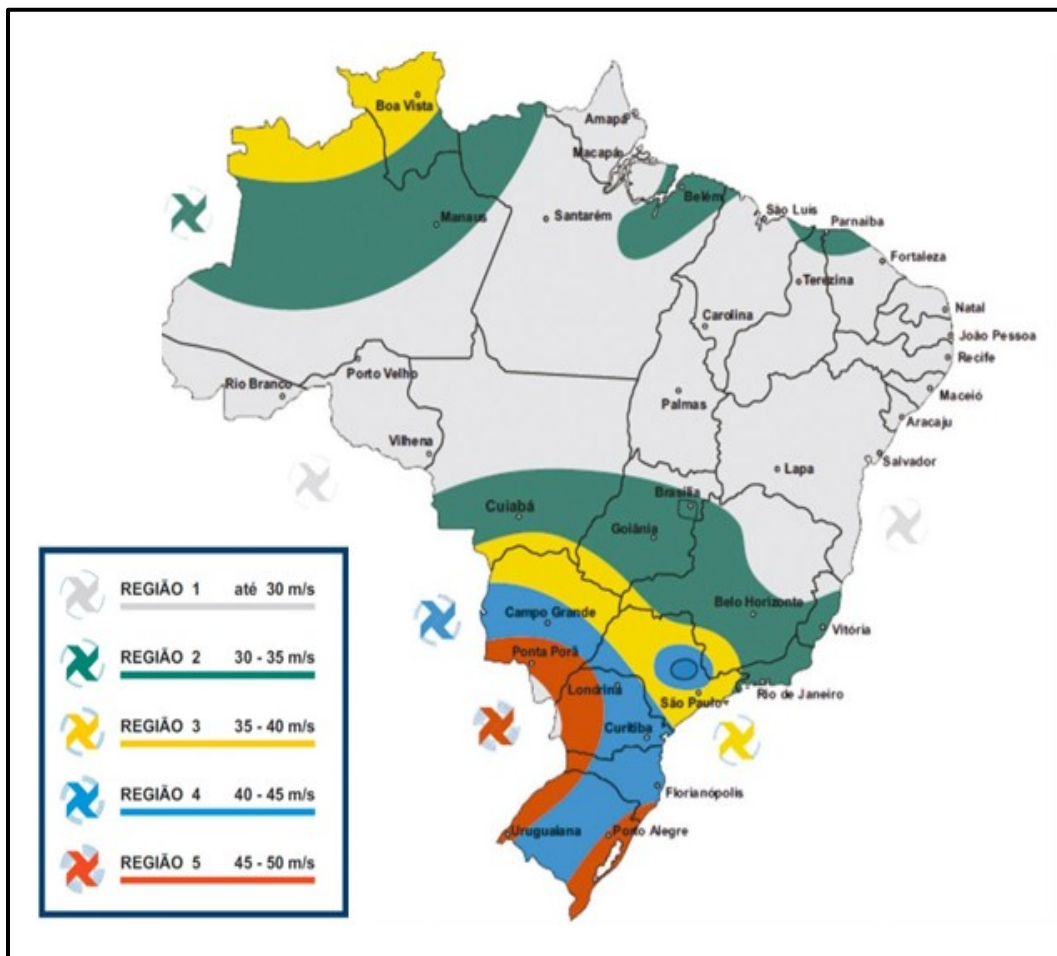
Fonte: DATec nº 020 (2017)

Dependendo da manta “impermeável” que será adotada no sistema de cobertura poderá ocasionar problemas de umidade no sistema, conforme discutido na subseção 2.1.5.2, como também, a tabeira parece estar vulnerável a incidência das chuvas com vento e ao retorno de água das telhas. A dimensão do beiral também ajudará a proteger as paredes e as aberturas (janelas e portas) da radiação solar e das águas das chuvas.

Segundo a Diretriz SINAT nº005 (2017) o projeto deve especificar detalhes que favoreçam a estanqueidade à água das fachadas, como pingadeiras, ressaltos, detalhes no encontro com a calçada externa, beirais de telhado, avanços de estruturas para varandas e barras impermeáveis na base das paredes. É necessária a apresentação de projetos que mostrem as soluções dadas às interfaces entre base de parede e piso externo (calçada ou varanda), e que especifiquem a existência, ou não, de barreiras impermeáveis sobre ou sob as chapas de madeira.

A NBR 10821 - Caixilho para edificação – Janelas – Resistência às operações de manuseio (ABNT, 2000) especifica que o caixilho deve ser estanque a água não podendo apresentar infiltração que cause escoamento pela parede na sua face interna. É importante também considerar a velocidade dos ventos de cada região para especificação de esquadrias e detalhes construtivos que evitem problemas de estanqueidade. Na região sul as velocidades dos ventos são maiores que em outras regiões do país, conforme o mapa isopletas apresentado na Figura 61.

Figura 61 - Mapa isopletas.



Fonte: Adaptado de AECWeb (2017).

Segundo Agopyan e John (2014) a madeira que exposta prolongadamente à umidade, oxigênio e temperatura acima 15C°, sofre biodeterioração. Um conjunto de detalhamento de projetos que devem ser atendidos para garantir a durabilidade, mediante a proteção da madeira e das chapas de fechamento e de contraventamento contra a ação da água.

No anexo A da Diretriz SINAT nº005 apresenta exemplos de detalhes construtivos para evitar deterioração causada pela umidade. Porém ainda falta um aprofundamento dos mesmos. No geral faltam detalhamentos construtivos tanto na Diretriz SINAT nº005 (2017), como também, no DATec nº 020 (2017).

Segundo o SINAT nº005 (2017) os sistemas ou elementos de vedação vertical que integram os edifícios habitacionais devem atender a NBR 14432 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações (ABNT, 2001) para controlar os riscos de propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação em situação de incêndio.

As paredes de geminação (paredes entre unidades) de casas térreas geminadas e de sobrados geminados, bem como as paredes entre unidades habitacionais autônomas e que fazem divisa com as áreas comuns nos edifícios multifamiliares, são elementos de compartimentação horizontal e devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos, considerando os critérios de avaliação relativos à estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica (SINAT nº005, 2017).

No caso de unidade habitacional unifamiliar, isolada, até dois pavimentos, é requerida resistência ao fogo de 30 minutos para o sistema de vedação vertical externa e interna que limitam cozinha e ambiente fechado que abrigue equipamento de gás.

Para paredes estruturais, sejam de edificações unifamiliares ou edifícios multifamiliares de até cinco pavimentos é exigido resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos, considerando os critérios de avaliação relativos à estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica (SINAT nº005, 2017).

Murari *et al.* (2018) avaliando o desempenho acústico de uma tipologia construtiva em LWF que segue as recomendações da Diretriz SINAT nº 005 obtiveram resultados positivos, indicando a adequabilidade do sistema construtivo LWF frente as indicações de desempenho acústico da NBR 15575 (ABNT, 2013).

A vedação externa (conjunto fachada e cobertura) avaliada apresentou um resultado de desempenho acústico satisfatório, não só atendendo ao critério mínimo, com apresentado um desempenho superior de isolamento ao ruído aéreo para as faixas de frequências agudas médias e graves (MURARI *et al.* 2018).

A SINAT nº005 (2017) fez ensaios em laboratório para determinação do índice de redução sonora ponderada (R_w).

Os resultados obtidos pelas vedações verticais internas para determinação do índice de redução sonora ponderada (R_w) são:

- Parede com espessura total de 134mm: $R_w=47$ dB;
- Parede com espessura total de 121,5mm: $R_w=39$ dB;
- Parede dupla, com espessura total aproximada de 263mm: $R_w=51$ dB;
- Parede com camada de lã de rocha de 50mm e espessura total de 184mm: $R_w=48$ dB;
- Parede com camada dupla em placa de gesso e camada dupla de lã de rocha de 50mm, espessura total da parede de 209mm: $R_w=51$ dB.

A Tabela 27 apresenta a interpretação dos resultados do índice de redução sonora ponderada (R_w) obtidos, considerando os critérios mínimos estabelecidos na NBR 15575- 4 (ABNT, 2013).

Tabela 27 – Síntese dos resultados obtidos do índice de redução sonora ponderada (R_w).

Elemento	Índice Mínimo ¹ ABNT NBR 15575-4 (dB) R_w	Valor de R_w obtido em ensaio de Laboratório (dB)				
		Espessuras (mm) da parede				
		134	121,5	263 ²	184	209
		47	39	51	48	51
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.	≥ 45	atende	não atende	atende	atende	atende
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	≥ 50	não atende	não atende	atende	não atende	atende
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.	≥ 45	atende	não atende	atende	atende	atende
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.	≥ 35	atende	atende	atende	atende	atende

Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	≥ 50	não atende	não atende	atende	não atende	atende
Paredes cegas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i> (DnT,w obtida entre as unidades).	≥ 45	atende	não atende	atende	atende	atende

(1) valores referenciais para paredes cegas

(2) parede dupla

Rw: índice de redução sonora ponderada

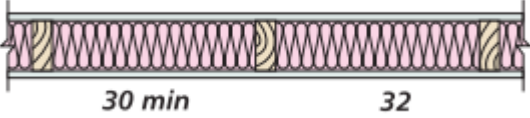
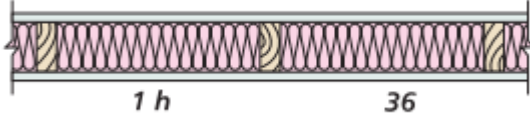
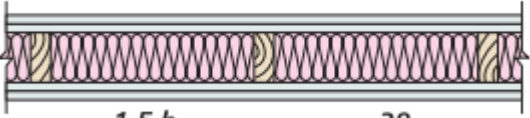
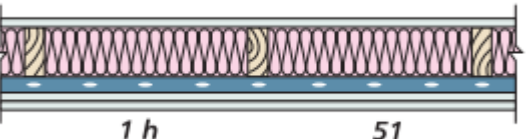
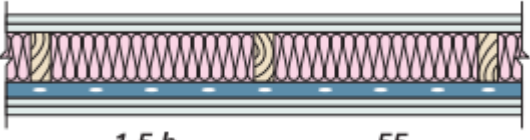
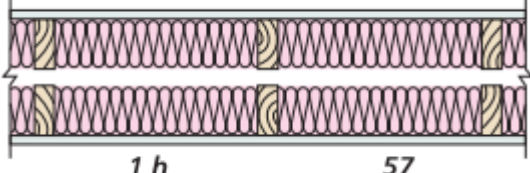
DnT,w: nível ponderada entre ambientes

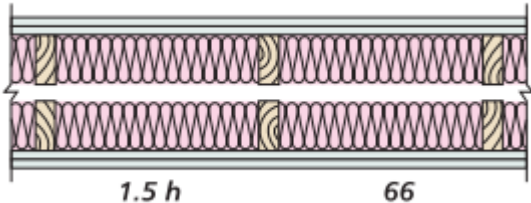
Fonte: DATec nº 020 (2017)

A CMHC (2002) apresenta diferentes tipologias de paredes com resistência ao fogo e com o índice de redução sonora (Rw) que são aceitos pelo *National Building Code of Canada* (NBCC), conforme Tabela 28. A tipologia 1 atende os 30 minutos mínimos de resistência ao fogo recomendados nas paredes de geminação pelo SINAT nº005 (2017), porém esta é pouco utilizada no Canadá para paredes de geminação, sendo adotados, normalmente, paredes duplas (tipologias 6 e 7). No DATec nº 020 (2017) as paredes de geminação são compostas por dois quadros estruturais com montantes com dimensões de 38 mm x 89 mm e chapas de OSB com 9,5 mm de espessura nas duas faces. Os quadros estruturais são justapostos na largura da parede com espaçamento entre si de 5 mm (Figura 62). As faces internas dos quadros estruturais das áreas secas são compostas por duas camadas de chapas de gesso acartonado de 12,5 mm de espessura, totalizando aproximadamente 271 mm.

Já o índice de redução sonora considerando os critérios mínimos estabelecidos na NBR 15575 (ABNT, 2013), nas diferentes situações (Tabela 27), é atendido nas tipologias 4, 5, 6 e 7. A tipologia 2 (Rw = 36) atende somente a situação de parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.

Tabela 28 - Resistência ao fogo e índice de redução sonora de diferentes tipologias de paredes.

Composição da parede	Resistência ao fogo ¹	Índice de redução sonora ponderada (Rw) ²
<p>Tipologia 1 (espessura = 114,4)</p> <p>Montante 38 x 89 mm espaçado a cada 40 cm, Isolante de 89 mm de espessura entre montantes; Uma chapa de gesso com 12,7 mm de espessura em cada lado.</p>		
<p>Tipologia 2 (espessura = 120,8)</p> <p>Montante 38 x 89 mm espaçado a cada 40 cm, Isolante de 89 mm de espessura entre montantes; Uma chapa de gesso resistente ao fogo com 15,9 mm de espessura em cada lado.</p>		
<p>Tipologia 3 (espessura = 152,6)</p> <p>Montante 38 x 89 mm espaçado a cada 40 cm, Isolante de 89 mm de espessura entre montantes; Duas chapas de gesso resistente ao fogo com 15,9 mm de espessura em cada lado.</p>		
<p>Tipologia 4 (espessura = 161,7)</p> <p>Uma camada de chapa de gesso com 15,9 mm de espessura; Montantes 38 x 89 mm espaçados a cada 40 cm, Isolante de 89 mm de espessura entre montantes; Perfil resiliente de 25 mm de espessura a cada 40 mm; Duas chapas de gesso resistente ao fogo com 15,9 mm de espessura em cada lado.</p>		
<p>Tipologia 5 (espessura = 177,6)</p> <p>Montantes 38 x 89 mm espaçados a cada 40 cm, Isolante de 89 mm de espessura entre montantes; Perfil resiliente de 25 mm a cada 40 mm; Duas chapas de gesso resistente ao fogo com 15,9 mm de espessura em cada lado.</p>		
<p>Tipologia 6 (espessura = 234,8)</p> <p>Duas paredes com montantes 38 x 89 mm espaçados a cada 40 cm e separadas por 25mm de largura; Dupla camada de isolante de 89 mm de espessura entre os montantes;</p>		

Composição da parede	Resistência ao fogo ¹	Índice de redução sonora ponderada (Rw) ²
Uma chapa de gesso resistente ao fogo com 15,9 mm de espessura em cada lado.		
Tipologia 7 (espessura = 266,6) Duas paredes com montantes 38 x 89 mm espaçados a cada 40 cm e separadas por 25mm de largura; Dupla camada de isolante de 89 mm de espessura entre os montantes; Duas chapas de gesso resistente ao fogo com 15,9 mm de espessura em cada lado.		

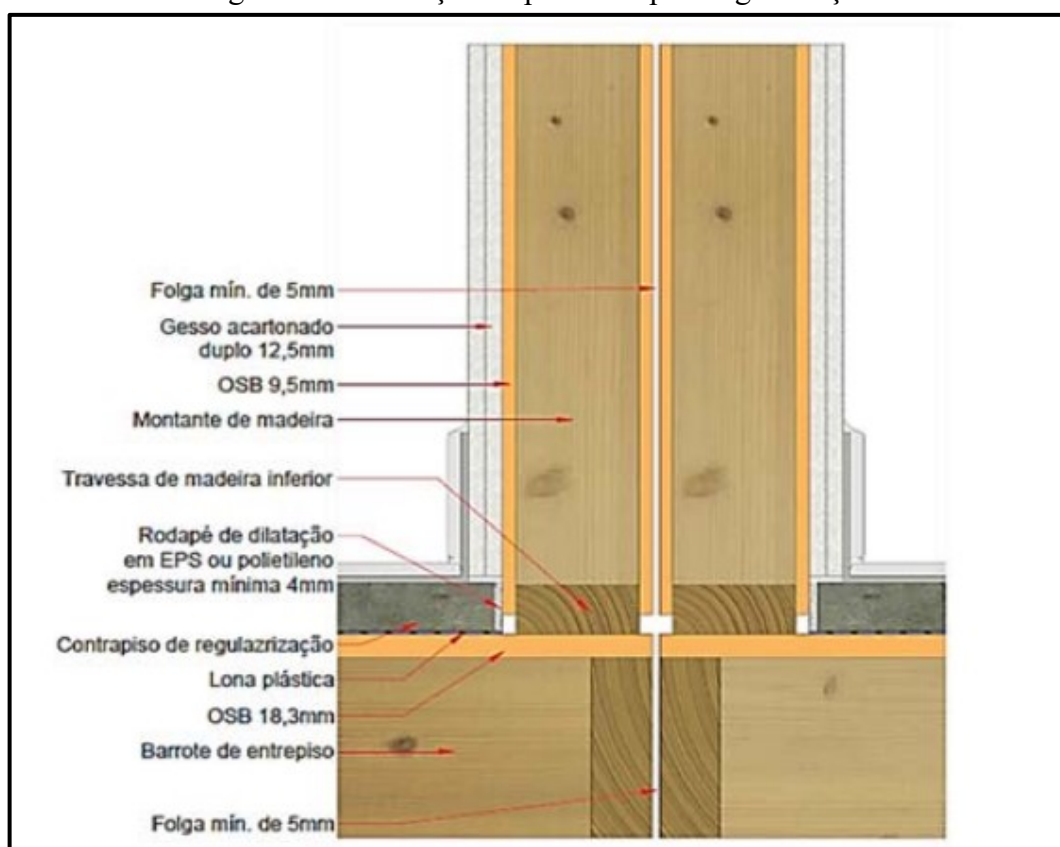
¹ As classificações de resistência ao fogo são atribuídas de acordo com as exigências do código nacional de construção do Canadá. Eles são geralmente descritos em 15 ou 30 minutos. Menos de 45 minutos, os intervalos de classificação podem ser inferiores a 15 minutos.

² Os valores de Índice de Redução Sonora Ponderada (Rw) e de Classe de Transmissão de Som (STC) dão o mesmo número (ou apresentam menos de 1- 2dB de diferença). A Classe de Transmissão de Som (STC) é mais utilizado no Canadá.

Fonte: Adaptado de CMHC (2002)

É recomendado também o uso de banda acústica (fita de polietileno expandido) nos banzos inferiores e superiores, como também, no encontro entre painéis para proporcionar maior isolamento acústico.

Figura 62 - Ilustração da parede dupla de geminação.



Fonte: DATec n° 020 (2017)

O resultado do desempenho térmico do DATec nº 020 nas oito zonas bioclimáticas considerando como composição de paredes externas (montantes de 38 x 90 mm espaçados a cada 600 mm), compostas por chapas cimentícias com espessura de 8 mm na face externa (densidade de massa aparente de 1700 kg/m³, calor específico de 1000 J/kg.K e condutividade térmica de 0,35 W/m.K), chapas de OSB com espessura de 9,5 mm (densidade de massa aparente de 681 kg/m³, calor específico de 2300 J/kg.K e condutividade térmica de 0,17 W/m.K) e chapas de gesso acartonado com espessura de 12,5 mm e, cobertura com inclinação de 30%, composta por telhas cerâmicas, com espessura média de 20 mm (densidade de massa aparente de 2000 kg/m³, calor específico de 920 J/kg.K e condutividade térmica de 1,05W/m.K); camada de 89 mm de lã de vidro sobre o forro (densidade de massa aparente de 10,35 kg/m³, calor específico de 700 J/kg.K e condutividade térmica de 0,045 W/m.K); na face interna (densidade de massa aparente de 750 kg/m³, calor específico de 840 J/kg.K e condutividade térmica de 0,35 W/m.K). A espessura total da parede é de 128,5 mm;

A Tabela 29 apresenta a síntese da avaliação para a condição “padrão”, para os períodos de verão (para as oito zonas bioclimáticas) e de inverno (para as zonas bioclimáticas 1 a 5), considerando a tipologia com forro horizontal com chapas de gesso acartonado com 12,5 mm de espessura. Para as condições “com ventilação”, “com sombreamento” e “com sombreamento e ventilação” não foi avaliado o período de inverno, ou seja, foi avaliado apenas o período de verão para as oito zonas bioclimáticas.

Tabela 29 – Condições para obtenção do nível de desempenho térmico mínimo para as oito zonas bioclimáticas (forro em placas de gesso acartonado).

Zonas Bioclimáticas	Cor do acabamento externo das paredes			
	Períodos de verão e de inverno	Período de verão		
	Condição padrão	Com ventilação	Com sombreamento	Com sombreamento e ventilação
1	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média ou escura
2	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média ou escura
3	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara	Atende com cor clara ou média	Atende com cor clara ou média
4	Não atende	Não atende	Atende com cor clara	Atende com cor clara
5	Não atende	Não atende	Atende com cor clara	Atende com cor clara
6*	Atende com cor clara ou média ou	Atende com cor clara ou média ou	Atende com cor clara ou média ou	Atende com cor clara ou média ou

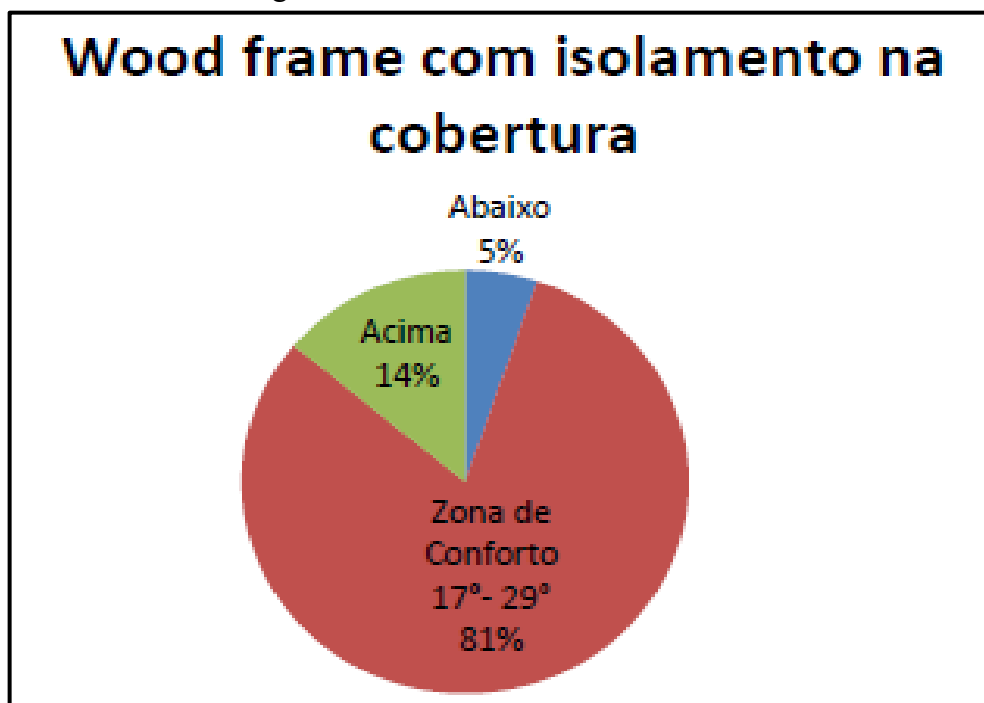
Zonas Bioclimáticas	Cor do acabamento externo das paredes			
	Períodos de verão e de inverno	Período de verão		
	Condição padrão	Com ventilação	Com sombreamento	Com sombreamento e ventilação
	escura	escura	escura	escura
7*	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura
8*	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura	Atende com cor clara ou média ou escura

* As zonas bioclimáticas 6, 7 e 8 não necessitam avaliação para o período de inverno conforme ABNT NBR 15575-1.

Fonte: DATec n° 020 (2017)

Em uma simulação feita no programa *Energy Plus*, na zona bioclimática 2 (considerado os períodos de verão e de inverno), o sistema construtivo LWF, com as mesmas especificações de parede e cobertura do DATec n° 020 obteve desempenho de 81% na zona de conforto térmico (17°C – 29°C), 14% acima e 5% abaixo da zona de conforto térmico, conforme Figura 63. Esta simulação não considerou a taxa de ventilação dos ambientes.

Figura 63 - Gráfico de conforto térmico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Durante a vida útil das edificações cabem aos usuários executarem as atividades de cuidados e manutenções, conforme indicado nos manuais dos proprietários, quando fornecido.

Porém cabe aos construtores gerar manuais didáticos e acessíveis, promover cursos e palestras efetivas em relação a etapa de uso e manutenção, como também, formarem equipes específicas para Assistência Técnica das Habitação de Interesse Social (ATHIS) construídas com LWF, que ainda é considerado um sistema construtivo inovador e pouco conhecido no Brasil.

Na próxima seção será discutido as manifestações patológicas das construções, os agentes de degradação dos edifícios e dos materiais de construção, os agentes de degradação da madeira, as manifestações patológicas em HIS e as manifestações patológicas em HIS construídas com o *Light Wood Frame*.

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS CONSTRUÇÕES

A patologia na construção é a ciência que estuda a origem, os sintomas, as formas de manifestação e as causas das doenças ou defeitos que ocorrem nas edificações (CARMO, 2000).

Inspecionar, avaliar e diagnosticar as patologias da construção são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente, de modo a que os resultados e as ações de manutenções devem cumprir efetivamente a reabilitação da construção, sempre que for necessária (GRANATO, 2006).

As construções, em geral, estão sujeitas à ação de diversos agentes de degradação como a água, as variações de temperatura, a presença de sais solúveis, a poluição, a biodeterioração. Podem sofrer processos de degradação provocados por erros humanos nas diferentes fases da sua construção (projeto, execução e utilização). Além disso, podem ser afetados por desastres naturais.

Segundo Souza e Ripper (2009) várias são as falhas possíveis de ocorrer durante a etapa de concepção do projeto. Elas podem se originar durante o estudo preliminar, na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto executivo. As falhas originadas de um estudo preliminar deficiente, ou de anteprojetos equivocados, são responsáveis, principalmente, pelo encarecimento do processo de construção, ou por transtornos relacionados à utilização da obra, enquanto as falhas geradas durante a realização do projeto final, geralmente, são as responsáveis pelas gerações de manifestações patológicas sérias e podem ser tão diversas como:

- Elementos de projeto inadequados;
- Falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis;
- Especificação inadequada de materiais;

- Detalhamento insuficiente ou errado;
- Detalhes construtivos inexequíveis;
- Falta de padronização das representações (convenções);
- Erros de dimensionamento.

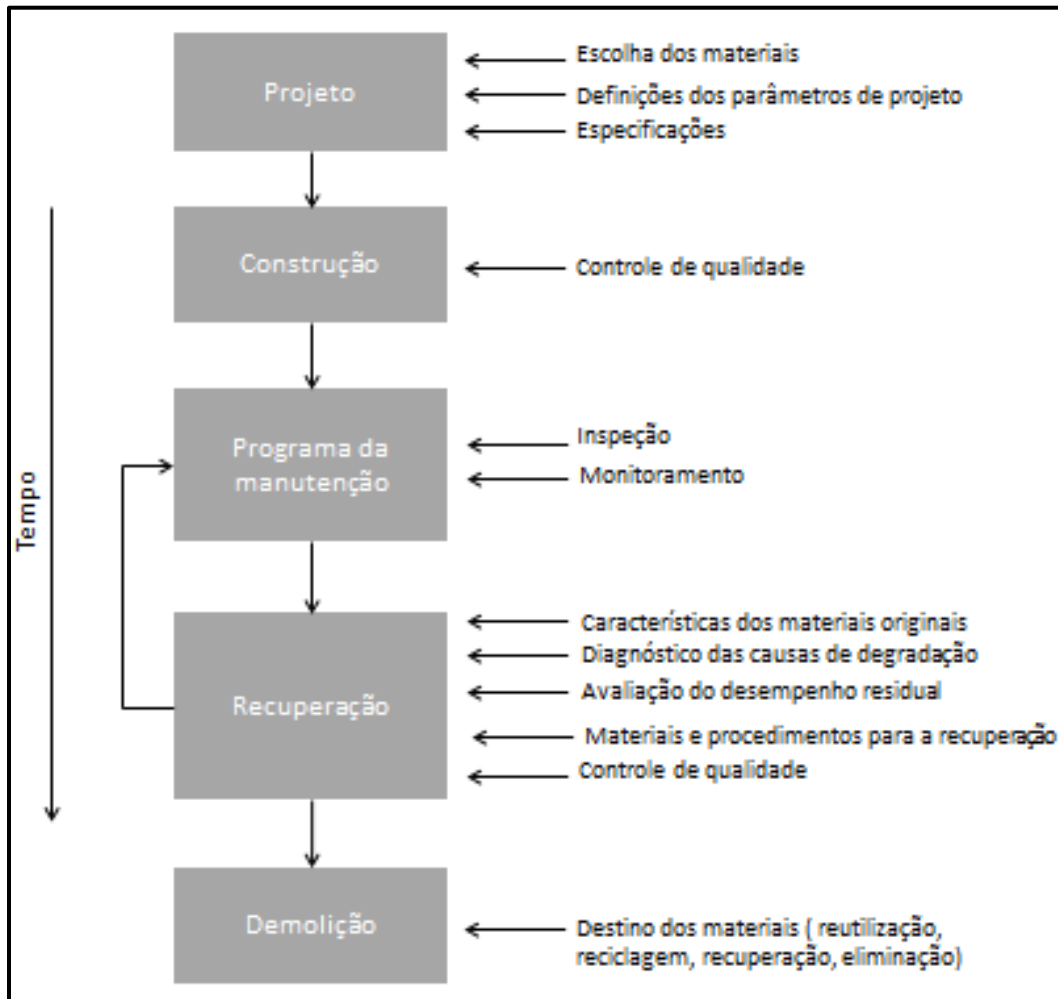
As manifestações patológicas geradas na etapa de execução da construção, seguindo-se a sequência lógica do processo de construção civil, indicam que a etapa de execução deva ser iniciada apenas após o término da etapa de concepção, com a conclusão de todos os estudos e projetos que lhe são inerentes. Suponha-se, portanto, que isto tenha ocorrido com sucesso, podendo então ser convenientemente iniciada a etapa de execução, cuja primeira atividade será o planejamento da obra.

Segundo Bertolini (2014), muitas vezes, na fase de projeto é considerado poucas informações técnicas dos materiais de construções, não levando em consideração aspectos relativos à sua interação com o ambiente. O conhecimento do comportamento dos materiais quando em uso é importante em muitas fases da construção de um edifício, da sua concepção até a sua demolição. A Figura 64 apresenta diferentes fases do ciclo de vida de um edifício em que pode ser solicitado um estudo dos seus materiais (BERTOLINI, 2014).

Na fase do projeto, é preciso escolher os materiais mais adequados aos diversos elementos estruturais ou construtivos para atender às funções que lhes são solicitadas. Em seguida, é preciso definir os parâmetros do projeto que expressem, por exemplo, as propriedades mecânicas (cargas versus deformação, limite de elasticidade etc.) ou comportamento em relação ao ambiente (absorção de água, coeficiente de dilatação térmica etc.). Enfim, o projetista deve definir propriedades dos materiais, para garantir que as propriedades consideradas no projeto de fato ocorram (BERTOLINI, 2014).

Bertolini (2014) afirma que durante a construção devem ser previstos controles de qualidade que permitam verificar a adequação tanto dos materiais que chegam ao canteiro de obras como sua correta utilização. Estes controles devem ter o objetivo de verificar a obediência às especificações formuladas na fase do projeto. Geralmente consistem em testes simples e rápidos que medem uma propriedade específica do material, diretamente relacionada ao comportamento esperado quando de sua utilização.

Figura 64 - Fases da vida de uma construção e papel do material.



Fonte: Bertolini (2014)

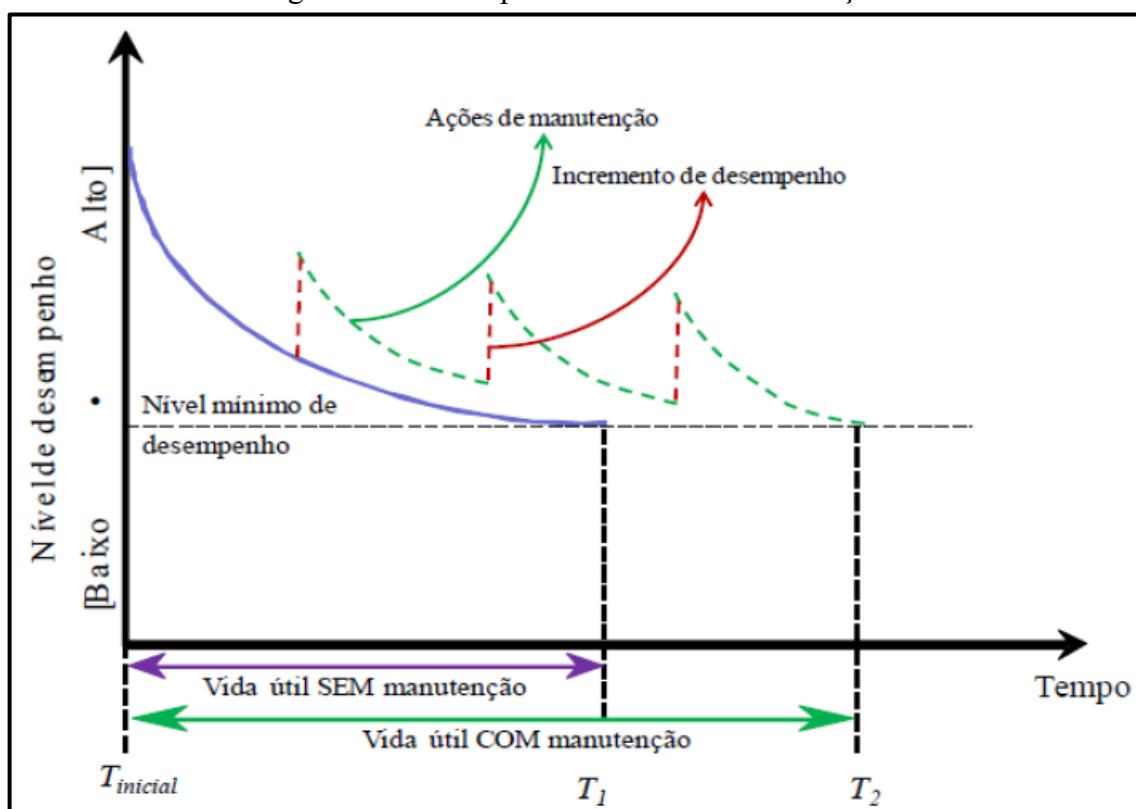
As etapas iniciais do ciclo da construção (projeto, construção, fabricação de materiais e componentes) concentram a maior parte dos esforços técnicos empreendidos nas construções. No entanto, a etapa de uso e manutenção, é aquela que demanda mais tempo, representando um importante instrumento de análise no ciclo de vida das construções e, em especial, dos custos a ela inerentes (MEIRA e PADARATZ, 2002).

A durabilidade dos materiais construtivos está diretamente ligada à capacidade de cada material de se manterem íntegros por um determinado tempo no ambiente em que estão inseridos. Isto porque a exposição dos materiais construtivos às intempéries, como alteração de temperatura, umidade, ação de insolação e ventos, por exemplo, contribuem para a degradação prematura de tais materiais, resultando no decaimento da vida útil de projeto. De fato, a degradação das edificações, ou de partes dela, e a falta do cumprimento de requisitos de desempenho acarretam no envelhecimento precoce, estando entre as principais causas a falta de manutenção.

Segundo Possan e Demoliner (2013) a vida útil é o período de tempo compreendido entre o início de operação e uso de uma edificação até o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário, sendo diretamente influenciada pela frequência de manutenção e reparo e pelo ambiente de exposição.

A abordagem de desempenho visa à especificação para a durabilidade (qualidade). Desta forma, o profissional e o construtor, em conjunto com o proprietário, devem na fase de projeto considerar a vida útil mínima dos elementos ou sistemas que compõe uma edificação, garantindo que desempenhem suas funções durante o período de tempo mínimo (POSSAN E DEMOLINER, 2013). Na Figura 65 pode-se verificar a influência das ações de manutenção em uma edificação, as quais são necessárias para garantir ou prolongar a vida útil de projeto (VUP). A Norma de desempenho chama atenção para o fato de que “é necessário salientar a importância da realização integral das ações de manutenção pelo usuário”, destacando que se este não realizar a manutenção indicada corre-se o risco de a VUP não ser atingida.

Figura 65 - Desempenho com e sem manutenção.



Fonte: Possan e Demoliner (2013)

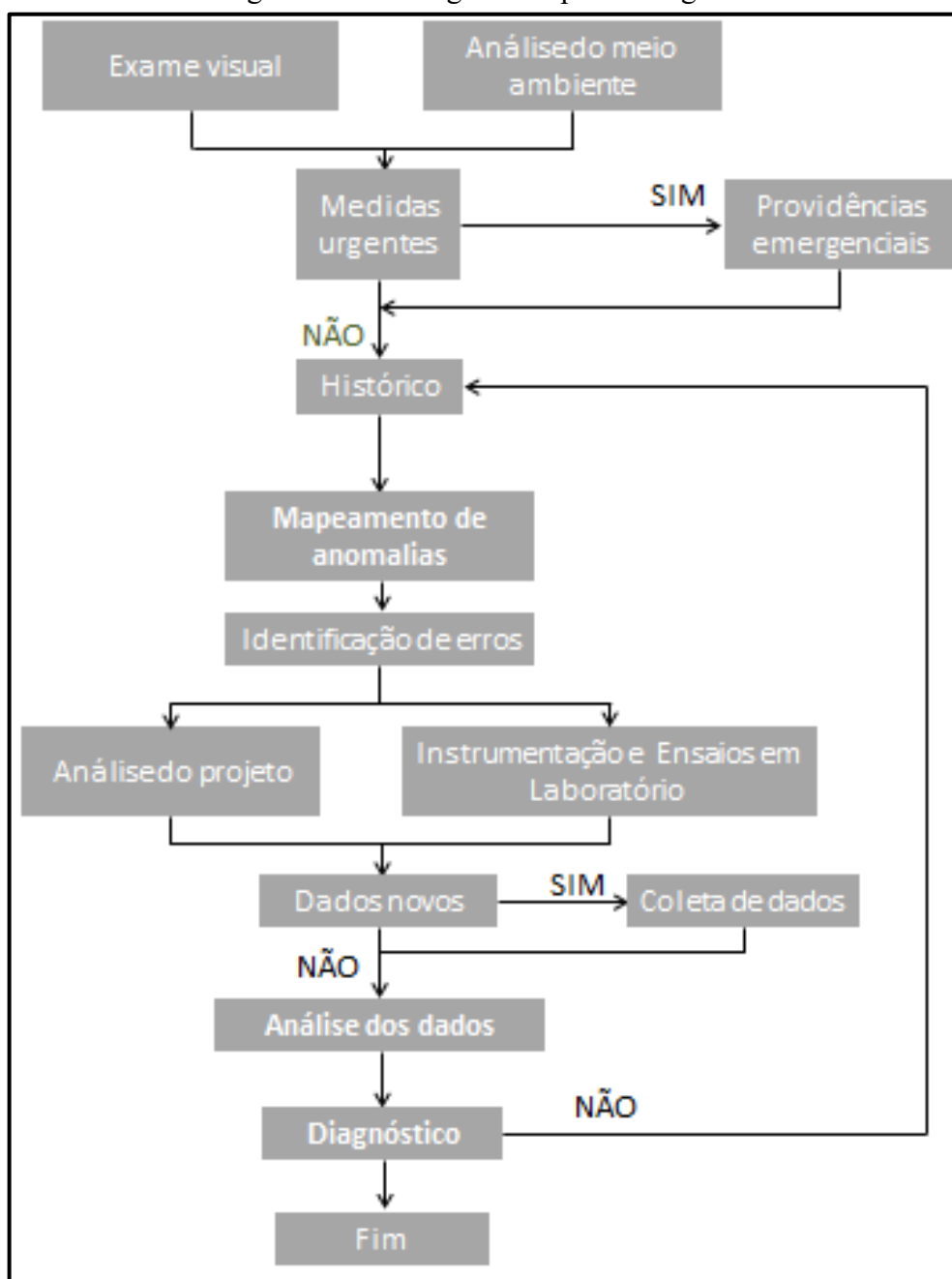
Para identificar as manifestações patológicas que acometem uma edificação é necessário reunir o maior número de informações possível acerca de cada anomalia. Essas informações podem ser obtidas por meio de:

- Exame visual do desgaste e de seu meio ambiente;
- Ensaios locais, rápidos e simples;
- Estudos de laboratório;
- Consulta com os autores do projeto e com os usuários da edificação;
- Estudo dos projetos, dos cadernos de encargos, das anotações de canteiro, documentos diversos e correspondências disponíveis.

A análise e o estudo das manifestações patológicas possibilitam ao investigador a determinação, com rigor, da origem, do mecanismo e dos danos subsequentes, de forma que possa avaliar e concluir sobre as técnicas de correções mais eficazes. A denominação mais comum, para caracterizar este tipo de estudo, é a inspeção ou avaliação da edificação. Em termos gerais, as seguintes etapas (Figura 66) correspondem a uma inspeção:

- a) Elaboração de uma ficha de antecedentes, da habitação e do ambiente, baseado em documentação existente e visita a obra;
- b) Exame visual geral da habitação;
- c) Levantamento dos danos;
- d) Seleção de regiões para a realização de ensaios, medições, análises físico-químicas;
- e) Seleção das técnicas de ensaio, medições, análise mais acurada, etc;
- f) Execução de medições, ensaios e análises físico-químico.

Figura 66 - Fluxo genérico para a diagnose



Fonte: Souza e Ripper (2009)

Lichtenstein (1986) propõe um fluxograma de atuação para resolução das manifestações patológicas. Este fluxograma apoia-se na vistoria do local (utilização dos sentidos humanos e de instrumentos), anamnese (informações orais e formalizadas), exames complementares (*in loco* ou laboratório) e pesquisas (bibliográficas, tecnológicas e científicas) com o propósito de diagnosticar o problema encontrado.

Segundo Gomide (2016), para evitar as manifestações patológicas e aumentar o desempenho e a durabilidade das edificações é necessário recorrer aos conhecimentos dos diagnósticos e prognósticos e prescrições de boas técnicas, justamente com uma análise das

manifestações patológicas recorrentes, condições de uso, e detalhes construtivos e adaptação dos sistemas construtivos ao clima e a cultura construtiva local.

A metodologia diagnóstica consiste nos estudos lógicos sequenciais por meio da utilização das ferramentas (GOMIDE, 2016). Segundo Taguchi (2010) a metodologia para o trabalho de diagnose apresenta três fases distintas, a saber:

- **Pré-diagnose:** é uma inspeção visual com o objetivo de estabelecer uma política de atuação; é o reconhecimento do objeto de estudo;
- **Estudos prévios:** consistem em recolher informações que se considere necessário para chegar a um conhecimento completo do objeto de estudo;
- **Diagnóstico:** é uma reflexão crítica e um trabalho de síntese, que permite a determinação do estado em que se encontra o edifício, com base na análise das informações recolhidas nas fases anteriores.

A seguir na subseção 2.1.1, são apresentados os principais agentes de degradação dos edifícios e dos materiais de construção. Na subseção 2.2.2, são discutidas as principais manifestações patológicas ocorrentes em habitações de interesse social e, na subseção 2.2.3, as manifestações patológicas ocorrentes em habitações construídas com o LWF. Na subseção 2.2.4, é feita uma revisão da avaliação pós-ocupação e, por fim, na subseção 2.2.5 são apresentadas as técnicas e procedimentos para inspeção de edificações.

2.2.1 Agentes de degradação dos edifícios e dos materiais de construção

A norma E632 - *Standard practice for developing accelerated tests to aid prediction of the service life of building components and material* (ASTM,1998) define como fator de degradação qualquer fator externo que afete de maneira desfavorável o desempenho de um edifício ou de suas partes, incluindo nisso as intempéries, agentes biológicos, esforços, incompatibilidade e fatores de uso. O *Conseil International du Bâtiment Pour la Recherche l'Étude et La Documentation & Réunion Internationale des Laboratoires D'essais et De Recherches Sur Les Matériaux et Les Construction* (CIB W80/RILEM 71- PSL, 1983) apresenta os agentes que atuam sobre o edifício e suas partes na Tabela 30.

Tabela 30 – Agentes que atuam sobre o edifício e suas partes.

Origem	Externa		Interna	
	Natureza	Atmosfera	Solo	Ocupação
1 Agentes mecânicos				
1.1 Gravidade	Cargas de neve, gelo, água da chuva	Pressão do solo, pressão da água	Sobrecargas de utilização	Cargas permanentes
1.2 Esforços e deformações impostas ou restringidas	Pressão de congelamento de água, dilatação térmica é higroscópico	Recalques, escorregamentos	Esforços de movimentação	Retrações, fluência, forças e deformações impostas
1.3 Energia Cinética	Vento, granizo, impactos externos	-	Impactos internos, abrasão	Golpe de aríete
1.4 Vibrações e ruídos	Ruídos externos, rajadas de vento, trovões, aeronaves e explosões	Terremoto tráfego, vibrações de máquinas externas	Ruídos internos, vibrações de máquinas internas	Ruídos dos edifícios vibrações dos edifícios
2 Agentes eletromagnéticos				
2.1 radiação	Radiação solar e radioatividade	-	Lâmpada e equipamentos radioativos	Painéis radiantes
2.2 Eletricidade	Iluminação	Fuga de corrente	-	Distribuição de correntes e eletricidade estática
2.3 Magnetismo	-	-	Campos magnéticos	Campos magnéticos
3 Agentes térmicos				
	Ar quente, congelamento, choques térmicos	Congelamento, calor do solo	Calor emitido por cigarros e outros objetos combustíveis	Calor, fogo por sobreaquecimento, instalações elétricas defeituosas
4 Agentes químicos				
4.1 Águas e solventes	Ar úmido, condensação e chuvas	Água superficial, água subterrânea	Respingos de água, condensação detergentes, álcool	Distribuição de água, água servidas, infiltrações
4.2 Oxidantes	Oxigênio, ozônio, óxidos de nitrogênio	-	Água de lavanderia (hipoclorito de sódio), água oxigenada	Potenciais eletroquímicos positivos
4.3 Redutores	-	Sulfetos	Agentes combustíveis e amônia	Agentes combustíveis, potenciais eletroquímicos negativos
4.4 Ácidos	Ácido carbônico, excremento de pássaros, ácido sulfúrico	Ácido úrico, ácido carbônico	Vinagre, ácido cítrico	Ácido sulfúrico, ácido carbônico

Origem	Externa		Interna	
	Natureza	Atmosfera	Solo	Ocupação
4.5 Bases	-	Cales (carbonatos)	Soda cáustica, hidróxido de potássio e amônia	Hidróxido de sódio, cimento, cales
4.6 Sais	Névoa salina	Nitratos, fosfatos, cloretos, sulfatos	Cloreto de sódio (sal)	Cloreto d cálcio, sulfatos, gesso
4.7 Neutros	Poeira, fuligem	Calcários e sílica	Gorduras, óleos, tintas e poeira	Gorduras, óleos, tintas e poeira
5 Agentes biológicos				
5.1 micro-organismos vegetais	Bactérias	Bactérias, mofos, fungos e raízes	Bactérias, plantas domésticas	-
5.2 Animais	Insetos e pássaros	Roedores	Animais domésticos e humanos	-

Fonte: Adaptado CIB W80/RILEM 71-PSL (1883)

Para Bertoloni (2014) a degradação dos materiais é produzida pela interação físico-química do ambiente com os materiais; estas interações podem ocorrer apenas depois do movimento dos agentes agressivos no interior do ambiente ou do material.

Os materiais porosos, como os tijolos ou concretos, têm uma microestrutura caracterizada pela presença de um sistema de poros de várias dimensões, através dos quais podem penetrar as substâncias presentes no ambiente. O transporte de substâncias gasosas ou líquidas está, frequentemente na base dos fenômenos de degradação que caracterizam estes materiais (BERTOLONI, 2014).

No caso dos materiais de construção mais comuns, o material poroso é caracterizado por poros de várias dimensões, interconectados e comunicantes com a superfície do material. Este tipo de estrutura permite, portanto, a penetração dos agentes agressivos presentes no ambiente; em consequência, a degradação não se limita à superfície externa, mas pode ocorrer até sua profundidade.

Conforme Souza e Ripper (2009) a distribuição da porosidade, em função da dimensão dos poros, influencia diretamente o fluxo do transporte. Os poros da pasta de cimento, por exemplo, são de vários tamanhos, podendo ser, genericamente, classificados em macroporos, poros capilares ou microporos. A interação entre os agentes agressivos e a estrutura porosa é variável, em função do meio de transporte, como se identifica a seguir:

Pelo ar, o mecanismo de transporte de gases, de água e de agentes agressivos diluídos (carbonetos, cloretos e sulfato) é por difusão. Entenda-se que a maior ou menor intensidade no

transporte de gases ou de água dependerá da umidade relativa do ar: quanto maior esta for, menos permeável aos gases será o concreto (SOUZA e RIPPER, 2009);

Pela água da chuva ou das marés, em transporte por capilaridade os canais porosos de diâmetros mais reduzidos chegam a ficar completamente saturados pela água aderida à parede da superfície lateral dos mesmos, pelo fenômeno da adsorção (SOUZA e RIPPER, 2009). Em condições de imersão, e, portanto, sob pressão, dá-se o transporte penetração direta.

A umidade nas construções pode ser originada durante a execução (água de amassamento do concreto e argamassa), trazida por capilaridade (proveniente do solo úmido) ou pela chuva, resultante de vazamentos em redes pluviais e hidrosanitárias (extremamente difíceis de localizar) ou sob o efeito da condensação do vapor (em telhados, lajes de cobertura, reservatórios, paredes, pisos, etc.).

De acordo com Barth e Vefago (2016) a umidade do ambiente é função de muitos fatores que compõem o microclima de uma região, tais como o regime de chuvas, vento, tipo de vegetação e outros fatores que podem variar durante o ano. A umidade do ar também pode apresentar variações durante as horas do dia em função da radiação solar incidente, das temperaturas e das características do entorno.

À medida que a temperatura do ar se eleva, aumenta sua capacidade de conter vapor de água. O conteúdo de vapor de água é proporcional à pressão do vapor e das temperaturas. Quando as temperaturas do ar baixam de maneira significativa, produz-se condensação do vapor de água excedente no ar, que se depositam sobre as superfícies verticais e horizontais (BARTH e VEFAGO, 2016).

Para Bertolini (2014) quando um material é colocado em um ambiente úmido, uma parte dos seus poros pode ser preenchida com água. Em geral, trata-se de uma solução na qual são dissolvidos íons. O autor afirma que em quase todos os fenômenos de degradação físico-química dos materiais, é necessária a presença de água. A penetração de água (e das substâncias dissolvidas nela) através de um material poroso é, portanto, de fundamental importância para que ocorram os fenômenos de degradação.

Segundo Thomaz (1989) as mudanças hidrocópicas provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção; o aumento do teor de umidade produz uma expansão do material enquanto que a diminuição desse teor provoca uma contração. No caso da existência de vínculos que impeçam ou restrinjam essas movimentações poderão ocorrer fissuras nos elementos e componentes do sistema construtivo.

Segundo Duarte (1998), os materiais de construção se dilatam e se contraem devido a variações de temperatura. Esta movimentação é mais sensível no envelope da edificação. As fissuras de origem térmica possuem evolução cíclica, ou seja, apresentam variação da sua abertura ao longo do dia. Esse fato associado com a diferença entre os coeficientes de dilatação térmica da estrutura e do revestimento e vedação ocasiona o surgimento de fissuras no revestimento da edificação, além da fissuração típica nos elementos estruturais (ASSIS e RABELO, 2013).

Segundo Bertolini (2014), quando a temperatura aumenta, os átomos que constituem um material aumentam a distância média que os separa e, por isso, se observa um aumento das dimensões do corpo. A relação entre as variações de temperatura e o aumento das dimensões e o aumento ΔL do comprimento ou o aumento ΔV do volume de um corpo pode ser expressa nas Fórmulas 3 e 4:

$$\lambda = \frac{dl}{l_0} dT \quad \alpha = \frac{dV}{V_0} dT \quad (3;4)$$

Onde λ é o coeficiente de dilatação térmica linear ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) e α é coeficiente volumétrico de dilatação térmica ($^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Estes coeficientes são típicos de cada material e dependem da estrutura e das forças das ligações atômicas (Tabela 31). Segundo Bertolini (2014) para materiais isotrópicos e pequenos intervalos de temperatura $\alpha \approx 3 \lambda$. As variações dimensionais de origem térmica, quando são impedidas, podem provocar degradação do material, como quando dois materiais com coeficiente de dilatação diferente devem operar em contato (BERTOLINI, 2014).

Segundo Bertolini (2014) as variações dimensionais bloqueadas são, com frequência, causa da degradação dos elementos estruturais ou de construção. Às vezes, o dano pode ocorrer logo depois a uma única variação dimensional (por exemplo, por efeito da contração durante a secagem da madeira ou mesmo durante o fenômeno de retração por secagem do cimento); em outras vezes, a degradação se manifesta só quando as variações dimensionais se alternam no tempo (BERTOLINI, 2014). Para verificar se as variações dimensionais podem danificar uma estrutura é necessário, em função do ambiente e dos materiais empregados, especificar, antes de tudo, as possíveis causas das variações dimensionais.

Tabela 31 - Valores indicativos das propriedades térmicas de alguns materiais

Material	Densidade (kg/m ³)	Calor específico (J/(kg°C))	Condutividade térmica (W/m°C)	Coefficiente de dilatação térmica (°C ⁻¹ x 10 ⁻⁶).
Aço	8.900	480	84	11
Alumínio	7.800	880	200	24
Concreto	2.400	840	1,4	11
Tijolos	1.700	800	0,9	8
Fibrocimento	1800-2200 1200-1800	0,84	0,95 0,65	10
PVC (não plastificado)	1.400	1.300	0,3	70
Reboco leve	600	1.000	0,16	5
Madeira (direção transversal)	500	1.200	0,14	3
Poliestireno expandido	25	1.400	0,033	70
Vidro de silício	2.200	740	2,0	0,5
Vidro sódico-cálcio	2.450	940	1,7	9,0

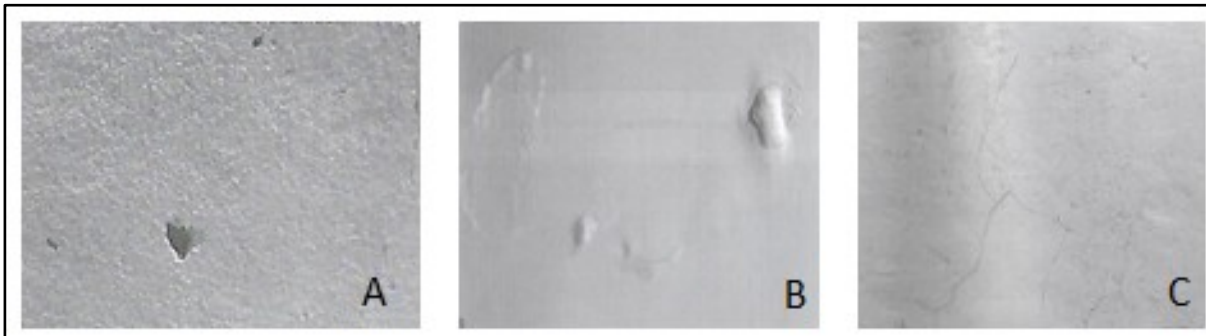
Fonte: Adaptado de Bertolini (2014)

Um dos principais problemas apresentados nos sistemas construtivos *Light Wood Frame* e *Light Steel Frame (LSF)* são as trincas nas juntas das chapas cimentícias, quando estas são utilizadas como revestimentos externos, pois não são consideradas em projeto, na maioria das vezes, as diferenças das variações dimensionais das chapas e da estrutura (ossatura), causando trincas nas juntas entre chapas, ponto mais frágil do acabamento externo.

Segundo Barth e Vefago (2016), a água que penetra nos vazios da matriz cimentícia, tanto por absorção como por adsorção, gera tensões internas responsáveis pela expansão da matriz cimentícia. Por outro lado, os painéis da fachada perdem água por evaporação e reduzem suas dimensões quando expostas aos ambientes secos.

Nos revestimentos argamassados, as anomalias ocorrem por diversos fatores, entre os quais sua composição. A reação de hidratação da cal virgem, quando continua ocorrendo após o revestimento ser aplicado, pode causar o surgimento de vesículas, a presença de impurezas e, agregados também pode provocar esse tipo de anomalia (Figura 67 – A). O empolamento do revestimento pode igualmente ser causado pela reação de hidratação da cal virgem (Figura 67 – B). As argamassas com maior teor de cimento apresentam ruptura na forma de microfissuras, muito prejudiciais ao revestimento (Figura 67 – C) (CAPORRINO, 2018).

Figura 67 - Anomalias em revestimentos argamassados: A - vesículas, B - empolamento, C - microfissuras.



Fonte: Caporrino (2018)

Nas chapas de gesso acartonado, utilizadas como fechamento interno, as manifestações patológicas mais comuns são o mofo, em locais de maior umidade, ou onde as tubulações hidráulicas falham e vazam e as pequenas fissuras nas juntas. As rupturas podem acontecer devidas à movimentação das estruturas, mas na maioria das vezes ocorrem devido à colocação feita sem os cuidados técnicos necessários.

Segundo Bertolini (2014), os materiais metálicos em contato com ambientes agressivos estão sujeitos à corrosão. Normalmente distingue-se a corrosão úmida da corrosão seca. O primeiro tipo ocorre quando os materiais metálicos entram em contato com soluções aquosas, como as águas doces ou do mar, as soluções ácidas ou alcalinas, ou ainda com ambiente que contenham água, com o solo, concreto, as atmosferas úmidas etc. (BERTOLINI, 2014). O segundo ocorre sob altas temperaturas. Nas condições normais de uso das estruturas e componentes de edifícios, são importantes apenas os fenômenos de corrosão úmida.

Segundo Kollmann & Côte (1968) a madeira pode facilitar o processo de corrosão frente a outros produtos e materiais de construção, mas somente em condições específicas de uso. Em seu estado úmido, algumas espécies possuem a capacidade de causar a corrosão de pregos e parafusos empregados na sua conexão. Porém a corrosão se agrava com o tempo e a tenacidade da união pode até aumentar por causa da ferrugem.

Segundo Nappi (2012), a probabilidade de corrosão de elementos metálicos na madeira pode ser influenciada por outros fatores além daqueles supracitados, tais como a presença de água de precipitação e de condensação na superfície, os ciclos curtos de umidificação e secagem, expansão e retração, que tendem a gerar fissuras que permitem o ingresso de umidade na madeira.

Segundo Zelinka e Stone (2010), os extrativos, tais como os pequenos ácidos orgânicos (acético e fórmico), taninos (ou polifenóis) e fenóis com dois ou três grupos de hidroxilas (por exemplo, catecol e pirogalol) são capazes de afetar a corrosão de metais.

Outro fator que pode influenciar a corrosão de peças metálicas em contato com a madeira é o pH da madeira. Nappi (2012) afirma que a acidez própria da madeira varia de acordo com a sua espécie e porção do tronco (cerne e albúrnio possuem pH diferenciados).

Em geral, o principal constituinte da madeira é a celulose, que é um polissacarídeo, isto é, um polímero feito de moléculas de açúcar unidas em cadeias longas. Cada unidade de açúcar contém radicais hidroxilo ligeiramente básicos, uma proporção dos quais é combinada com radicais de ácido acético (acetilados) na forma de grupos éster (sal orgânico). Esses agrupamentos podem combinar-se com água, ou seja, hidrolisar, para formar radicais hidroxila livres e ácido acético. O ácido acético torna a madeira ligeiramente ácida (DIAS e BARREIROS, 2018). Segundo Baker (1987), o ácido acético gerado a partir de grupos acetil é responsável pelo baixo pH, mas outros ácidos orgânicos também causam condições ácidas. A corrosão de componentes metálicos fixados na madeira é acelerada nessas condições ácidas. Além disso, o ácido acético é volátil e, em um espaço mal ventilado, a madeira pode causar corrosão de metal nas proximidades.

Já a corrosão de fixadores em madeira tratada é geralmente uma reação eletroquímica resultante da formação de células galvânicas entre metais diferentes na madeira. E a taxa de corrosão é acelerada por: maior teor de umidade e presença de solução solúvel eletrólitos; disponibilidade de oxigênio e variações no conteúdo de oxigênio; presença de metais diferentes (DIAS e BARREIROS, 2018).

A taxa de corrosão dos componentes metálicos fixados na madeira varia muito dependendo do preservativo usado para tratar a madeira. A madeira que foi tratada com conservantes à base de óleo sofre menos corrosão do que aquela com conservantes à base de água, (hidrossolúveis, tais como CCA e CCB) (DIAS e BARREIROS, 2018).

Em geral, o zinco é um dos metais mais utilizados nos componentes de fixação, seja por revestimento à fogo ou eletrodepositado. Quando o zinco e o cobre estão em contato elétrico uns com os outros, o cobre terá a tendência de extrair elétrons do zinco altamente reativo a uma taxa maior, portanto, a corrosão ocorrerá a uma taxa maior (DIAS e BARREIROS, 2018).

Baker (1987) em seu estudo observou que a madeira tratada com arseniato de cobre cromado (CCA) e com arseniato de cobre amoniacal (ACA), em condições de alta umidade, são mais compatíveis com os metais que são catódicos para cobre na série galvânica. Ou seja, o aço inoxidável, bronze de silício, cobre e aço inoxidável tipo 304 e 316 são mais adequados para essas condições.

Segundo Graham (2009) os estudos indicam que a maioria dos tratamentos preservantes são, em geral, mais corrosivos que o CCA, tais como, o azole de cobre (CuAz) e o quaternário de cobre acrilado (ACQ).

Souza e Ripper (2009) afirmam que os processos biológicos podem resultar do ataque químico de ácidos (produção de anidrido carbônico) gerados pelo crescimento de raízes de plantas ou de algas que se instalam em fissuras ou em grandes poros dos materiais, ou por ação de fungos, ou pela ação de sulfetos presentes no esgoto.

Os fungos são vegetais microscópicos que apresentam tons claros (brancos e rosados) e escuros (verdes e cinzas), frequentes em locais onde existem umidade e matéria orgânica. A maioria de suas espécies se desenvolve na madeira, mas algumas proliferam em materiais pétreos ou matrizes cimentícias, desde que haja acúmulo de matéria orgânica, umidade relativa superior a 30% e pH entre 7 e 9. A matéria orgânica existente nos painéis de fachada pode ser proveniente de impurezas ou de depósitos de agentes poluentes de base orgânica (BARTH e VEFAGO, 2016).

Segundo Bertolini (2014), quando os materiais se destinam a aplicações estruturais, seu comportamento mecânico tem um papel primário no projeto. Nesta etapa é importante conhecer várias propriedades do material: resistência mecânica, rigidez, ductilidade, tenacidade, entre outros. Com o passar do tempo os materiais podem ter suas propriedades mecânicas alteradas, gerando perda de desempenho e anomalias. Entre elas:

- A resistência ao desgaste e à abrasão, ou seja, a capacidade da superfície do material de resistir aos efeitos do atrito produzido pelo contato com um outro material ou fluido em movimento;
- A fluência (*creep*), ou seja, a deformação progressiva no tempo por efeito de uma carga prolongada;
- A fadiga ou o dano ao material por cargas repetidas no tempo.

De acordo com Souza e Ripper (2009) uma vez iniciada a construção podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas tão diversas como falta de condições locais de trabalho (cuidados e motivação), não capacitação profissional da mão-de-obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, irresponsabilidade técnica e até mesmo sabotagem.

Quando se trata de uma obra de edificação habitacional, alguns erros básicos podem acontecer. Casos como falta de prumo, de esquadro e de alinhamento de elementos estruturais e alvenarias, desnivelamento de pisos, falta de caimento correto em pisos molhados, ou

execução de argamassas de assentamento de pisos cerâmicos demasiado espessas, e flechas excessivas em lajes, são exemplos de erros facilmente constatáveis. Outros erros, no entanto, são de difícil verificação e só poderão ser adequadamente observados após algum tempo de uso, como é o caso de deficiência nas instalações elétricas e hidráulicas, por exemplo (SOUZA e RIPPER, 2009).

As manifestações patológicas geradas por falhas humanas na construção e utilização também são abordadas nas subseções 2.2.2 e 2.2.3.

2.2.1.1 Agentes de degradação da madeira

A degradação das obras de madeira ocorre, em condições aeróbicas, principalmente por organismos animais ou vegetais (microrganismos, fungos e xilófagos diversos), mas também por outros fatores não biológicos. Resumidamente, apresenta-se na Tabela 32 as principais causas intrínsecas, que podem ser oriundas aos processos de deterioração de componentes e elementos estruturais de madeira.

Tabela 32 - Causas intrínsecas aos processos de deterioração em estruturas de madeira.

Causas intrínsecas (inerentes às estruturas e componentes de madeira)		
Ausência ou falhas de Projetos Estruturais		
Ausência de mão-de-obra qualificada e/ou falhas em práticas de construção		
Falhas humanas durante a construção	Utilização incorreta dos materiais de construção	Resistências inferiores às especificadas
		Ausência de tratamento preservativo
		Falhas no processo de tratamento preservativo
	Deficiências nas ligações	Solo com características diferentes
		Tipo de ligações diferentes das especificadas
		Diâmetros inferiores aos especificados
		Resistências inferiores às especificada
	Deficiência no transporte	
	Inexistência de controle de qualidade	
Falhas humanas durante a utilização	Ausência de manutenções periódicas e/ou medidas preventivas	
	Manutenções corretivas inadequadas e/ou insuficientes	
Causas naturais	Ação de agentes bióticos	Presença de umidade
		Temperatura adequada
		Oxigênio
	Ação de agentes abióticos	Fonte de alimento disponível
		Causas químicas
		Causas Físicas

Fonte: Brito (2014)

Bertolini (2014) afirma que a madeira é um material higroscópico que pode absorver umidade tanto da água líquida diretamente como da atmosfera. As suas células podem conter água na cavidade (água livre no cerne) e nas paredes (água absorvida). A água nas paredes das células da madeira, além de influir sobre as propriedades mecânicas e físicas, tem um papel importante no comportamento em uso da madeira, já que regula suas variações dimensionais e é determinante para o ataque biológico (BERTOLINI, 2014).

A madeira empregada em obras externas, sujeitas ao intemperismo, sofre degradações, sendo necessário tomar alguns cuidados essenciais. As regras básicas para proteção da madeira sujeita às intempéries são:

- Proteger contra a chuva e os raios solares;
- Garantir rápido escoamento das águas;
- Facilitar a secagem das peças úmidas;
- Não encostar madeira nua em madeira nua;
- Criar pequenos colchões de ar, com emprego de separadores.

Por não terem penetração, os raios solares ultravioletas agem apenas na superfície da madeira, mas conseguem destruir a pigmentação da camada mais externa, dando-lhe um aspecto cinza-ruço. Também abrem fendas, por onde penetra umidade. Os raios infravermelhos, todavia, penetram mais profundamente. Aquecem e evaporam extrativos (resinas, óleos essenciais etc.) provocando o colapso da superfície. (GONZAGA, 2006). A Figura 68 apresenta os principais agentes agressores e os efeitos sobre a madeira exposta intemperismo.

Figura 68 - Principais agentes agressores e os efeitos sobre a madeira exposta intemperismo.

Agente	Efeito
Raios solares (ultravioleta)	<ul style="list-style-type: none"> } Retração (perda de umidade) superficial } Descoloramento (aspecto acinzentado)
Raios solares (infravermelho)	<ul style="list-style-type: none"> } Retração, perda de extrativos em profundidade, colapso
Chuva	<ul style="list-style-type: none"> } Umidade (água doce) } Degradação pelo ácido carbônico
Variação térmica e de umidade relativa do ar	<ul style="list-style-type: none"> } Fendilhamento da superfície, empenamento e o aprofundamento das fendas, colapso.

A degradação biológica da madeira é causada por organismos xilófagos compreendidos basicamente por: fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias. Os fungos e os insetos formam os grupos mais importantes, responsáveis por grandes perdas nos vários tipos de produtos florestais (MENDES e ALVES, 1988). Segundo Machado *et al.* (2003) o risco de degradação por um determinado tipo de organismo depende da existência de condições propícias ao seu desenvolvimento, nomeadamente do teor de umidade da madeira (Tabela 33).

Tabela 33 - Situações gerais de serviço e classes de risco.

Classe de Risco	Teor de umidade da madeira (%)	Situações gerais de serviço	Risco de ataque por agentes xilófagos		
			Fungos	Carunchos	Térmitas
1	< 20	Sem contacto com o solo, sob coberto (seco) Exemplo: pavimentos	-	++	+
2	Ocasionalmente > 20	em contacto com o solo, sob coberto (risco de humificação) Exemplo: Estruturas de cobertura	++	++	+
3	Frequentemente > 20	Sem contacto com o solo, não coberto Exemplo: Caixilharias de janelas	+++	+	++
4	Permanentemente > 20	Em contacto com o solo ou a água doce Exemplo: Postes	+++	+	+++

+++ Elevado; ++ Médio; + Baixo; - Nulo

Fonte: Machado *et al.* (2003)

Segundo Machado *et al.* (2003) a utilização de referências imprecisas como “madeira seca” tem por consequência a recepção de madeira com um teor de umidade que varia entre 7% e 25%. No entanto, mesmo no caso da recepção de madeira com teor de umidade inferior a 20%, a madeira pode vir a sofrer degradação se for aplicada durante um período prolongado num local onde, devido às condições de umidade relativa e temperatura do ar, apresenta um teor de umidade de equilíbrio superior a 20% (MACHADO *et al.*, 2003).

Machado *et al.* (2003) afirmam que a vulnerabilidade da madeira aos diversos agentes assenta na sua constituição química, a qual não é modificada no processo de secagem. O processo de secagem (ao ar livre ou em estufa) não tem por objetivo a eliminação de insetos eventualmente presentes na madeira, e sobretudo não confere à madeira qualquer proteção contra infestações de carunchos, térmitas ou fungos. O conceito de madeira seca e de madeira tratada deverá ser entendida como duas componentes de uma especificação, cada uma das quais relacionada com a garantia de um determinado comportamento da madeira. A secagem da madeira encontra-se relacionada com a minimização da variação das dimensões dos elementos

após aplicação em obra, enquanto no caso da preservação da madeira confere-lhe durabilidade face ao ataque de agentes biológicos (MACHADO *et al.*, 2003).

A deterioração da madeira, ocasionada por fungos, ocorre em diferentes formas. Em um caso extremo, eles podem decompor totalmente a madeira ou somente manchá-la. Em ambos os casos os fungos são responsáveis por grandes perdas econômicas (KOLLMAN e CÔTE, 1968). Segundo Levy (1979) os fungos que normalmente são encontrados degradando a madeira dividem-se em cinco categorias: podridão parda, podridão branca, podridão mole, manchadores e emboloradores. Os três primeiros podem ser agrupados como fungos apodrecedores e são responsáveis pela perda de resistência da madeira. Segundo Moreschi (2013) existem os que consomem todo o material que constitui a madeira. No entanto, alguns deles utilizam predominantemente parte deste material, como por exemplo, os causadores da podridão parda, que praticamente deterioram apenas a celulose e a hemicelulose, e os manchadores, que atacam a madeira em função do material de reserva existente nos lumens das células, nos vasos e nos canais resiníferos (MORESCHI, 2013).

O controle da deterioração de madeiras por fungos é efetuado através da secagem da madeira, armazenamento em condições adequadas de temperatura e umidade e aplicação de fungicidas. Na Figura 69 mostra a característica de madeira atacada por fungos de podridão parda.

Figura 69 - Madeira atacada por fungos de podridão parda.



Dentre os insetos xilófagos que atacam a madeira em uso pelo homem, os cupins e as brocas-de-madeira são considerados os dois grupos mais importantes. Segundo Lelis (2000) brocas-de-madeira, cujos adultos são os besouros, pertencem a um grupo taxonômico da ordem Coleoptera. Estes não são insetos sociais e o seu desenvolvimento pós-embriônico é do tipo holometábolo. O ataque por brocas de madeira se inicia quando a fêmea adulta deposita seus ovos na madeira. Desses ovos eclodem as larvas que irão se alimentar daquele substrato até atingirem o estágio de pupa quando, então, se transformam em adultos. A fase larval é a mais longa da vida do inseto e a principal responsável pelos danos causados à madeira (LELIS, 2000; MORESCHI, 2013). Uma vez transformados em adultos, os insetos perfuram a madeira e saem para o meio externo. Fora da madeira, machos e fêmeas se acasalam, e as fêmeas voltam a depositar seus ovos ou na mesma peça de madeira ou em outra (LELIS, 2000).

Segundo Moreschi (2013) entre os indivíduos da ordem Isóptera, os cupins são considerados os mais importantes como deterioradores de madeira e de artigos de madeira. Eles normalmente são classificados em sete famílias, e as consideradas deterioradoras na área de preservação da madeira em nosso País resumem-se às *Rhinotermitidae* e *Kalotermitidae*, sendo chamadas também de famílias de cupins "inferiores" por necessitarem de protozoários simbioses para possibilitar a digestão da celulose. Estes cupins são adaptados a diferentes condições de deterioração da madeira e são normalmente conhecidos como: cupins de solo ou subterrâneos, (*Rhinotermitidae*) e cupins de madeira seca (*Kalotermitidae*) (MORESCHI, 2013).

Os cupins de madeira seca, cientificamente denominado *Cryptotermes brevis*, atacam, como informa o próprio nome, apenas peças de madeira e seus derivados (componentes estruturais de construções, móveis, papéis), e vivem diretamente dentro das peças que consome como alimento (FONTES e MILANO, 2002).

Segundo Stumpp *et al.* (2005) o *Cryptotermes brevis* ataca fortemente as madeiras de coníferas, especialmente a *Araucária angustifolia* e as espécies de Pinus. Ataca também as madeiras de folhosas de baixa resistência natural. Na Figura 70 mostra as galerias e sinais de ataque de cupins de madeira seca.

Figura 70 - Galeria e sinais de ataque de cupins de madeira seca.



Fonte: MORESCHI (2013)

Os cupins subterrâneos (*Coptotermes havilandi*) atacam madeira e derivados, mas vivem em ninhos construídos fora do alimento e em locais ocultos, bem protegidos. São capazes de transitar amplamente pelo ambiente (solo, edificações em geral, árvores), e podem dispensar totalmente o contato com o solo ou com a terra propriamente dita (FONTES e MILANO, 2002).

Segundo Lelis (2000) os cupins são insetos predominantemente tropicais e, portanto, climas quentes e úmidos, como os do Brasil, são favoráveis a esses insetos. Também é importante distinguir os cupins que são prejudiciais daqueles que não causam mal algum e que são, ainda, extremamente importantes para os ecossistemas naturais (LELIS, 2000; FONTES e MILANO, 2002).

Segundo Bertolini (2014), o ataque por bactérias é geralmente muito menos importante do que o de fungos ou insetos, já que é muito mais lento. A Principal consequência deste ataque é o aumento da permeabilidade da madeira, por causa da degradação das membranas presentes entre as células. Algumas bactérias podem sobreviver em condições anaeróbicas, mesmo na madeira imersa em água (BERTOLINI, 2014).

Já os agentes químicos são ácidos fortes, bases fortes, óxidos de ferro e enxofre, dentre outros, quando em contato com a madeira ocasionam uma redução nas suas propriedades físico-químicas, sendo os responsáveis pela sua decomposição. A madeira torna-se normalmente amolecida, com aparência desfibrada em forma de cabeleira. Identifica-se o agente químico utilizando um papel indicador umedecido (Tornassol). Pressiona-se este contra a área afetada e caso o pH estiver entre 2,0 e 8,0 pode-se concluir que o agente de origem química. Alguns exemplos são madeiras em contato com ferragens; pregos cravados em madeiras; pisos de madeira de fábricas de produtos químicos (FLORIAN, 2013).

Segundo Brito (2014) a madeira é considerada como um material combustível e medianamente inflamável. Por isso mesmo, o fogo é o processo de degradação mais rápido que

a madeira pode sofrer. Isto se deve à própria constituição da madeira, que é à base de carbono e hidrogénio. Na degradação por fogo a madeira necessita de oxigénio e libera dióxido de carbono, tal como na degradação por microorganismos. Apesar disto, a energia gerada na degradação por fogo não é utilizada no crescimento de microorganismos, mas sim libertada na forma de vapor de água (elemento que constitui entre 8 a 15% da madeira) a altas temperaturas (até 275°C), secando a madeira. A partir dos 275°C a reação é exotérmica até atingir os 450°C, altura em que se começa a formar um resíduo sólido à superfície da madeira, na forma de carvão. Este carvão é por si só, um excelente isolador térmico e, por isso mesmo, retarda o desenvolvimento da carbonização da peça de madeira, podendo até fazer com que a temperatura exterior seja insuficiente, causando a sua extinção; caso contrário, poderá provocar o colapso estrutural (BRITO, 2014). Mais aspectos sobre a situação em altas temperaturas são abordados na subseção 2.2.3.

2.2.2 Manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social

A qualidade habitacional é baseada no respeito para com os habitantes e é concretizada na identificação de fatores elementares ou básicos para essa qualidade. As relações e os elementos arquitetónicos que todos os habitantes almejam e merecem não são objetos abstratos e sim, coisas concretas que podem ser perfeitamente ilustradas e descritas em termos de imagens e relatos técnicos no campo arquitetónico. Assim a qualidade arquitetónica pode ser garantida pelo projetista nas etapas do projeto (COELHO, 2010).

Muitas das manifestações patológicas ocorrentes em edificações, têm como causa principal a falta de qualidade no processo de projeto. Vários aspectos do processo de projeto podem influenciar na falta de qualidade, tais como: desenvolvimento de forma não planejada, segmentada e sequencial, falta de visão abrangente e integrada do binómio projeto/execução e ausência de integração e comunicação entre os profissionais envolvidos no processo de projeto e construção (ROMANO; BACK; OLIVEIRA, 2001).

Gradinski (2004) afirma que grande parte das manifestações patológicas rotineiramente constatadas em perícias poderiam ter sido evitadas na etapa de projeto. A falta de detalhamento necessário foi um dos principais erros constatados e que dificilmente são consertados durante a execução. Outro problema relacionada aos projetos de habitação de interesse social, atualmente, são as limitações tipológicas das edificações que, muitas vezes, não são adequadas ao usuário ou ao clima onde os empreendimentos são implantados.

Segundo Martinez *et al.* (2013) no Programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV) os empreendimentos a serem construídos, possuem especificações técnicas (Portaria 325) e custos pré-definidos pela própria Caixa Econômica Federal (CEF), visando estabelecer padrões mínimos e máximos que atendam ao perfil do beneficiário. Entre as especificações destacam-se o limite de até 500 unidades habitacionais para empreendimento horizontal, sendo que a metragem quadrada mínima da unidade habitacional deve ser 35m². Enquanto que para os condomínios verticais há o limite de 250 unidades habitacionais, de metragem quadrada mínima de 42m². As tipologias mais usuais no MCMV destinadas a famílias com renda mensal de até 3 salários mínimos são apresentadas na Figura 71. Martinez *et al.* (2013) afirmam que, muitas vezes, as moradias não atendem às necessidades dos proprietários e muitas estão em estado de precariedade, pois muitas das construtoras priorizaram a quantidade em detrimento da qualidade, além de usarem materiais de baixa qualidade e mão-de-obra não especializada, gerando produtos com falhas técnicas.

Figura 71 - Tipologias de casas térreas e unidades habitacionais verticais mais usuais no MCMV.



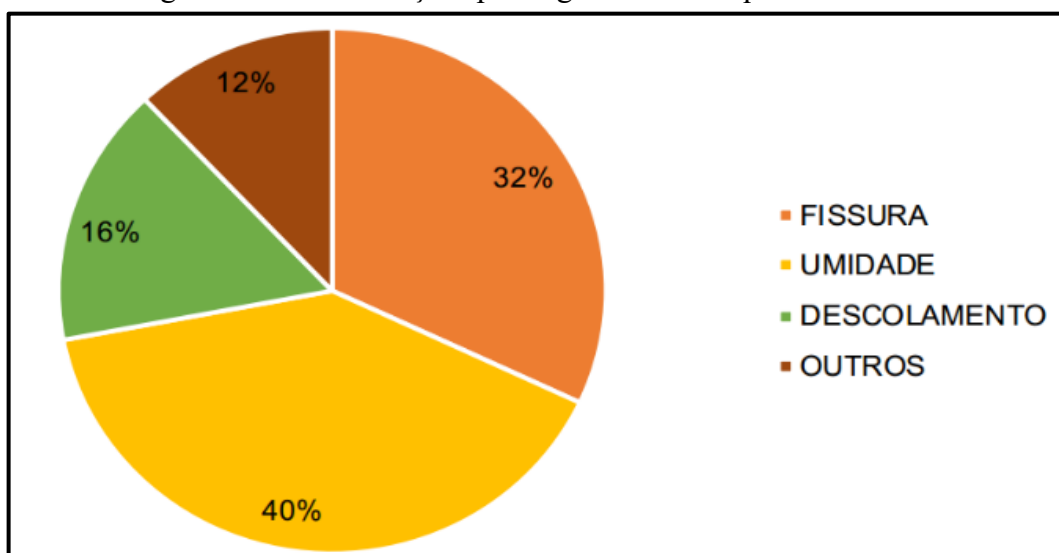
Fonte: Martinez *et al.* (2013)

As manifestações patológicas em edificações podem se originar nas etapas de projeto, fabricação de materiais e/ou componentes, bem como durante a execução ou uso pelos usuários. Almeida (2008) afirma que os principais responsáveis pelo aparecimento de manifestações patológicas durante a fase de execução da obra são: falta de capacitação da mão de obra, a má execução do projeto e o uso de materiais com baixas qualidades. Segundo Souza e Ripper (2009) as ocorrências de manifestações patológicas na etapa de execução são devidas, basicamente, ao processo de produção, que é em muito prejudicado por refletir, de imediato, os problemas socioeconômicos, que provocam baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados, como os serventes e os meio-oficiais, e mesmo do pessoal com alguma qualificação profissional.

Segundo Lima (2005) muitas manifestações patológicas são originadas durante a fase de utilização da edificação, após a ocupação pelos usuários, em função de diversos fatores, como: sobrecargas não previstas no projeto; alterações estruturais indevidas em função das reformas; utilização de produtos agressivos na limpeza ou ainda derramamento acidentais de produtos agressivos, falta de manutenção adequada, falta de inspeções periódicas.

Stuckert e Junior (2016) estudaram as manifestações patológicas mais frequentes em habitações de interesse social, por meio de aplicação de questionários em moradores, engenheiros, fiscais e construtoras. As manifestações patológicas mais ocorridas em HIS identificadas pelos autores são apresentadas na Figura 72.

Figura 72 - Manifestações patológicas mais frequentes em HIS.



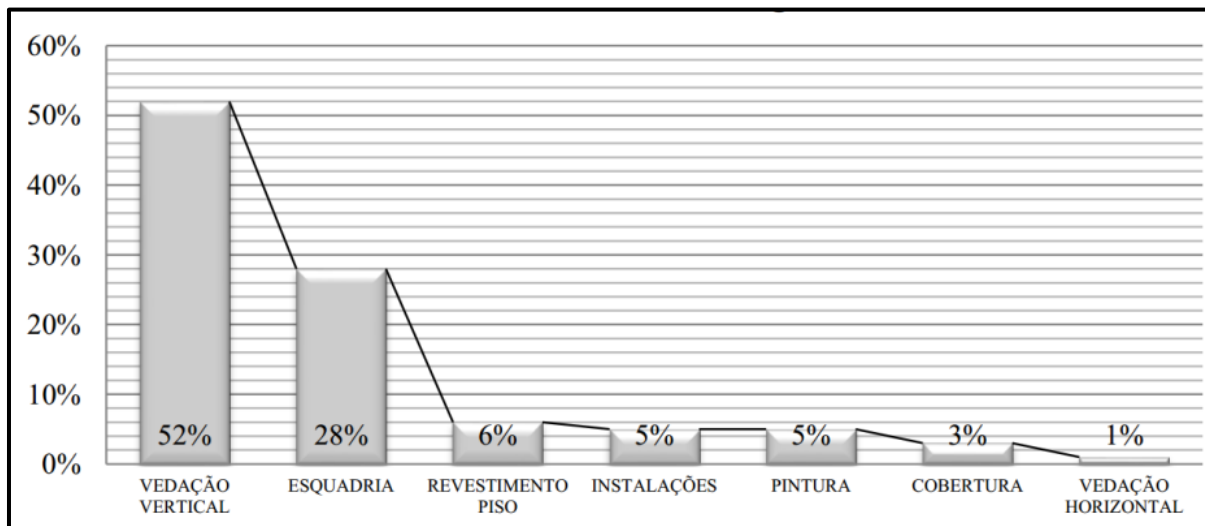
Fonte: Stuckert e Junior (2016)

Silva *et al.* (2016) fizeram levantamento nas fachadas de HIS na cidade de Pelotas, RS para identificar as principais manifestações patológicas ocorridas nas mesmas. As anomalias mais ocorrentes foram fissuras (74%) e umidade (21%), sendo os problemas com sujidades (3%) e descolamento de revestimento (2%) os menos representativos. Torralles e Souza (2015) analisaram HIS construídas com diferentes sistemas construtivos (alvenaria de bloco cerâmico e paredes monolíticas de concreto e de fibrocimento). Os autores encontram fissuras de diferentes tipos nos três sistemas construtivos, bolor nas paredes nas orientações sul, leste e oeste e descolamento de reboco e pintura devido a presença de umidade.

Carraro e Dias (2014) em um estudo em HIS na cidade de Porto Alegre, RS observaram que as principais manifestações patológicas ocorrentes foram fissuras (43%); em seguida, com 22% de ocorrência, o descolamento de revestimento; depois, com percentual bem próximo (20%), estão as irregularidades do acabamento; e, por último, porém preocupante,

visto o grande número de fissuras, está a umidade, com 15%. A preocupação vem do fato de que as fissuras fazem com que o desempenho das alvenarias de vedação quanto à estanqueidade seja baixo (CARRARO E DIAS, 2014). Os autores também identificaram os elementos construtivos mais atingidos pelas manifestações patológicas (Figura 73).

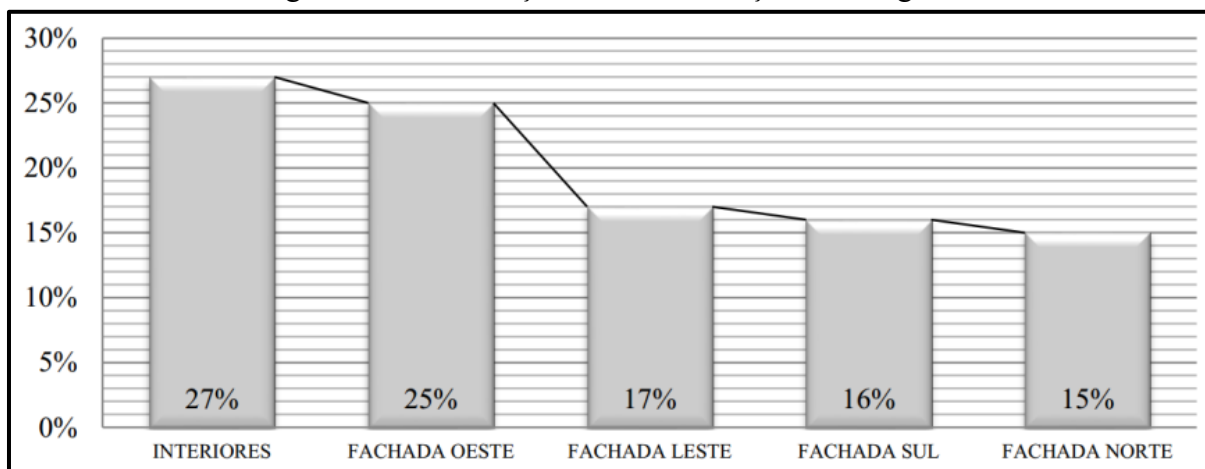
Figura 73 - Elementos construtivos atingidos.



Fonte: Carraro e Dias (2014)

Carraro e Dias (2014) afirmam que a maior incidência das manifestações patológicas localizam-se nos elementos construtivos da envoltória das edificações. A orientação solar tem influência na ocorrência das manifestações patológicas das fachadas (Figura 74). A fachada oeste, a qual sofre a maior incidência do sol da tarde, é a que apresenta o maior número de manifestações (CARRARO e DIAS, 2014).

Figura 74 - Localização das Manifestações Patológicas



Fonte: Carraro e Dias (2014)

Já nos sistemas de construção industrializados, em especial no *Light Steel Frame* (LSF), que é mais difundido para construção de HIS no Brasil que o LWF, os problemas mais comuns são de dimensionamento das estruturas, causando movimentação excessiva da ossatura, falta de paginação entre montantes e fechamentos (chapas cimentícias e OSB), falta de junta de dilatação nas vedações e estrutura e trincas nas juntas entre chapas.

Segundo Testolino *et al.* (2017) o LSF, por se tratar de um método construtivo altamente industrializado, quando comparado a métodos mais usuais como o da alvenaria convencional, os níveis de precisão na execução são elevados; crescendo a preocupação com a boa qualificação da mão de obra. Sendo assim, de antemão, pode-se afirmar que grande parte destas manifestações patológicas estão relacionadas às deficiências de execução do sistema LSF.

Dentre as manifestações patológicas existentes no sistema LSF, relacionadas ao uso de chapas cimentícias, encontram-se as bolhas nas junções das chapas cimentícias, a diferença de prumo na estrutura, a má qualidade do acabamento das chapas de fachada, as manchas nas chapas causadas pela ação da chuva, os problemas na fixação dos elementos devido à aplicação incorreta de proteção passiva contra incêndio e selante adesivo nas juntas entre chapas e, por fim, a fissuração na junta entre as chapas (TESTOLINO *et al.*, 2017).

2.2.3 Manifestações patológicas em habitações construídas com o *Light Wood Frame*

As manifestações patológicas mais recorrentes nas habitações construídas com o sistema construtivo *Light Wood Frame* na América do Norte são causadas pela umidade. Segundo Fitzgerald (2018) as fontes de umidade podem ser originárias da chuva, do solo, da umidade do ar elevada, do processo de construção, do ato de cozinhar, chuveiros, ar condicionado, por vazamentos por falha de construção entre outros.

Segundo *Canadian Wood Council* (2000), as fontes de umidade e os mecanismos de transporte que impactam os edifícios são numerosas e complexas. Estudos recentes concluíram que a penetração da água da chuva através das paredes externas é um dos problemas mais recorrentes relacionados a umidade, principalmente, nas regiões costeiras da América do Norte. (Figura 75).

Figura 75 - Infiltração ocorrida entre a janela e o revestimento externo causando apodrecimento da chapa de OSB e montantes estruturais.



Fonte: Holladay (2012)

Fitzgerald (2018) afirma que em muitas das regiões dos Estados Unidos a madeira utilizada para compor o quadro estrutural não é tratada com produtos preservantes (inseticidas e fungicidas). Assim sendo, estão mais suscetíveis ao ataque de fungos de podridão, mofo e cupins (Figura 76). A umidade também causa à instabilidade dimensional na estrutura, por meio de deformação da madeira: empenamento, rachas e arcos, como já mencionado na subseção 2.1.2.

Figura 76 - Presença de fungos dentro das paredes nas chapas de contraventamento.



Fonte: Fitzgerald (2018)

A migração de umidade para dentro ou através da construção, geralmente ocorre por qualquer um dos quatro mecanismos de transporte de umidade: fluxo de líquido, capilaridade, convecção ou difusão. O fluxo líquido e a capilaridade no envelope do edifício ocorrem, principalmente, com a umidade exterior, como a água da chuva e águas subterrâneas, enquanto o movimento da umidade no envelope do edifício por difusão ou movimento de ar pode ocorrer com a umidade da fonte interna ou externa (*CANADIAN WOOD COUNCIL*, 2000).

Conforme já mencionado na Subseção 2.1.5.2 as barreiras de vapores são utilizadas na face externa das paredes para evitar a condensação (de fluxo de vapor interno-externo) que podem causar problemas dentro das paredes e nos revestimentos. Segundo Holladay (2010) durante a década de 1990, a difusão do vapor no verão causou diversos problemas nos revestimentos das habitações construídas com o LWF na América do Norte. O problema do “apodrecimento” das chapas reconstituídas foi causada por duas mudanças na prática da construção: a primeira foi a adoção generalizada de ar-condicionado, enquanto a segunda, foi o uso de barreiras bloqueadoras de vapor de polietileno nas camadas (revestimentos) internas (HOLLADAY, 2010). Assim as paredes resfriadas pelo ar-condicionado se transformam em superfícies de condensação. A Figura 77 apresenta o “apodrecimento” das chapas de OSB devido a umidade gerada por condensação.

Figura 77 - Manifestações patológicas geradas por condensação nas chapas de OSB.



Fonte: Holladay (2012)

Outra manifestação patológica muito comum acontece em relação a umidade é a infiltração de água na cobertura (telhado). As manifestações patológicas são geradas devido a falhas de instalação, movimentação da estrutura (tesouras), telhas de baixa qualidade ou trincadas, calhas e acabamentos (algerosas e rufos) mal dimensionados. A Figura 78 apresenta

uma infiltração de água gerado por má instalação do acabamento da parede de um telhado Shingle.

Figura 78 - Infiltração de água gerado por má instalação do acabamento da parede (*Step Flashing Roof*).



Fonte: Holladay (2012)

A proteção dos edifícios contra a umidade é um importante critério de projeto, tão importante quanto a proteção do fogo ou do colapso estrutural. Arquitetos, construtores e proprietários estão, cada vez mais, conhecendo a função do envelope do edifício (paredes exteriores e cobertura). Isso inclui o desempenho de janelas, portas, chapas de contraventamento, membranas de revestimento, barreiras/membranas de ar e vapor, revestimentos e ossatura de madeira. As capacidades e características da madeira e outros materiais de construção devem ser entendidos, e depois articulados no projeto de edifícios, para obtenção de habitações mais duráveis e saudáveis.

É fundamental realizar inspeções periódicas para avaliar o estado de conservação da madeira aplicada, com função estrutural ou não estrutural, e realizar as ações de manutenção necessárias. Devem ser procurados indícios de má conservação dos elementos de madeira, frequentemente traduzidos por deformações acentuadas ou sintomas diversos associados a umidificação frequente ou continuada dos materiais da construção.

A Tabela 34 apresenta as manifestações patológicas geradas pela umidade que acontece em edifícios construídos com LWF.

Tabela 34 - Manifestações patológicas geradas pela umidade em edificações construídas com LWF.

Sintomas	Problema	Projeto	Causas potenciais Construção	Operações e manutenções
Crescimento de fungos	<p>Vazamentos no interior da edificação devido a problemas com chuva ou controle da água subterrânea</p> <p>Desumidificação insuficiente do sistema de ar condicionado</p> <p>Condensação em superfícies sujas dentro de sistemas de climatização</p> <p>Materiais molhados ou úmidos instalados na edificação</p>	<p>Mal projetado ou sem detalhamento</p> <p>Projeto de drenagem inadequado</p> <p>Materiais porosos em contato com a umidade</p> <p>Testes de emissão de vapor na laje podem não ter sido realizados</p> <p>Não são fornecidos valores para o teor de umidade nas especificações</p> <p>Materiais porosos em contato com a umidade</p> <p>Testes de emissão de vapor na laje podem não ter sido realizados</p> <p>Não são fornecidos valores para o teor de umidade nas especificações</p>	<p>Falta de acabamentos metálicos, algerosa, fitas de vedação e revestimentos</p> <p>Inclinação Incorreta</p> <p>Problemas de drenagem</p> <p>Falha em conectar os sensores de umidade</p> <p>Equipamento de ar condicionado instalado incorretamente</p> <p>Laje de concreto ou contrapiso ainda úmidos que receberam revestimento</p>	<p>Falha na instalação e reparo da tubulação hidrossanitária</p> <p>Falha nos acabamentos das aberturas e/ou cobertura</p> <p>Equipamento de ar condicionado não projetado para desumidificação</p> <p>Ponto de ajuste do economizador do ar condicionado desregulado que permite a introdução de ar externo úmido</p> <p>Falha na limpeza das serpentinas de refrigeração do sistema aquecimento, ventilação e ar condicionado (<i>heating, ventilating and air conditioning - HVAC</i>)</p> <p>Falha em vedar penetrações durante a manutenção, reparo ou instalação de novos equipamentos</p>
<p>Pintura descascando</p> <p>Deterioração da madeira</p> <p>Corrosão</p>	<p>Vazamentos no interior da edificação devido a problemas com chuva ou água subterrânea</p>	<p>Sem detalhamento ou mal projetados</p>	<p>Falha na execução dos acabamentos das aberturas e/ou cobertura</p> <p>Inclinação Incorreta</p> <p>Problemas na drenagem</p>	<p>Falha na instalação e reparo da tubulação hidrossanitária</p> <p>Sem telhas</p>
Vazamento da tubulação	<p>Projeto inadequado</p> <p>Instalação inadequada durante a construção</p> <p>Operações inadequadas e prática de manutenção</p>	<p>Box do banheiro mal projetado</p> <p>Locando as linhas de água em um espaço que atinge temperaturas congelantes</p>	<p>Junção defeituosa do tubo</p> <p>Penetração acidental do tubo por um ou mais parafusos das chapas de vedação</p>	<p>Falha na inspeção de problemas de encanamento e reparo</p>
Absorção de água em materiais porosos	<p>Ação capilar</p>	<p>Barreira contra umidade omitida no projeto de construção</p> <p>Camada de drenagem abaixo da plataforma omitida no projeto de construção</p>	<p>Barreira de umidade não instalada durante a construção</p> <p>Barreira de drenagem não instalada durante a construção</p>	

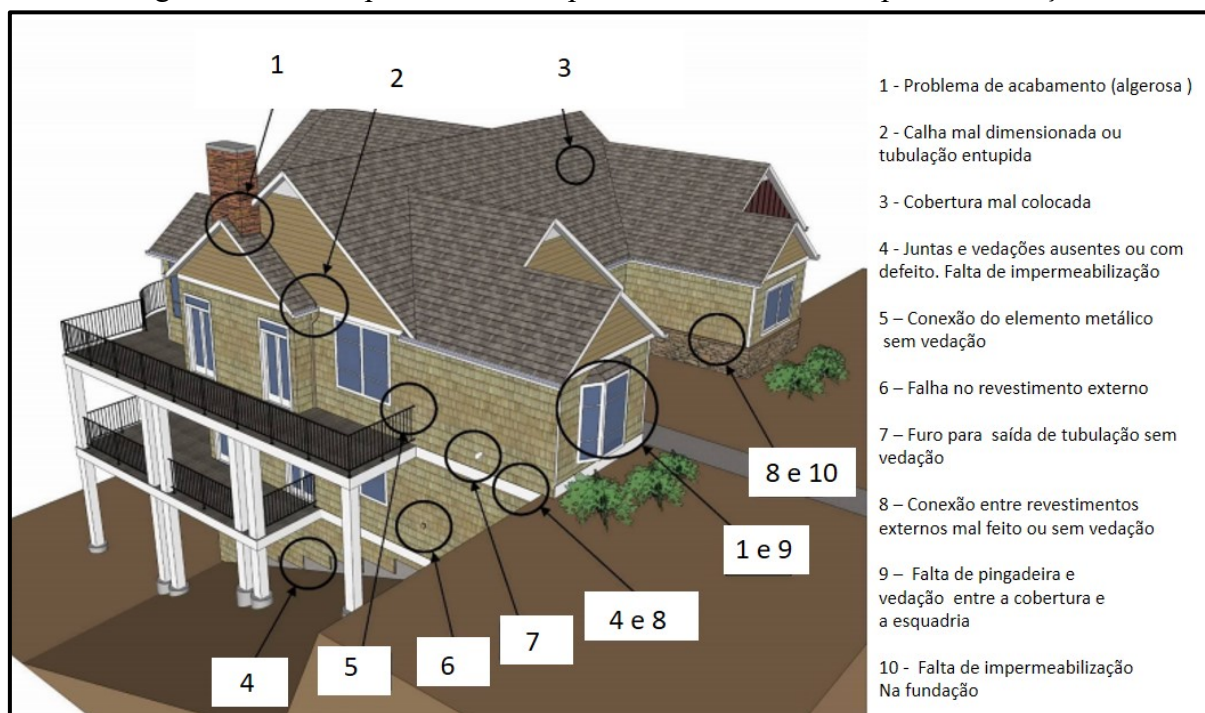
Sintomas	Problema	Projeto	Causas potenciais Construção	Operações e manutenções
Condensação	<p>O ar externo quente e úmido entra na parede através de rachaduras e buracos durante clima quente e úmido</p> <p>O ar interno quente e úmido passa através de rachaduras e buracos durante o tempo frio¹</p> <p>Barreiras de vapor instaladas incorretamente em paredes externas</p> <p>Fontes de umidade não ventiladas ou mal ventiladas</p>	<p>Barreira contra umidade omitida no projeto de construção</p> <p>Edifício projetado para operar em condições de pressão positiva em um clima extremamente frio</p> <p>Barreira de vapor especificada nos dois lados da parede</p> <p>Barreira de vapor especificada em superfícies interiores em climas quentes e úmidos</p> <p>O design do sistema HVAC omitiu a ventilação de exaustão para fontes de umidade</p> <p>Ventilação de exaustão insuficiente especificada no projeto do sistema HVAC</p>	<p>Controles mal implementados durante a construção</p> <p>Barreira de vapor mal instalada</p> <p>Buracos cortados em uma barreira de vapor para permitir a passagem de fios e tubulação</p> <p>Barreiras de vapor não intencionais, como revestimento de parede de vinil, espelhos ou quadros instalados dentro de paredes externas em clima quente e úmido (podem criar uma barreira de vapor no lado frio da parede)</p> <p>Vazamentos no duto de exaustão</p> <p>Balanceamento ruim em sistemas de exaustão de múltiplas entradas</p>	<p>Falha ao vedar novamente os orifícios de acesso cortados em uma montagem</p> <p>Alterações no sistema HVAC Causado pressurização positiva</p> <p>Revestimento de parede de vinil, espelhos ou quadros pretos adicionados dentro de paredes externas em clima quente e úmido (pode criar uma barreira de vapor no lado frio da parede)</p> <p>Correia arrebentada na ventilação</p> <p>Grelhas ou dutos de exaustão entupidos</p>
Delaminação	<p>Materiais úmidos na montagem da edificação</p>	<p>Materiais sensível à umidade tocando materiais porosos sem proteção</p>	<p>Pisos colocados na laje enquanto ela estiver úmida</p>	
Cura inadequada		<p>Não há valores para o teor de umidade indicados nas especificações</p>	<p>Ensaio de emissão de vapor em lajes podem não ter sido feitos</p>	

¹ O problema da condensação interna pode ser bastante agravado se houver grandes fontes de umidade no interior do edifício.

Fonte: Adaptado U.S. Environmental Protection Agency - EPA (2013)

O aspecto exterior da habitação é muitas vezes eloquente, permitindo um primeiro levantamento das manifestações patológicas evidentes e das zonas potencialmente problemáticas (Figura 79).

Figura 79 - Zonas potencialmente problemáticas no envelope da edificação.



Fonte: Adaptado de *Oregon Housing and Community Services* (2019)

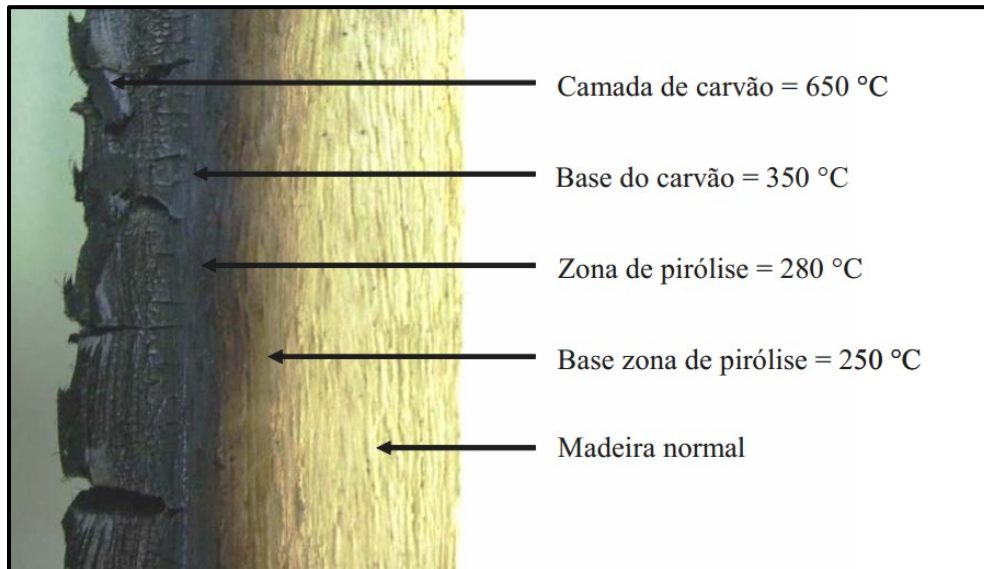
Canadian Wood Council (2000) afirma que embora a madeira seja um material combustível, quando queima, é criada uma camada de carvão que ajuda a proteger a madeira e manter a força e integridade estrutural da madeira no interior (Figura 80). Esta é a razão pela qual um sistema estrutural de madeira pode ser exposto a um incêndio e alcançar uma classificação de resistência ao fogo de até 90 minutos.

Segundo Figueroa e Moraes (2009) a madeira, quando exposta ao calor, apresenta a degradação térmica de seus polímeros, a redução de suas propriedades mecânicas e a carbonização de sua superfície.

Figueroa e Moraes (2009) afirmam que a influência da temperatura sobre as propriedades mecânicas indica a necessidade de se considerar um fator de redução da resistência para estruturas expostas ao calor prolongado, seja ele oriundo de fatores climáticos ou de uma situação de incêndio. Verifica-se que, para temperaturas próximas a 60 °C, algumas propriedades exibem redução de aproximadamente 25% em relação ao valor apresentado a 20 °C. É previsto um fator de segurança relacionado à influência da temperatura nas propriedades

mecânicas da madeira em função do teor de umidade, que pode chegar a 0,5 para madeiras úmidas e submetidas a temperaturas entre 52 °C e 65 °C (FIGUEROA e MORAES, 2009).

Figura 80 - Seção carbonizada de madeira.



Fonte: Figueroa e Moraes (2009)

Devido à rigidez das paredes e pisos nos seus planos o LWF tem grande capacidade de resistir aos esforços de vento. Porém muitas anomalias são causadas por ventos fortes, tais como trincas e fissuras e, até mesmo arrancamento, devido à falta de contraventamento adequado e a má ancoragem da ossatura de madeira nas fundações.

2.2.4 Avaliação Pós-Ocupação

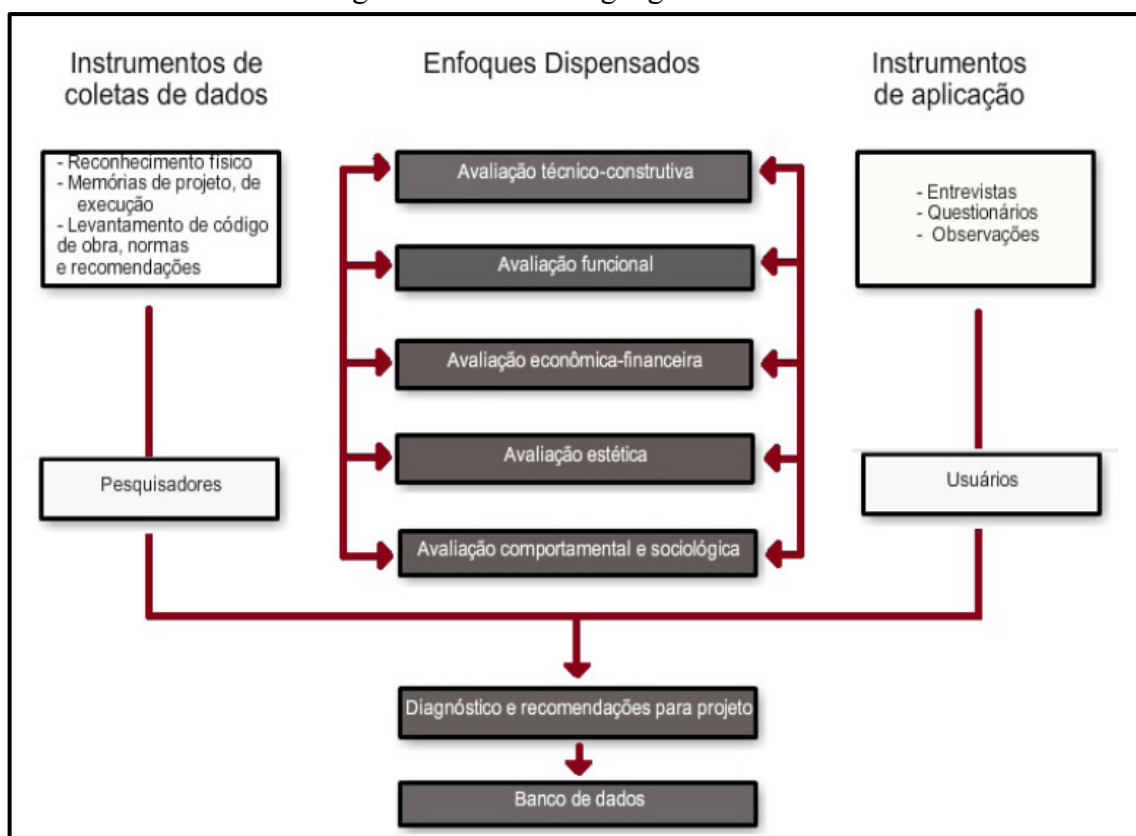
Avaliação Pós-Ocupação (APO) pode ser definida como um conjunto de métodos e técnicas para avaliação de desempenho em uso de edificações e ambientes construídos que leva em consideração não somente o ponto de vista dos especialistas, mas também a satisfação dos usuários, possibilitando diagnósticos consistentes e completos sobre os aspectos positivos e negativos encontrados nos ambientes construídos e que irão fundamentar as recomendações e as intervenções para os edifícios que serviram para estudos de caso, e também para futuros projetos semelhantes, definindo assim um ciclo realimentador da qualidade no processo de projeto (VILLA *et al.*, 2015).

A interdisciplinaridade, adoção de multimétodos e abordagens não convencionais apresentam-se como possibilidades metodológicas em APO habitacional de forma mais frequente e consolidada (VILLA, 2016). Segundo Ornstein (2005) a interdisciplinaridade se

justifica, na medida em que outras ciências, além das relacionadas à arquitetura, são relevantes para uma maior fundamentação das ações planejadas na APO.

Segundo Villa *et al.* (2015) a APO pode ser caracterizada pelo conjunto de métodos e técnicas que incluem avaliações físicas de desempenho – formuladas em sistemas construtivos, em conforto ambiental, em funcionalidade, entre outros aspectos –, incorporando ainda opiniões ou os níveis de satisfação dos usuários, além de análises das relações “ambiente construído versus comportamento humano”. Este conjunto amplo de informações pode ser aplicado em diferentes escalas, desde a cidade até o objeto, com variados enfoques: funcional, comportamental e sociológico, estético, econômico-financeiro, ambiental, técnico-construtivo, contextual-sócio-cultural, entre outros. A Figura 81 apresenta um fluxograma da metodologia geral de uma APO.

Figura 81 - Metodologia geral de APO.



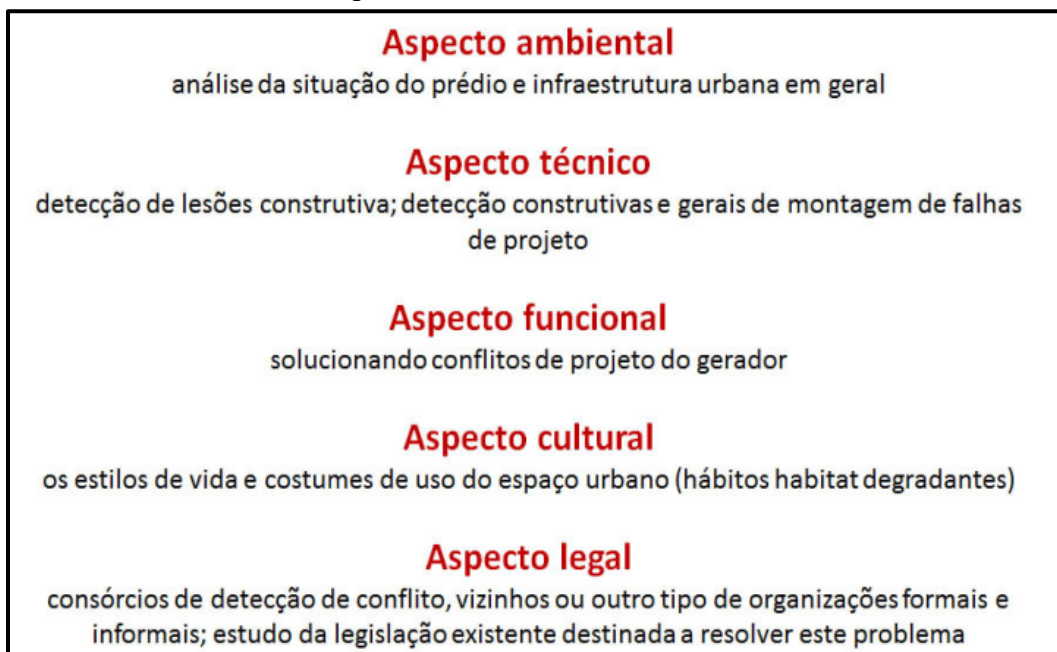
Fonte: Villa *et al.* (2015)

Na avaliação da HIS tem-se que levar em consideração as características inerentes às políticas sociais. Há dimensões específicas na avaliação de programas sociais: a avaliação de processo e a de resultados e impactos (KOWALTOWSKI *et al.*, 2016).

Kowaltowski *et al.*, 2016 afirma que saber se a moradia pelo programa atende a uma série de requisitos (técnico-construtivos, espaciais, necessidades e desejos e serviços urbanos, entre outros) define a dimensão de avaliação do produto habitacional.

Analisar benefícios e problemas que a habitação acarreta na vida dos moradores e a relação que ela estabelece com o entorno urbano compõem a avaliação de impacto, que se complementa com o desempenho diante do déficit habitacional em termos quantitativos (KOWALTOWSKI *et al.*, 2016). Segundo Villa *et al.* (2015) os aspectos a serem tratados em APO em larga escala no sentido de potencializar seus resultados são apresentados na Figura 82.

Figura 82 - Aspectos a serem tratados em APO em larga escala no sentido de potencializar seus resultados.



Fonte: Villa *et al.* (2015)

O processo de projeto em arquitetura consiste em uma série de fases sucessivas em a passagem de uma à seguinte se baseia em juízo realizado sobre a fase interior. Portanto, são efetuadas várias avaliações com o objetivo específico. As verificações do produto arquitetônico podem ser divididas em duas fases antes e depois da realização da obra (KOWALTOWSKI *et al.*, 2016).

A distinção entre antes (*ex ante*) e depois (*ex port*) da obra realizada também pode ser feita no caso das avaliações do processo (Tabela 35). A avaliação do processo pode referir-se ao processo de construção como um todo, do início ao uso e gerenciamento, ou a elementos desse processo, como, por exemplo o processo de projeto (VOORDT E WEGEN, 2013).

Tabela 35 - Amostra de perguntas para avaliar edificações

Antes da construção		Depois da construção
Produto	O programa faz uma descrição clara e completa da exigida ou desejada qualidade técnica, estética e para o usuário?	A edificação está sendo usada da maneira prevista pelo cliente e pelo arquiteto?
	As necessidades correspondem aos desejos dos futuros usuários?	Os usuários estão satisfeitos?
	Pode-se esperar que o projeto leve a um construção viável?	Como o uso real de energia se compara ao uso estimado previamente?
	O projeto tem qualidade estética suficiente?	O que pensam leigos e especialistas sobre a qualidade arquitetônica da obra?
	O custo do projeto é razoável? O projeto obedece às normas e aos códigos de obra sobre edificações?	A obra obedece aos padrões de qualidade aceitos?
Processo	Como organizar melhor o processo de projeto e construção?	Como se organizou a tomada de decisões? Quem tomou quais decisões, quando e com base em que informações?
	Quem deveria se envolver no processo?	Quanto tempo levou o processo, no total e fase a fase?
	Quais as tarefas e os poderes dos vários participantes?	Quais as ferramentas usadas para preparar o resumo informativo, desenvolver e verificar as variantes de planta, coordenar as diversas atividades e monitorar custo e qualidade?
	Que informações se devem obter com os futuros usuários?	
	Quanto tempo será necessário para as fases de programa necessidades, projeto, escolha de empreiteira e execução Quais as informações necessárias de quem e quando?	
	Quais as ferramentas disponíveis para assegurar que o processo aconteça com eficiência e eficácia?	O que foi bem feito e o que saiu errado?
	Que fatores podem afetar o sucesso ou fracasso do processo?	O que se pode aprender?

Fonte: Adaptado de Voordt e Wegen (2013)

Segundo Kowaltowski *et al.* (2016) a variedade de métodos de avaliação de projetos, ou de edifícios, e de instrumentos de levantamento e análise é grande. O método mais tradicional de avaliação do ambiente construído é o APO, que tem como objetivo:

- Determinar e retificar (retrofit) problemas encontrados no pós-uso da obra ou durante o período de comissionamento (verificação de qualidade pré-entrega e implantação de uso de empreendimentos);
- Determinar a satisfação dos usuários com a obra em uso, para avaliação da qualidade do projeto e da obra;
- Determinar e comparar indicadores de qualidade presentes no programa de necessidades;

- Levantar informações para uma realimentação no desenvolvimento de novos projetos da mesma tipologia;
- Avaliar especificamente necessidades de adaptações e de reformas de edificações que deverão atender a novas funções;
- Avaliar academicamente, com objetivos específicos, para desenvolver conhecimentos.

Para cada tipo de APO que se possa direcionar a objetivos variados - tais como HIS, escritórios comerciais, instituições etc - ou a propósitos específicos – como por exemplo, patologia, segurança, permanência dos usuários, estéticos, psicológicos, energéticos, climáticos, entre outros -, são recomendados métodos de levantamento e instrumentos de análise específicos (KOWALTOWSKI *et al.*, 2016).

Um dos métodos (instrumentos) mais utilizados para APO é a entrevistas. As entrevistas podem ser em grupo ou individual. Segundo Voordt e Wegen (2005) a entrevista é uma técnica tradicional na pesquisa em ciências sociais, adequada para a obtenção de informações sobre o que as pessoas sabem, creem, esperam, sentem ou desejam, pretendem fazer, fazem ou fizeram e acerca de suas explicações a respeito de temas específicos. A entrevista em grupo pode poupar tempo e estimular e enriquecer as informações. É preciso tomar cuidados no gerenciamento da discussão em grupo para evitar a dominação de um ou mais membros do grupo. Já a entrevista individual de contato direto do pesquisador com o entrevistado, possibilita a interpretação de gestos e fazer perguntas adicionais (VOORDT E WEGEN, 2005).

Os documentos da etapa de projeto devem ser analisados, tais como: o programa arquitetônico (ou de necessidades), as plantas do projeto nas suas várias fases (estudo preliminar, anteprojeto e o projeto executivo). Minutas de reuniões e orçamentos aprovados devem ser analisados. É um tipo de avaliação bem econômica, porém, pode não ser efetiva se a documentação não estiver completa (VOORDT E WEGEN, 2005).

As leis e normas também são boas fontes para a comparação da avaliação de projetos. Podem ser usadas como *checklists* ou indicadoras de desempenho mínimo ou *benchmarks*. Na fase de programa, devem constar como indicadores mínimos ou restrições a serem respeitadas (KOWALTOWSKI *et al.*, 2016).

A observação é outro método muito utilizado em APO. A observação pode ser estruturada ou não estruturada, naturalística ou participante. A observação é um modo importante de o pesquisador verificar os dados obtidos por outras avaliações (entrevistas,

análise de documentos etc.). Ela pode criar dados sobre o comportamento real dos usuários nos ambientes ou numa situação experimental (VOORDT E WEGEN, 2005; KOWALTOWSKI *et al.*, 2016).

A observação dos traços físicos fornece informações sobre o comportamento humano por meio da observação de suas consequências ou dos vestígios deixados no ambiente de forma consciente ou inconsciente. Por meio desta técnica, captura subjetivamente as atividades realizadas anteriores aos dias da observação. Os traços físicos classificados por Zeisel (2006) são: produtos do uso, adaptações de uso, manifestações de identidade, e mensagens públicas.

Os mapas comportamentais são uma espécie de vistoria técnica feita para efetuar o levantamento da organização espacial dos ambientes que compõem o edifício, as características técnico-construtivas, as dimensões espaciais, o tipo e a distribuição do mobiliário, as condições ambientais de ventilação e iluminação naturais (apenas observações representadas em croquis).

O poema dos desejos é um instrumento desenvolvido por Henry Sanoff (1991) onde o pesquisador solicita aos usuários de um determinado local que descrevam verbalmente ou expressem por meio de desenhos suas necessidades, sentimentos e desejos relativos ao edifício ou ambiente analisado.

Registros fotográficos fazem parte das observações em APO. Os registros fotográficos são importantes para registrar marcos de atividades, manifestações patológicas, agrupamento de usuários seus locais e uso de equipamentos e móveis. Este tipo de registro necessita de autorização em muitos casos por razões de invasão de privacidade (KOWALTOWSKI *et al.*, 2016).

Segundo Kowaltowski *et al.* (2016) o aumento da qualidade da moradia e o impacto das construções de conjuntos de HIS nos centros urbanos deve ser objetivo principal das avaliações. Os métodos aplicados para esse fim devem zelar pela precisão dos seus levantamentos e precisam instigar os agentes nessa direção, com novos conceitos, processos e produtos, que por sua vez, serão objeto de novas avaliações.

2.2.5 Técnicas de diagnóstico (procedimento de inspeção)

Nesta seção são apresentados métodos, procedimentos e instrumentos para inspeção, avaliação e identificação das manifestações patológicas em construções utilizados nos campos de reabilitação, diagnóstico, prognóstico, engenharia diagnóstica, APO e restauro das edificações.

Segundo Tinoco (2009 - B) o entendimento sobre as manifestações patológicas de uma edificação exige o saber, o conhecer e o compreender, em todos os níveis, sobre as manifestações das degradações dos sistemas e componentes construtivos. Por níveis de conhecimento das manifestações patológicas de uma edificação entendam-se os resultados das investigações nas bases, nos sistemas estruturais, nos componentes e nos elementos construtivos integrados e aplicados.

Tinoco (2009 - B) afirma que as investigações das manifestações patológicas podem ser feitas utilizando três métodos: direto, indireto e misto. O método direto realiza-se as explorações pelo contato e manipulação direta sobre a edificação, objeto de estudo. Quase sempre a melhor maneira é a elaboração de esboços e desenhos à mão livre. Isto porque o processo de anamnese com o edifício requer o contato do especialista com objeto, ou seja, o toque, o sentir, o ver através dos “olhos das mãos” e não somente pelas lentes das câmeras fotográficas. O método direto utiliza também ações de fragmentação ou destruição de parte dos elementos com manifestações de danos. As ações destrutivas, mais ou menos, garantem o mais amplo e imediato conhecimento sobre o objeto investigado (TINOCO, 2009 - B).

No método indireto as investigações se realizam de maneira analítica a partir da interpretação dos mais diversos tipos de documentos escritos, gráficos, testemunhos orais, emprego de tecnologia e instrumentos não destrutivos. Também há elaboração de esboços e desenhos à mão livre (TINOCO, 2009 - B).

Segundo Tinoco (2009 - B) no método misto a investigação se vale dos recursos e tecnologias não-destrutivas para garantir a mínima invasão destrutiva dos elementos construtivos. Nesse método busca-se o equilíbrio entre as necessidades de aprofundamento das investigações e as capacidades de investimentos em tecnologias avançadas.

Lichtenstein (1986) sugere duas fontes básicas para se obter informações sobre o estado de conservação da edificação: o próprio edifício, através da leitura dos componentes construtivos, e o usuário através de entrevista para saber sobre o funcionamento e desempenho dos sistemas. Segundo Bertolini (2014) a avaliação, geralmente, realizada em duas fases. Com uma investigação preliminar, faz-se uma primeira avaliação global da obra da extensão do dano, com base na qual se pode formular hipóteses sobre as possíveis causas de degradação. Em seguida, efetuam-se as investigações com diversos graus de aprofundamento (medidas não destrutivas na própria estrutura ou coleta de amostras de material, a serem submetidas a análise de laboratório), que podem fornecer parâmetros úteis para o diagnóstico.

Na investigação preliminar recomenda-se utilizar formulários de avaliação para buscar informações sobre a construção, como a idade ou tempo de utilização, natureza e procedência

dos materiais constituintes, resistência característica, qualidade e características de construção, idade de início dos problemas, diagnósticos e reparações anteriores, níveis de tensão de trabalho da estrutura, eventuais (TUTIKIAN e PACHECO, 2013).

É importante analisar o ambiente buscando informações que permitam caracterizar sua agressividade. É fundamental assinalar a forma de interação entre o ambiente e a edificação analisada (afetada); neste sentido, corresponderá ao critério e experiência do avaliador e também de ensaios simples e medidas que permitam determinar e qualificar a intensidade desta interação sobre a edificação (TUTIKIAN e PACHECO, 2013).

Segundo Bertolini (2014) a inspeção visual é um momento essencial na avaliação de uma edificação. Consiste em uma inspeção para determinar as condições da edificação e fornecer indicações úteis para especificação preliminar do fenômeno, pelo menos em sua manifestação externa.

Segundo Tutikian e Pacheco (2013) deve-se realizar um exame diferenciado dos elementos, registrando os sinais aparentes de corrosão (manchas, extensão, grau de degradação, etc.), fissuras (localização, direção, dimensão, abertura, etc.), regiões de desprendimento de revestimentos com e sem exposição da armadura, degradação do concreto ou elementos de revestimento, assim como qualquer outra anomalia. A elaboração de um registro fotográfico amplo é muito importante.

A observação visual, muitas vezes, pode ser limitada, pois possibilita a inspeção somente nas partes externas ou visíveis não sendo possível investigar os defeitos internos. Em certos casos pode-se utilizar técnicas endoscópicas que permitem observar, por exemplo, interior das cavidades nas paredes (BERTOLI, 2014).

As representações gráficas e fotográficas (esboços, desenhos, fotografias) são utilizadas para elaboração de mapas e fichas de danos. Tinoco (2009 - B) afirma que o mapa de danos é uma representação gráfica-fotográfica sinóptica, onde são discriminados rigorosa e minuciosamente todos os danos e deteriorações da edificação. Já as Fichas de Identificação de Danos (FIDs) são uma base de dados apresentado sob forma de formulários. As FIDs devem conter de modo normalizado, registros e anotações gráficas e fotográficas sobre os danos nos elementos construtivos de uma edificação (TINOCO, 2009 - B).

A partir da inspeção preliminar, pode ser necessária uma averiguação mais criteriosa da edificação. Isto vai depender da natureza das anomalias apresentadas e da experiência do analista. É recomendável que sejam abordados nesta investigação mais detalhada o que segue:

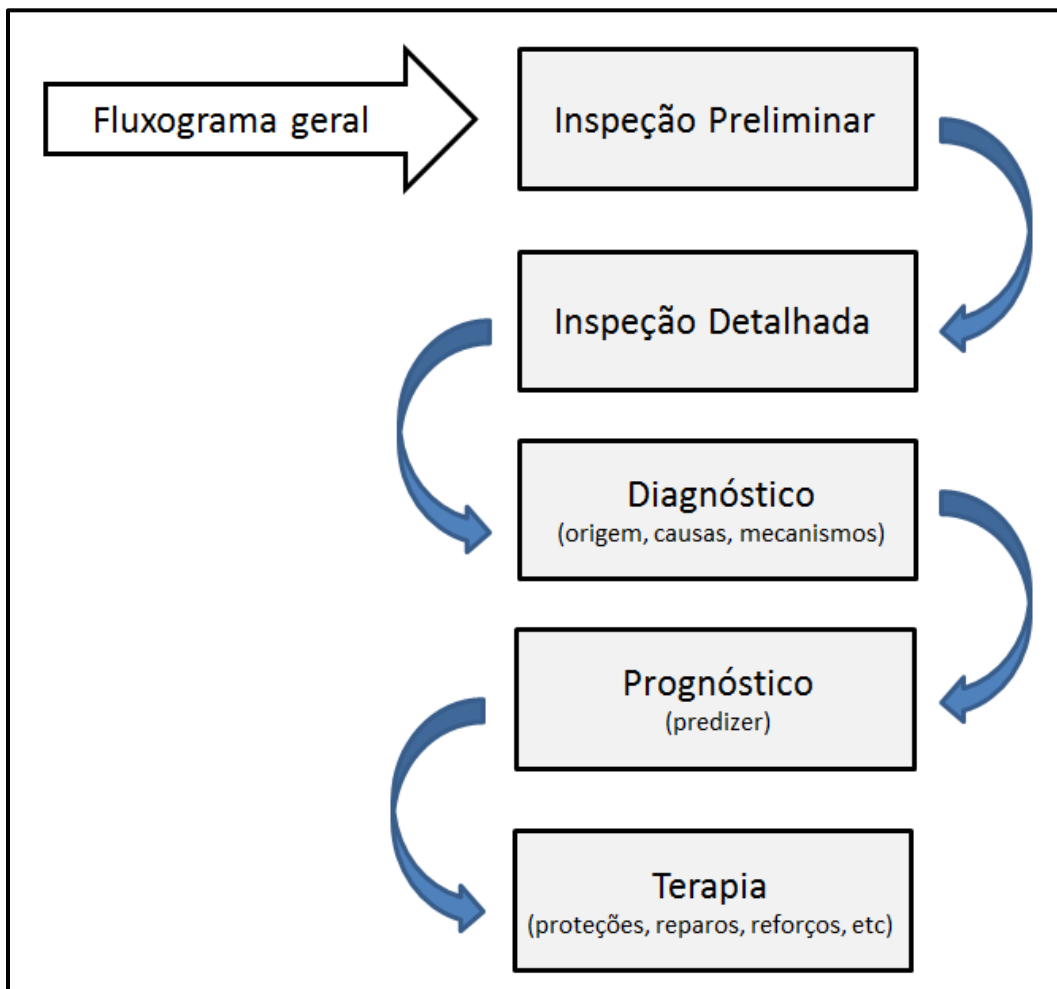
- Fichas, croquis e planos de levantamento de danos;

- Tabela de tipificação de danos;
- Técnicas de ensaio, medição análises adequadas;
- Regiões onde deverão ser realizados ensaios;
- Planificação de materiais e equipamentos.

Nestas etapas podem ser feitos ensaios em laboratório ou ensaios “*in loco*”. Segundo Lichtenstein (1986) as análises e ensaio em laboratório podem ser de caracterização de amostras coletadas, ou de avaliação de desempenho a partir de materiais e componentes similares aos usados na obra. Já os ensaios “*in loco*” se caracterizam pela utilização e aplicação de equipamentos específicos no próprio local da obra, medindo-se e/ou avaliando-se determinadas características do edifício, ou de uma de suas partes (LICHTENSTEIN,1986).

A Figura 83 apresenta uma visão expandida dos passos a serem realizados para interpretar e analisar a evidência de manifestações patológicas nas edificações.

Figura 83 - Fluxograma dos passos para interpretar e analisar manifestações patológicas nas edificações.



Fonte: Adaptado de Andrade (1992)

Para chegar a um diagnóstico confiável deve ser especificado os pontos aos quais os diferentes métodos serão aplicados. Em geral, é melhor escolher pontos representativos das diferentes situações observadas, mas também pontos onde a degradação não é evidente. Estes últimos servem tanto para comparar o comportamento com as partes degradadas como para verificar as condições de conservação da edificação nos pontos não atingidos pela degradação (que, no entanto, poderia estar presente, ainda que menos grave) (BERTOLINI, 2014).

Depois de estabelecido o diagnóstico da manifestação patológica em questão, passa-se para a definição da conduta a ser seguida, isto é, a escolha da medida adotada para o caso. Porém, antes que se tome qualquer atitude, é necessário que seja feito um levantamento das hipóteses de evolução do problema, isto é, o prognóstico do caso (TUTIKIAN e PACHECO, 2013). Por fim, é feito as recomendações de reparo, reforços, troca de material e recomendações para correção das manifestações patológicas em investimentos futuros.

2.2.5.1 Ensaio não destrutivos

Os ensaios não destrutivos são feitos *in situ* em diferentes pontos das construções, utilizando instrumentos específicos e não incluem, normalmente, nenhuma coleta de material. A seguir são apresentados alguns ensaios não destrutivos com enfoque em elementos de madeira:

- **Observação Visual:** a inspeção visual é o método não destrutivo mais simples de exame e diagnóstico para estruturas, consistindo em um exame direto, a uma distância relativamente pequena, na qual se podem verificar os sinais indicadores de anomalias, defeitos e ataques.
- **Sondagem a percussão:** aliado a uma inspeção visual, a utilização de um instrumento de percussão pode auxiliar no diagnóstico de deteriorações na madeira. Utiliza-se um martelo, se a batida resultar em um som claro e característico, a madeira encontra-se em bom estado. Por outro lado, um som surdo indica deterioração ou umidade em excesso.
- **Termografia:** a termografia infravermelha está baseada no princípio de que anomalias embaixo da superfície em um material afetam o fluxo de calor que passa por aquele material. Através dessas mudanças no fluxo de calor, localizam-se diferenças na temperatura da superfície. Medindo essa temperatura em certas condições de fluxo de calor, pode-se determinar a localização das anomalias. Sistemas termógrafos infravermelhos são usados para medir a intensidade de calor emitida por um material submetido a uma pulsação de calor. Uma área de

defeito tem condutividade térmica diferente e se revela como uma área resfriada ou com manchas quentes (LORENZI *et al.* , 2016).

- **Termografia ultrassônica:** a tomografia ultrassônica é um método não destrutivo que possibilita diagnósticos de diferentes materiais que podem ser utilizados para melhorar o controle de qualidade dos mesmos e auxiliar na tomada de decisão de serviços de reparo ou reabilitação das estruturas e componentes. (LORENZI *et al.* , 2016).

- **Os trados de incremento e formão:** os trados de incremento, manuais ou motorizados, são úteis para se extrair pequenas baquetas cilíndricas da madeira, material que pode ser submetido à análise microscópica.

- **Escarificação:** consiste no uso de um instrumento perfurante como, por exemplo, uma lâmina metálica, que é introduzida na peça com objetivo de identificar a extensão da biodeterioração (Figura 84) (VALLE *et al.*, 2004).

Figura 84 - Uso de formão para escarificação.

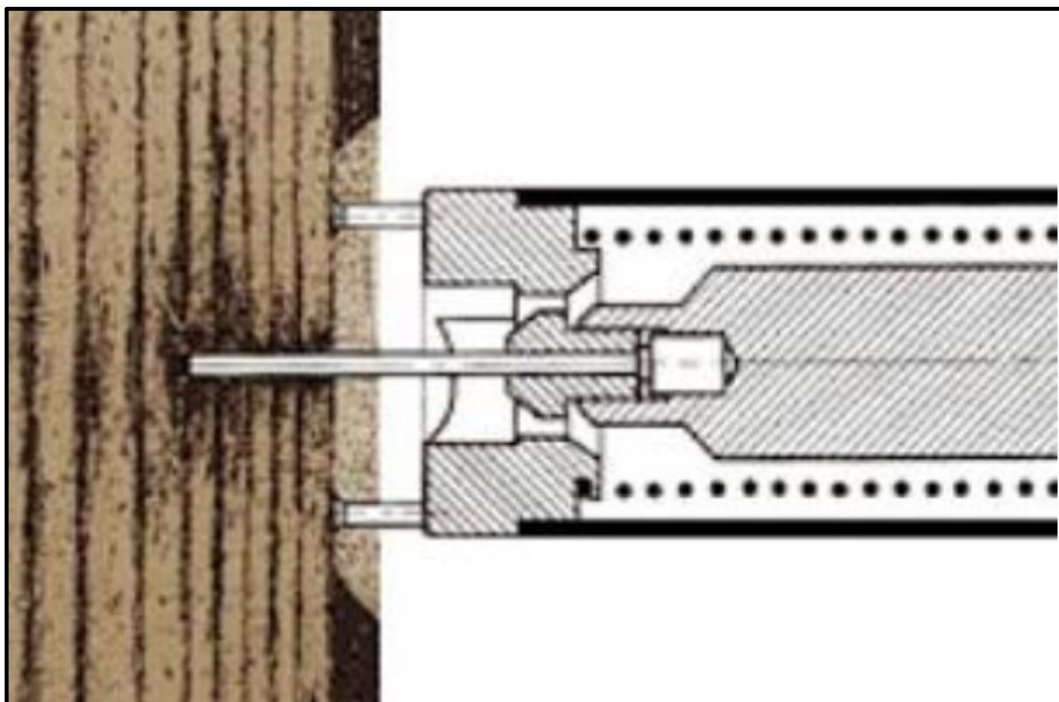


Fonte: Valle *et al.* (2004)

- **Resistência à penetração (pilodyn):** alguns aparelhos utilizando a técnica de esclerometria têm surgido com a finalidade de determinar a resistência à penetração de materiais. Dentre estes, o aparelho Pilodyn, foi desenvolvido na Suíça para avaliar o grau de podridão da madeira de

postes de linhas de transmissão. Atualmente é muito utilizado para estimar densidade da madeira. Este aparelho estima a densidade, a partir do índice de penetração da agulha (IP) na madeira. O funcionamento do aparelho Pilodyn consiste na penetração de um pino rígido, sob pressão constante, na madeira. Esta profundidade de penetração é inversamente proporcional à densidade da madeira (Figura 85).

Figura 85 - Ilustração do equipamento de penetração ao impacto.



Fonte: Valle *et al.* (2004)

- **Resistência à perfuração (Resistógrafo):** o resistógrafo é um aparelho de perfuração controlada que mede a resistência relativa de um material à perfuração por broca de aço em rotação, enquanto ela é direcionada pelo material a uma velocidade constante.
- **Técnica de ondas de tensão:** o conceito de detecção de deterioração por meio desse método é que a propagação de ondas de tensão é sensível à presença de deterioração na madeira. Em termos gerais, uma onda emitida por um martelo, passaria mais rápido por uma madeira sadia e de alta qualidade que por uma madeira deteriorada.
- **Medição de umidade:** os dois métodos de inspeção mais usuais são classificados por resistivos e indutivos. O método resistivo baseia-se na resistência elétrica da madeira, que varia com a quantidade de umidade nela contida. Para medir essa resistência é necessário inserir na madeira duas agulhas e gerar um campo elétrico entre elas. Já no método indutivo nenhuma sonda precisa ser inserida na madeira, pois um campo magnético é gerado e é feita a medição

da variação do campo em função do teor de umidade e da densidade da madeira (VALLE *et al.*, 2004).

- **Líquidos penetrantes:** a técnica dos líquidos penetrantes visa a evidenciar as fissuras presentes na superfície do metal e não visíveis a olho nú. O método consiste em borrifar a superfície com um líquido de cor viva e fluorescente, contendo tensoativos que favorecem o seu ingresso mesmo nos defeitos superficiais de dimensões extremamente reduzidas (BERTOLONI, 2014).

- **Raios-X:** os raios-X são feixes de alta energia que têm a capacidade de passar através de materiais, com intensidade que depende da densidade do material. Da mesma forma que uma placa de chumbo obstruirá mais a passagem de raios -x do que uma placa de alumínio de igual espessura, em uma mesma peça de madeira, a região que estiver sã oferecerá maior resistência do que a região degradada (VALLE *et al.*, 2004).

- **Emissão acústica por insetos:** utiliza-se um aparelho em contato direto com a madeira para detecção de emissão acústica de insetos xilófagos. O método, ainda em desenvolvimento, consiste em usar um sistema de sensores para capturar as frequências emitidas pelos insetos e eliminar os demais sons.

- **Uso de cães:** utilização de cães treinados para detecção de cupins.

3. MÉTODO, FERRAMENTAS E TÉCNICAS

Esta pesquisa possui caráter exploratório e de campo, pois busca identificar as principais manifestações patológicas (e suas causas) ocorrentes nas Habitações de Interesse Social construídas com o sistema construtivo *Light Wood Frame* no sul Brasil, utilizando coletas de dados por meio de entrevistas, questionários, análise de documentos e inspeção nas HIS.

O método proposto utiliza diferentes procedimentos baseado em multimétodos¹⁸ já consagrados em Avaliação Pós-Ocupação (APO) que leva em consideração o ponto de vista dos especialistas (arquitetos, construtores e pesquisadores), mas também a satisfação do usuário, buscando diagnosticar aspectos positivos e negativos nas HIS construídas com o LWF. Também são utilizados procedimentos de inspeção tradicionais e foram elaborados mapas de danos, ferramenta comum no restauro de edificações.

É possível perceber, no seguinte quadro metodológico (Quadro 1), como os resultados se relacionam com os métodos aplicados e os objetivos específicos definidos, para atender ao objetivo geral e responder à pergunta principal de pesquisa.

Quadro 1 - Relação dos objetivos com os procedimentos metodológicos

Objetivos específicos	Procedimentos metodológicos
Analisar o desempenho técnico-construtivo das HIS construídas com o sistema LWF	Pesquisa documental
	Pesquisa bibliográfica
	Levantamento espacial
	Entrevistas semiestruturadas
Analisar a adequabilidade de projetos de HIS construídas com o sistema LWF	Pesquisa documental
	Pesquisa bibliográfica
	Entrevistas semiestruturadas
	Mapa de danos e ensaios não destrutivos
Identificar processos, materiais e fluxos que possam estar gerando problemas na fase industrial	Visita exploratória
	Pesquisa documental
	Pesquisa bibliográfica
	Entrevistas semiestruturadas
Verificar causas que possam gerar problemas na montagem das edificações	Mapa de danos e ensaios não destrutivos
	Visita exploratória
	Pesquisa documental
	Pesquisa bibliográfica
	Entrevistas semiestruturadas
	Mapa de danos e ensaios não destrutivos
	Visita exploratória

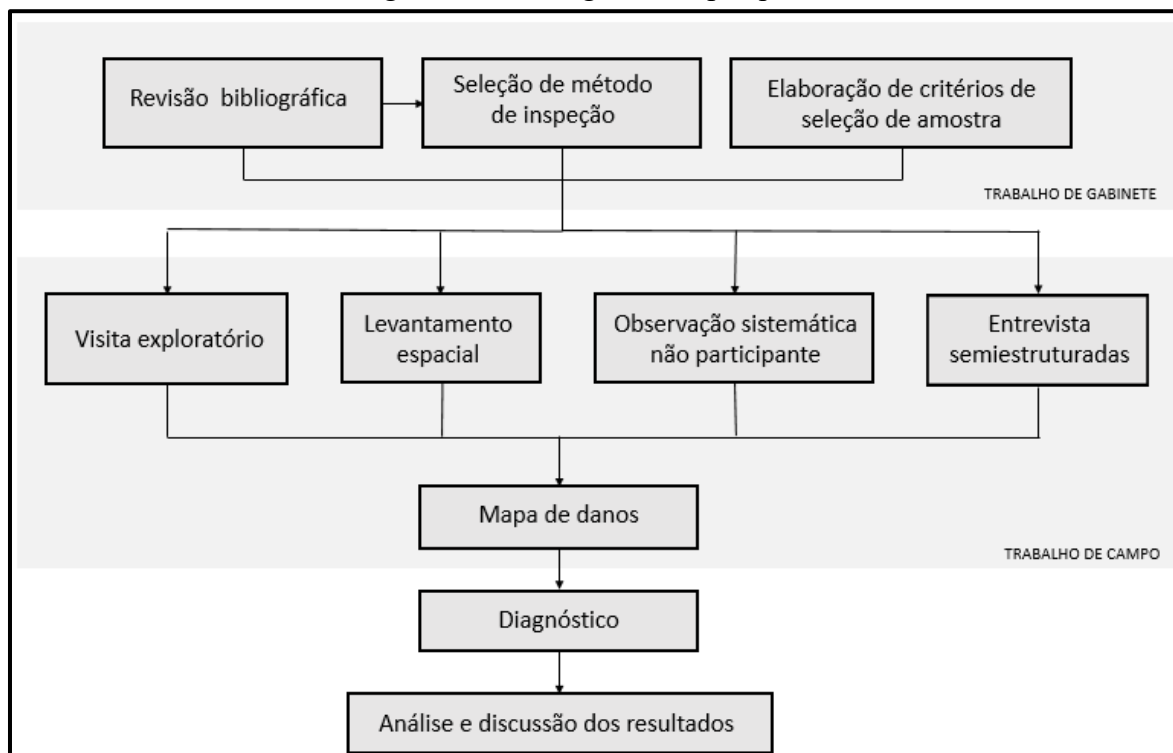
¹⁸ Os métodos de APO utilizados são: pesquisa documental e bibliográfica, visita exploratória, levantamento espacial, observação não participante e entrevista semiestruturada.

Objetivos específicos	Procedimentos metodológicos
Analisar a satisfação dos usuários (moradores) das HIS construídas no sistema LWF no sul do Brasil.	Levantamento espacial
	Observação
	Entrevistas semiestruturadas

Fonte: Elaborado pelo autor

As atividades foram organizadas em dois campos de ação: gabinete e campo. No trabalho em gabinete foi realizada a revisão bibliográfica, selecionou-se os métodos, ferramentas e técnicas de inspeção e elaborou-se os critérios de seleção das amostras. Os métodos, ferramentas e técnicas de inspeção foram definidos tendo como suporte as seções 2.2.4 e 2.2.5. A elaboração de critérios de seleção de amostra teve suporte na pesquisa documental e na revisão bibliográfica nas seções que discutem as características e o desempenho do sistema construtivo LWF, mas também por meio de contatos e obtenção de informações preliminares com empresas, profissionais e pesquisadores que trabalham com edificações de madeira, especialmente, com o sistema construtivo LWF. A Figura 86 apresenta o fluxograma da pesquisa e, nas seções seguintes, é detalhado o método de pesquisa.

Figura 86 - Fluxograma da pesquisa¹⁹



Fonte: Elaborado pelo autor

¹⁹ O trabalho de campo em cada HIS ocorreu em um dia ou mais dias quando não foi possível aplicar todos os procedimentos metodológicos em um único dia. A ordem seguida foi sempre a mesma: visita exploratória, levantamento espacial, observação não participante, entrevistas semiestruturadas com os usuários e, por fim, a elaboração dos mapas de dados. As entrevistas semiestruturadas com os profissionais ocorreram em momentos diferentes das entrevistas com os usuários.

3.1 DEFINIÇÃO DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL PARA ESTUDO DE CASO

Para definição das HIS para estudo de caso, o primeiro passo foi identificar essas edificações, por meio de contato com empresas, profissionais e pesquisadores que trabalham com edificações de madeira, especialmente, com o sistema construtivo *Light Wood Frame*.

Uma vez identificados as HIS foram contatados os engenheiros, arquitetos, construtores e moradores, coletado informações básicas iniciais da HIS e informados da pesquisa, bem como questionados sobre sua disponibilidade para participação da etapa da coleta de dados. Adicionalmente, perguntou-se a cada um deles se possuíam conhecimento de mais engenheiros, arquitetos, construtores e moradores, repetindo o procedimento. Dessa maneira, foi possível obter uma lista com edificações que poderiam fazer parte da pesquisa e de onde se escolheram as dez HIS que atendem os seguintes critérios de seleção:

- a) Acessibilidade à informação do projeto e construção do edifício, sejam projetos, imagens ou relatos orais;
- b) Disponibilidade dos usuários e proprietários para permitir as inspeções e participar das entrevistas e questionários;
- c) Que tivessem diferentes composições de revestimentos externos e internos, como também, de cobertura;
- d) Que respeitassem a boa prática construtiva, porém que representasse uma amostra significativa da variação construtiva deste sistema construtivo e de método de montagem do LWF no sul do Brasil.

Na Tabela 36 são apresentadas as dez HIS selecionadas para estudo de caso nesta pesquisa.

Tabela 36 - Lista de HIS selecionadas

Nome da HIS	Nº unidades construídas	Unidades Avaliadas	Ano de construção	Cidade	Método de montagem
HIS 1	280	1	2013	Pelotas	Painéis
HIS 2	1	1	2006	Rio Grande	Artesanal
HIS 3	1	1	2006	Rio Grande	Artesanal
HIS 4	1	1	2006	Rio Grande	Artesanal
HIS 5	1	1	2005	Gravataí	Artesanal
HIS 6	1	1	2005	Caxias do Sul	Artesanal
HIS 7	114	3	2015	Sapucaia do Sul	Painéis
HIS 8					
HIS 9					
HIS 10	1	1	2003	Florianópolis	Painéis

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 MÉTODOS DE PESQUISA SELECIONADOS

Para a realização desta pesquisa foram selecionados métodos e técnicas consagrados em Avaliação Pós-Ocupação (APO), Engenharia Diagnóstica e Restauro das Edificações. Os métodos escolhidos foram aplicados em dois campos de ação: gabinete e campo.

3.2.1 Trabalho de gabinete

3.2.1.1 Pesquisa documental e Pesquisa bibliográfica

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa documental e outra bibliográfica com o propósito de incrementar o aporte teórico sobre o tema desta pesquisa. Na etapa da pesquisa documental foram coletados dados das normas nacionais e internacionais, dos manuais construtivos, das diretrizes técnicas, dos catálogos dos produtos que compõe o sistema construtivo, como também, quando disponíveis, dos projetos, dos memoriais descritivos e dos manuais dos usuários das HIS selecionadas para este trabalho. Já a pesquisa bibliográfica abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, incluindo a imprensa escrita, produções acadêmicas (artigos, dissertações e teses), normas nacionais e internacionais entre outros.

3.2.1.2 Preparação para o trabalho de campo

Após a pesquisa documental e bibliográfica foram elaborados os instrumentos para visita exploratória e inspeção das HIS – Ficha de avaliação do ambiente, Ficha de Identificação de Danos (FIDs), Ficha de observação e os roteiros a serem utilizados nas entrevistas semiestruturadas.

3.2.1.3 Ordenamento de dados

Posteriormente ao trabalho de campo foi realizada em gabinete, a interpretação dos dados obtidos, a elaboração dos resultados, bem como traçadas as diretrizes de projeto e a forma como se daria a conclusão da pesquisa.

3.2.2 Trabalho de campo

3.2.2.1 Visita exploratória

As visitas exploratórias foram feitas nas HIS selecionadas para estudo de caso. Para tanto, foi criada uma **Ficha de avaliação do ambiente** (Apêndice 1) contendo os componentes promotores de estresse ou bem-estar (controle do ambiente, distrações positivas ou suporte social) que foram constatados no ambiente. As informações destes componentes promotores de estresse ou bem-estar foram obtidas por meio de observação do pesquisador na visita exploratória e, quando possível, por meio de interrogação dos moradores e vizinhos de maneira informal.

A visita exploratória, na qualidade de parte integrante desta pesquisa, serve como estudo preliminar realizado com a finalidade de melhorar e adequar o instrumento de medida à realidade que se pretende conhecer feito com maior precisão pelo levantamento espacial, a observação sistemática, as entrevistas semiestruturadas e os mapas de danos.

3.2.2.2 Levantamento espacial

Durante a visita exploratória, foi realizado um levantamento espacial dos ambientes das HIS. Dados importantes, como a representação do leiaute existente, e outros itens, como o número de ambientes, as características dos revestimentos e mobiliário, composição das paredes e composição da cobertura e identificação da orientação solar.

Estes dados também foram registrados na **Ficha de avaliação do ambiente** por meio de croquis e desenhos esquemáticos. Neste momento foi realizado também o registro fotográfico dos ambientes e identificado às primeiras manifestações patológicas nas HIS.

3.2.2.3 Observação

A observação aplicada nesta pesquisa pode ser classificada como sistemática e não participante²⁰. Pretendeu-se, com a observação, registrar tanto o comportamento dos usuários nos ambientes das HIS, quanto os traços físicos deixados pelos mesmos. Este procedimento aconteceu no mesmo momento do levantamento espacial, pois entre uma medição e outra em

²⁰ Na observação não participante o pesquisador permanece de fora da realidade estudada (também denominada observação passiva). Segundo Marconi e Lakatos (1999) neste tipo de observação o pesquisador presencia o fato mas não participa dele; não se deixa envolver pelas situações; faz mais o papel de espectador, porém consciente, dirigida, ordenada para um fim determinado. O procedimento tem caráter sistemático.

diferentes ambientes também se observava o comportamento dos usuários e registrava-se os vestígios deixados de atividades realizadas.

Os traços físicos classificados por Zeisel (2006) são: produtos do uso, adaptações de uso, manifestações de identidade, e mensagens públicas. Segundo Zeisel (2006), as observações dos traços físicos servem para identificar como os usuários se comportam no ambiente a partir de vestígios deixados pelas atividades realizadas. Também foi feito o mapeamento comportamental que possibilitou identificar os comportamentos e contatos sociais, bem como entender o perfil dos usuários, suas rotinas de atividades e possíveis zonas de ocupação, e seus principais fluxos (RHEINGANTZ *et al.*, 2009).

É importante salientar que a observação não velada pode afetar os comportamentos observados de várias formas, sendo que a mais saliente é o fato de as pessoas poderem mudar o seu modo de agir por saberem que estão sendo observadas (ZEISEL, 2006).

Para sistematizar a observação, foi elaborada uma **Ficha de observação** (Apêndice 2). Por fim, este procedimento ajudou a identificar as manifestações patológicas geradas pelos os usuários.

3.2.2.4 Entrevista semiestruturadas

As entrevistas semiestruturadas foram feitas com o apoio de **Questionários** (Apêndice 3, 4 e 5), mas possibilitando que o entrevistador tivesse a liberdade de fazer mais perguntas e questionamentos para complemento e precisão das informações obtidas.

As entrevistas foram feitas presencialmente em diferentes agentes envolvidos no ciclo de vida das HIS. O primeiro grupo entrevistado foi o de profissionais (projetistas, arquitetos e engenheiros) para obtenção de dados referente ao processo de projeto, detalhes construtivos, materiais especificados e método de montagem (Apêndice 3). O segundo grupo entrevistado foi o de construtores (proprietários das empresas construtoras e madeireiras, montadores e engenheiros de obra) para a obtenção de dados referente à execução da obra e materiais utilizados (Apêndice 4) e, o terceiro grupo, foram os usuários para obtenção de dados referente ao estado inicial da obra, uso, manutenção, conservação e manifestações patológicas decorrentes (Apêndice 5). As entrevistas deste último grupo foram realizadas no mesmo dia da visita exploratória.

No fim de cada entrevista foi feito uma síntese da avaliação, por meio de pergunta fechada, dos fatores de projeto, execução e materiais para os profissionais (quadro da folha 2 dos Apêndice 3 e 4) e dos fatores de projeto, ambientais e sociais (quadro da folha 2 dos

Apêndice 5). Nestas sínteses de avaliação os entrevistados classificaram, de acordo com os seus pontos de vista, as HIS em faixas de desempenho: ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo. Estas faixas de desempenho têm pesos iguais e médias aritmética simples para obtenção de um índice de avaliação, no qual não foi adotado nesta pesquisa²¹. Em caso de mais de um agente entrevistado com respostas divergentes em um mesmo aspecto da HIS foi feito uma média aritmética e/ou uma ponderação baseada nas perguntas abertas.

No grupo dos usuários, quando possível, foi aplicado o poema dos desejos. Segundo Rheingantz *et al.*, (2007) o poema dos desejos é um instrumento onde os indivíduos de pesquisa expressam por meio de desenhos ou sentenças escritas suas necessidades, sentimentos e desejos relativos ao edifício ou ambiente analisado. O poema dos desejos foi incluído como uma questão final após aplicação do questionário, apresentou-se uma ficha ao usuário (Apêndice 5 – folha 3) contendo uma frase aberta “Eu gostaria que o meu ambiente...”. Este deve responder de forma espontânea, sem preocupação com rimas ou desenhos elaborados. A elaboração do instrumento de coleta das informações é, portanto, muito simples.

É importante salientar que antes de iniciar cada etapa, os entrevistados precisaram assinar o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)** (Apêndice 6), que apresenta informações sobre essa pesquisa, assim como ressalta a condição voluntária da participação de quem responde. O TCLE foi registrado na Plataforma Brasil, com o Certificado de Apresentação de Ética (CAAE) do projeto de pesquisa número 14651119.2.0000.0121, cujo o número do parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFSC é 3.553.393 (Apêndice 7).

Desta forma, com o prévio consentimento dos participantes, todas as entrevistas, quando possível, foram gravadas e posteriormente transcritas para facilitar a subsequente análise dos dados. Na tabela 37 é apresentada a população consultada (20 pessoas) nas 10 HIS.

²¹ Este trabalho não utilizou um índice de avaliação de desempenho para os estudos de caso, mas no Capítulo 5 os quadros sínteses serviram de referência para as conclusões das entrevistas por meio de resultados obtidos por média aritmética.

Tabela 37 - População entrevistada

Nome da HIS	Profissionais ¹		Usuários ¹	
	Arquiteto	Engenheiro civil	Proprietários das madeiras/ construtoras**	Moradores
HIS 1		2		2
HIS 2		2*	1*	
HIS 3				1
HIS 4				1
HIS 5	1	1	1	
HIS 6	1		1	
HIS 7		2*		1
HIS 8			1	
HIS 9			1	
HIS 10		3***		
Total	2	8	3	7

¹ As diferentes visões, experiências e opiniões dos entrevistados não são classificadas e medidas nesta pesquisa e, sim, servem de discussão com suas limitações devidamente expostas no Capítulo 5 de análise e discussão dos resultados.

* São as mesmas pessoas entrevistadas para diferentes HIS.

** Pela ausência de moradores para entrevistar foram entrevistados os proprietários das madeiras como usuários nas HIS 2, 5 e 6. Este fato acontece já que estas HIS são protótipos construídas no pátio das madeiras e servem ou serviram com showroom.

*** Na HIS 10 que é um protótipo construída para servir como showroom e objeto de pesquisa na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) foram entrevistados os professores envolvidos na construção e/ou que são ou foram usuários desta HIS.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.2.5 Mapa de danos

Depois de concluídas as etapas anteriores (inspeção preliminar) foi feita uma nova inspeção nas HIS para elaboração dos mapas de dados. Tinoco (2009 - B) afirma que o mapa de danos é uma representação gráfica-fotográfica sinóptica, onde são discriminados rigorosa e minuciosamente todos os danos e deteriorações da edificação. Para isto, foi elaborada a **Ficha de Identificação de Danos (FIDs)** (Apêndice 8).

A FIDs deve conter de modo normalizado, registros e anotações gráficas e fotográficas sobre os danos nos elementos construtivos de uma edificação (TINOCO, 2009 - B). Nesta pesquisa foi elaborado Quadros relacionando as possíveis causas e origens com as fotografias das manifestações patológicas e, separadamente nas FIDs, localizadas as mesmas nas fachadas e nas plantas baixas das HIS. Para facilitar a visualização foi criada uma correlação de cores nos Quadros e nas FIDs associadas as manifestações patológicas.

É importante salientar que os desenhos (fachadas e plantas baixas) foram redesenhados pelo pesquisador levando em considerações os desenhos técnicos originais obtidos nas entrevistas.

Nesta etapa também foram utilizadas ferramentas para ensaios não destrutivos (em *in situ*), por meio de uso de um esçarificador de superfícies e uso de formão para retirada de sujeiras superfícies, camadas de revestimentos e pequenas amostras para uma avaliação visual mais precisa.

3.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentadas as formas de apresentação dos resultados e relacionada com os procedimentos metodológicos para obtenção destes resultados, complementando o entendimento das seções anteriores.

Os resultados são apresentados em dois capítulos. No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos individualmente por HIS e, no capítulo 5 é realizada a análise e as discussões dos resultados de todas as HIS em conjunto.

No capítulo 4, cada HIS é apresentada em quatro seções. Na primeira seção são apresentadas as informações básicas dos estudos de caso: implantação, orientação solar, desenhos técnicos, fotografias (da edificação e do entorno) e as características dos materiais que compõe os subsistemas das HIS. Estes dados foram obtidos pelos procedimentos metodológicos: pesquisa documental e bibliográfica, visita exploratória, levantamento espacial e entrevistas com os profissionais. Nesta parte também é apresentado os componentes de estresse e bem-estar obtidos por meio de observação sistemática e entrevistas com os usuários. Por fim é apresentado as principais manifestações patológicas nos quadros (2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 33 e 36) que apresentam as causas e a origem destas, relacionando as fotografias e as cores de cada manifestação patológica. Estas cores são as mesmas utilizadas nas FIDs para localizar as manifestações patológicas nas plantas baixas e fachadas das HIS, ou seja, as manifestações patológicas são localizadas e representadas por meio de hachuras sólidas coloridas nas FIDs. Para isto, são utilizados todos os procedimentos metodológicos já apresentados nas seções anteriores.

Na segunda seção são apresentadas nos quadros (3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 31, 34 e 37) as observações dos traços físicos (produtos de uso do espaço, adaptações para uso, manifestações de identidade e mensagens públicas) obtidos por meio do procedimento metodológico observação sistemática e não participante que identifica como os usuários se comportam no ambiente a partir de vestígios deixados pelas atividades realizadas.

Na terceira seção são apresentadas as percepções técnico-construtivas das HIS sob o viés dos profissionais construtores que foram obtidas por meio do procedimento de entrevistas

semiestruturadas. Estas entrevistas foram feitas com apoio de um questionário (Apêndice 3 e 4) com perguntas abertas e perguntas fechadas de múltiplas escolhas (com faixas de desempenho: ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo) sobre os fatores de projeto, execução e materiais. As perguntas fechadas foram feitas após as perguntas abertas e são apresentadas nos quadros (4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 38) onde é possível verificar as respostas dos entrevistados sobre os diferentes fatores nas faixas de desempenho.

Na quarta seção são apresentadas as percepções das HIS sob o viés dos usuários que foram obtidas por meio do procedimento de entrevistas semiestruturadas. Estas entrevistas foram feitas com apoio de um questionário (Apêndice 5) com perguntas abertas e perguntas fechadas de múltiplas escolhas (com faixas de desempenho: ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo) sobre os fatores de projeto, ambientais e sociais. As perguntas fechadas foram feitas após as perguntas abertas e são apresentadas nos quadros (5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 32, 35, 39) onde é possível verificar as respostas dos entrevistados sobre os diferentes fatores nas faixas de desempenho. No fim das entrevistas dos usuários também foram aplicados os poemas de desejos, conforme procedimento citado na subseção 3.2.2.4.

É importante salientar que nesta seção não foi feita nenhuma análise crítica dos dados, apenas foram transcritos e apresentados nas quatro seções.

O Capítulo 5 está organizado em quatro seções. A primeira seção (5.1) apresenta uma síntese dos aspectos gerais das dez HIS, particularidades e limitações do levantamento de dados, observações dos traços físicos, composição dos materiais dos subsistemas e, fechando esta seção, é feito uma síntese dos espaços privados, coletivos e entornos das dez HIS.

Na segunda seção (5.2) são sintetizados e discutidos a percepção das HIS sobre viés dos construtores e dos usuários. Nesta seção, repetem-se os quadros sínteses das entrevistas com as faixas de desempenho (ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo), porém agora as HIS são apresentadas em conjunto. Como já citado, estes quadros (40 e 41) não fornecem um indicador único total, mas a forma como esta disposto os resultados nos quadros, possibilita ao leitor obter esta informação.

Na terceira seção (5.3) é analisado a origem das manifestações patológicas especificando se aconteceu na fase do projeto, construção ou uso das HIS. Também é feito a discussão dos principais agentes que atuaram sobre os subsistemas das dez HIS. Por fim é feito um uma discussão mais ampla das origens das manifestações patológicas na etapa de projeto, construção, uso (e manutenção) e abordado de maneira sucinta a influência do clima nas manifestações patológicas. Nesta seção são utilizados quadros, tabelas e figuras para o suporte da análise e discussão dos resultados.

4. ESTUDOS DE CASO

Nesta seção são apresentados os resultados individuais das 10 HIS localizadas na região sul do Brasil (Figura 87) que serviram como estudo de caso desta pesquisa; sendo apresentados os dados obtidos durante a vistoria exploratória e levantamento espacial que identificaram as decisões projetuais, as soluções construtivas e as manifestações patológicas referentes a cada HIS. Na sequência são apresentados os principais traços físicos encontrados nas HIS e as percepções tecno-construtivas sob o viés dos profissionais e dos usuários da HIS.

Conforme já citado, o total de entrevistados foram 20 pessoas, sendo 9 profissionais (2 arquitetos e 8 engenheiros civis) e 3 proprietários de madeireiras e 7 usuários (moradores) da HIS.

Figura 87 - Localização dos estudos de caso.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Nesta seção foram apenas apresentados os resultados dos levantamentos de dados de forma a esclarecer os casos estudados, a análise crítica será feita na Seção 5.

4.1 ESTUDO DE CASO - HIS 1 – PELOTAS

O primeiro estudo de caso fica localizado na cidade de Pelotas, RS. Trata-se de um sobrado geminado de um conjunto de 280 unidades construídas no método dos painéis em 2013. A fachada principal da HIS está localizada na orientação nordeste, conforme Figura 88.

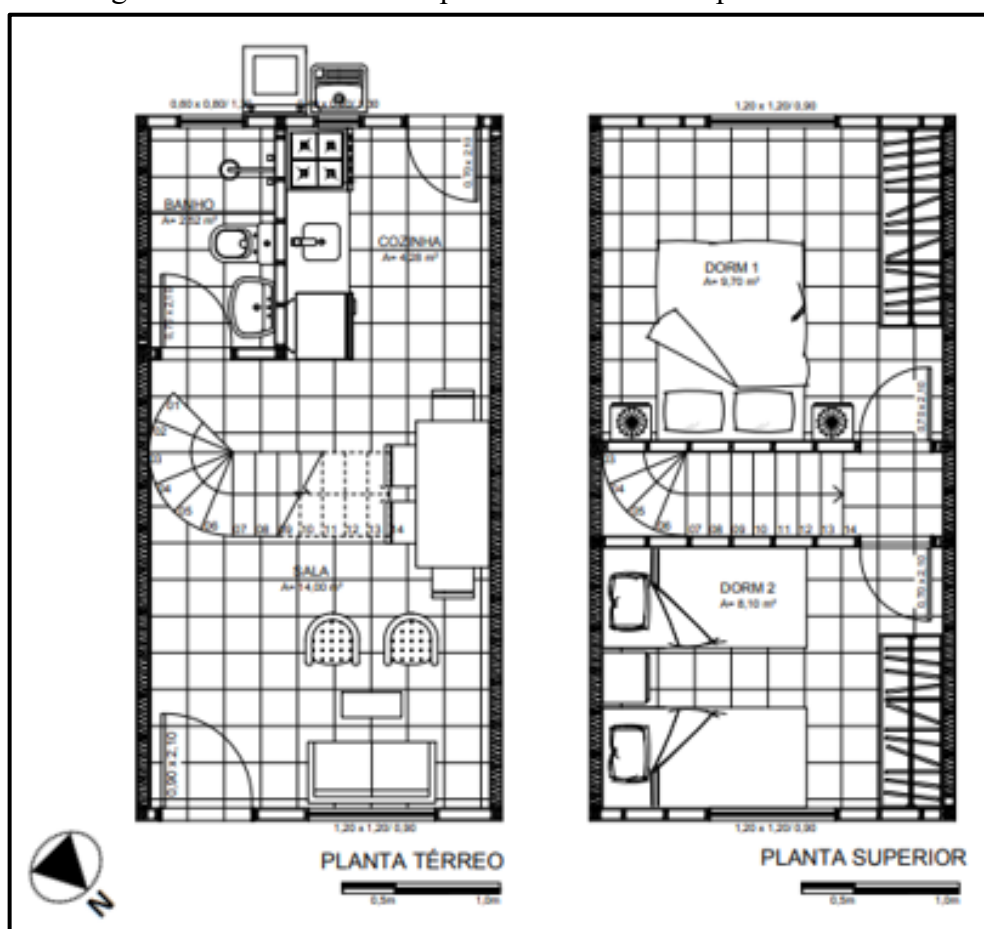
Figura 88 - Implantação da HIS 1.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Na Figura 89 é apresentada a planta baixa do pavimento térreo e do pavimento superior das HIS 1 com cinco ambientes (sala, cozinha, dois dormitórios e banheiro), somando 47m². Na HIS moram quatro pessoas: marido, mulher, filha e neta. Na Figura 90 são apresentadas imagens do exterior e do interior da HIS 1.

Figura 89 - Planta baixa do pavimento térreo e superior da HIS 1.



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Figura 90 - A - vista externa e B – vista interna da HIS 1.



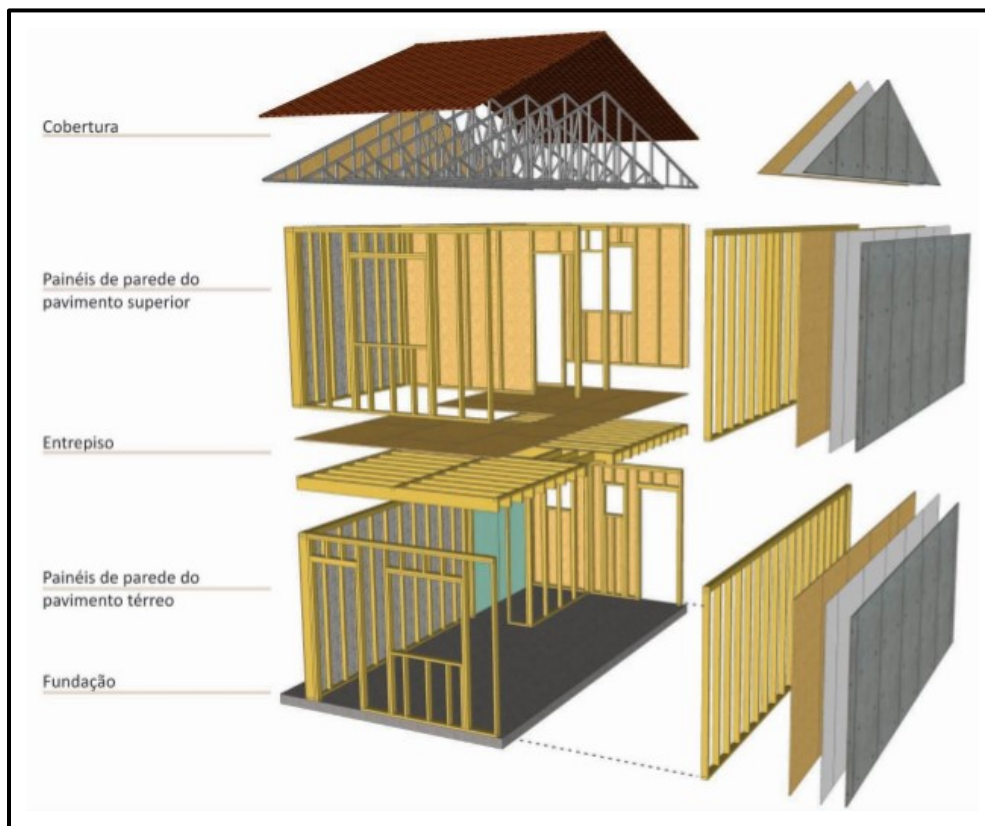
Fonte: Autor (2017)

4.1.1 Visita exploratória, levantamento espacial – HIS 1

Foi constatado que a HIS tem forro interno de PVC branco e estrutura do subsistema cobertura com estrutura metálica (treliças triangulares) e telhas cerâmicas na cor natural. As

paredes são compostas por ossatura de madeira de pinus tratado com CCA (seção: 40 x 90 mm), fechamentos internos com gesso acartonado (*standard*) e (RU) no banheiro, isolante termoacústico nas paredes geminadas das divisas entre sobrados, no fechamento externo são utilizados chapas de OSB como contraventamento, manta de vapor e chapas cimentícias GRFC (classe A3) como fechamento externo com acabamento em basecoat (argamassa telada). O piso (fundação) e feito de radier e revestido de piso cerâmico e, o entrepiso, é composto por vigas de madeira de pinus tratado com CCA (seção: 45 x 190 mm) chapa de OSB de 18 mm espessura e piso laminado. A Figura 91 apresenta uma perspectiva “explodida” da HIS 1.

Figura 91 - Perspectiva “explodida” da HIS 1.



Fonte: Espíndola (2017)

As manifestações patológicas iniciais encontradas nesta etapa foram desgastes no piso, trincas nas juntas e furos por impacto nas chapas de gesso acartonado, portas e rodapés mofados e apodrecidos por excesso de umidade e abaulamento do forro de PVC.

Já os componentes de estresse e bem-estar internos constatados são gerados pela as próprias manifestações patológicas encontradas e como controle do ambiente interno apenas foram observadas cortinas. A tabela 38 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas encontradas inicialmente no ambiente interno.

Tabela 38 - Levantamento espacial interno HIS 1

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Cerâmico / laminado	Liso	Clara	Desgastes superficiais
Paredes	Gesso acartonado (12,5 mm)	Lisa	Amarela e verde	Trincas e furos
Teto	PVC	Lisa	Branca	Abaulamento do forro de PVC
Abertura	Alumínio / madeira	lisa	Branca	Portas de madeira do banheiro apodrecendo
Paredes do banheiro	Gesso acartonado RU (12,5 mm) e cerâmico	Liso	Branco	Mofa e furos no rodapé

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: nada para constar

Controle do ambiente interno: cortinas de tecido

Manutenção interna: Houve manutenção logo após a entrega da obra para correção de algumas manifestações patológicas**Data da vistoria:** Agosto de 2018 e Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

No ambiente externo foram observadas trincas nas chapas cimentícias, principalmente nas juntas entre elas, deslocamento do revestimento, movimentação da estrutura do telhado, vazamento nas janelas, ferrugem nas grades de proteção e apodrecimento das portas externas. A tabela 39 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas do ambiente externo.

Tabela 39 - Levantamento espacial externo HIS 1

Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso (Calçada)	Concreto/ grama	Áspero	Cinza/ verde	Trincas
Paredes	Chapa Cimentícia	Áspero	Amarela	Trincas/ descolamento do revestimento
Cobertura	Telha Cerâmica	Liso	Natural	Movimentação da estrutura
Aberturas	Alumínio/ madeira	Lisa	Branca	Portas de madeira apodrecendo e ferrugem nas grades de proteção e vazamento nas janelas

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: contato com os vizinhos

Controle do ambiente externo: ausência de paisagismos e vegetação

Suporte social/ recreação: ausência de equipamentos e salão de festas degradado (abandonado)

Manutenção externa: Houve manutenção logo após a entrega da obra para correção de algumas manifestações patológicas**Data da vistoria:** Agosto de 2018 e Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Como componentes de estresse e distração observou que há grande convívio entre os moradores e, que o entorno, é precário com pouca vegetação (árvores) e presença de muito lixo, conforme Figura 92.





Figura 92 - Entorno da HIS 1.



Fonte: Autor (2018)




No Quadro 2 as manifestações patológicas são apresentadas em conjunto, separadas por subsistemas: cobertura, paredes e fundação. Para avaliação do subsistema cobertura houve algumas limitações devido ao acesso e falta de segurança para realizar a inspeção inicial. Não foram encontradas manifestações patológicas nos subsistemas fundação e entrepisso. O subsistema parede foi o que mais apresentou manifestações patológicas, principalmente, nos fechamentos internos e externos. Também foi encontrando problemas nas portas e nas janelas da HIS 1.



Quadro 2 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 1

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Cobertura			
	Goteiras na cobertura	Causa: movimentação da estrutura, chuva e/ou vento	
		Origem: projeto e execução	
	Furos na parede interna (Gesso acartonado)	Causas: impacto	
		Origem: uso e manutenção	
	Furos na parede interna (Gesso acartonado) no rodapé	Causas: água e umidade	
		Origem: uso e manutenção	
	Trincas nas juntas das chapa de gesso acartonado nas paredes internas	Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade	
		Origem: execução	

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Verde	Descolamento de revestimento ou pintura no rodapé	Causas: umidade, outros	
		Origem: projeto	
Vermelho	Revestimento externa com chapa cimentícia com trincas	Causas: movimentação da estrutura, impacto, variação térmica e/ou umidade	
		Origem: execução	
Amarelo	Descolamento do selante das juntas entre chapas cimentícias externas	Causas: movimentação da estrutura, sujeira, variação térmica e/ou umidade	
		Origem: projeto e execução	

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
	Oxidação das fixações das chapas cimentícias externas	Causas: chuva umidade, outros	
		Origem: projeto e Execução	
	Trinca no peitoril da janela	Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade	
		Origem: projeto e execução	
	Manchas nas paredes externas	Causas: umidade, chuva e microrganismos	
		Origem: projeto e uso e manutenção	

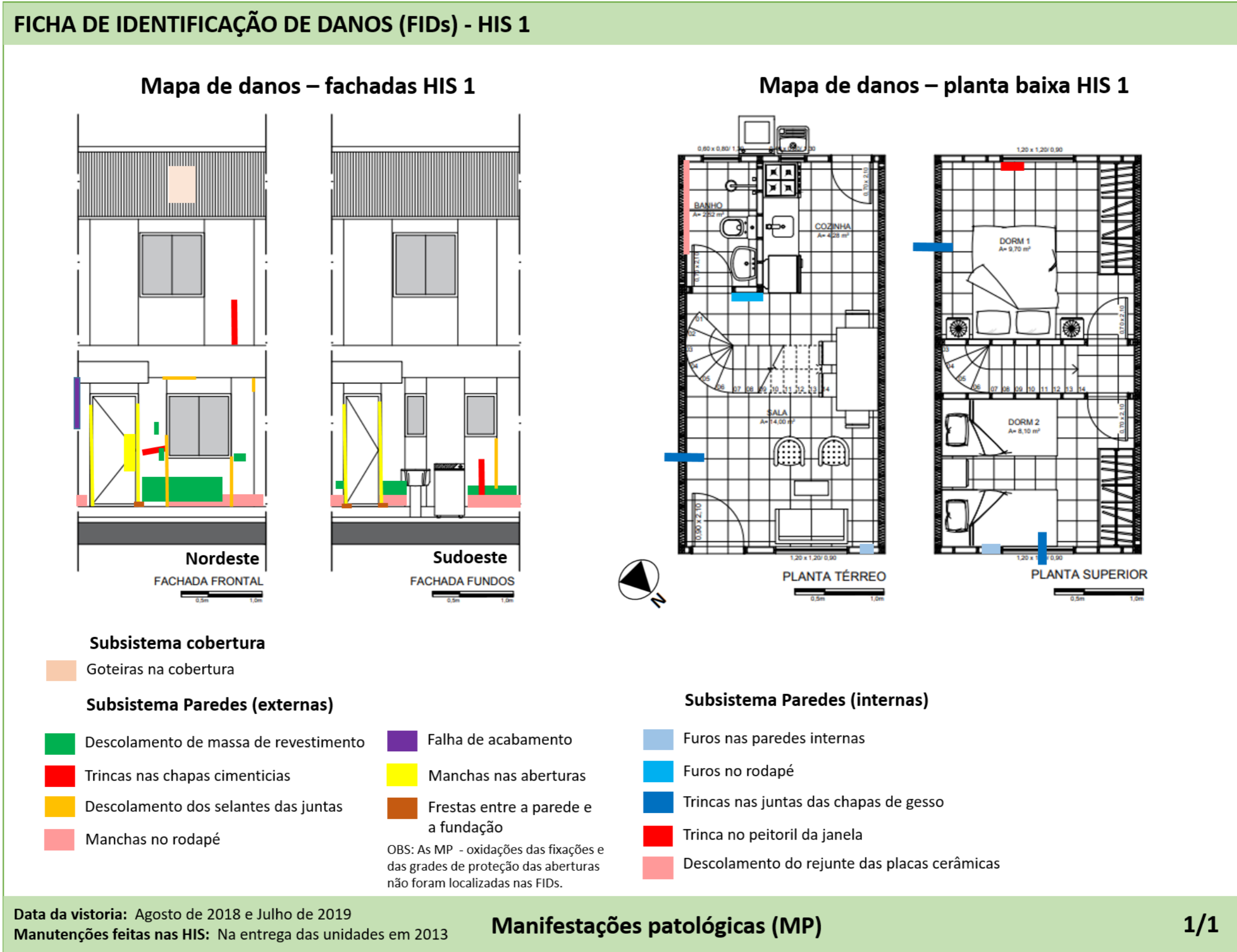
Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Purple	Falha no acabamento entre paredes de geminação	<p>Causas: Impacto, arrancamento e/ou movimentação da estrutura</p>	
		<p>Origem: uso e manutenção</p>	
Yellow	Manchas das aberturas	<p>Causas: umidade, chuva e microrganismos</p>	
		<p>Origem: uso e manutenção</p>	
Pink	Descolamento do rejunte	<p>Causas: umidade, sujeira, movimentação da estrutura</p>	
		<p>Origem: execução e uso, manutenção</p>	

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Orange	Frestas entre a parede e a fundação	Causas: movimentação da estrutura	
		Origem: projeto e execução e instalação	
Red	Oxidação nas grades de proteção	Causas: umidade excessiva e falta de pintura de proteção	
		Origem: uso e manutenção	

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 93 apresenta a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 1 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 2, porém localizando as mesmas na edificação (fachadas e planta baixa).

Figura 93 - Mapa de danos – fachadas HIS 1 e Mapa de danos – planta baixa HIS 1.



Data da vistoria: Agosto de 2018 e Julho de 2019

Manutenções feitas nas HIS: Na entrega das unidades em 2013

Manifestações patológicas (MP)

1/1

4.1.2 Observação dos traços físicos da HIS 1

A observação dos traços físicos fornece informações sobre o comportamento humano por meio da observação de suas consequências ou dos vestígios deixados no ambiente de forma consciente ou inconsciente. Por meio desta técnica, captura subjetivamente as atividades realizadas anteriores aos dias da observação. Os traços físicos classificados por Zeisel (2006) são: produtos do uso, adaptações de uso, manifestações de identidade, e mensagens públicas.

Observou-se que há diversos desgastes na edificação que foram produzidos pelos os usuários da HIS 1. Também há diversas adaptações, principalmente, no que tange a funcionalidade do ambiente, demonstrando que o mesmo não é adequado para os quatros moradores da HIS. Nesta etapa também foi observado outras unidades do conjunto habitacional, sendo encontrado, praticamente, a mesma situação da HIS 1. A Figura 94 mostra uma ampliação nos fundos da HIS, o que é comum, também, nas outras unidades habitacionais.



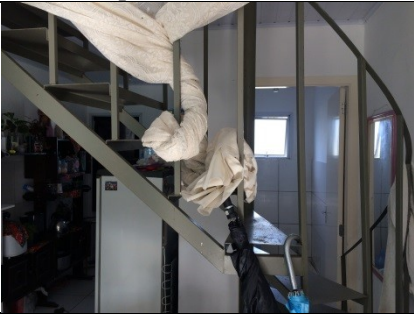

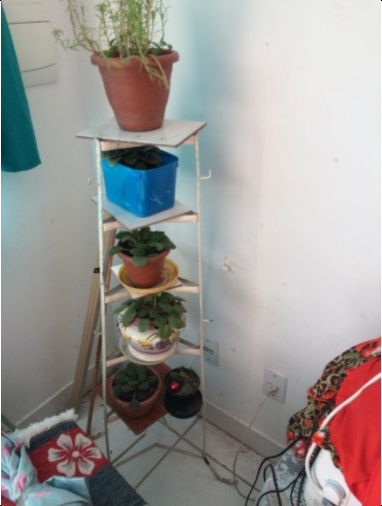
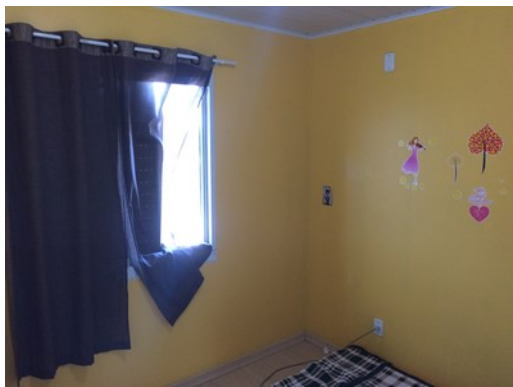

Figura 94 - Características dos pátios das HIS.



Fonte: Autor (2018)

Na HIS 1 há diversas tentativas de personalização dos ambientes, como pintura, quadros e adesivos colocados nas paredes, como também, a presença de vasos com plantas tanto no exterior como no interior. No Quadro 3 são apresentados alguns traços físicos observados na HIS 1.

Quadro 3 - Traços físicos encontrados na HIS 1

<p>Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)</p>		
<p>Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)</p>		
<p>Manifestações de identidade (personalização, identificação)</p>		
<p>Mensagens públicas (mensagens oficiais, informais ou ilegítimas)</p>	 <p>Mensagem de queima de lixo a noite e de limpeza da cidade: “não faça com a cidade o que não faria com a sua casas” no entorno das HIS.</p>	

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3 Percepção técnico-constructiva da HIS 1 sob o viés dos construtores

Nesta HIS não foi autorizado pela empresa construtora entrevistar os construtores e engenheiros (funcionários) que participaram da construção devido a problemas judiciais entre a construtora e os moradores em andamento no momento desta pesquisa. Assim foi entrevistado dois engenheiros especialistas no sistema construtivo LWF que visitaram o conjunto habitacional quando estava sendo construído. É importante salientar que as informações podem apresentar imprecisões e aqui se dão de forma mais genérica focada no sistema construtivo LWF produzido no Brasil e não na HIS 1.

Os dois engenheiros entrevistados afirmaram que, de maneira geral, o projeto foi bem executado, mesmo com as dificuldades de ser o primeiro grande investimento construído com o sistema construtivo LWF no País. Os mesmos afirmaram que o LWF é superior, tecnologicamente, quando comparado aos sistemas construtivos tradicionais, utilizados no Brasil, porém o sistema construtivo recebe certa resistência, principalmente, entre os usuários das HIS, por ser de madeira, mas principalmente, por se tratar de um sistema “desconhecido” no Brasil.

Um dos engenheiros entrevistados disse que a maior dificuldade do conjunto habitacional foi o desconhecimento dos moradores sobre o LWF, “se os fechamentos internos fossem de madeira, por exemplo, seria mais fácil para eles (moradores) fazerem as manutenções/adaptações necessárias, mas como é de gesso acartonado, acaba sendo um material totalmente desconhecido para os mesmos”.

Também foi citado que antes de colocarem o revestimento interno (chapa de gesso acartonado) era feito uma medição da umidade da estrutura da madeira, assim os painéis (paredes) só eram fechados se a umidade da estrutura de madeira estivesse abaixo de 20%.

O método construtivo utilizado foi semi-industrializado (dos painéis). A principal dificuldade encontrada na execução das HIS foi com o fornecimento de materiais, principalmente, com a qualidade das peças estruturais (montantes). As peças estruturais fornecidas estavam com muita umidade, muito bolor, muita medula e baixa densidade, segundo os entrevistados.

Por fim, os mesmos afirmaram que o clima (temperatura e umidade) do sul do Brasil pode causar manifestações patológicas nas edificações. No Quadro 4 é apresentado a síntese da avaliação de projeto e construtiva baseada nas visitas no canteiro de obras pelos entrevistados e na análise de fotos da HIS (estado atual) apresentadas para os mesmos pelo pesquisador.

Quadro 4 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 1

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário						
		Distribuição do Leiaute						
	Estéticos	Revestimentos e Materiais						
		Entorno e contato visual com vegetação						
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico						
		Projeto complementares						
Fatores de Execução	Fundação							
	Paredes painéis							
	Entrepiso							
	Cobertura							
Fatores dos Materiais	Fundação							
	Estrutura							
	Fechamentos							
	Cobertura							
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.4 Percepção da HIS 1 sob o viés dos usuários

Segundo as duas moradoras entrevistadas a HIS é precária, principalmente, as paredes que são frágeis. As moradoras citam que há presença de roedores e baratas dentro das “paredes ocas” e, “que dá para escutar tudo o que o vizinho faz ao lado”. As janelas têm vazamento e as portas estão apodrecendo. Há alguns pontos de vazamento (goteiras) na cobertura.

Segundo as moradoras a situação do entorno é degradante, com muito lixo e sem paisagismo. As mesmas afirmaram que o salão de festa (que é de alvenaria) também apresenta problemas como a HIS (Figura 95). No Quadro 5 é apresentado a síntese da avaliação da HIS sobre o vié do usuário.

Figura 95 - Salão de festa feito de alvenaria.



Fonte: Autor (2018)

Quadro 5 - Síntese da avaliação das HIS 1 feita pelo o usuário

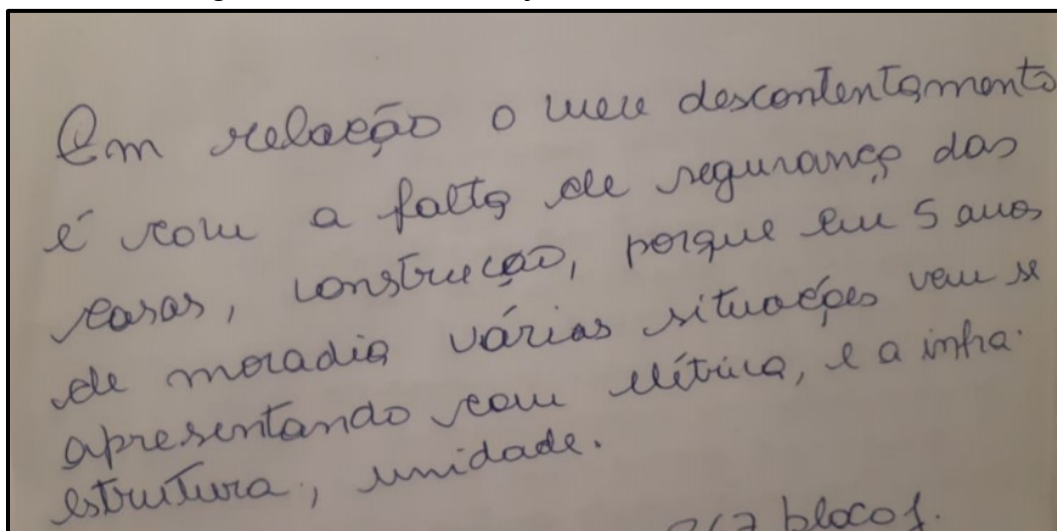
Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

O poema dos desejos é um instrumento desenvolvido por Henry Sanoff onde o pesquisador solicita aos usuários de um determinado local que descrevam verbalmente ou expressem por meio de desenhos suas necessidades, sentimentos e desejos relativos ao edifício ou ambiente analisado.

Na HIS 1 foi aplicado o poema dos desejos na dona da casa após a entrevista semiestruturada. O Poema foi fornecido pelo pesquisador no dia 17 de Julho de 2019, no período da manhã, onde a mesma demonstrou seu descontentamento com a casa de forma escrita, alegando falta de segurança das habitações, pois em cinco anos várias situações aconteceram, tais como elétrica (curto-circuito) infraestrutura (entorno no geral degradado) e umidade (vazamento no telhado e no box do banheiro), conforme Figura 96.

Figura 96 - Poema do desejo de forma escrita da HIS 1.



Fonte: Autor (2020)

4.2 ESTUDO DE CASO - HIS 2 – RIO GRANDE

A HIS 2 fica localizada no distrito do Povo Novo no município de Rio Grande, RS e foi construída no método artesanal em 2006, sendo o primeiro protótipo do Projeto Morar Melhor que foi desenvolvido pela Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. A fachada principal da HIS está localizada na orientação sudeste, conforme Figura 97.

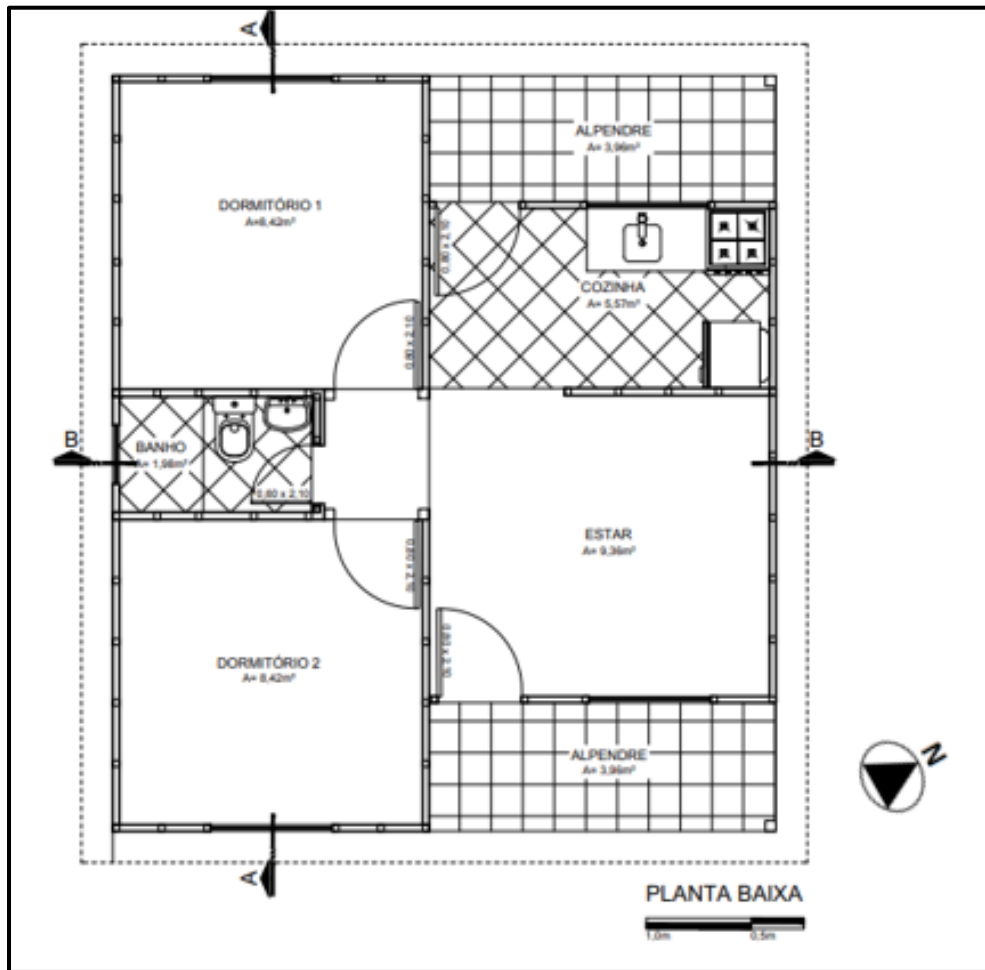
Figura 97 - Implantação da HIS 2.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Na Figura 98 é apresentada a planta baixa da HIS 2 com área total de 45 m² tendo sete ambientes (varanda, sala, cozinha, dois dormitórios, banheiro e serviço). Na Figura 99 são apresentadas imagens do exterior e do interior da HIS no ano da construção.

Figura 98 - Planta baixa da HIS 2.



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 99 - A- vista externa e B – vista interna da HIS 1.



Fonte: Projeto Morar Melhor (2006)

4.2.1 Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 2

O subsistema cobertura é composta por treliças triangulares de madeira de Eucalipto Vermelho (*Eucalyptus camaldulensis*) e telhas de fibrocimento ondulada 6 mm, sem amianto, os fechamentos dos oitões em telha de fibrocimento 4 mm, sem amianto e o forro de madeira (Pinus). As paredes são compostas por ossatura de madeira (seção: 6 x 6 mm), fechamentos internos com lambri de Pinus e nas áreas úmidas (paredes do banheiro e cozinha) com chapas cimentícias CRFS, fechamento externo com chapas cimentícias CRFS com “mata-junta” de madeira nas juntas. O subsistema paredes não contém isolante termoacústico, manta de vapor e chapas de contraventamento, por este motivo, a ossatura tem três travas horizontais para fazer o contraventamento da estrutura (Figura 100 – A). O subsistema fundação e feito de sapata corrida com blocos de concreto impermeabilizados com emulsão asfáltica (Figura 100 – B).

Figura 100 - A – ossatura de madeira e B – fundação impermeabilizada.



Fonte: Projeto Morar Melhor (2006)

É importante salientar que a mesma é um protótipo localizado no pátio de uma madeireira, já foi utilizada como moradia, mas no momento da vistoria estava sendo utilizada apenas como depósito de materiais de construção. A HIS 2 foi desmontada em 2009 e remontada em outra localização do pátio da madeireira devido ao alargamento da rodovia. A Figura 101 apresenta a madeireira beneficiando o eucalipto vermelho para futuras casas, mesmo processo que foi utilizado para para as habitações do Projeto Morar Melhor que são parte dos estudos de casos desta pesquisa. As madeiras estruturais utilizadas nas habitações não receberam tratamento preservativo.

Figura 101 - A – troncos do eucalipto vermelho e B – Peças beneficiadas para uso nas ossaturas.



Fonte: Autor (2019)

Por a HIS 2 não estar sendo utilizada como moradia social os componentes de estresse e bem-estar internos não se aplicam para esta HIS. Nas Tabelas 40 e 41 são apresentados os resultados da visita exploratório da HIS 2, identificando os tipos de acabamento e as primeiras manifestações patológicas identificadas.

Tabela 40 - Levantamento espacial interno HIS 2

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Cerâmico	Liso	Clara	Desgaste superficial no piso em alguns pontos.
Paredes	Chapa cimentícia	Lisa	Clara	Trincas
Paredes	Lambri de madeira	Lisa	Natural	Sujeira e apodrecimento pontuais causados por água e umidade.
Forro	Lambri de madeira	Lisa	Natural	Sujeira e apodrecimento pontuais causados por água e umidade.
Abertura	madeira	lisa	Marron	Sujeira com algumas rachaduras no espelho.
Paredes do banheiro	Chapa cimentícia e cerâmico	Liso	Clara	Descolamento do rejunte

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: nada para constar

Controle do ambiente interno: nada para constar

Manutenção interna: houve manutenção geral da HIS em 2009 com a troca de lugar

Data da vistoria: Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 41 - Levantamento espacial externo HIS 2

Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Fundação	Pedra	irregular	Natural	Foi observado que após a relocação da casa em 2009 ficou muito próxima do solo, trazendo problemas de umidade para as paredes.
Paredes	Chapa cimentícia	Liso	Clara	Aderência de microrganismos, trincas descolamento dos “mata-juntas” e oxidação da fixação (pregos).
Cobertura	Telha ondulada de fibrocimento 6mm	Liso	Natural	Pontos de vazamento e aderência de microrganismos.
Aberturas	madeira	Lisa	Marron	Nada para constar

Componentes de estresse e bem estar
 Distrações positivas: nada para constar
 Controle do ambiente externo: cerca e árvores frutíferas
 Suporte social/ recreação: nada para constar
Manutenção externa: houve manutenção geral da HIS em 2009 com a troca de lugar
Data da vistoria: Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 102 é apresentado a HIS 2 no dia da vistoria mostrando o anexo que fizeram nos fundos, todo de madeira. Este anexo não foi incluído na pesquisa pois trata-se de uma construção rudimentar. Apesar de estar implantada dentro do pátio da madeireira, há uma cerca (mourões de concreto e tela metálica) delimitando o pátio externo que tem um gramado e árvores frutíferas, atualmente com médio porte.

Figura 102 - Perpectiva da HIS 2.










Fonte: Autor (2019)




No Quadro 6 as manifestações patológicas são apresentadas em conjunto, separadas por subsistemas: cobertura e paredes. Para avaliação do subsistema cobertura houve algumas

limitações devido ao acesso e falta de segurança para realizar a inspeção. Na relocação de 2009 o subsistema fundação não teve a mesma impermeabilização inicial de quando a casa foi construída em 2006. O subsistema parede foi o que mais apresentou manifestações patológicas, principalmente, nos fechamentos internos e externos. Muitas das manifestações patológicas podem ter sido geradas na relocação da HIS.

Quadro 6 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 2

Co	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Cobertura			
	Goteiras na cobertura e apodrecimento do forro	Causa: chuva e/ou vento	
		Origem: uso e manutenção	
	Mofa no forro externo	Causas: microrganismos; chuva, umidade	
		Origem: uso e manutenção	
Subsistema Paredes			
	Furos na parede externa (nas chapas cimentícias)	Causas: impacto e furos com serra	
		Origem: manutenção e uso	

	<p>Trincas nas juntas das chapas cimentícias nas paredes internas</p>	<p>Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade</p>	
	<p>Chapa cimentícia com descolamento de película no revestimento externo no rodapé</p>	<p>Causas: umidade, impacto e outros</p>	
	<p>Chapa cimentícia com trincas nas paredes externas</p>	<p>Causas: movimentação da estrutura, impacto, variação térmica e/ou umidade</p>	
	<p>Descolamento do mata-junta entre chapas cimentícias externas</p>	<p>Causas: movimentação da estrutura, sujeira, variação térmica e/ou umidade</p>	

	<p>Oxidação das fixações das chapas cimentícias externas</p>	<p>Causas: chuva umidade, outros</p>	
		<p>Origem: projeto</p>	
	<p>Chapas cimentícias e telhas de revestimento dos oitões com trincas e quebradas nas paredes externas</p>	<p>Causas: relocação da HIS, movimentação da estrutura, impacto, variação térmica e/ou umidade</p>	
		<p>Origem: uso e manutenção</p>	
	<p>Manchas nas paredes externas</p>	<p>Causas: umidade, chuva e microrganismos</p>	
		<p>Origem: uso e manutenção</p>	

	Falta de acabamento nos interruptores elétricos	Causas: ação humana	
	Origem: uso e manutenção		
	Descolamento do rejunte	Causas: umidade, sujeira, movimentação da estrutura	
	Origem: execução e uso e manutenção		

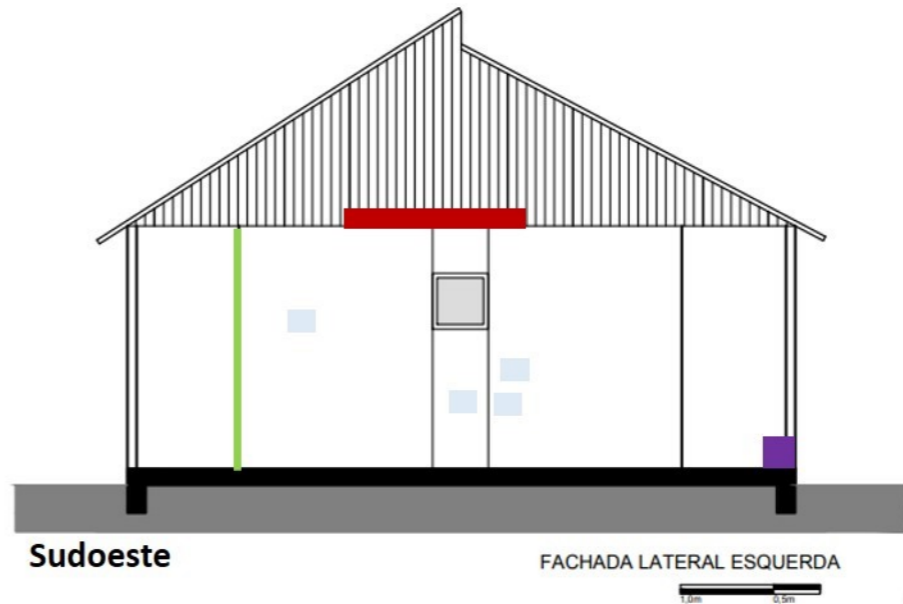
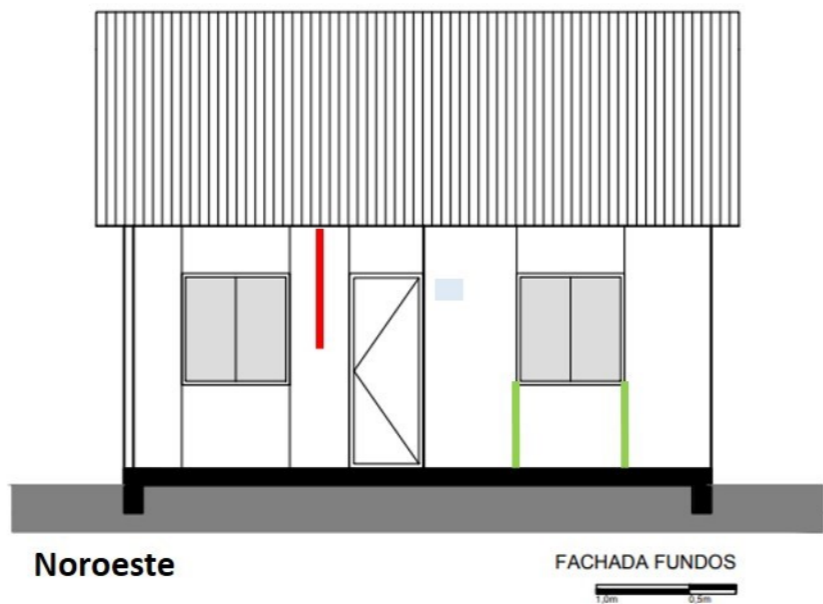
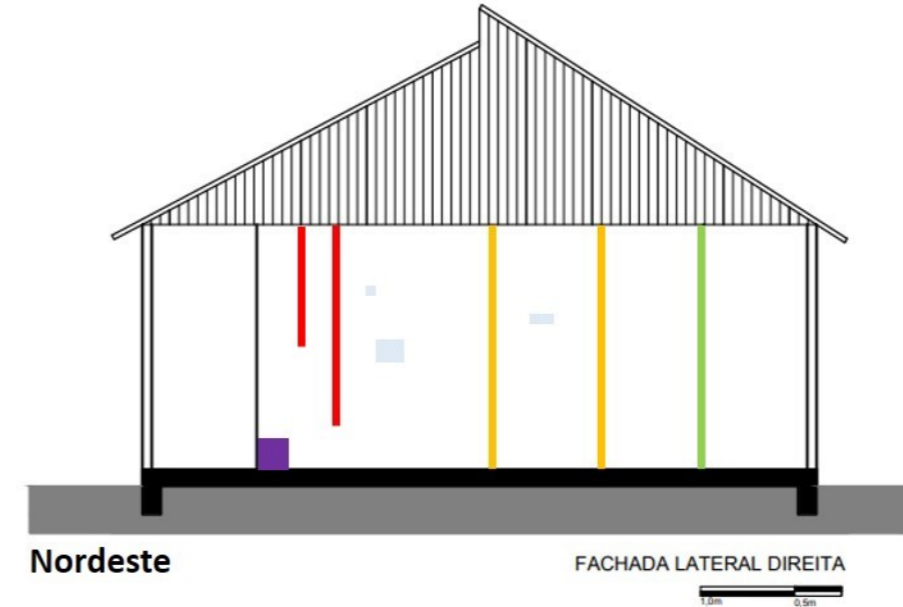
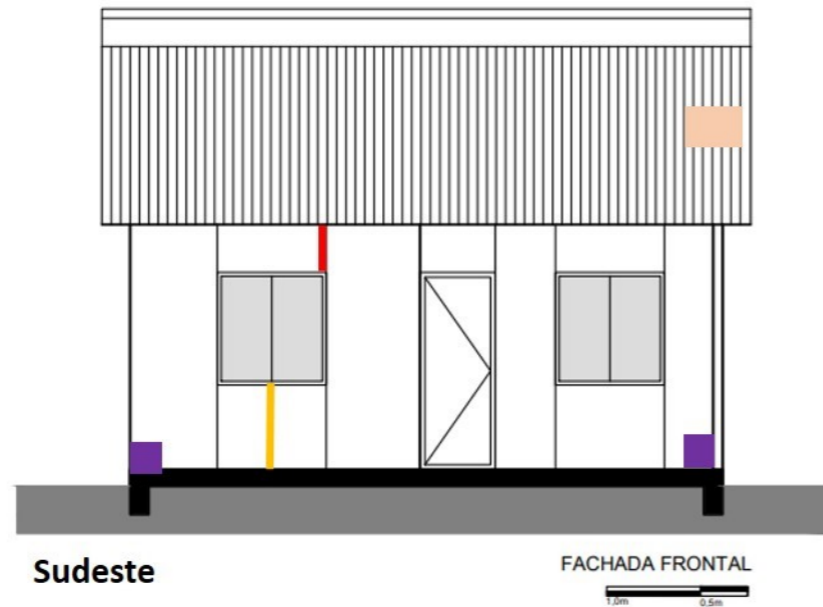
Fonte: Elaborado pelo autor

Nas Figuras 103 e 104 é apresentado a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 2 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 6, porém localizando as mesmas na edificação (fachadas e planta baixa).

Figura 103 - Mapa de danos – fachadas HIS 2

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 2

Mapa de danos – fachadas HIS 2



Subsistema cobertura

- Mancha laranja: Goteiras na cobertura

OBS: As manchas do forro e as das paredes não foram representadas na FID's, porém as manchas do forro acontecem em toda a área aberta da orientação sudeste e, as manchas das paredes, em todas as fachadas, mas, predominantemente, na nordeste.

Subsistema Paredes (externas)

- Mancha azul: Furos nas chapas cimentícias
- Mancha amarela: Trincas nas juntas das chapas cimentícias
- Mancha roxa: Descolamento de película das chapas cimentícias
- Mancha vermelha: Trincas nas chapas cimentícias
- Mancha verde: Descolamento do mata junta
- Mancha vermelha: Revestimentos externos trincados e quebrados

Data da vistoria: Julho de 2019
Manutenções feitas nas HIS: 2009

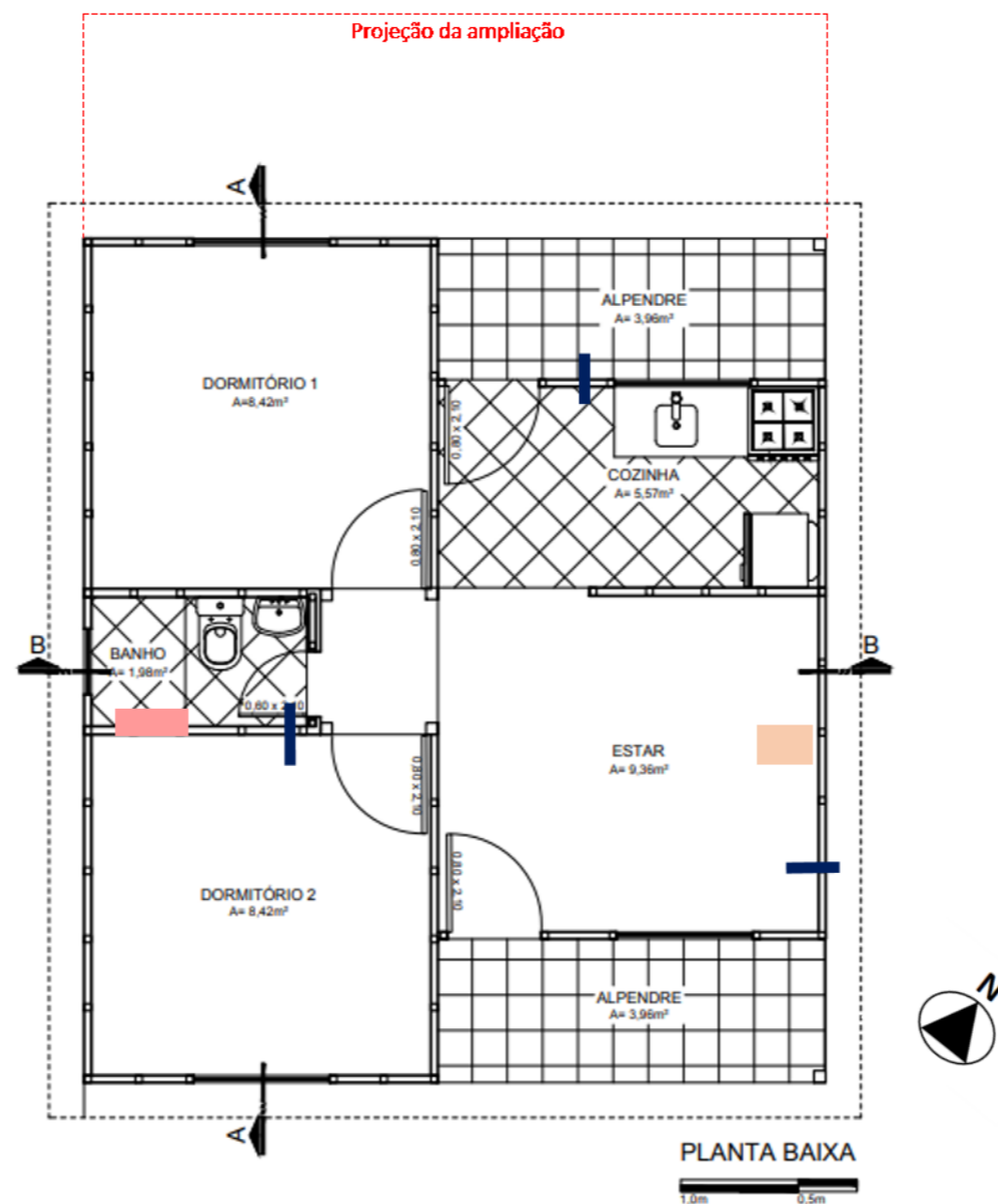
Manifestações patológicas (MP)

1/2

Figura 104 - Mapa de danos – planta baixa HIS 2

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 2

Mapa de danos – planta baixa HIS 2

**Subsistema cobertura (forro)**

- Goteira na cobertura e apodrecimento do forro

OBS: Não foram consideradas as manchas de sujeira e os pequenos furos nas paredes como manifestação patológica.

Subsistema Paredes (internas)

- Falta de acabamento nos interruptores
- Deslocamento do rejunte

4.2.2 Observação dos traços físicos da HIS 2

A observação dos traços físicos da HIS 2 foi limitada, pois não está sendo utilizada como habitação social, mas como depósito de materiais de construção. Os principais traços físicos de produtos de uso encontrados nesta HIS são a ausência dos mobiliários convencionais e equipamentos subutilizados, tais como, o chuveiro e as torneiras. A relocação da HIS, somado a falta de manutenção, também deixa evidente os produtos de usos do espaço.

Como principal adaptação é possível citar a construção de um anexo de madeira nos fundos da HIS servindo como um depósito da madeireira, como toda a casa. A manifestação de identidade fica por conta da delimitação do pátio da frente da casa, sugerindo um jardim com plantas frutíferas e, ao mesmo tempo, que os fundos da casa está “integrado” com o pátio da madeireira. A falta de manutenção e o uso como depósito manifesta uma mensagem informal como troca de funcionalidade e abandono. No Quadro 7 são apresentados os traços físicos mais significativos observados na HIS 2.

Quadro 7 - Traços físicos encontrados na HIS 2

<p>Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)</p>		
	<p>Falta de proteção nos interruptores elétricos</p>	<p>Marcas de furos nas paredes</p>
<p>Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)</p>		
	<p>Ampliação com anexo de madeira</p>	<p>Fixação do chuveiro no forro</p>

Manifestações de identidade (personalização, identificação)		
	Árvores frutíferas plantadas na frente da casa e delimitação do pátio (jardim)	
Mensagens públicas (mensagens oficiais, informais ou ilegítimas)		
	Presença de uma pilha de madeira ao lado da casa e falta delimitação do terreno dos fundos	Casa sempre fechada e sem manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.3 Percepção técnico-construtiva da HIS 2 sob o viés dos construtores

As entrevistas semiestruturadas com apoio de questionários foram feitas presencialmente. Os dois primeiros grupos de entrevistados (engenheiros e construtores) forneceram informações sobre o projeto e a etapa de montagem. Nesta HIS foram entrevistados um engenheiro civil e uma engenheira civil responsável pelo Projeto Morar Melhor e professora do curso de arquitetura e urbanismo da UFPEL e o proprietário da madeireira, que também foi o responsável pela execução da HIS.

Os dois engenheiros entrevistados afirmaram que, de maneira geral, o projeto foi bem executado, com cuidados de impermeabilização já que a região é muito úmida. Os três entrevistados também afirmaram que as madeiras de eucalipto utilizados na estrutura foram selecionadas e eram de árvores antigas, mais de 40 anos. Mas por ser eucalipto, “que é uma madeira que trabalha bastante”, foram utilizadas travas horizontais nos painéis para travamento dos montantes verticais e contraventamento da estrutura.

Não foram utilizados chapas de contraventamento (OSB ou *Plywood*), isolante termo acústico e manta de vapor para diminuir os custos, já que a HIS foi construída para ser vendida

no valor de R\$ 15.000,00 no ano de 2006 (R\$/m² 333,33). No Quadro 8 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 2 feito pelos três entrevistados.

Quadro 8 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 2

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico					
		Projeto complementares					
Fatores de Execução	Fundação						
	Paredes painéis						
	Cobertura						
Fatores dos Materiais	Fundação						
	Estrutura						
	Fechamentos						
	Cobertura						
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.4 Percepção da HIS 2 sob o viés dos usuários

Nesta etapa foi entrevistado também o proprietário da madeireira, pois o mesmo apesar de não ter morado na HIS foi a pessoa com maior conhecimento para participar da entrevista sob o viés do usuário. Porém é importante salientar que esta condição trouxe imprecisões na avaliação.

Segundo o entrevistado a HIS tem bom desempenho térmico e é mais durável que uma casa feita toda de Pinus, pois as chapas cimentícia não apodrecem com a umidade.

Sobre as manifestações patológicas apresentadas na HIS, apenas houve o deslocamento de algumas placas cerâmicas das paredes do banheiro e da cozinha nos primeiros

anos de construção. O Entrevistado também citou que gosta de habitações de madeira e que os moradores (locatários) da residência gostaram de morar na edificação.

Nesta etapa não foi considerado os fatores sociais já que a HIS foi construída dentro do terreno da madeireira do entrevistado e o poema dos desejos não foi aplicado. No Quadro 9 é apresentado a síntese da avaliação das HIS 2 sobre o viés do usuário.

Quadro 9 - Síntese da avaliação das HIS 2 feita pelo o usuário

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 ESTUDO DE CASO - HIS 3 – RIO GRANDE

A HIS 3 fica localizada no distrito do Povo Novo no município de Rio Grande, RS e foi contruída no método artesanal em 2006, segundo as premissas do Projeto Morar Melhor. A fachada principal da HIS está localizada na orientação leste, conforme Figura 105.

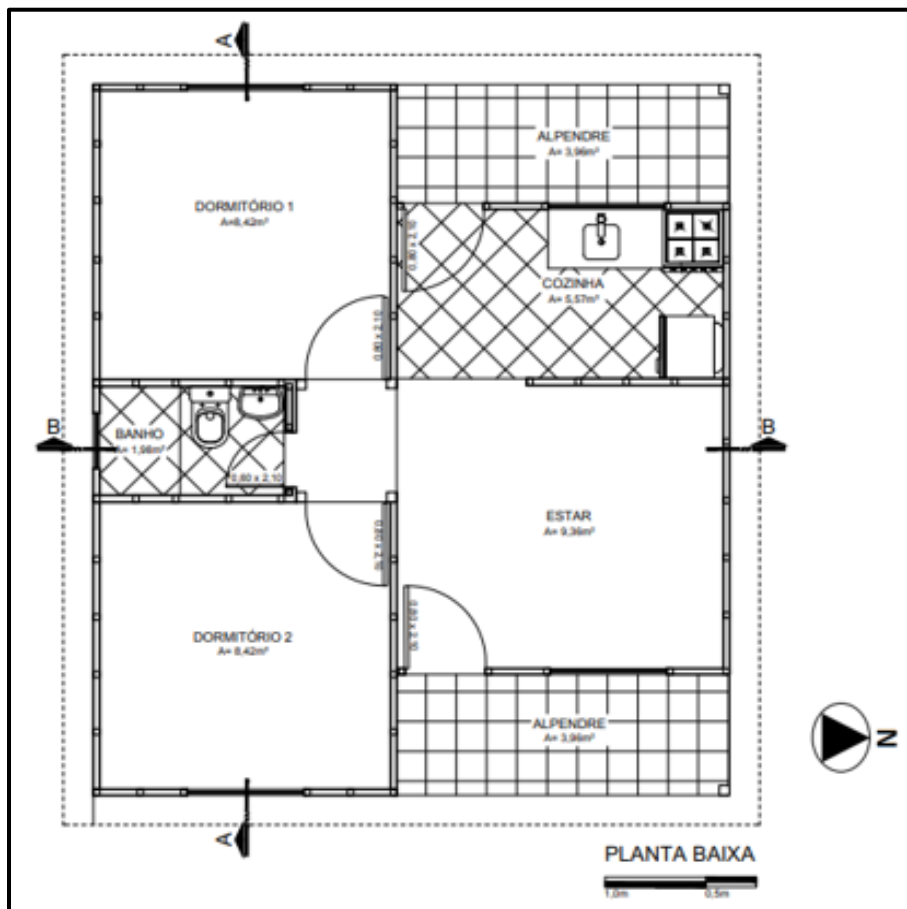
Figura 105 - Implantação da HIS 3.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

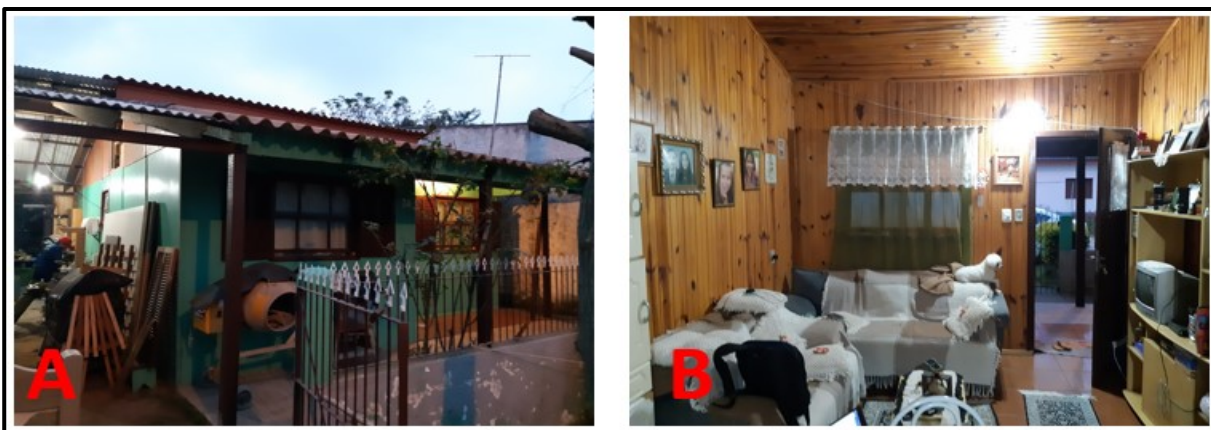
Na Figura 106 é apresentado a planta baixa da HIS 3 com área total de 45 m² tendo sete ambientes (varanda, sala, cozinha, dois dormitórios, banheiro e serviço). Na Figura 107 são apresentadas imagens do exterior e do interior da HIS.

Figura 106 - Planta baixa da HIS 3.



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Figura 107 - A- vista externa e B – vista interna da HIS 3.



Fonte: Autor (2019)

4.3.1 Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 3

O subsistema cobertura é composta por treliças triangulares de madeira de Eucalipto Vermelho (*Eucalyptus camaldulensis*), telhas de fibrocimento ondulada 6 mm pintadas com

tinta acrílica e o forro de madeira (pinus). As paredes são compostas por ossatura de madeira (seção: 6 x 6 mm), fechamentos internos com lambri de pinus e nas áreas úmidas (paredes do banheiro e cozinha) com chapas cimentícias CRFS, fechamento externo com chapas cimentícias CRFS com “mata-junta” de madeira nas juntas. O subsistema paredes não contém isolante termoacústico, manta de vapor e chapas de contraventamento, seguindo a mesma lógica estrutural da HIS 2. O subsistema fundação é radier (Figura 108).

Figura 108 - A – ossatura de madeira e B – fachada da HIS 3.



Fonte: Projeto Morar Melhor (2006)

A HIS 3 recebeu uma ampliação de uma área aberta que abriga uma oficina de móveis (marcenaria) (Figura 109 –A) e outras na frente e nos fundos que serve como extensão da cozinha e da casa (Figura 109 –B).

Figura 109 - A –ampliação lateral e B – ampliação nos fundos da HIS 3.



Fonte: Autor (2019)

As manifestações patológicas encontradas nesta etapa foram movimentação da estrutura, gerando deslocamento da cerâmica e do rejunte, desprendimento dos “mata-juntas” das chapas cimentícias e, desprendimento de uma chapa cimentícia no ambiente externo. Há também vestígios de excesso de umidade nos rodapés das paredes externas.

Os componentes de estresse que podem ser citados são a umidade excessiva já que a região e o terreno que a edificação foi implantada é muito baixo e o barulho gerado pelas atividades exercidas na marcenaria que são agravados por falta de isolamento acústico. Já as distrações positivas são creditadas aos mobiliários da edificação, que apesar de simples, trazem conforto aos espaços da HIS. O controle do ambiente interno apenas foi observado cortinas e, o externo, muro com cerca viva, árvores e aplicação dos beirais com áreas abertas, tornando-se a extensão da casa e abrigando uma marcenaria, conforme já citado. Sobre o suporte social e recreação não identificado nada de relevante no entorno da HIS 3. A Tabela 42 e 43 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas encontradas no ambiente interno e externo.

Tabela 42 - Levantamento espacial interno HIS 3

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Cerâmico	Liso	escura	Desgaste superficial no piso em alguns pontos.
Forro	Lambri de madeira	Lisa	Natural	Sugeira pontuais
Abertura	Madeira	lisa	Marron	Nada para constar
Paredes do banheiro	Cerâmica	Liso	Clara	Descolamento placas cerâmicas e rejunte

Componentes de estresse e bem estar
 Distrações positivas: mobiliário
 Controle do ambiente interno: cortinas
Manutenção interna: houve pintura em 2014
Data da vistoria: Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 43 - Levantamento espacial externo HIS 3



Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Fundação	Radier	lisa	Natural	Nada a constar
Paredes	Chapa cimentícia	Liso	Clara	Desprendimento dos “mata-juntas” e desprendimento de chapas cimentícias do oitão
Cobertura	Telha ondulada de fibrocimento 6mm	Liso	Vermelha	Aderência de microrganismos.
Aberturas	Madeira	Lisa	Marron	Nada para constar

Componentes de estresse e bem estar
 Distrações positivas: nada para constar
 Controle do ambiente externo: Muro, cerca viva e árvores
 Suporte social/ recreação: nada para constar
Manutenção externa: houve pintura em 2014
Data da vistoria: Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Na HIS 3 foram encontradas poucas manifestações patológicas, as principais já citadas, foram o desprendimento da cerâmica e do rejuntamento por movimentação da estrutura (subsistema parede), desprendimento do “mata-justas” e das chapas cimentícias das paredes externas. O Quadro 10 apresenta as principais manifestações patológicas.

Quadro 10 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 3

Co	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Paredes			
	Movimentação da estrutura	Causas: madeira “verde”	
		Origem: execução	
	Desprendimento das placas cerâmicas e do rejunto	Causas: madeira “verde”	
		Origem: execução	

	Descolamento do mata-junta entre chapas cimentícias externas	Causas: movimentação da estrutura e outros	
		Origem: uso e manutenção	
	Desprendimento das chapas cimentícias	Causas: ação humana	
		Origem: uso e manutenção	
	Descolamento de revestimento ou pintura no rodapé	Causas: umidade e chuva	
		Origem: projeto e execução	

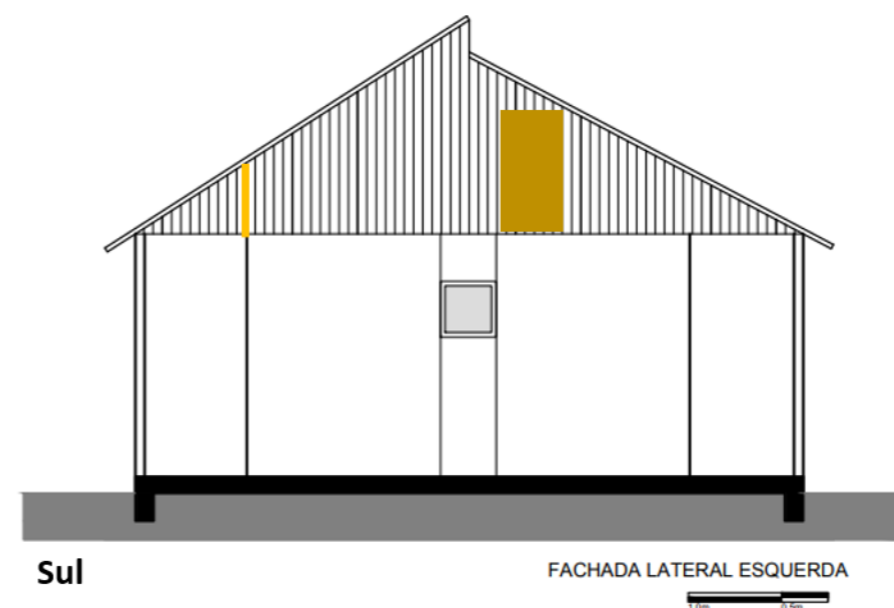
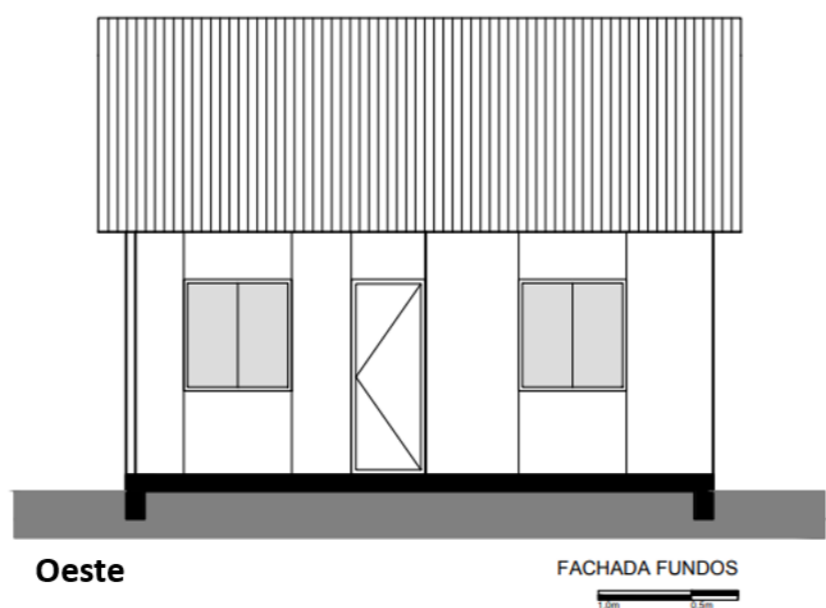
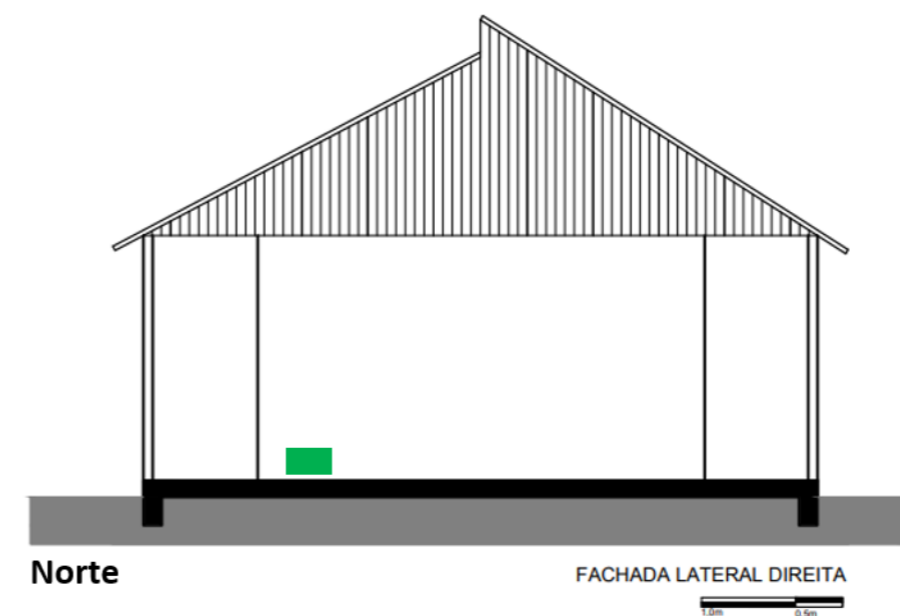
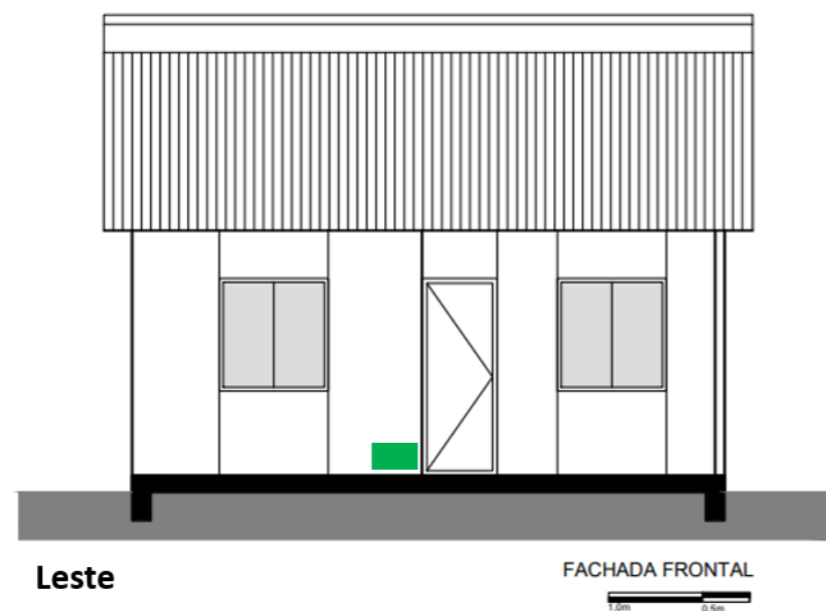
Fonte: Elaborado pelo autor

Nas Figuras 110 e 111 é apresentado a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 3 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 10, porém localizando as mesmas na edificação (fachadas e planta baixa).

Figura 110 – Mapa de danos – fachadas HIS 3

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 3

Mapa de danos – fachadas HIS 3

**Subsistema Paredes (externas)**

- Trincas nas juntas das chapas cimentícias
- Desprendimento das chapas cimentícias
- Descolamento da pintura no rodapé

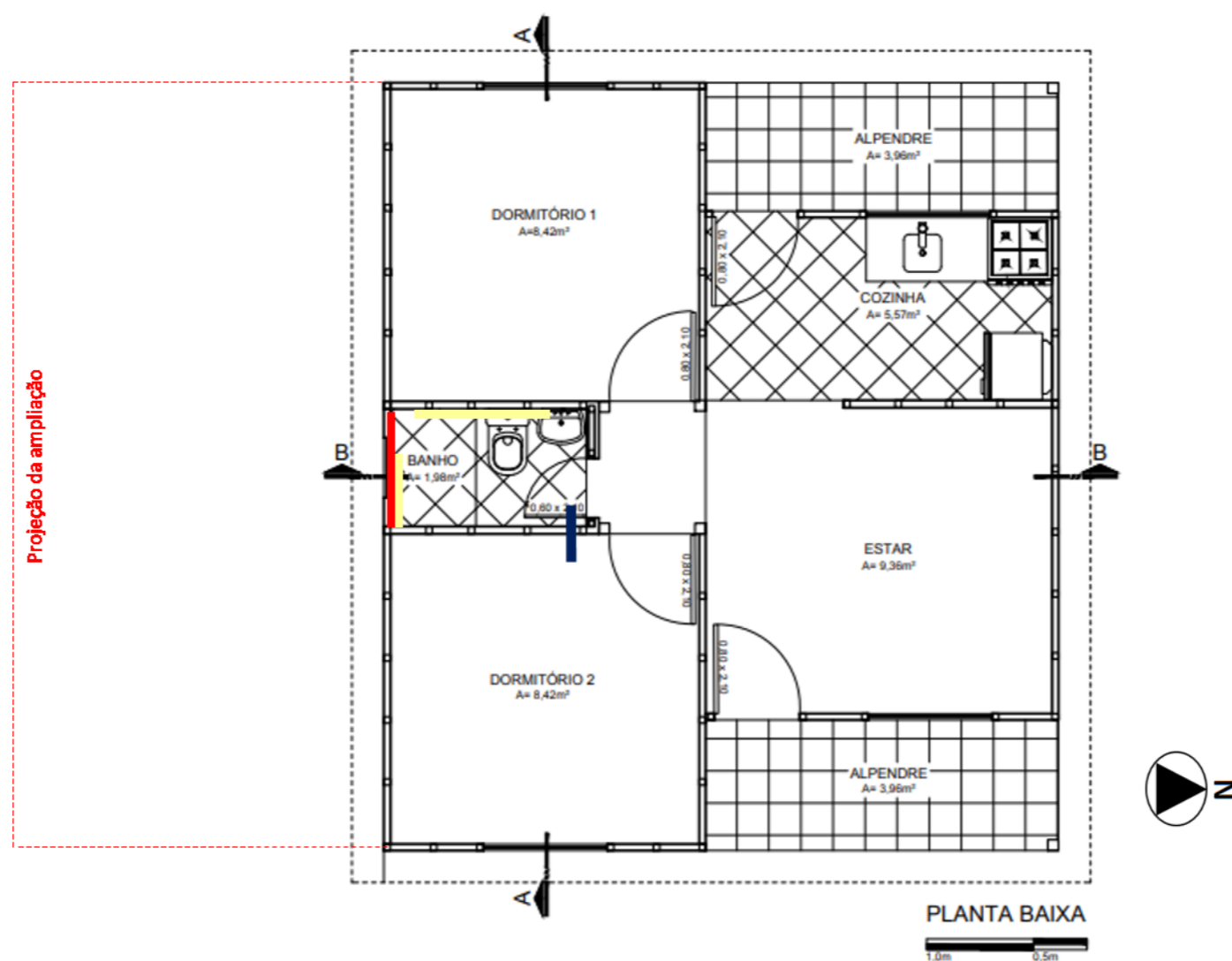
Data da vistoria: Julho de 2019
 Manutenções feitas nas HIS: 2014

Manifestações patológicas (MP)

1/2

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 3

Mapa de danos – planta baixa HIS 3

**Subsistema Paredes (internas)**

- Movimentação da estrutura
- Deslocamento placas cerâmicas e do rejunto

OBS: Não foram consideradas as manchas de sujeira e os pequenos furos nas paredes como manifestação patológica.

4.3.2 Observação dos traços físicos da HIS 3

Observou-se que há diversas adaptações, principalmente, no que tange a funcionalidade do ambiente, com aumento das áreas, demonstrando que o mesmo foi adaptado para as atividades dos três moradores da HIS 3: pai, mãe e filho, que ao lado pai trabalha na marcenaria.

Na HIS 3 há diversos traços físicos, tais como a personalização dos ambientes com a colocações de quadros nas paredes e cortinas nas janelas, adaptações de usos com suportes nas paredes para colocar utensílios e sofás e mesas na área externa e mensagens públicas como “Vende-se” e a presença de São Jorge (imagem do santo) o sobre a porta. No Quadro 11 são apresentados alguns traços físicos observados na HIS 3.

Quadro 11 - Traços físicos encontrados na HIS 3

<p>Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)</p>		
	<p>Presença de tijolo para segurar a folha da janela</p>	<p>Equipamentos sobre a mesa da marcenaria</p>
<p>Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)</p>		
	<p>Cortina e suportes de parede para utensílios da cozinha</p>	<p>Sofá e mesa com cadeiras na area aberta, como extensão da casa</p>

Manifestações de identidade (personalização, identificação)		
	Presença de quadros na parede	Presença de cortinas “decorativas” na sala e na cozinha
Mensagens públicas (mensagens oficiais, informais ou ilegítimas)		
	Placa de vendas-se para os moveis feitos ou reformados na marcenaria	O santo (São Jorge) sobre a porta da casa , trazendo proteção

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3 Percepção técnico-construtiva da HIS 3 sob o viés dos construtores

Nesta etapa foram entrevistados os mesmos profissionais da HIS 2 e as considerações foram as mesmas, porém um dos engenheiros afirmou que nesta HIS teve algumas melhorias com a utilização do radier como fundação e maior cuidado na execução. No Quadro 12 é apresentado a síntese das avaliações da HIS 3 feitas pelos três entrevistados.

Quadro 12 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 3

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico					
		Projeto complementares					
Fatores de Execução	Fundação						
	Paredes painéis						
	Cobertura						
Fatores dos Materiais	Fundação						
	Estrutura						
	Fechamentos						
	Cobertura						
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.4 Percepção da HIS 3 sob o viés dos usuários

Nesta etapa foi entrevistado o proprietário (pai) que achou a HIS muito boa, pois foi construída a mais de 10 anos sem apresentar problemas, apenas teve alguns descolamentos das placas cerâmicas da parede do banheiro. O proprietário desconhece o sistema construtivo LWF e, é a primeira vez, que mora em uma casa de madeira, considerando o desempenho termoacústico muito bom. Neste sentido o entrevistado afirmou que: “gosta mais de casa de madeira que de material, pois a casa de tijolo tem muita umidade e no verão esquenta muito, já a madeira esquenta e depois esfria rápido”.

O mesmo também acha o bairro muito bom de morar e tem tudo o que precisa. Nesta HIS os proprietários se sentiram intimidados e não fizeram o Poema dos Desejos. No Quadro 13 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 3 feita pelo usuário.

Quadro 13 - Síntese da avaliação da HIS 3 feita pelo o usuário

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 ESTUDO DE CASO - HIS 4 – RIO GRANDE

A HIS 4 também fica localizada no distrito do Povo Novo no município de Rio Grande, RS e como a HIS 2 e 3 foi contruída no método artesanal em 2006, segundo as premissas do Projeto Morar Melhor. A fachada principal da HIS está localizada na orientação oeste, conforme Figura 112.

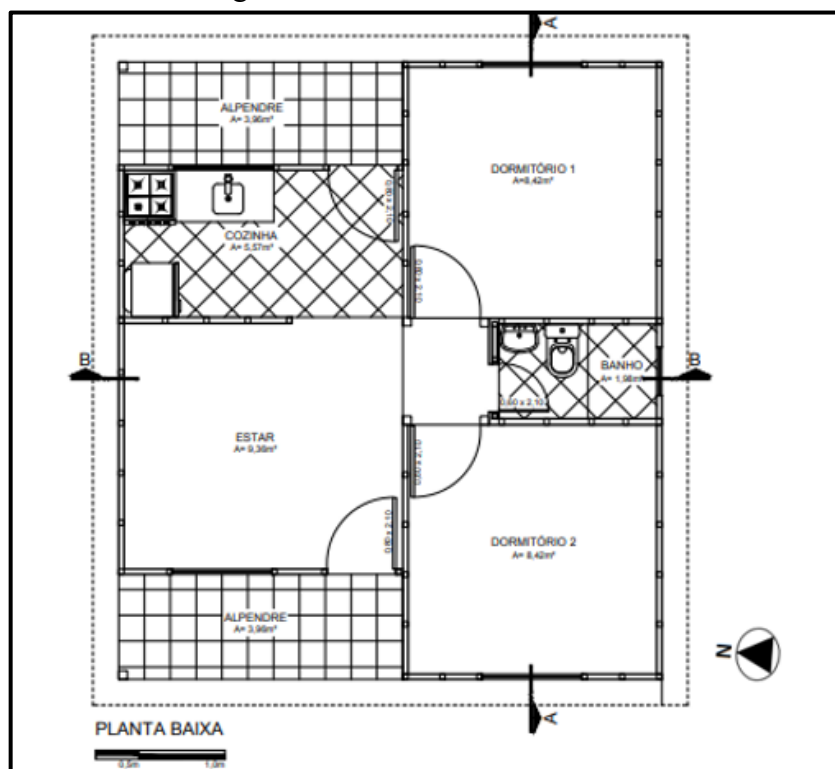
Figura 112 - Implantação da HIS 4.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Na Figura 113 é apresentado a planta baixa da HIS 4 com área total de 45 m² tendo seis ambientes (varanda, sala, cozinha, dois dormitórios e banheiro). Na Figura 114 são apresentadas imagens do exterior e do interior da HIS.

Figura 113 - Planta baixa da HIS 4.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 114 - A- vista externa e B – vista interna da HIS 1.



Fonte: Autor (2019)

4.4.1 Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 4

O subsistema cobertura é composta por treliças triangulares de madeira de Eucalipto Vermelho (*Eucalyptus camaldulensis*), telhas de fibrocimento ondulada 6 mm pintadas com tinta acrílica e o forro de madeira (pinus). As paredes são compostas por ossatura de madeira (seção: 6 x 6 mm), fechamentos internos com lambri de pinus e nas áreas úmidas (paredes do banheiro e cozinha) com chapas cimentícias CRFS, revestidas com azulejos cerâmicos, fechamento externo com chapas cimentícias CRFS com “mata-junta” de madeira nas juntas. O subsistema paredes não contém isolante termoacústico, manta de vapor e chapas de contraventamento, seguindo a mesma lógica estrutural da HIS 2 e 3. O subsistema fundação é radier (Figura 115).

Figura 115 - Ossatura de madeira da HIS 4 em construção.



Fonte: Projeto Morar Melhor (2006)

As manifestações patológicas foram movimentação da estrutura, gerando deslocamento da cerâmica e do rejunte, apodrecimento do “mata-juntas” e dos acabamentos do rodapé externos das chapas cimentícias.

Os componentes de estresse que podem ser citados são a umidade excessiva já que a região é muito úmida. Já os componentes de bem-estar são creditados ao jardim, onde o proprietário tem diversas plantas que se estende para a rua, onde o mesmo faz o cuidado da jardinagem plantando árvores e cortando a grama. O controle do ambiente interno apenas foi observado cortinas e, o externo, muro com cerca viva e o plantio principalmente, de palmeiras. Sobre o suporte social e recreação não identificado nada de relevante no entorno da HIS 4, a não ser a jardinagem já citada. A tabela 44 e 45 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas encontradas, inicialmente, no ambiente interno e externo.

Tabela 44 - Levantamento espacial interno HIS 4

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Cerâmico	Liso	Bege	Nada para constar
Forro	Lambri de madeira	Lisa	Natural	Nada para constar
Abertura	Madeira	lisa	Marron	Nada para constar
Paredes da cozinha	Cerâmica	Liso	Clara	Descolamento placas cerâmicas e rejunte

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: nada para constar

Controle do ambiente interno: cortinas

Manutenção interna: houve pintura em 2012**Data da vistoria:** Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 45 - Levantamento espacial externo HIS 4

Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Fundação	Radier	lisa	Natural	Calçada com pouca inclinação
Paredes	Chapa cimentícia	Liso	Verde	Desprendimento dos “mata-juntas” e aderência de microrganismos na parede de orientação sul
Cobertura	Telha ondulada de fibrocimento 6mm	Liso	Vermelha	Aderência de microrganismos.
Aberturas	Madeira	Lisa	Marron	Nada para constar

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: jardim

Controle do ambiente externo: muro, cerca viva e árvores

Suporte social/ recreação: jardinagem do proprietário na rua do bairro.

Manutenção externa: houve pintura em 2012**Data da vistoria:** Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Na HIS 4 foram encontradas poucas manifestações patológicas, as principais já citadas, foram o desprendimento da cerâmica na parede da cozinha estrutura (subsistema parede), apodrecimento dos “mata-juntas” e do rodapé nas vedações externas. O quadro 14 apresenta as manifestações patológicas com suas possíveis causas e origens.

Quadro 14 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 4

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Paredes			
	Desprendimento das placas cerâmicas e do rejunte	<p>Causas: movimentação da estrutura (parede)</p>	
		<p>Origem: projeto e execução</p>	
	Apodrecimento do mata-junta entre chapas cimentícias externas	<p>Causas: radiação solar, umidade, chuva, e/ou fungos apodrecedores</p>	
		<p>Origem: projeto e uso e manutenção</p>	
	Apodrecimento do rodapé das chapas cimentícias externas	<p>Causas: radiação solar, umidade, chuva, e/ou fungos apodrecedores</p>	
		<p>Origem: projeto e uso e manutenção</p>	

	Manchas nas paredes externas	Causas: umidade, chuva e microrganismos	
		Origem: uso e manutenção	
Subsistema Cobertura			
	Fenda na longarina do telhado	Causas: umidade, chuva e/ou radiação solar	
		Origem: projeto	
	Telhas com aderência de microrganismos e levemente abauladas.	Causas: variação térmica, microrganismos, chuva e/ou umidade	
		Origem: execução e uso e manutenção	

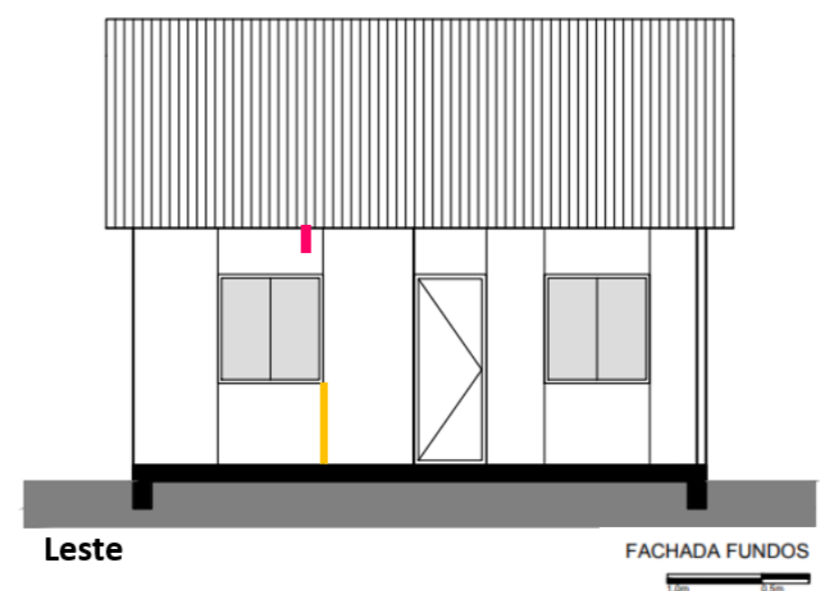
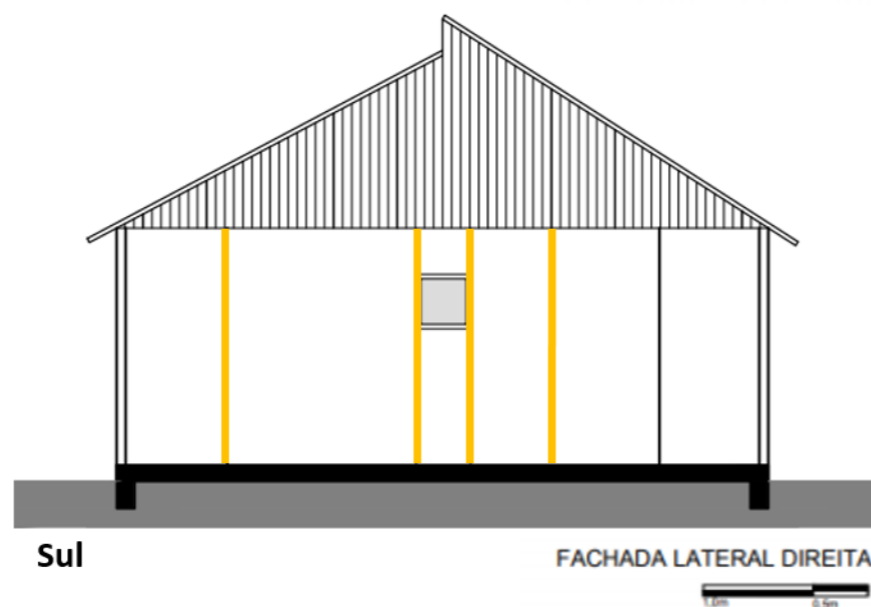
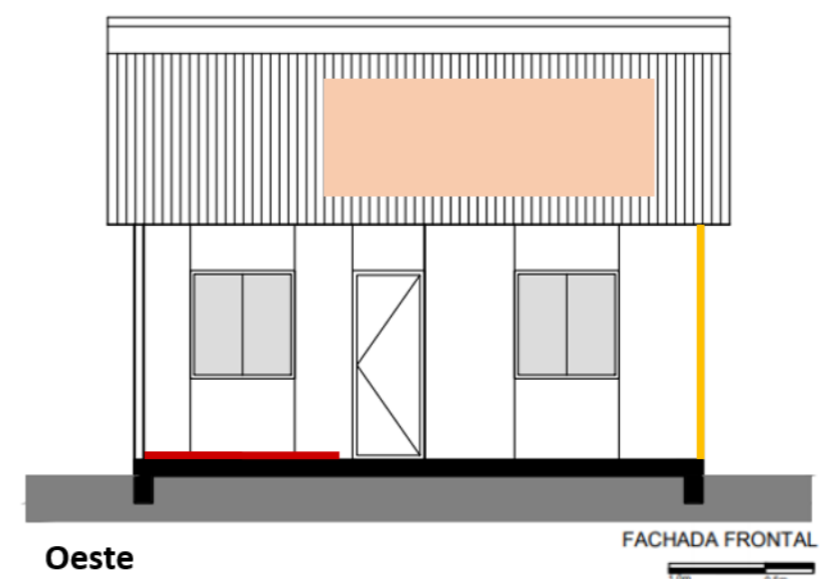
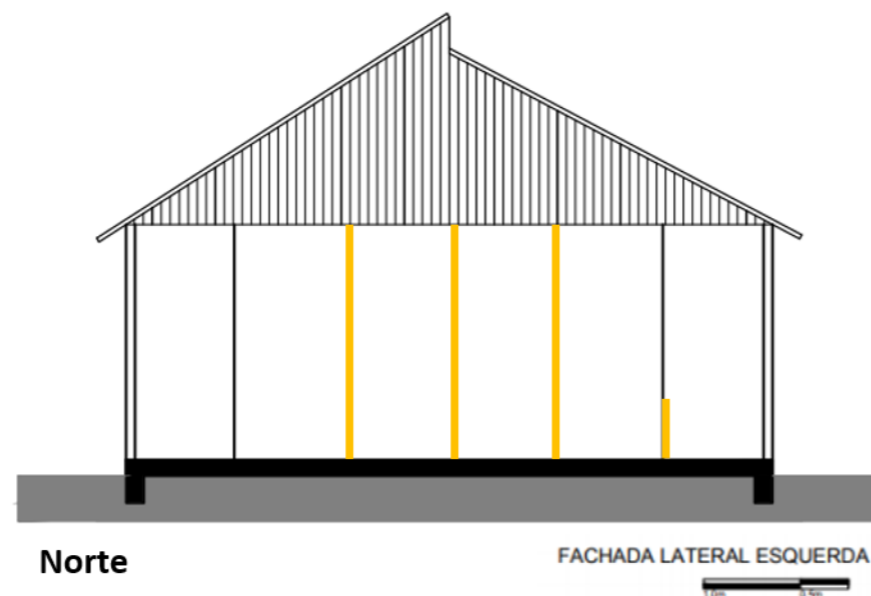
Fonte: Elaborado pelo autor

Nas Figuras 116 e 117 é apresentado a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 4 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 14, porém localizando as mesmas na edificação (fachadas e planta baixa).

Figura 116 - Mapa de danos – fachadas HIS 4

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 4

Mapa de danos – fachadas HIS 4

**Subsistema cobertura**

- Telhas com microrganismos e levemente abaloadas
- Fenda na longarina do telhado

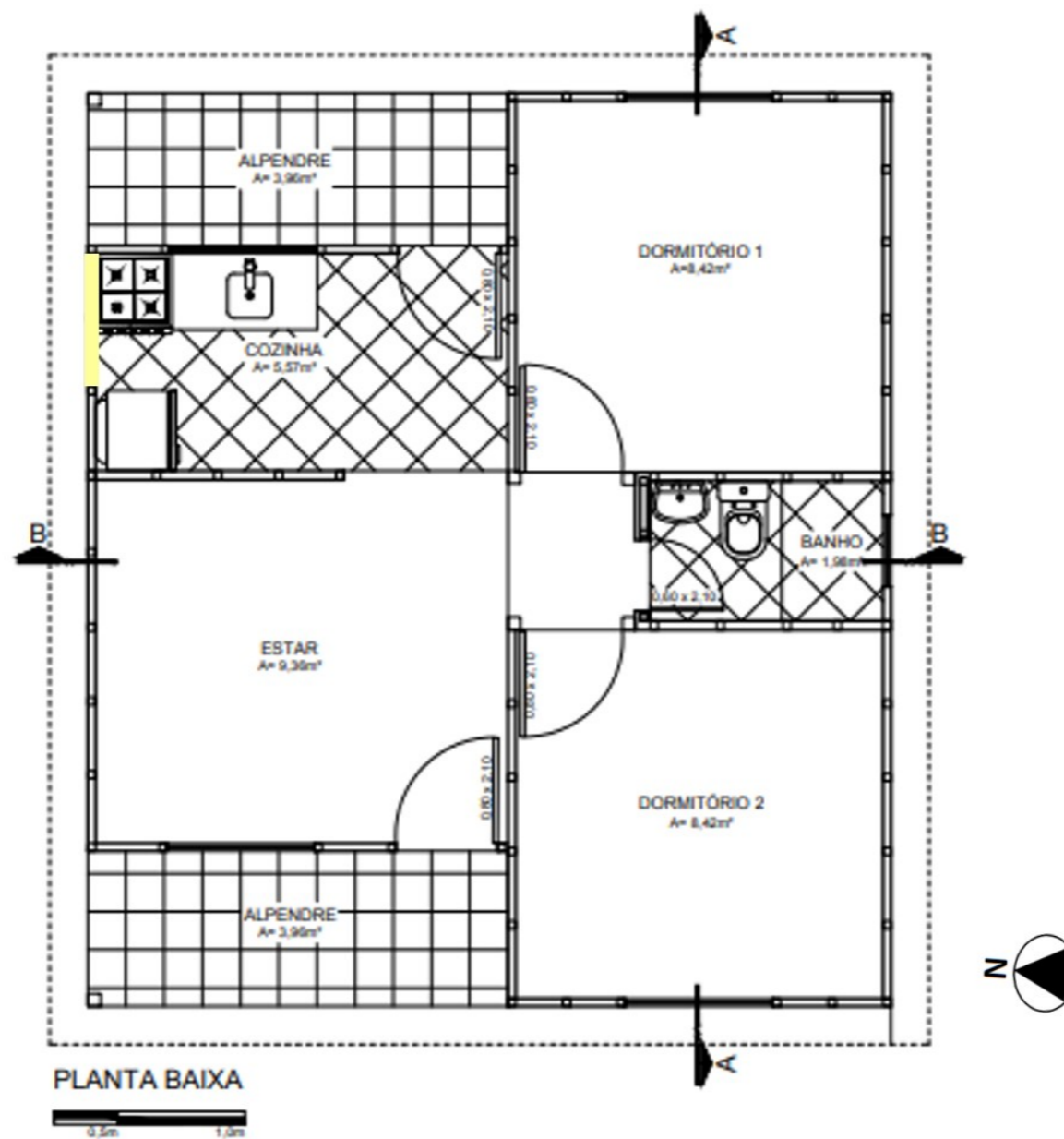
OBS: As manchas das paredes não foram representadas na FID's, porém acontecem, praticamente, em toda a fachada Norte e Sul

Subsistema Paredes (externas)

- Apodrecimento do "mata junta" entre chapas cimenticias
- Apodrecimento do rodapé

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 4

Mapa de danos – planta baixa HIS 4



Subsistema Paredes (internas)

Deslocamento de placas cerâmicas e do rejunto

4.4.2 Observação dos traços físicos da HIS 4

Foi observado algumas adaptações de uso como a colocação de uma cobertura de policarbonato nos fundos da HIS e ar condicionado no quarto. As personalizações dos ambientes foram feitas com as colocações de quadros nas paredes, cortinas nas janelas e colocação de vasos com plantas nas áreas abertas. As mensagens públicas observadas foram a decoração de Natal na porta e a jardinagem “bem-feita” no pátio e na rua, com colocação de “esculturas” de concreto de animais no jardim. No Quadro 15 são apresentados os traços físicos observados na HIS 4.

Quadro 15 - Traços físicos encontrados na HIS 4

<p>Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)</p>		
<p>Cabo (fio) da antena para televisão</p>		
<p>Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)</p>		
<p>Cobertura de policarbonato</p>		<p>Colocação de ar condicionado no quarto</p>

Manifestações de identidade (personalização, identificação)		
	Presença de quadros na parede	Presença de cortinas “decorativas” na sala e na cozinha
Mensagens públicas (mensagens oficiais, informais ou ilegítimas)		
	Decoração de natal na porta	Árvores e plantas no jardim bem cuidado

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.3 Percepção técnico-construtiva da HIS 4 sob o viés dos construtores

Nesta etapa foram entrevistados os mesmos profissionais da HIS 2 e 3 e as considerações foram as mesmas, porém os mesmos disseram que há um cuidado “todo especial” no pátio e que a HIS 4 recebe as manutenções adequadas para o bom funcionamento. No Quadro 16 é apresentado a síntese das avaliações da HIS 4 feitas pelos três entrevistados.

Quadro 16 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 4

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico					
		Projeto complementares					
Fatores de Execução	Fundação						
	Paredes painéis						
	Cobertura						
Fatores dos Materiais	Fundação						
	Estrutura						
	Fechamentos						
	Cobertura						
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.4 Percepção da HIS 4 sob o viés dos usuários

Nesta etapa foi entrevistado o proprietário que está satisfeito com a HIS. Comentou apenas que tem que trocar os “mata-juntas” com frequência pois são de Pinus sem tratamento. O mesmo desconhece o sistema construtivo LWF e, é a primeira vez, que mora em uma casa de madeira, considerando o desempenho termoacústico muito bom. Neste sentido o entrevistado afirmou que não faz diferença entre morar em uma casa de alvenaria ou de madeira. O mesmo também acha o bairro muito bom de morar, que gosta muito de plantas e que plantou todas as árvores das ruas do bairro e faz a manutenção das mesmas. O proprietário é aposentado e mora sozinho na HIS. No Quadro 17 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 4 sobre o viés do usuário e, na Figura 118, uma rua arborizada cuidada pelo proprietário da HIS 4.

Quadro 17 - Síntese da avaliação da HIS 4 feita pelo o usuário

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 118 - Rua arborizada cuidada pelo proprietário a HIS 4.

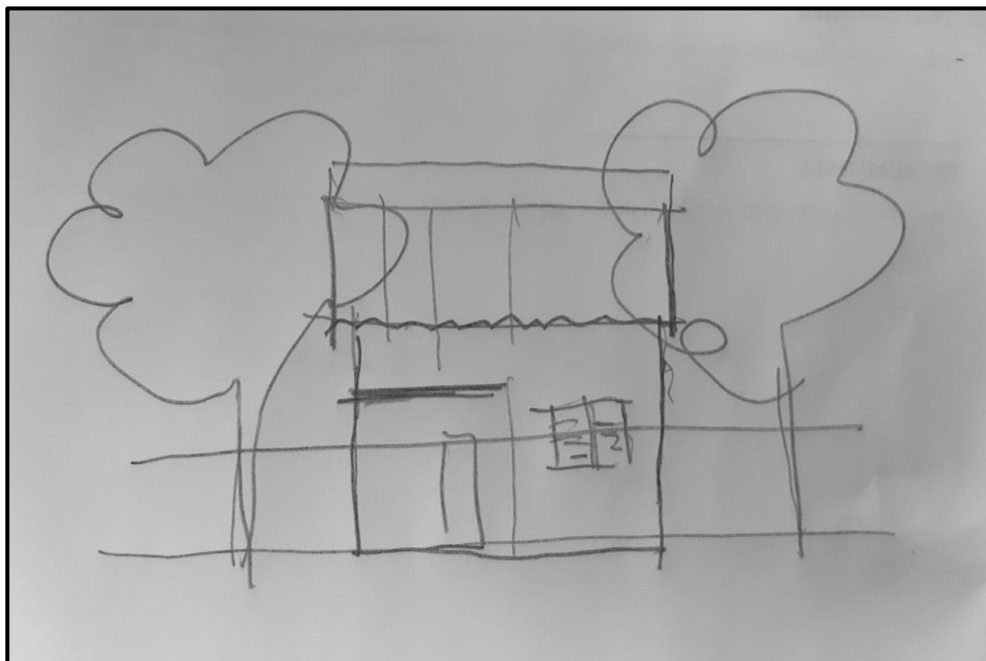


Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Na HIS 4 foi aplicado o Poema dos Desejos após a entrevista semiestruturada. O Poema dos Desejos foi fornecido pelo pesquisador no dia 18 de Julho de 2019, no período da tarde, onde o proprietário demonstrou sua satisfação com a casa por meio de um desenho feito

a lápis. Na entrega do desenho ao pesquisador o mesmo disse que a casa é muito “joia”. A Figura 119 apresenta o desenho da casa com árvores feito na presença do pesquisador.

Figura 119 - Poema do desejo desenhado da HIS 4



Fonte: Autor (2020)

4.5 ESTUDO DE CASO - HIS 5 – GRAVATAÍ

A HIS 5 fica localizada da cidade de Gravataí, RS e foi construída no método artesanal em 2005, sendo o primeiro protótipo em LWF para uma madeireira que atua no mercado de casas de madeira e alvenaria. A fachada principal da HIS está localizada na orientação sudoeste, conforme Figura 120.

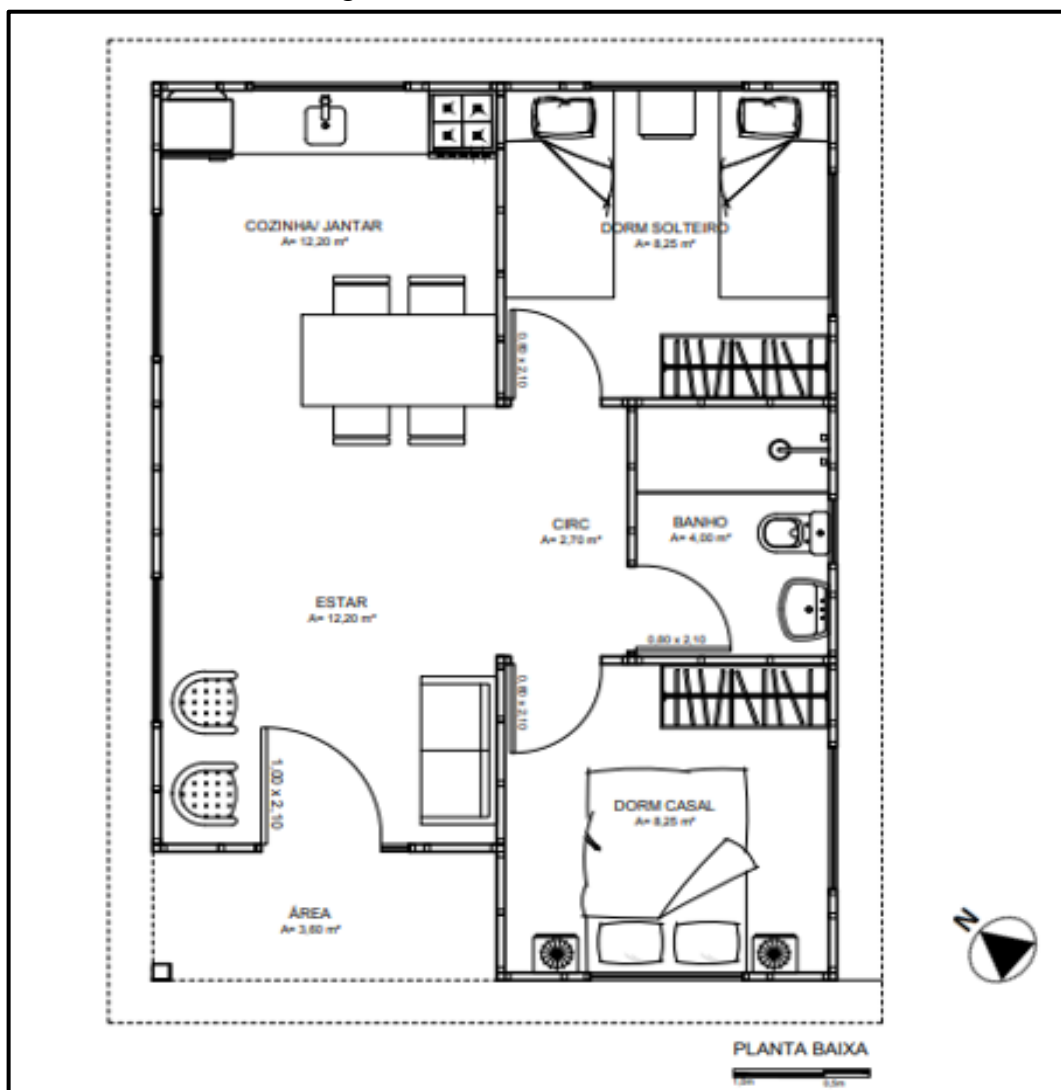
Figura 120 - Implantação da HIS 5.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Na Figura 121 é apresentado a planta baixa da HIS 5 com área total de 45 m² tendo seis ambientes (varanda, sala, cozinha, dois dormitórios e banheiro). Na Figura 122 são apresentadas imagens da HIS no ano da construção e no ano de 2019.

Figura 121 - Planta baixa da HIS 5.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 122 - A- Ossatura sendo construída em Maio de 2005 e B – vista da HIS em 2019.



Fonte: Autor (2005 e 2019)

4.5.1 Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 5

O subsistema cobertura é composta por treliças retangulares e longarinas de Cedrinho (*Erismia uncinatum*) e telhas de fibrocimento ondulada 6 mm, sem amianto, o forro é madeira (Cedrinho) nos quartos e no banheiro e de chapa cimentícia na sala e na cozinha. As paredes são compostas por ossatura de Cedrinho (seção: 4 x 7 mm a cada 60 cm de espaçamento), fechamentos internos com lambri de Cedrinho e chapas cimentícias e, fechamentos externos, com *Siding* com chapas cimentícia CRFS. O subsistema parede não contém isolante termoacústico, manta de vapor e chapas de contraventamento. O subsistema fundação é feito de cinco sapatas corridas de pedra Grês com plataforma e assoalho sendo o piso do banheiro de chapa cimentícia com um contrapiso armado. A Figura 123 apresenta o exterior e interior da HIS 5.

Figura 123- A – Exterior e B – Interior (sala e cozinha) da HIS 5.



Fonte: Autor (2019)

A HIS 5 foi utilizada como escritório e, atualmente, é o refeitório para equipe de obras da madeireira. Assim os componentes de estresse e bem-estar internos não se aplicam para esta HIS. Nas Tabelas 46 e 47 são apresentados os resultados da visita exploratório, identificando os tipos de acabamento e as primeiras manifestações patológicas.

Tabela 46 - Levantamento espacial interno HIS 5

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Madeira	Liso	escuro	Desgaste superficial no piso em alguns pontos.
Paredes	Chapa cimentícia	Lisa	Branco	Trincas
Paredes	Lambri de madeira	Lisa	Branco	Sujeira e apodrecimento pontuais causados por térmitas (<i>Cryptotermes brevis</i>)
Forro	Chapa cimentícia	Lisa	Branco	Manchas pontuais causados por água e umidade.
Abertura	madeira	lisa	Marron	Sujeira
Paredes do banheiro	Chapa cimentícia e cerâmico	Liso	Clara	Portas internas com apodrecimento pontuais causados por térmitas (<i>Cryptotermes brevis</i>)

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: nada para constar

Controle do ambiente interno: nada para constar

Manutenção interna: houve pintura em 2010**Data da vistoria:** Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 47 - Levantamento espacial externo HIS 5

Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Fundação	Pedra	irregular	Natural/ branco	Nada para constar
Paredes	Chapa cimentícia (<i>Siding</i>)	Liso	Clara	Nada para constar
Cobertura	Telha ondulada de fibrocimento 6mm	Liso	Natural	Pontos de vazamento e aderência de microrganismos.
Aberturas	madeira	Lisa	Marron	Nada para constar

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: nada para constar

Controle do ambiente externo: Cerca telada




Suporte social/ recreação: nada para constar




Manutenção externa: houve pintura em 2010**Data da vistoria:** Julho de 2019


Fonte: Elaborado pelo autor

As manifestações patológicas mais recorrentes na HIS 5 foram trincas nas chapas cimentícias (externas e internas), apodrecimento do revestimento interno da parede pelo ataque do *Cryptotermes brevis* e manchas no forro por vazamento no telhado. Também foi observado apodrecimento das portas internas por ataque do *Cryptotermes brevis*, e fendas e apodrecimentos dos elementos de madeira externos. O Quadro 18 apresenta as manifestações patológicas encontradas.

Quadro 18 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 5

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Cobertura			
	Destelhamento	Causa: chuva, vento	
		Origem: uso e manutenção	
	Forro cimentício com manchas de umidade	Causas: umidade chuva e vento	
		Origem: execução e manutenção	
Subsistema Paredes			
	Furos na parede internas	Causas: térmitas (<i>Cryptotermes brevis</i>)	
		Origem: uso e manutenção	

	<p>Trincas nas juntas das chapas cimentícias nas paredes internas</p>	<p>Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade</p>	
		<p>Origem: execução e uso e manutenção</p>	
	<p>“Amassamento” do siding cimentício na base</p>	<p>Causas: umidade, impacto e outros</p>	
		<p>Origem: uso e manutenção</p>	
	<p>Chapa cimentícia com trincas nas paredes externas</p>	<p>Causas: movimentação da estrutura, impacto, variação térmica e/ou umidade</p>	
		<p>Origem: execução</p>	

	<p>Fenda no pilar de madeira da área aberta</p>	<p>Causas: umidade, chuva e/ou radiação solar</p>	
		<p>Origem: projeto</p>	
	<p>Apodrecimento da cantoneira de madeira</p>	<p>Causas: umidade, chuva e/ou radiação solar</p>	
		<p>Origem: projeto, execução e uso e manutenção</p>	
	<p>Furos nas portas internas</p>	<p>Causas: térmitas (<i>Cryptotermes brevis</i>)</p>	
		<p>Origem: uso e manutenção</p>	

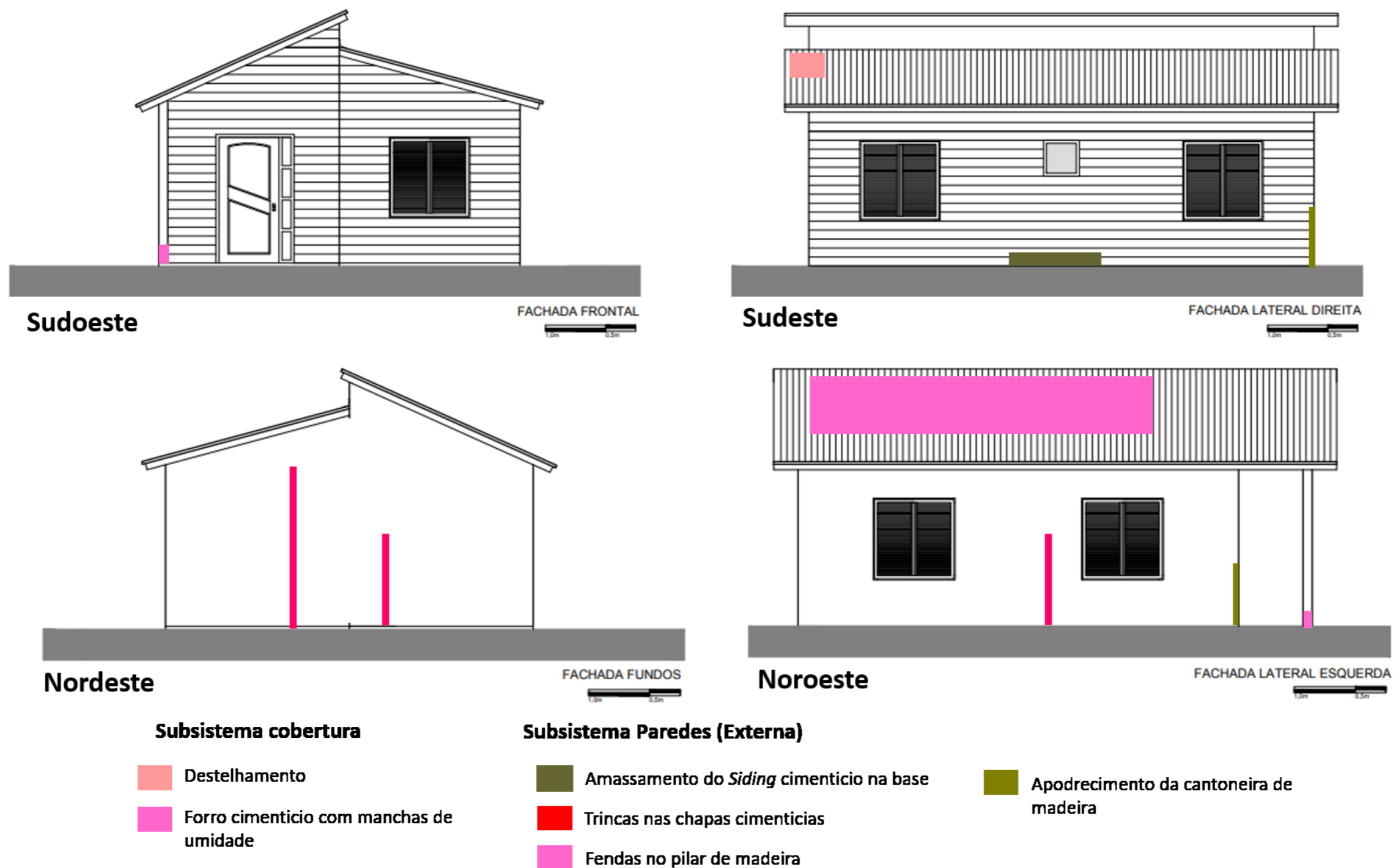
Fonte: Elaborado pelo autor

Nas Figuras 124 e 125 é apresentado a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 5 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 18, porém localizando as mesmas na edificação (fachadas e planta baixa).

Figura 124 – Mapa de danos – fachadas HIS 5

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 5

Mapa de danos – fachadas HIS 5



OBS: A Manifestação Patológica do forro cimentício com manchas foi apresentado nesta FIDs, pois foi a melhor forma de representação da MP.

Data da vistoria: Julho de 2019
Manutenções feitas nas HIS: 2010

Manifestações patológicas (MP)

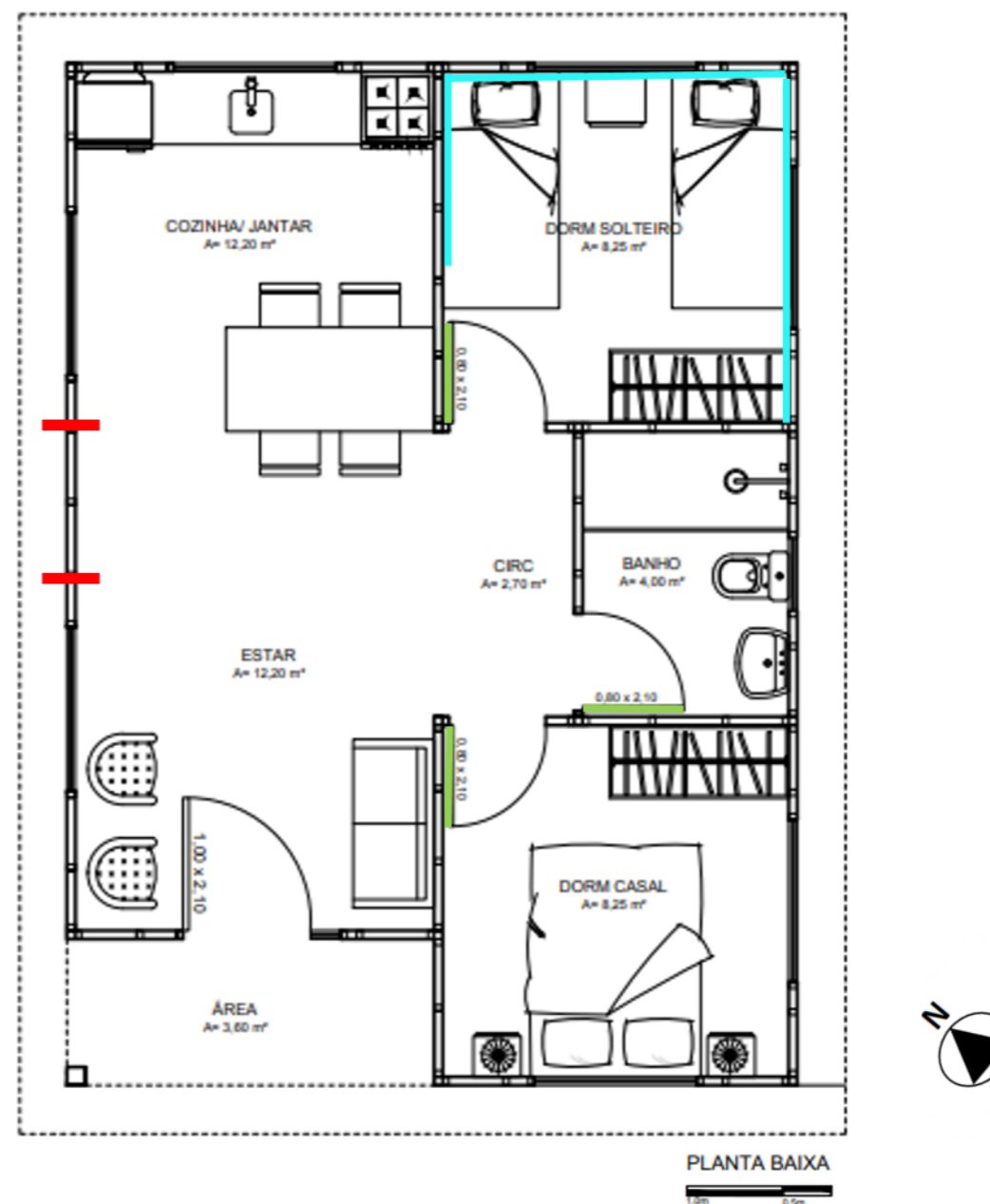
1/1

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 5

Mapa de danos – planta baixa HIS 5

Subsistema Paredes (internas)






- Furo na parede (feito por *Cryptotermes brevis*)
- Trincas nas chapas cimenticias
- Furo na porta (feito por *Cryptotermes brevis*)

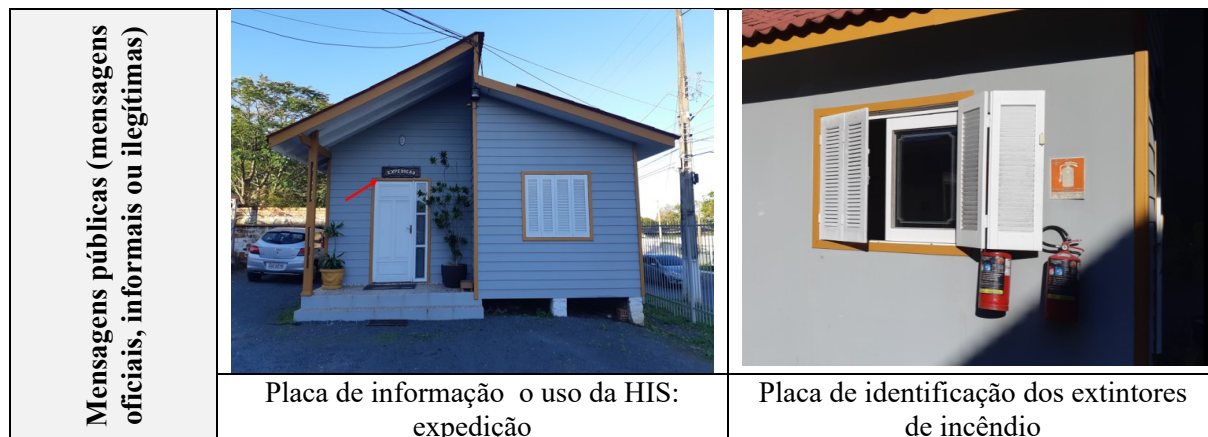


4.5.2 Observação dos traços físicos da HIS 5

Na HIS 5 foi observado o desgaste do assoalho como o principal produto de uso, a adaptação de uso se dá devido a troca de funcionalidade, a utilização de vasos de plantas e dos extintores na fachada lateral são manifestação de identidade expressivas na HIS e as placas de comunicação são mensagens públicas legíveis. No Quadro 19 são apresentados os traços físicos observados na HIS 5.

Quadro 19 - Traços físicos encontrados na HIS 5

<p>Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)</p>		
<p>Desgastes do assoalho</p>		
<p>Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)</p>		
<p>Mesa de refeições dos funcionários ocupando toda a sala e cozinha</p>		<p>Cozinha adaptada no quarto</p>
<p>Manifestações de identidade (personalização, identificação)</p>		
<p>Utilização de vasos de flores</p>		<p>Colocação de extintores de incêndio</p>



Fonte: Elaborado pelo autor

4.5.3 Percepção técnico-construtiva da HIS 5 sob o viés dos construtores

Nesta HIS foram entrevistados dois profissionais (um engenheiro e um arquiteto) que participaram da construção e desenvolvimento da HIS 5 em 2005. Segundo os entrevistados, na época pouco se entendia do sistema LWF e, o que se fazia, “era um improviso tupiniquim do sistema construtivo no Brasil”, não era tão popular o uso de isolante termoacústico e de chapas de contraventamento e, as mantas de vapor não eram comercializadas e/ou fabricadas no País com tanta facilidade como é hoje”. “Havia também a questão do custo, o objetivo do projeto era atender a demanda de baixa renda e a utilização de elementos importados poderia inviabilizar o custo”.

O projeto fez parte de um investimento de uma multinacional e da madeireira de viabilizar a comercialização de chapas cimentícias. Em 2004 foi feito um protótipo em *Light Steel Frame* (LSF) que serviu como base para este projeto, conforme Figura 126.

Figura 126 - A – Protótipo em construção e B – Protótipo em LSF pronto.



Fonte: Autor (2004)

Os dois entrevistados afirmaram que foi feito um projeto baseado na experiência do projeto anterior de *Light Steel Frame*, utilizado os materiais fornecidos pela madeireira e pela empresa multinacional, fabricante das chapas cimentícias. Os mesmos afirmaram que, de maneira geral, o projeto foi bem executado utilizando os materiais disponíveis na época. No Quadro 20 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 5 feita pelos dois entrevistados.

Quadro 20 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 5

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico					
		Projeto complementares					
Fatores de Execução	Fundação						
	Paredes painéis						
	Cobertura						
Fatores dos Materiais	Fundação						
	Estrutura						
	Fechamentos						
	Cobertura						
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.5.4 Percepção da HIS 5 sob o viés dos usuários

Nesta etapa foi entrevistado também o proprietário da madeireira, pois o mesmo apesar de não ter morado na HIS foi a pessoa com maior conhecimento para participar da entrevista sob o viés do usuário. Porém é importante salientar que esta condição trouxe imprecisões na avaliação.

Segundo o entrevistado, o LWF é um sistema construtivo ruim e que não deseja trabalhar novamente, pois não é uma casa de alvenaria e não é uma casa de madeira totalmente,

o valor fica próximo de uma casa feita de Ipê (*Handroanthus*) ou Grapia (*Apuleia leiocarpa*) duplada. O mesmo afirmou também que a HIS 5 foi muito experimental e que as juntas das chapas cimentícias foram o grande problema na época, refeita diversas vezes. Por fim, o mesmo afirmou que a HIS é muito quente e o desempenho acústico é igual a uma casa duplada feita de ipê.

Nesta etapa não foi considerado os fatores sociais já que a HIS foi construída dentro do terreno da madeireira do entrevistado e, o Poema dos desejos, não foi aplicado. No Quadro 21 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 7 sobre o viés do usuário (proprietário da madeireira).

Quadro 21 - Síntese da avaliação da HIS 5 feita pelo o usuário

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.6 ESTUDO DE CASO - HIS 6 – CAXIAS DO SUL

A HIS 6 fica localizada da cidade de Caxias do Sul, RS e foi construída no método artesanal em 2005, sendo o primeiro protótipo em LWF para uma madeireira que atua no

mercado de casas de madeira e alvenaria. A fachada principal da HIS está localizada na orientação noroeste, conforme Figura 127.

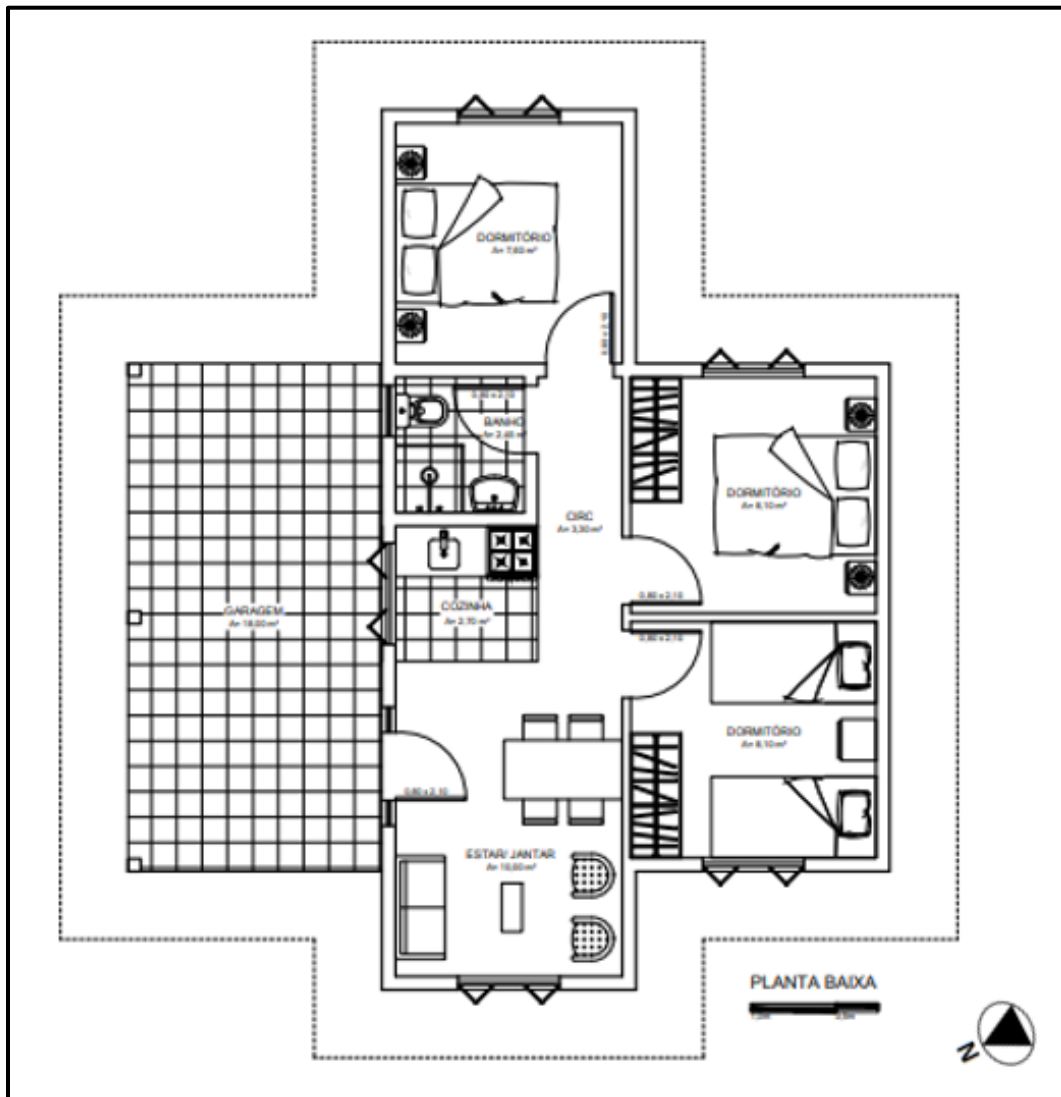
Figura 127 - Implantação da HIS 6.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Na Figura 128 é apresentado a planta baixa da HIS 6 com área total de 58,95 m² tendo seis ambientes (varanda, sala, cozinha, dois dormitórios e banheiro). Na Figura 129 são apresentadas imagens do exterior e do interior da HIS 6.

Figura 128 - Planta baixa da HIS 6.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 129 - A- Perspectiva externa e B – vista interna da HIS 6.



Fonte: Autor (2019)

4.6.1 Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 6

O subsistema cobertura é composta por treliças retangulares e longarinas de Angelim Pedra (*Hymenolobium petraeum*), telhas metálicas gravilhadas e forro de madeira (Angelim). As paredes são compostas por ossatura dupla de Angelim Pedra (seção: 3,5 x 7 cm + 2,5 x 5 cm), fechamentos externos e internos com chapas cimentícias CRFS. O subsistema parede contém isolante termoacústico, mas não contém manta de vapor e chapas de contraventamento. O subsistema fundação é feito de sapatas corridas de pedra basalto com plataforma e assoalho sendo o piso do banheiro e da cozinha com de chapa cimentícia com um contrapiso armado. A Figura 130 apresenta a construção da HIS 6 no método artesanal.

Figura 130 - A e B – Construção da HIS 6.



Fonte: Autor (2005)

A HIS 6 não foi utilizada como habitação, mas como escritório da madeireira e showroom do sistema construtivo LWF. Assim os componentes de estresse e bem-estar internos não se aplicam para esta HIS. Nas Tabelas 48 e 49 são apresentados os resultados da visita exploratório, identificando os tipos de acabamento e as primeiras manifestações patológicas.

Tabela 48 - Levantamento espacial interno HIS 6

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Madeira	Liso	escuro	Desgaste superficial no piso em alguns pontos.
Paredes	Chapa cimentícia	Lisa	Branco	Trincas
Paredes	Lambri de madeira	Lisa	Branco	Nada para constar
Forro	Chapa cimentícia	Lisa	Branco	Nada para constar
Abertura	madeira	lisa	Marron	Nada para constar
Paredes do banheiro	Chapa cimentícia e cerâmico	Liso	Clara	Trincas nas chapas cimentícias e nos rejuntas

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: nada para constar

Controle do ambiente interno: nada para constar

Manutenção interna: foi feito o tratamento de juntas e pintada 2008, 2012 e 2015**Data da vistoria:** Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 49 - Levantamento espacial externo HIS 6

Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Fundação	Pedra	irregular	Natural/ branco	Nada para constar
Paredes	Chapa cimentícia	Liso	Clara	Trincas nas juntas e nos cantos
Cobertura	Telha ondulada de fibrocimento 6mm	Liso	Natural	Nada para constar
Aberturas	madeira	Lisa	Marron	Descascamento da tinta

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: nada para constar

Controle do ambiente externo: nada para constar


Suporte social/ recreação: nada para constar



Manutenção externa: foi feito o tratamento de juntas e pintada 2008, 2012 e 2015**Data da vistoria:** Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor


As manifestações patológicas mais recorrentes na HIS 6 foram trincas nas chapas cimentícias (externas), movimentação das paredes e fendas nos elementos externos de madeira. O quadro 22 apresenta as manifestações patológicas encontradas.

Quadro 22 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 6

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Cobertura			
	Telhas amassadas	Causa: impacto, sobrepeso	
		Origem: uso e manutenção	
Subsistema Paredes			
	Descolamento do rejunte	Causas: movimentação estrutural	
		Origem: projeto, execução e uso e manutenção	
	Trincas nas juntas das chapas cimentícias nas paredes internas	Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade	
Origem: execução			

	Trinca no “vértice” das paredes	Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade	
		Origem: projeto e execução	
	Trincas nas juntas das chapas cimentícias nas paredes internas	Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade	
		Origem: execução	

	<p>Fendas no pilar de madeira da área aberta</p>	<p>Causas: umidade, chuva e/ou radiação solar</p>	
		<p>Origem: projeto</p>	
	<p>Chapa cimentícia com trincas nas paredes externas</p>	<p>Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade</p>	
		<p>Origem: execução</p>	
	<p>Movimentação entre a chapa cimentícia e o batente da porta</p>	<p>Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade</p>	
		<p>Origem: projeto</p>	

	Causas: impacto, e/ou umidade	
	Origem: execução	

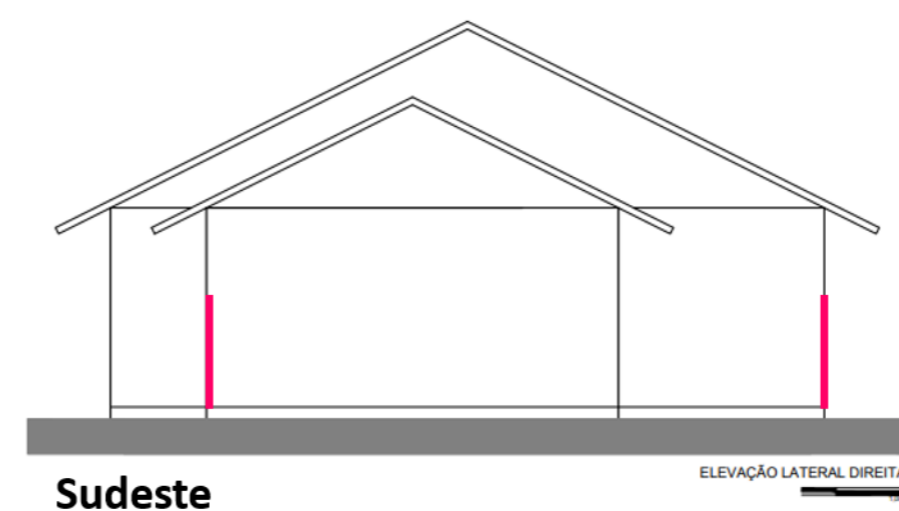
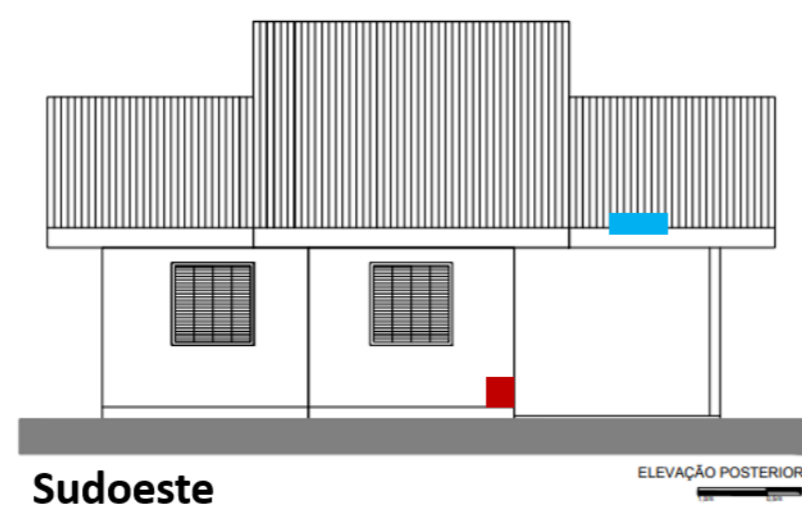
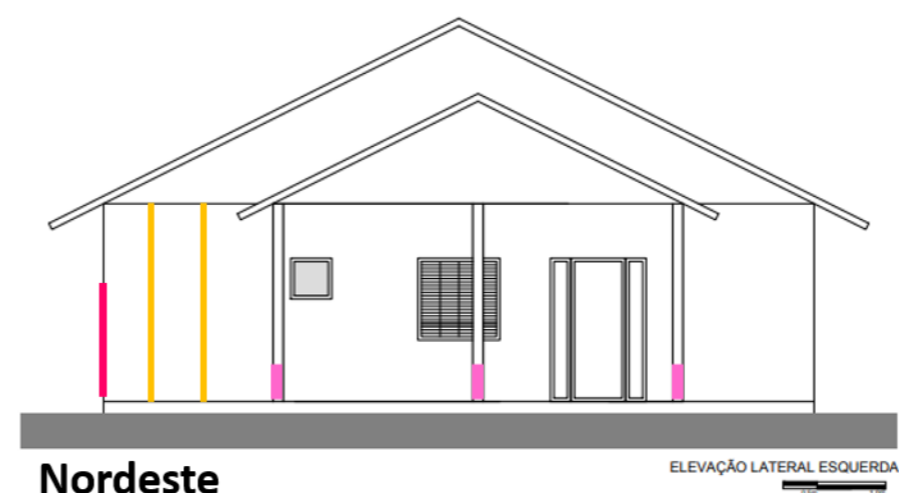
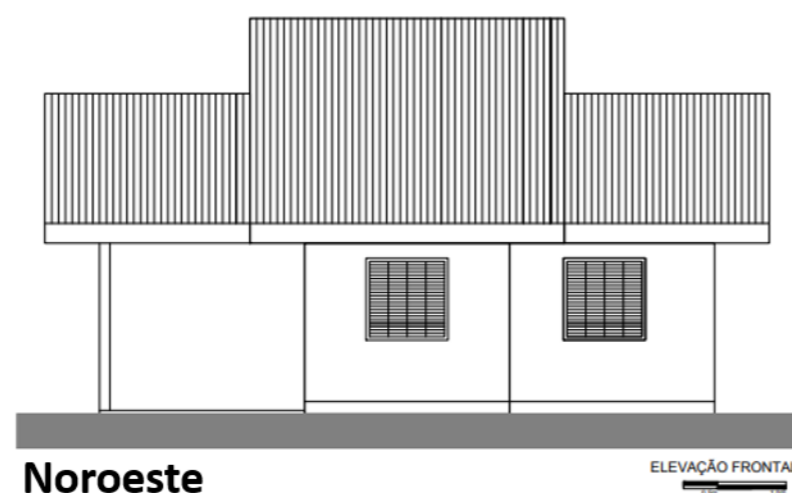
Fonte: Elaborado pelo autor

Nas Figuras 131 e 132 é apresentado a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 6 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 22, porém localizando as mesmas na edificação (fachadas e planta baixa).

Figura 131 – Mapa de danos – fachadas HIS 6


FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 6


Mapa de danos – fachadas HIS 6


**Subsistema cobertura**


 Telhas amassadas Destelhamento

Subsistema Paredes (Externa)

 Trincas no "vértice" da parede

 Fenda no pilar de madeira

 Chapa cimentícia com trincas nas juntas

 Descolamento de película nas chapas cimentícias

OBS: Não foram considerados pequenos desgastes e marcas como Manifestação Patológica

Data da vistoria: Julho de 2019
Manutenções feitas nas HIS: 2008, 2012 e 2015

Manifestações patológicas (MP)

1/1

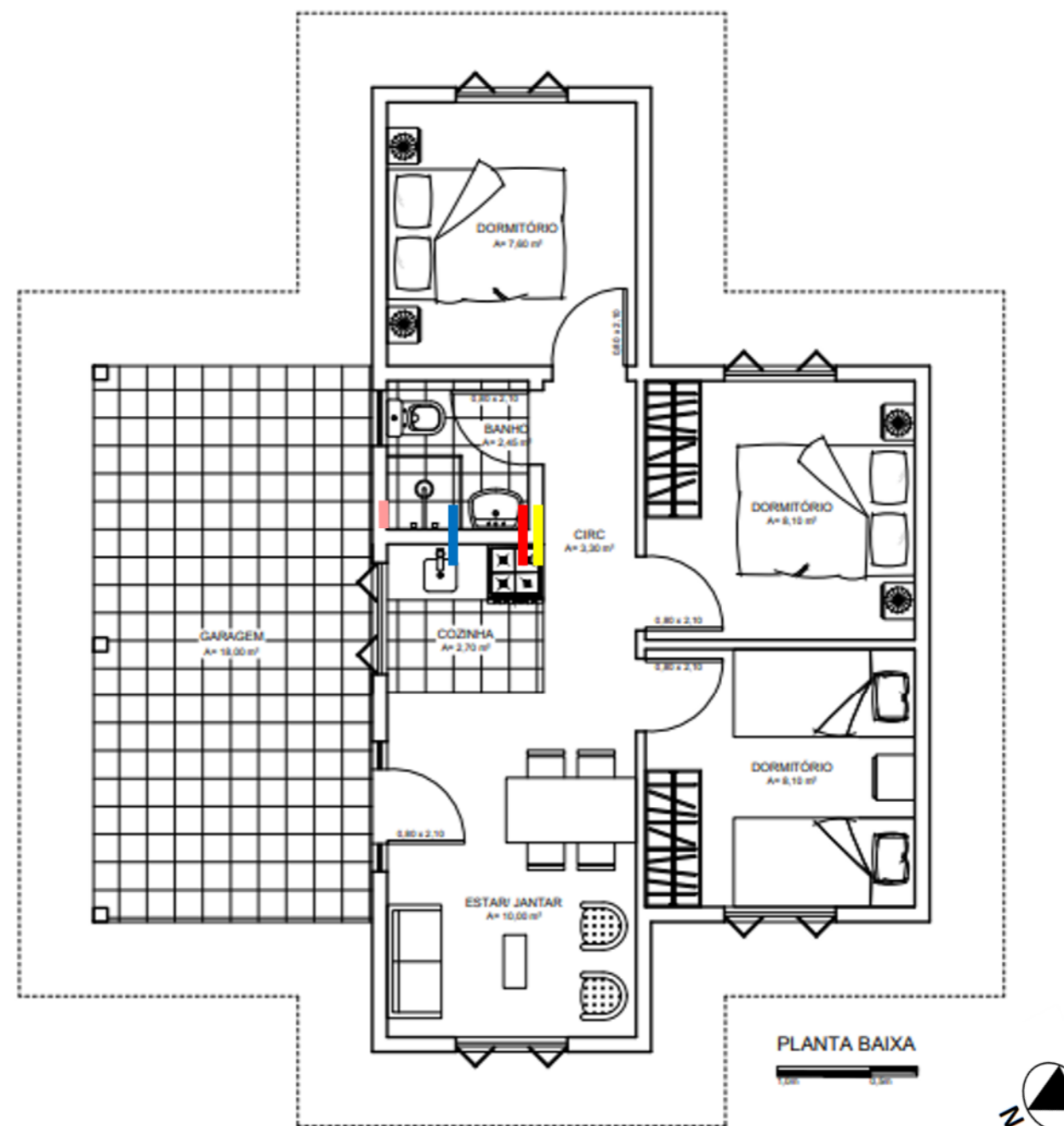
FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 6

Mapa de danos – planta baixa HIS 6

Subsistema Paredes (internas)

- Desprendimento do rejunte
- Trincas nas chapas cimenticias
- Trincas nas juntas das chapas cimenticias
- Movimentação da chapa cimenticia e do batente da porta

OBS: Não foram considerados desgastes e manchas como Manifestações Patológicas.



4.6.2 Observação dos traços físicos da HIS 6

Na HIS 6 foi observado o desgaste do assoalho como o principal produto de uso, a adaptação de uso se dá devido a troca de funcionalidade, a manifestação de identidade é notável com a decoração bem elaborada e são exemplos de mensagens públicas a ausência do mobiliário tradicional da cozinha e a grade de proteção da janela do banheiro. No Quadro 23 são apresentados os traços físicos observados na HIS 6.

Quadro 23 - Traços físicos encontrados na HIS 6

<p>Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)</p>	 <p>Desgastes do assoalho</p>	
<p>Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)</p>	 <p>Impressora (ploter) em um quarto</p>	 <p>Cortinas e tapetes na sala/ recepção</p>

Manifestações de identidade (personalização, identificação)		
	Utilização de floreira na janela	Colocação de quadros na parede
Mensagens públicas (mensagens oficiais, informais ou ilegítimas)		
	Ausência dos equipamentos tradicionais da cozinha (fogão , armários) mostram a troca de funcionalidade	Utilização de barras de proteção na janela do banheiro

Fonte: Elaborado pelo autor

4.6.3 Percepção técnico-construtiva da HIS 6 sob o viés dos construtores

Nesta HIS foi entrevistado o proprietário da madeireira que participou da construção e desenvolvimento da HIS 6 em 2005. Segundo o mesmo a residência tem boa qualidade, porém houve alguns problemas de movimentação da estrutura e trincas nas juntas das chapas cimentícias. Sobre o desempenho termoacústico o mesmo disse que é satisfatório, porém é fundamental utilizar o isolante térmico no clima da serra gaúcha (Zona Bioclimática 1). No Quadro 24 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 6 feita pelo entrevistado.

Quadro 24 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 6

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico					
		Projeto complementares					
Fatores de Execução	Fundação						
	Paredes painéis						
	Cobertura						
Fatores dos Materiais	Fundação						
	Estrutura						
	Fechamentos						
	Cobertura						
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.6.4 Percepção da HIS 6 sob o viés dos usuários

Nesta etapa foi entrevistado um dos arquitetos que trabalha na HIS 6. O mesmo afirmou que a casa é fria no inverno, mas que no geral tem bom desempenho térmico e, disse que a HIS, apesar de estar adaptada para escritório é muito funcional e cumpre o papel no qual esta sendo destinada.

Nesta etapa não foi considerado os fatores sociais já que a HIS foi construída dentro do terreno da madeira e, o Poema dos desejos, não foi aplicado. No Quadro 25 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 6 feita pelos os usuários.

Quadro 25 - Síntese da avaliação da HIS 6 feita pelos os usuários

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7 ESTUDO DE CASO - HIS 7 – SAPUCAIA DO SUL

A HIS 7 fica localizado na cidade de Sapucaia do Sul, RS, e faz parte de um conjunto habitacional de 114 casas térreas construídas no método dos painéis em 2015. A fachada principal da HIS está localizada na orientação sudeste. A Figura 133 apresenta a implantação da HIS 7 e, a Figura 134, apresenta duas perspectivas das ruas do conjunto habitacional.

Figura 133 - Implantação da HIS 7.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Figura 134 - A e B – Perspectivas das ruas do conjunto habitacional em Sapucaia do Sul, RS.



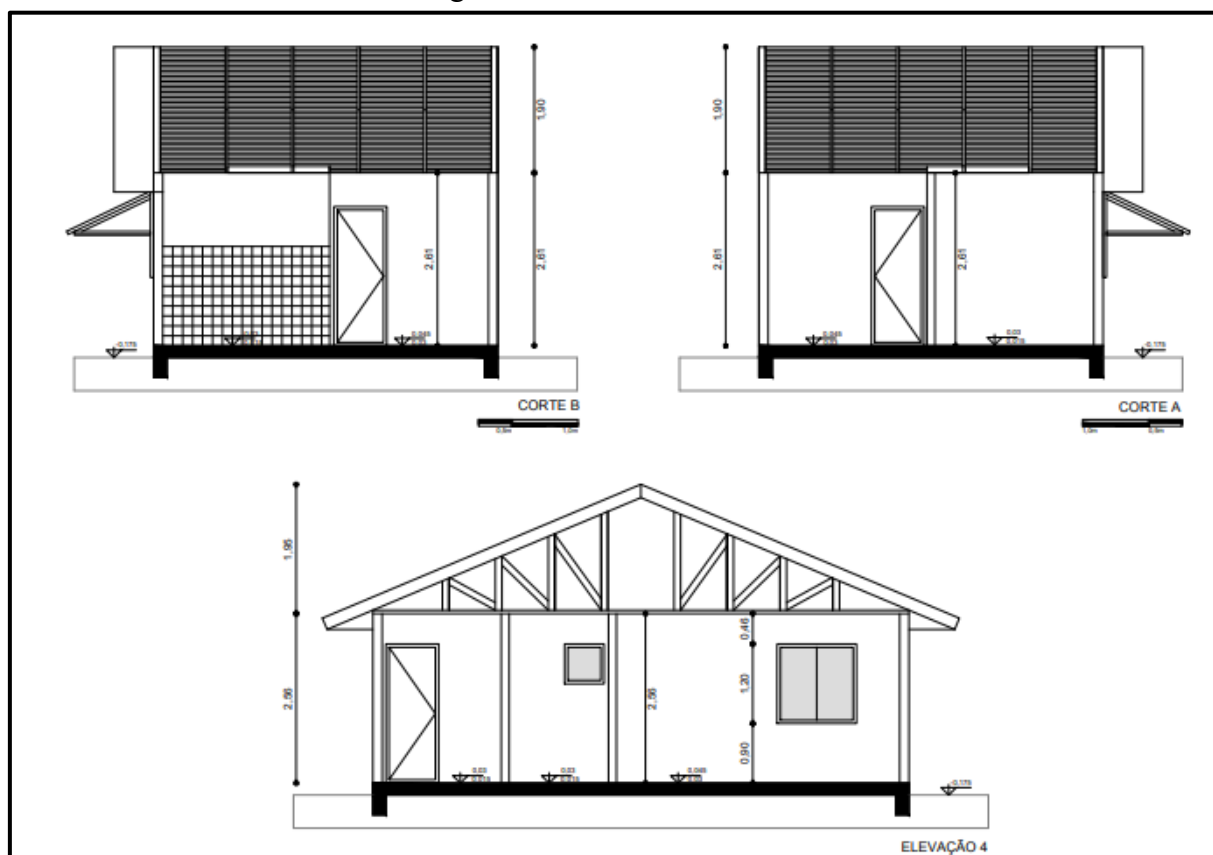
Fonte: Autor (2019)

Na Figura 135 é apresentado a planta baixa da HIS 7 com cinco ambientes (sala, cozinha, dois dormitórios e banheiro), somando 42,12 m². Na HIS moram três pessoas: marido, mulher e filha pequena. Na Figura 136 são apresentadas imagens do exterior e do interior da HIS 7.

4.7.1 Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 7

Foi constatado que HIS 7 tem forro interno de PVC branco e estrutura do subsistema cobertura com treliças triangulares de madeira e telhas cerâmicas na cor natural. As paredes são compostas por ossatura de madeira de pinus tratado com CCA (seção: 40 x 90 mm), fechamentos internos com gesso acartonado (*standard*) e (RU) no banheiro, isolante termoacústico nas paredes, no fechamento externo são utilizados chapas de OSB como contraventamento, manta de vapor e chapas cimentícias CRFS como fechamento externo com acabamento em *basecoat* (argamassa telada). O piso (fundação) é feito de radier e revestido de piso cerâmico A Figura 137 apresenta os cortes da HIS 7.

Figura 137 - Cortes da HIS 7.



Fonte: Autor (2019)

As manifestações patológicas encontradas nesta etapa foram piso cerâmico quebrado, trincas nas juntas nas chapas de gesso acartonado, deslocamento dos batentes das portas e janelas, abaulamento do forro de PVC.

Já os componentes de estresse e bem-estar internos constatados são gerados pela as próprias manifestações patológicas encontradas e, como controle do ambiente interno, apenas

foram observadas cortinas. Na tabela 50 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas encontradas, inicialmente, no ambiente interno.

Tabela 50 - Levantamento espacial interno HIS 7

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Cerâmico	Liso	Clara	Desgastes superficiais e quadrados
Paredes	Gesso acartonado	Lisa	Branca	Trincas
Teto	PVC	Lisa	Branca	Abaulamento do forro de PVC
Abertura	Alumínio	lisa	Branca	Descolamento dos batentes
Paredes do banheiro	Gesso acartonado e cerâmico	Liso	Branco	Trincas

Componentes de estresse e bem estar
 Distrações positivas: nada para constar
 Controle do ambiente interno: cortinas de tecido
Manutenção interna: não houve
Data da vistoria: Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

No ambiente externo foram observadas trincas nas chapas cimentícias, principalmente entre as juntas, deslocamento do revestimento cerâmico do tanque de lavar roupa, destelhamento na cobertura e falhas na algerosa metálica de acabamento do telhado. Na Tabela 51 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas do ambiente externo.

Tabela 51 - Levantamento espacial externo HIS 7

Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso (Calçada)	Concreto/grama	Áspero	Cinza/verde	Trincas
Paredes	Chapa Cimentícia	Áspero	bage	Trincas
Cobertura	Telha Cerâmica	Liso	Natural	Destelhamento e falhas no acabamento metálico (algerosa)
Aberturas	Alumínio	Lisa	Branca	Descolamento dos batentes (acabamentos)

Componentes de estresse e bem estar
 Distrações positivas: nada a constar
 Controle do ambiente externo: ausência de paisagismos e vegetação
 Suporte social/ recreação: ausência de equipamentos para o convívio social
Manutenção externa: não houve
Data da vistoria: Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Como componentes de estresse e distração observou que o entorno falta equipamentos sociais, o conjunto habitacional está localizado no final do município de Sapucaia do Sul, em

um local com índices de homicídios e violência elevados. A Figura 138 apresenta o entorno da HIS 7 mostrando o final do perímetro urbano e o início da “área verde”.

Figura 138 - Entorno da HIS 7.








Fonte: Autor (2019)




O Quadro 26 apresenta as principais manifestações patológicas encontradas na HIS 7, para avaliação do subsistema cobertura houve algumas limitações devido ao acesso e falta de segurança para realizar a inspeção inicial. Os subsistemas parede e cobertura foram os que mais apresentaram manifestações patológicas. Também foi encontrando problemas nos acabamentos das portas e janelas da HIS 7.

Quadro 26 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 7

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Cobertura			
	Goteiras na cobertura	Causa: movimentação da estrutura, chuva e/ou vento	
		Origem: uso e manutenção	

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
	Abaulamento do forro de PVC	Causa: movimentação da estrutura e força da gravidade	
		Origem: execução	
	Fresta no rufo de acabamento do telhado	Causa: movimentação da estrutura ou/ peça de acabamento curta (falha humana)	
		Origem: projeto e execução	
Subsistema Paredes			
	Descolamento do batente (acabamento) da porta	Causas: impacto, movimentação	
		Origem: projeto e uso e manutenção	

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Amarelo	Descolamento das placas cerâmicas externas (do tanque de lavar roupa)	<p>Causas: água, umidade, radiação solar e/ou movimentação da estrutura</p>	
		<p>Origem: uso e manutenção</p>	
Azul	Trincas nas juntas das chapas de gesso	<p>Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade</p>	
		<p>Origem: execução</p>	
Amarelo	Descolamento do selante das juntas entre chapas cimentícias externas	<p>Causas: movimentação da estrutura, sujeira, variação térmica e/ou umidade</p>	
		<p>Origem: projeto e execução</p>	

	Frestas entre a parede e a fundação	Causas: movimentação da estrutura	
		Origem: projeto e execução	
Subsistema fundação / piso			
	Piso cerâmico quebrado e lascado	Causas: força mecânica e/ou umidade	
		Origem: uso e, manutenção	
	Piso cerâmico quebrado do banheiro	Causas: força mecânica e/ou umidade	
		Origem: uso e manutenção	

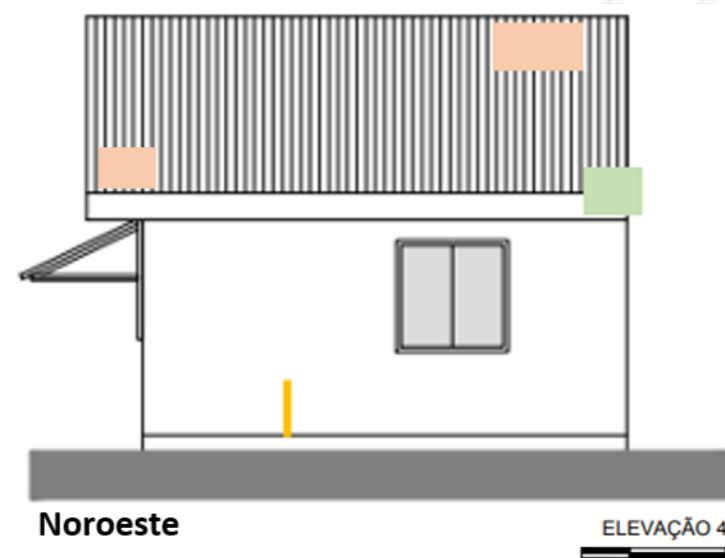
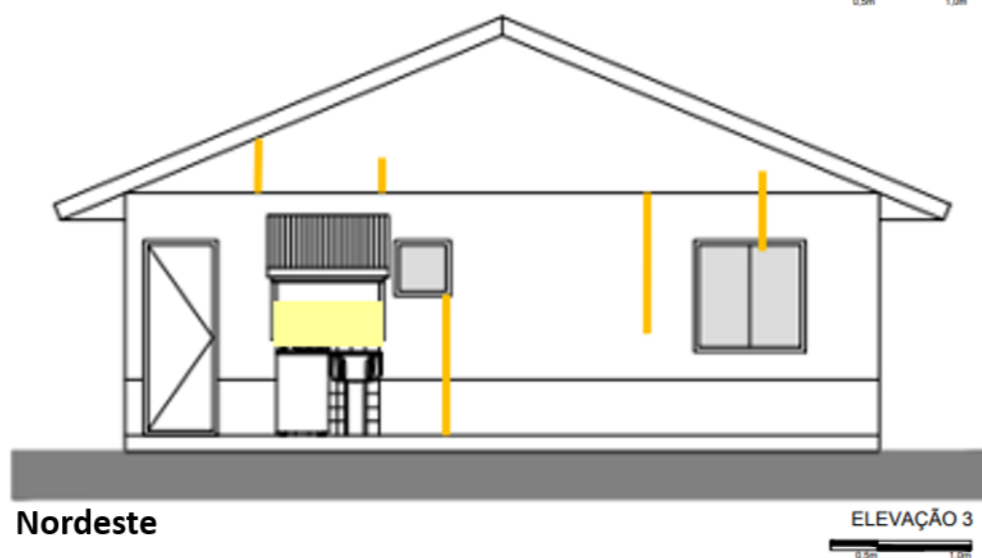
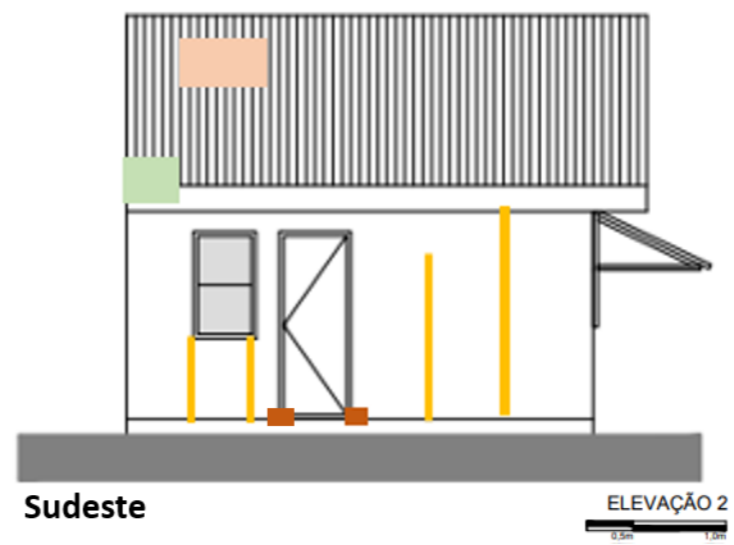
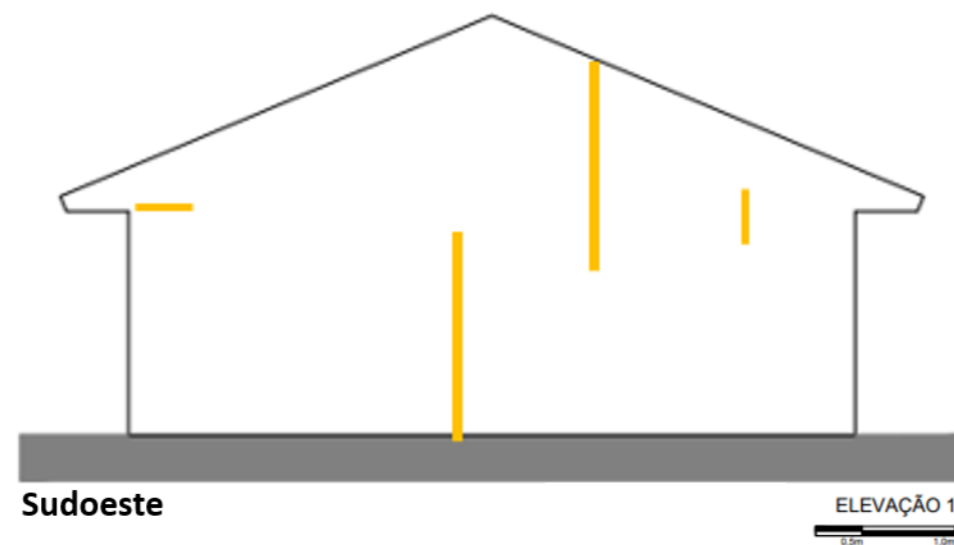
Fonte: Elaborado pelo autor

Nas Figuras 139 e 140 é apresentado a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 7 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 26, porém localizando as mesmas na edificação.

Figura 139 – Mapa de danos – fachadas HIS

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 7

Mapa de danos – fachadas HIS 7

**Subsistema cobertura**

- Goteiras na cobertura
- Frestas no rufo do acabamento do telhado

OBS: A Manifestação Patológica de abaloamento do forro não representada na FID's.
Elevação quatro tem o anexo em sua face.

Subsistema Paredes (externas)

- Descolamento da batente da porta
- Descolamento de placas cerâmicas externas
- Descolamento dos selantes das juntas
- Frestas entre a parede e a fundação

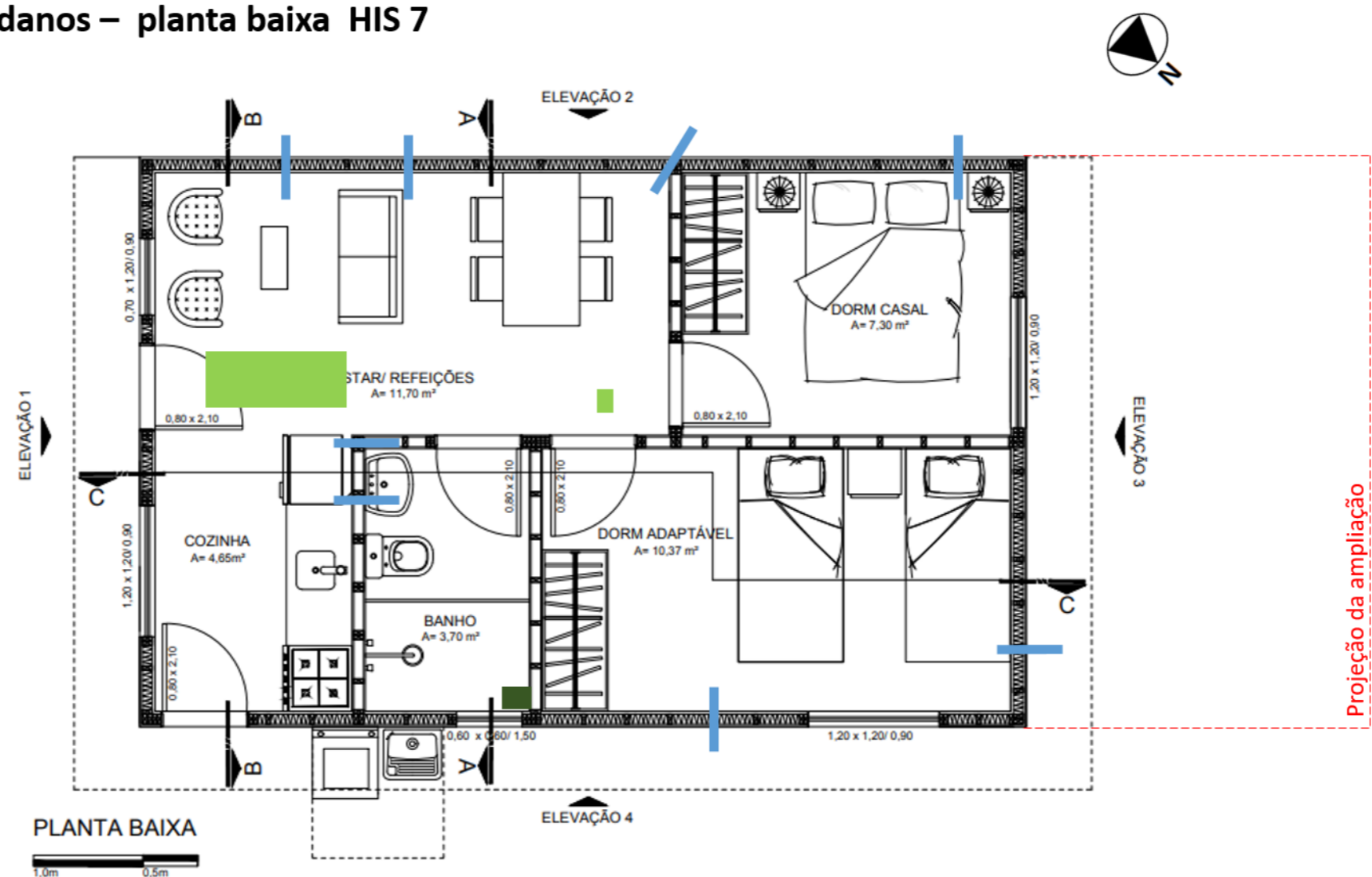
Data da vistoria: Julho de 2019
Manutenções feitas nas HIS: Não houve

Manifestações patológicas (MP)


1/2

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 7


Mapa de danos – planta baixa HIS 7



Subsistema Paredes (internas)

 Trincas nas juntas das chapas de gesso

Subsistema Fundação (piso)

 Piso cerâmico trincado e lascado

 Piso cerâmico quebrado

OBS: A Manifestação Patológica do piso trincado foram marcados apenas as principais na FID's, pois a lascas por toda a superfície da HIS.

Não foram considerados as manchas de sujeira e das paredes como manifestação patológica.

Data da vistoria: Julho de 2019
Manutenções feitas nas HIS: Não houve

Manifestações patológicas (MP)

2/2

4.7.2 Observação dos traços físicos da HIS 7



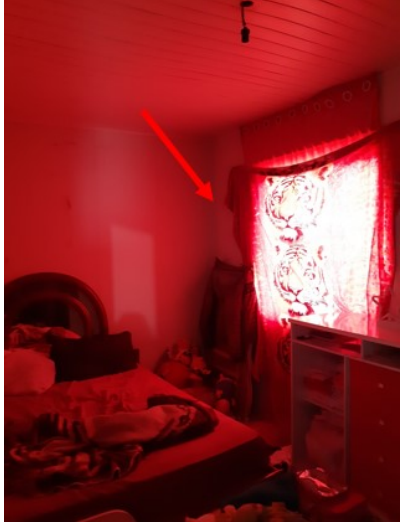


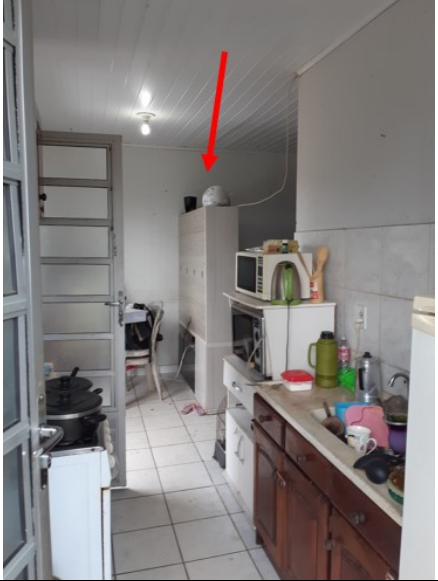
Foi observado diversos desgastes na edificação que foram produzidos pelos os usuários da HIS 7. Também há adaptações, principalmente, no que tange a funcionalidade do ambiente, tais como a ampliação da HIS para uso de uma oficina improvisada e divisões dos ambientes feitas pelo mobiliário. A Figura 141 mostra uma ampliação nos fundos da HIS 7, o que é comum, também, nas outras unidades do conjunto habitacional e, no Quadro 27, são apresentados os traços físicos mais significativos observados na HIS.

Figura 141 - Ampliação nos fundos da HIS 7.



Fonte: Autor (2019)

Quadro 27 - Traços físicos encontrados na HIS 7

<p>Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)</p>		
	<p>Marcas de sujeira nas paredes da sala</p>	<p>Marcas nas quinas das paredes</p>
<p>Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)</p>		
	<p>Cortina no quarto</p>	<p>Construção do anexo para funcionamento de uma oficina</p>
<p>Manifestações de identidade (personalização, identificação)</p>		
	<p>A presença de brinquedos e mobiliário infantil</p>	<p>Utilização dos móveis com separação dos ambientes</p>

Mensagens públicas (mensagens oficiais, informais ou ilegítimas)	
Presença de brinquedo na frente da casa comunica que há crianças	

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.3 Percepção técnico-constructiva da HIS 7 sob o viés dos construtores

Nesta etapa foram entrevistados dois engenheiros que participaram da construção do conjunto habitacional em Sapucaia do Sul. Assim as conclusões desta subseção também servem para a HIS 8 e 9 já que as mesmas fazem parte do mesmo conjunto habitacional que a HIS 7.

Os dois engenheiros entrevistados afirmaram que as habitações não estão sendo utilizadas corretamente pelos os usuários, já que os mesmos desconhecem o sistema construtivo. Os entrevistados afirmaram que foi feito palestras para os moradores, pois os mesmos não acreditavam que a obra seria “duradoura”, mas que na época da entrega das chaves das HIS todos os moradores ficaram satisfeitos.

Os entrevistados afirmaram que são casas pequenas, de 42 m², e que chegavam os painéis de duas habitações em um caminhão, sendo que a montagem demorava em média de 5 a 7 dias úteis para ficar prontas as duas unidades.

Afirmaram também que no início da obra houve dificuldades para colocação/locação dos painéis do subsistema paredes devido a má execução do radier, os problemas ocorreram no nivelamento do radier, e também na incompatibilidade da modulação dos painéis com a tubulação de espera do hidrossanitário. Na execução (locação) choveu muito, houve inclusive a troca de algumas chapas de OSB devido a umidade excessiva. Outra dificuldade citada no canteiro de obras, foi com a qualidade da mão-de-obra.

Uma das principais anomalias que ocorreram na execução da obra foi o descolamento da cerâmica nas áreas úmidas, assim foi substituído a argamassa de assentamento - tipo AC II pelo tipo AC III para a correção do problema.

Um dos entrevistados também afirmou que a impermeabilização na base dos painéis não foi bem executada, pois foi utilizado emulsão asfáltica, o que ele não achou adequado.

Outros fatores que o mesmo citou, foi que a lona do radier, utilizada para evitar a umidade ascendente do solo (por capilaridade), era muitas vezes, rasgada na colocação da ferragem, que as janelas de alumínio não tinham boa qualidade e a madeira da estrutura tinha muito nó e, algumas vezes, abaulavam.

Sobre o conforto ambiental, os engenheiros afirmaram que a ventilação e a iluminação são boas, mas que o sistema construtivo não permite a troca de calor (perda do calor pelas paredes) tendo que ser melhor avaliado nas zonas bioclimáticas mais quentes.

Por fim, um dos engenheiros afirmou nunca ter morado em uma casa de madeira, mas que moraria sem problemas em uma casa de LWF, já o outro, mencionou que não gostaria de morar em uma casa construída em LWF devido ao custo e a qualidade de execução atual. No Quadro 28 é apresentado a síntese da avaliação de projeto e construtiva das HIS do conjunto habitacional de Sapucaia do Sul.

Quadro 28 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva das HIS 7, 8 e 9

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico					
		Projeto complementares					
Fatores de Execução	Fundação						
	Paredes painéis						
	Entrepiso						
	Cobertura						
Fatores dos Materiais	Fundação						
	Estrutura						
	Fechamentos						
	Cobertura						
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.4 Percepção da HIS 7 sob o viés dos usuários

Segundo o morador entrevistada da HIS 7, as principais manifestações patológicas aconteceram no radier devido ao aterro mal executado (Figura 142) e nas aberturas. O mesmo achou, inicialmente, as paredes muito frágeis, mas depois, segundo ele, se acostumou. O entrevistado afirmou que houve algumas goteiras no telhado, após um vento muito forte, que danificou também os painéis de aquecimento utilizado para aquecer a água do chuveiro. Por fim o mesmo afirmou que no geral a HIS é muito boa e bem melhor que a casa que eles moravam antes. No Quadro 29 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 7 feita pelo o usuário.

Figura 142 - Imagem da fundação (radier) e do aterro da HIS 7.



Fonte: Autor (2019)

Quadro 29 - Síntese da avaliação da HIS 7 feita pelo o usuário

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

Na HIS 7 foi aplicado o poema dos desejos no proprietário da casa após a entrevista semiestruturada. O poema foi fornecido pelo pesquisador no dia 22 de Julho de 2019, no período da manhã, o proprietário demonstrou satisfação com a casa com um desenho, mostrando ele, sua esposa e sua filha com uma casa, uma árvore, um coração, estrelas, nuvens e sol, conforme Figura 143.

Figura 143 - Poema do desejo de forma escrita da HIS 7.

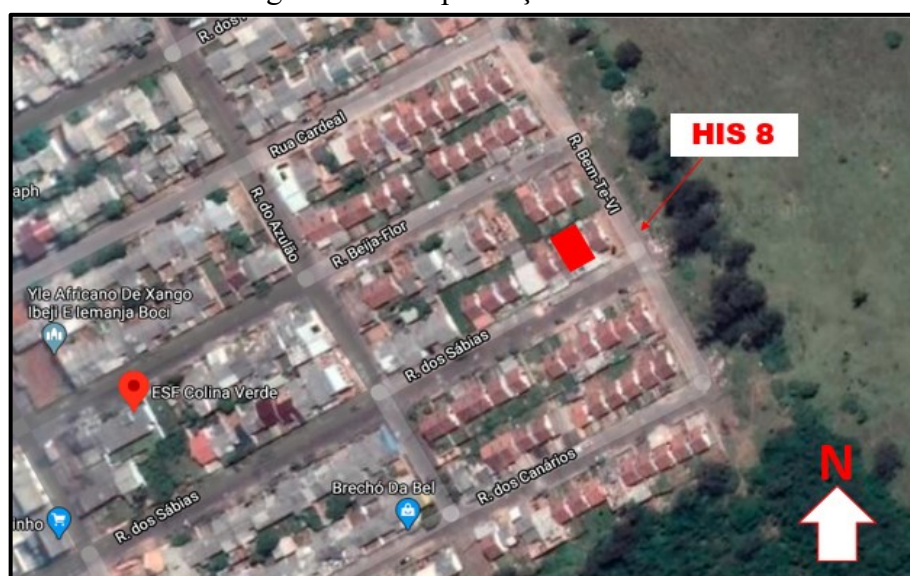


Fonte: Autor (2020)

4.8 ESTUDO DE CASO - HIS 8 – SAPUCAIA DO SUL

A HIS 8 fica localizado ao lado da HIS 7 na cidade de Sapucaia do Sul, RS, e também faz parte de um conjunto habitacional de 114 casas térreas construídas no método dos painéis em 2015. A fachada principal da HIS está localizada na orientação sudeste. A Figura 144 apresenta a implantação da HIS 8.

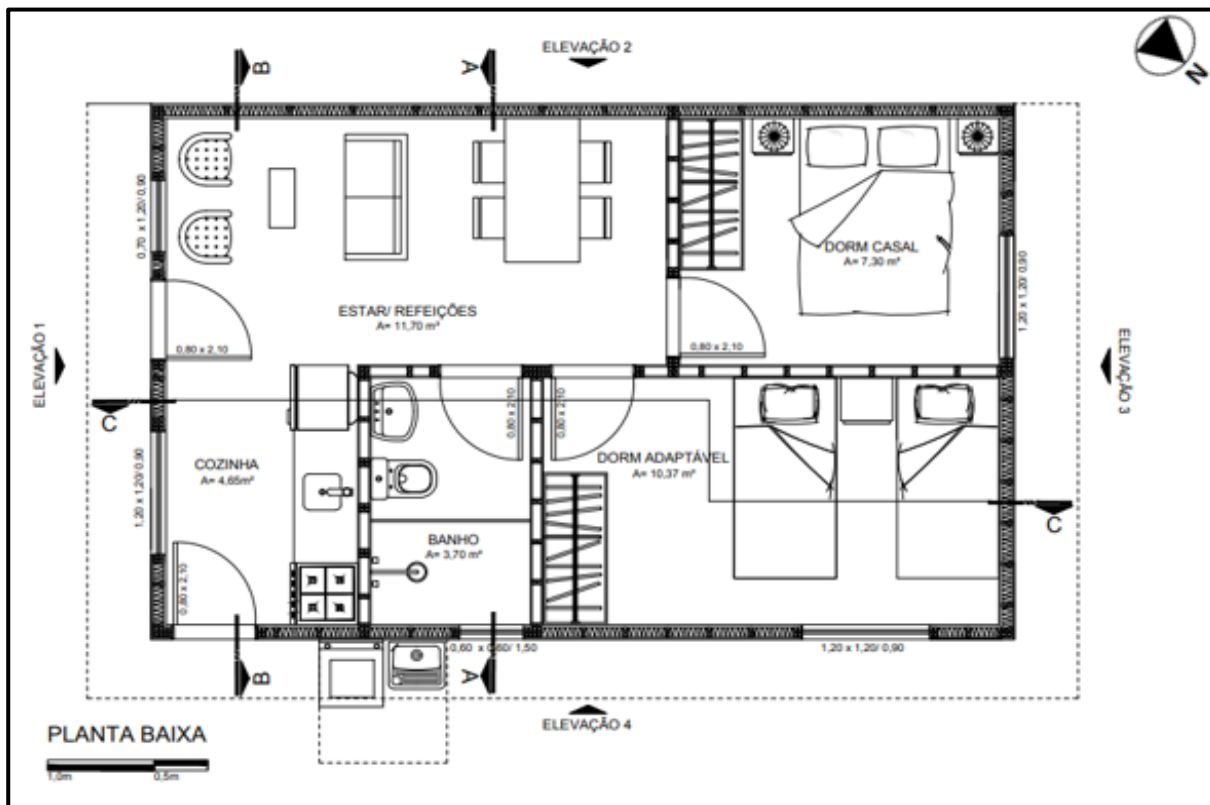
Figura 144 - Implantação da HIS 8.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Na Figura 145 é apresentado a planta baixa da HIS 8 com cinco ambientes (sala, cozinha, dois dormitórios e banheiro), somando 42,12 m². Na HIS moram duas pessoas: marido e mulher já idosos. Na HIS foi feito uma construção na frente que serve como um pequeno armazém. Na Figura 146 são apresentadas imagens do exterior e do interior da HIS 8.

Figura 145 - Planta baixa da HIS 8.



Fonte: Autor (2019)

Figura 146 - A - vista externa e B – vista interna da HIS 8.



Fonte: Autor (2019)

4.8.1 Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 8

Foi constatado que HIS 8 tem forro interno de PVC branco e estrutura do subsistema cobertura com treliças triangulares de madeira e telhas cerâmicas na cor natural. As paredes são compostas por ossatura de madeira de pinus tratado com CCA (seção: 40 x 90 mm), fechamentos internos com gesso acartonado (*standard*) e (RU) no banheiro, isolante termoacústico nas paredes, no fechamento externo são utilizados chapas de OSB como contraventamento, manta de vapor e chapas cimentícias CRFS como fechamento externo com acabamento em *basecoat* (argamassa telada). O piso (fundação) e feito de radier e revestido de piso cerâmico. O projeto e os materiais utilizados são os mesmos da HIS 7.

As manifestações patológicas encontradas nesta etapa foram piso cerâmico solto e desnivelado e trincas nas juntas nas chapas de gesso acartonado.

Já os componentes de estresse e bem-estar internos constatados são gerados pelas próprias manifestações patológicas encontradas e como controle do ambiente interno foram observados cortinas e grades. Na tabela 52 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas encontradas no ambiente interno.

Tabela 52 - Levantamento espacial interno HIS 8

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Cerâmico	Liso	Clara	Solto e desnivelado
Paredes	Gesso acartonado, algumas partes com papel de parede	Lisa	Branca/vermelha	Trincas
Teto	PVC	Lisa	Branca	Nada para constar
Abertura	Alumínio	lisa	Branca	Batentes tortos e com frestas
Paredes do banheiro	Gesso acartonado e cerâmico	Liso	Branco	Trincas

Componentes de estresse e bem estar
 Distrações positivas: nada para constar
 Controle do ambiente interno: cortinas de tecido e grades
Manutenção interno: não houve
Data da vistoria: Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

No ambiente externo foram observados furos nas paredes e ressecamento do selante das juntas entre as chapas cimentícias, “apodrecimento” do beiral, falhas na algerosa metálica de acabamento do telhado e vidro quebrado do aquecedor de água que fica localizado na

cobertura. Na tabela 53 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas do ambiente externo.

Tabela 53 - Levantamento espacial externo HIS 8

Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso (Calçada)	Concreto/ grama	Áspero	Cinza/ verde	Trincas
Paredes	Chapa Cimentícia	Áspero	bage	Furos e ressecamento do selante entre chapas cimentícias
Cobertura	Telha Cerâmica	Liso	Natural	falhas no acabamento metálico (algerosa) e vidro quebrado do aquecedor de água
Aberturas	Alumínio	Lisa	Branca	Batentes tortos e com frestas

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: horta atrás da casas

Controle do ambiente externo: grades de proteção

Suporte social/ recreação: ausência de equipamentos para o convívio social




Manutenção externa: não houve



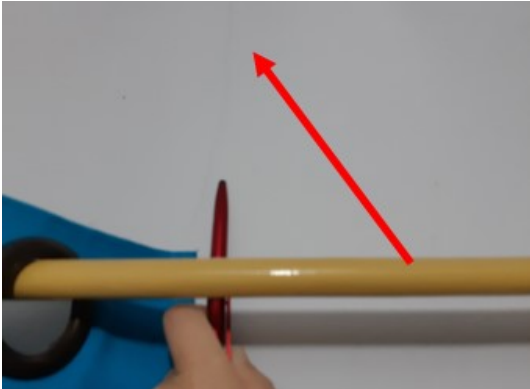
Data da vistoria: Julho de 2019




Fonte: Elaborado pelo autor


O Quadro 30 apresenta as principais manifestações patológicas encontrada na HIS 8, para avaliação do subsistema cobertura houve algumas limitações devido ao acesso e falta de segurança para realizar a inspeção inicial. Os subsistemas fundação, parede e cobertura apresentaram manifestações patológicas. Também foi encontrando problemas nos acabamentos das portas e janelas da HIS 8.

Quadro 30 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 8

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Cobertura			
	Beiral solto	<p>Causa: movimentação da estrutura, chuva e/ou vento</p>	
		<p>Origem: projeto e uso e manutenção</p>	
	Vidro do painel solar de aquecimento de água quebrado	<p>Causa: chuva e/ou vento</p>	
		<p>Origem: uso e manutenção</p>	
	Fresta no rufo de acabamento do telhado	<p>Causa: movimentação da estrutura ou/ peça de acabamento curta (falha humana)</p>	
		<p>Origem: projeto e execução</p>	
Subsistema Paredes			

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Amarelo	Movimentação do batente (acabamento) das aberturas	<p>Causas: impacto, movimentação</p>	
		<p>Origem: projeto e execução</p>	
Azul claro	Furos na parede externa (nas chapas cimentícias)	<p>Causas: impacto</p>	
		<p>Origem: uso e manutenção</p>	
Azul escuro	Trincas nas juntas das chapas de gesso	<p>Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade</p>	
		<p>Origem: execução</p>	

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Amarelo	Descolamento do selante das juntas entre chapas cimentícias externas (ressecamento)	Causas: movimentação da estrutura, sujeira, variação térmica e/ou umidade	
		Origem: projeto	
Laranja	Frestas entre a parede e fundação	Causas: movimentação da estrutura, umidade	
		Origem: projeto execução, uso e manutenção	
Subsistema fundação / piso			
Verde	Piso cerâmico desnivelado	Causas: força mecânica e/ou umidade	
		Origem: execução	
Azul	Piso cerâmico levantado/solto	Causas: força mecânica e/ou umidade	

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
		Origem: execução	

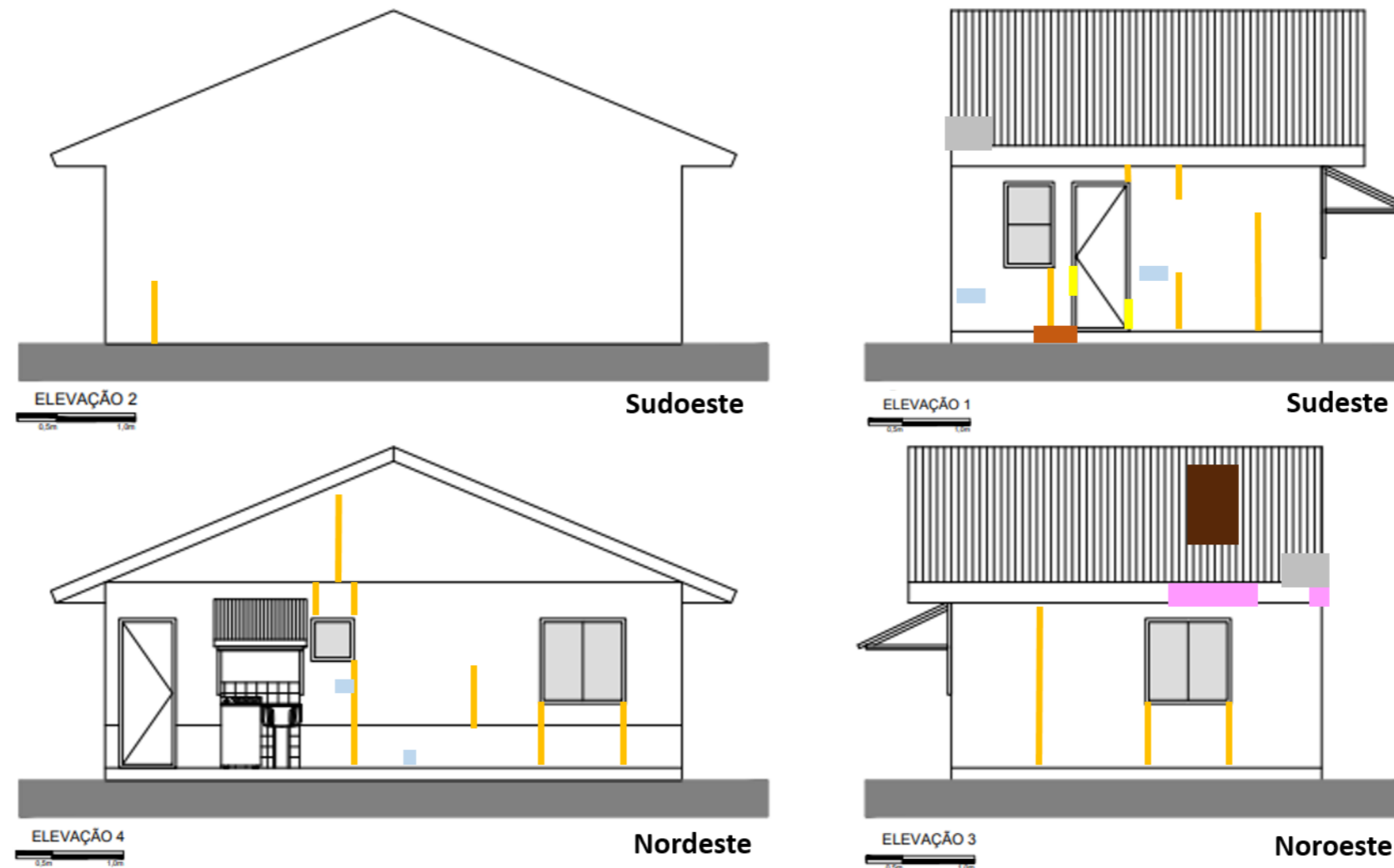
Fonte: Elaborado pelo autor

Nas Figuras 147 e 148 é apresentado a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 8 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 30, porém localizando as mesmas na edificação (fachadas e planta baixa).

Figura147 - Mapa de danos – fachadas HIS 8

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 8

Mapa de danos – fachadas HIS 8

**Subsistema cobertura**

- Beiral solto
- Vidro do painel solar quebrado
- Frestas no rufo do acabamento do telhado

Subsistema Paredes (externas)

- Movimentação do batente da porta
- Furos nas paredes externas
- Descolamento dos selantes das juntas
- Frestas entre a parede e a fundação

OBS: A fachada sudeste fica coberta pelo anexo do bar e a parede sudoeste foi avaliada com limitação de acesso ao terreno vizinho.

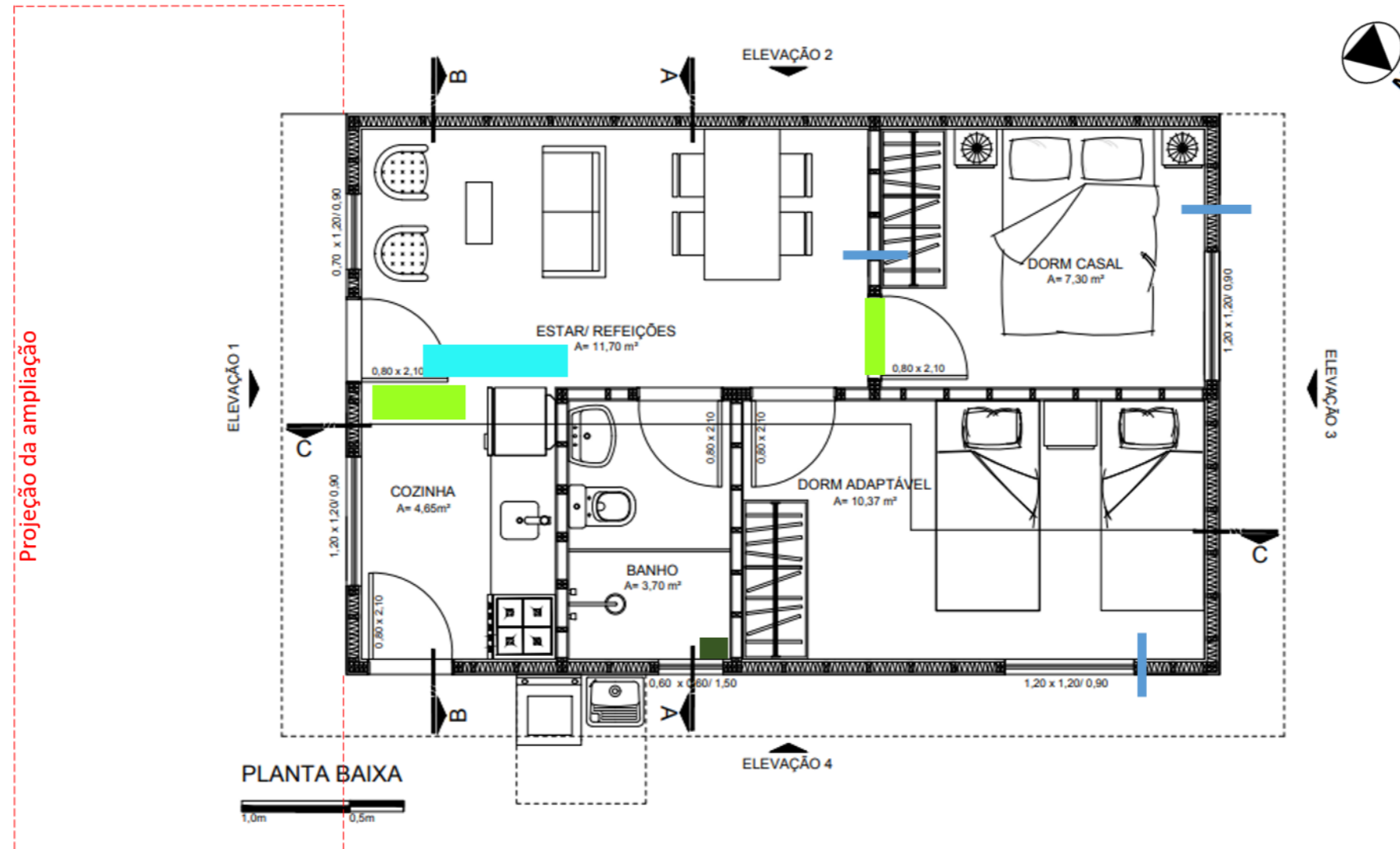
Data da vistoria: Julho de 2019
Manutenções feitas nas HIS: Não houve

Manifestações patológicas (MP)

1/2

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 8

Mapa de danos – planta baixa HIS 8



Subsistema Paredes (internas)

Trincas nas juntas das chapas de gesso

Subsistema Fundação (piso)

Piso cerâmico desnivelado

Piso cerâmico quebrado

OBS: Não foram considerados as manchas de sujeira e pequenos furos nas paredes como manifestação patológica.

Data da vistoria: Julho de 2019
Manutenções feitas nas HIS: Não houve

Manifestações patológicas (MP)

2/2

4.8.2 Observação dos traços físicos da HIS 8



Observou-se que há diversos desgastes na edificação que foram produzidos pelos os usuários da HIS 8. Também há diversas adaptações, principalmente, no que tange a funcionalidade do ambiente, tais como a ampliação da HIS para uso de um pequeno armazém na frente da casa. Foi observado também diferentes objetos para decorar e personalizar a HIS em todos os ambientes. A Figura 149 mostra uma ampliação na frente da HIS 8, o que é comum, também, nas outras unidades do conjunto habitacional e, no Quadro 31, são apresentados os traços físicos mais significativos observados na HIS.

Figura 149 - A-B imagens internas do armazém na frente da HIS 8.



Fonte: Autor (2019)

Quadro 31 - Traços físicos encontrados na HIS 8

<p>Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)</p>		
	<p>Roupas no varal</p>	<p>Sujeira e desgaste no interruptor e tomada</p>
<p>Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)</p>		
	<p>Grade nas janelas</p>	<p>Cortinas nas janelas</p>
<p>Manifestações de identidade (personalização, identificação)</p>		
	<p>Papel de parede na sala e na cozinha</p>	<p>Objetos decorativos e vaso de planta</p>
<p>Mensagens públicas (mensagens oficiais, informais ou ilegítimas)</p>		
	<p>Placa comunicando a presença de alimentos</p>	

Fonte: Elaborado pelo autor

4.8.3 Percepção da HIS 8 sob o viés dos usuários

A percepção técnico-constructiva da HIS 8 sob viés dos construtores são as mesmas apresentadas na subseção 4.7.3 da HIS 7, já que as mesmas pertencem ao mesmo conjunto habitacional.

Segundo a moradora entrevistada as principais manifestações patológicas aconteceram no piso interno, que foi mal colocado e soltou, e nas paredes que são muitos frágeis. Um vento muito forte danificou o painel de aquecimento, os beirais e algumas telhas que foram, posteriormente, colocadas no lugar. Por fim, a mesma afirmou que no geral a HIS é boa de morar, mas gostaria que fosse de alvenaria. No Quadro 32 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 8 feita pela a usuária.

Quadro 32 - Síntese da avaliação da HIS 8 feita pela a usuária

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.9 ESTUDO DE CASO - HIS 9 – SAPUCAIA DO SUL

A HIS 9 fica na cidade de Sapucaia do Sul, RS, e faz parte do mesmo conjunto habitacional que a HIS 7 e 8. A fachada principal da HIS está localizada na orientação noroeste. A Figura 150 apresenta a implantação da HIS 9.

Figura 150 - Implantação da HIS 9.



Fonte: Elaborado pelo autor no GoogleMaps (2019)

Na Figura 151 é apresentado a planta baixa da HIS 9 com cinco ambientes (sala, cozinha, dois dormitórios e banheiro), somando 42,12 m². Na HIS moram três pessoas: marido, mulher e filho. Na HIS também foi feito uma ampliação na lateral que serve como uma pequena oficina. Na Figura 152 são apresentadas imagens do exterior e do interior da HIS 9.

compostas por ossatura de madeira de pinus tratado com CCA (seção: 40 x 90 mm), fechamentos internos com gesso acartonado (*standard*) e (RU) no banheiro, isolante termoacústico nas paredes, no fechamento externo são utilizados chapas de OSB como contraventamento, manta de vapor e chapas cimentícias CRFS como fechamento externo com acabamento em *basecoat* (argamassa telada). O piso (fundação) é feito de radier e revestido de piso cerâmico. O projeto e os materiais utilizados são os mesmos das HIS 7 e 8.

A principal manifestação patológica encontrada nesta HIS foi a movimentação da parede lateral da divisa que fica encostada em um muro de arrimo que faz a divisa com o terreno vizinho, conforme Figura 153.

Figura 153 - Diferença de nível do terreno e parede de LWF geminada ao muro de arrimo de bloco de pedra Grês.



Fonte: Autor (2019)

Já os componentes de estresse e bem-estar internos constatados são gerados pelas próprias manifestações patológicas encontradas e como controle do ambiente interno foram observados o uso de cortinas nas janelas. Na tabela 54 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas encontradas, inicialmente, no ambiente interno.

Tabela 54 - Levantamento espacial interno HIS 9

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Cerâmico	Liso	Clara	Nada para constar
Paredes	Gesso acartonado, algumas paredes com papel de parede	Lisa	Azul	Trincas
Teto	PVC	Lisa	Branca	Nada para constar
Abertura	Alumínio e madeira	lisa	Branca	Nada para constar
Paredes do banheiro	Gesso acartonado e cerâmico	Liso	Branco	Trincas e furos na cerâmica

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: computador no quarto

Controle do ambiente interno: cortinas de tecido

Manutenção interna: não houve**Data da vistoria:** Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

No ambiente externo foram observadas trincas nas juntas das chapas cimentícias e vidro quebrado do aquecedor de água que fica localizado na cobertura. Na tabela 55 são apresentados os acabamentos, as texturas, as cores e as manifestações patológicas do ambiente externo.

Tabela 55 - Levantamento espacial externo HIS 9

Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso (Calçada)	Concreto/ grama	Áspero	Cinza/ verde	Trincas
Paredes	Chapa Cimentícia	Áspero	bage	Trincas nas juntas da chapas cimentícia
Cobertura	Telha Cerâmica	Liso	Natural	falhas no acabamento metálico (algerosa) e vidro quebrado do aquecedor de água
Aberturas	Alumínio	Lisa	Branca	Batentes tortos e com frestas

Componentes de estresse e bem estar

Distrações positivas: nada para constar

Controle do ambiente externo: nada para constar

Suporte social/ recreação: ausência de equipamentos para o convívio social


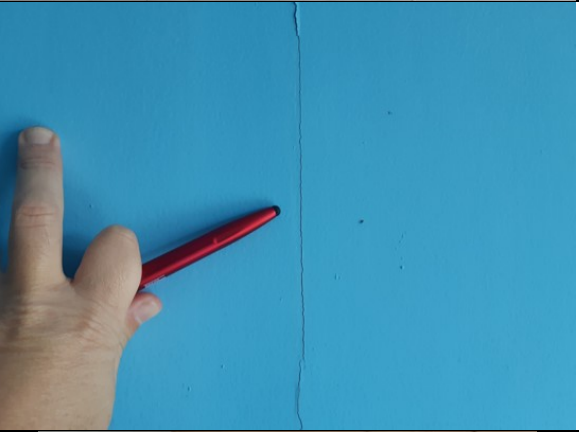

Manutenção Externa: não houve**Data da vistoria:** Julho de 2019



Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 33 apresenta as principais manifestações patológicas encontrada na HIS 9, para avaliação do subsistema cobertura houve algumas limitações devido ao acesso e falta de segurança para realizar a inspeção inicial. O subsistema parede foi o que mais apresentou manifestações patológicas.

Quadro 33 - Principais manifestações patológicas encontradas nas HIS 9

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Cobertura			
	Vidro do painel solar de aquecimento de água quebrado	Causa: chuva e/ou vento	
		Origem: uso e manutenção	
	Fresta no rufo de acabamento do telhado	Causa: movimentação da estrutura ou/ peça de acabamento curta	
		Origem: projeto e execução	
Subsistema Paredes			
	Movimentação do batente (acabamento) da porta	Causas: impacto, movimentação	
		Origem: projeto e execução	

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Verde	Cerâmica da parede quebrada	<p>Causas: impacto e/ou movimentação</p> <p>Origem: uso e manutenção</p>	
Azul	Trincas nas juntas das chapa de gesso acartonado nas paredes internas	<p>Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade</p> <p>Origem: execução</p>	
Amarelo	Descolamento do selante das juntas entre chapas cimentícias externas	<p>Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade</p> <p>Origem: execução</p>	

	Movimentação da estrutura	Causas: movimentação da estrutura, umidade	
		Origem: projeto e execução	
	Manchas nas paredes	Causas: umidade, chuva e microrganismos	
		Origem: projeto e uso e manutenção	

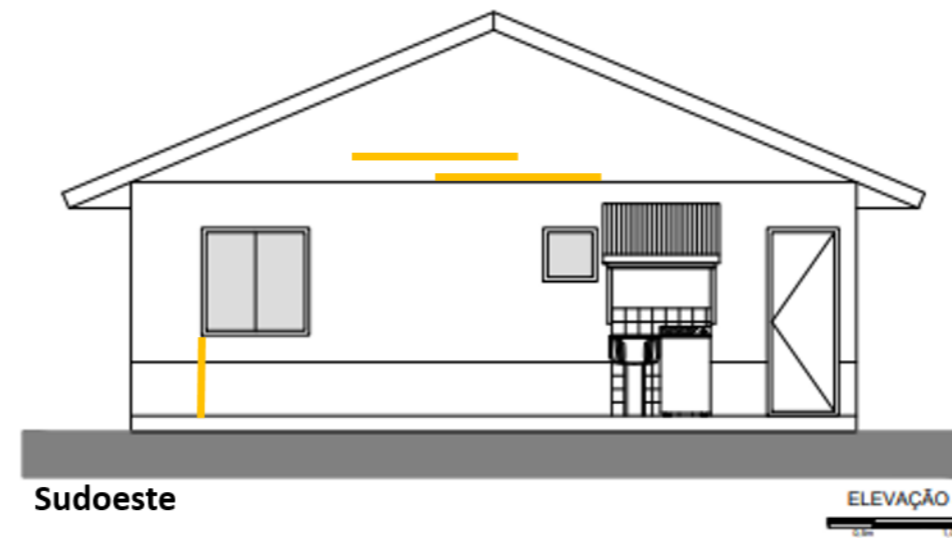
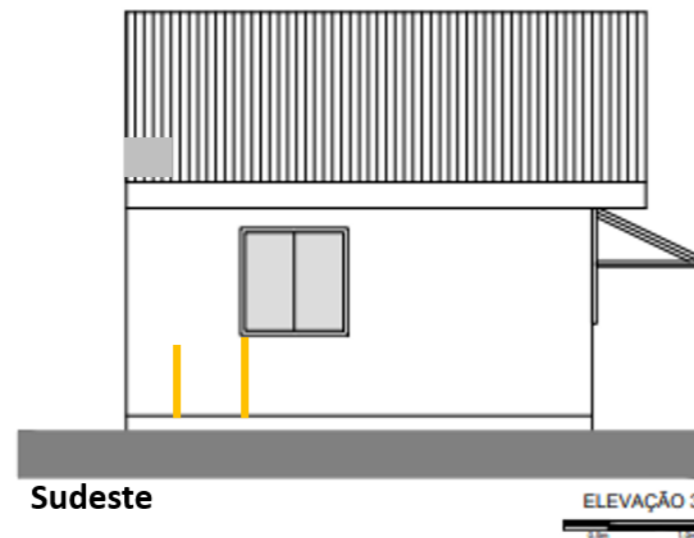
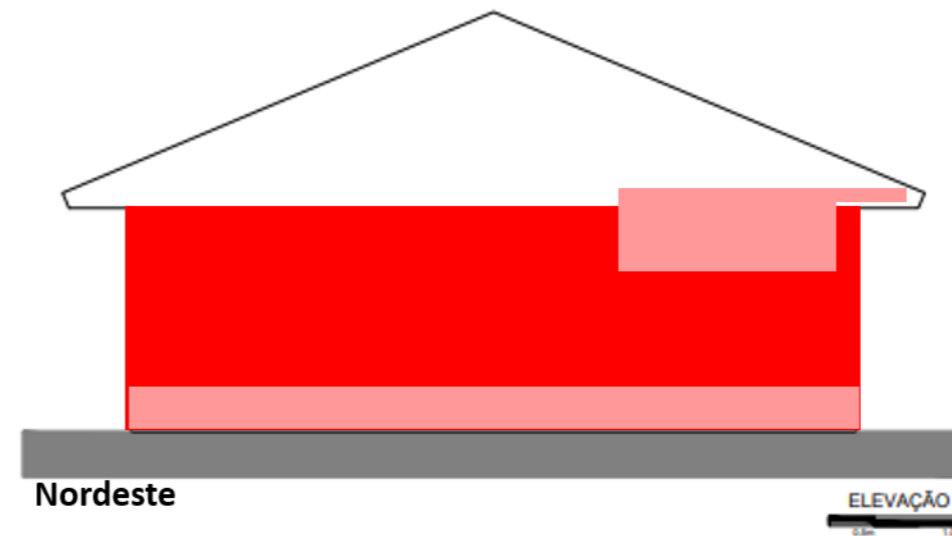
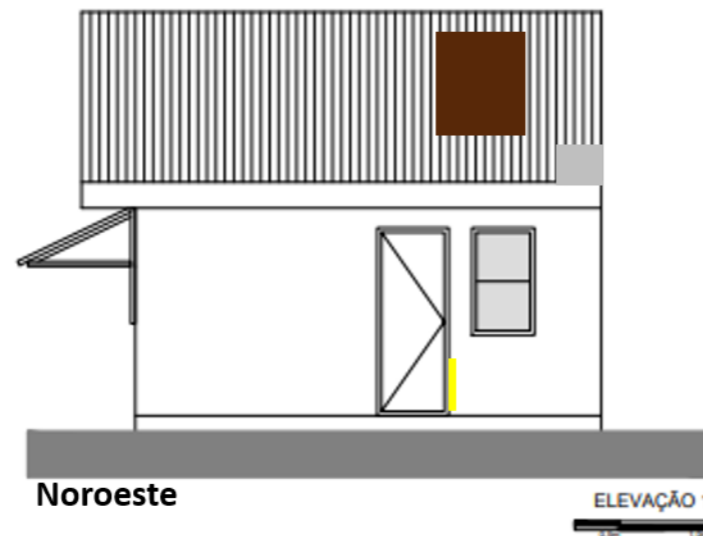
Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 154 e 155 é apresentada a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 9 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 33, porém localizando as mesmas na edificação (fachadas e planta baixa).

Figura 154 - Mapa de danos – fachadas HIS 9

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 9

Mapa de danos – fachadas HIS 9



Subsistema cobertura

- Vidro do painel solar quebrado
- Frestas no rufo do acabamento do telhado

Subsistema Paredes (externas)

- Movimentação do batente da porta
- Descolamento dos selantes das juntas
- Movimentação da estrutura
- Manchas nas paredes

OBS: A fachada sudoeste fica coberta pelo anexo

Data da vistoria: Julho de 2019
 Manutenções feitas nas HIS: Não houve

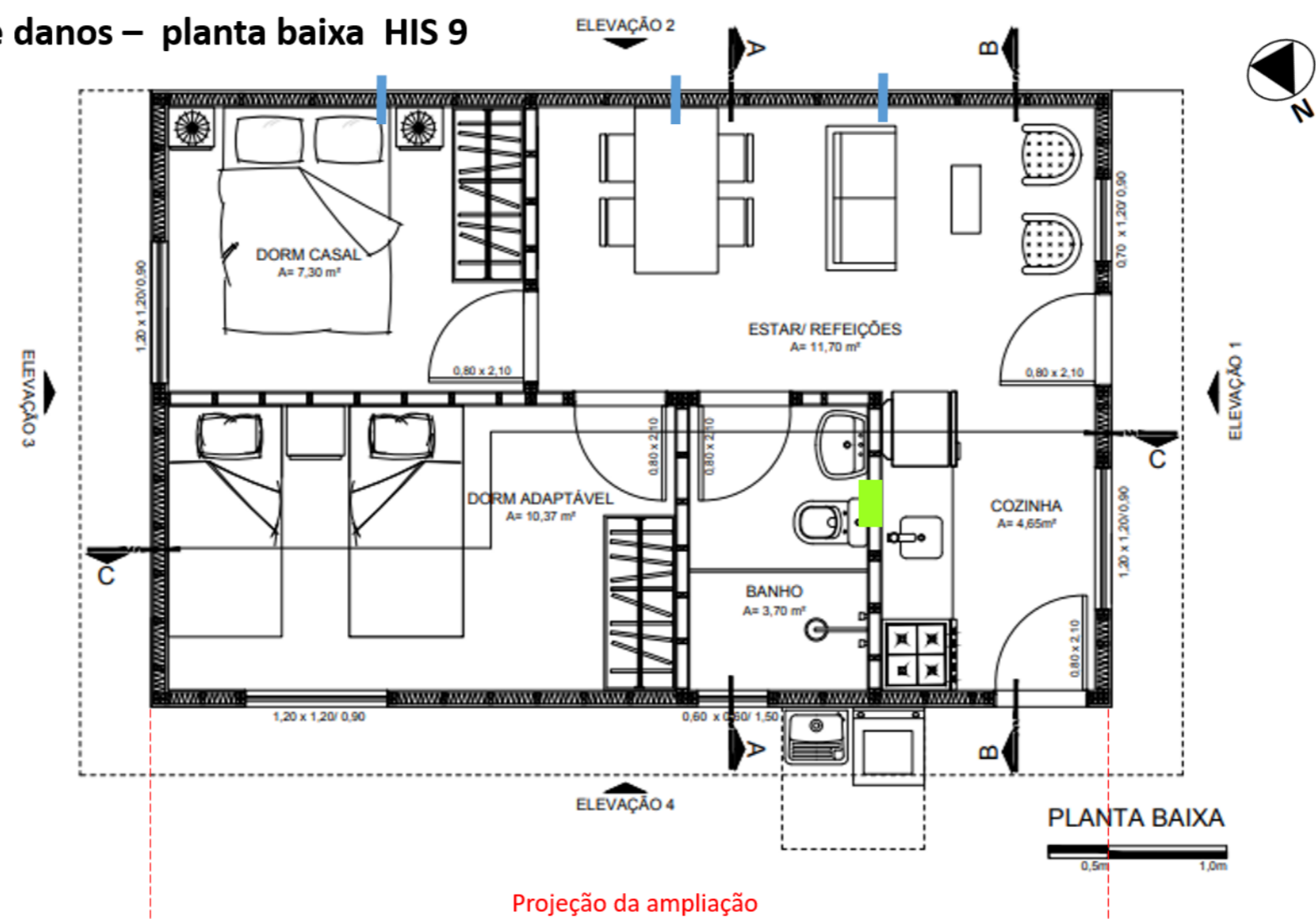
Manifestações patológicas (MP)

1/2

Figura 155 - Mapa de danos – planta baixa HIS 9

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 9

Mapa de danos – planta baixa HIS 9



Subsistema Paredes (internas)

- Trincas nas juntas das chapas de gesso
- Placa cerâmica quebrada




OBS: Não foram considerados as manchas de sujeira e pequenos furos nas paredes como manifestação patológica.

4.9.2 Observação dos traços físicos da HIS 9

Foi observado que há alguns desgastes na edificação que foram produzidos pelos os usuários. Também há diversas adaptações, principalmente, no que tange a funcionalidade do ambiente, tais como a ampliação da HIS para uso de uma pequena oficina e lavanderia. No Quadro 34 são apresentados os traços físicos mais significativos observados na HIS.

Quadro 34 - Traços físicos encontrados na HIS 9

<p>Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)</p>		
	<p>Manchas e furos na parede</p>	<p>Trincas e emenda da calçada de concreto</p>
<p>Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)</p>		
	<p>Ampliação da casa na lateral</p>	<p>Cortinas nas janelas</p>

Manifestações de identidade (personalização, identificação)		
	Vasos de plantas	Utilização de ar condicionado como adaptação e personalização do espaço
Mensagens públicas (mensagens oficiais, informais ou ilegítimas)		
	Placa comunicando o número da HIS	

Fonte: Elaborado pelo autor

4.9.3 Percepção da HIS 9 sob o viés dos usuários

A percepção técnico-construtiva da HIS 9 sob viés dos construtores são as mesmas apresentadas na subseção 4.7.3 da HIS 7, já que as mesmas pertencem ao mesmo conjunto habitacional.

Segundo a moradora entrevistada as principais manifestações patológicas aconteceram na parede da divisa da HIS, porém apesar desta manifestação patológica, a moradora está muito satisfeita com a casa. No Quadro 35 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 9 feita pela usuária.

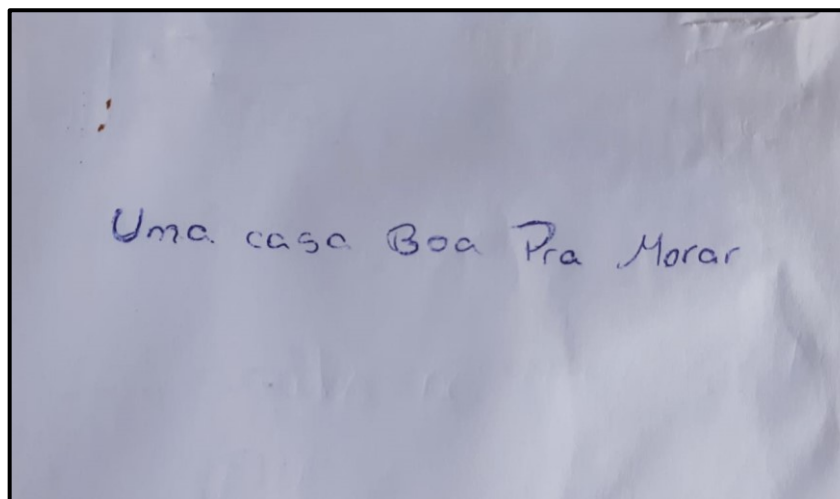
Quadro 35 - Síntese da avaliação da HIS 9 feita pelo a usuária

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

Na HIS 9 foi aplicado o poema dos desejos na proprietária da casa após a entrevista semiestruturada. O poema foi fornecido pelo pesquisador no dia 23 de Julho de 2019, no período da manhã, a proprietária demonstrou satisfação com a casa por escrito, conforme Figura 156.

Figura 156 - Poema do desejo de forma escrita da HIS 9.



Fonte: Autor (2020)

4.10 ESTUDO DE CASO - HIS 10 – FLORIANÓPOLIS

A HIS 10 fica localizada no campus da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis ao lado do prédio da Engenharia Civil. Foi construída em 2004 como um protótipo do sistema construtivo Battistella que era voltado para programas de habitação de interesse social. A Figura 157 apresenta a implantação da HIS 10.

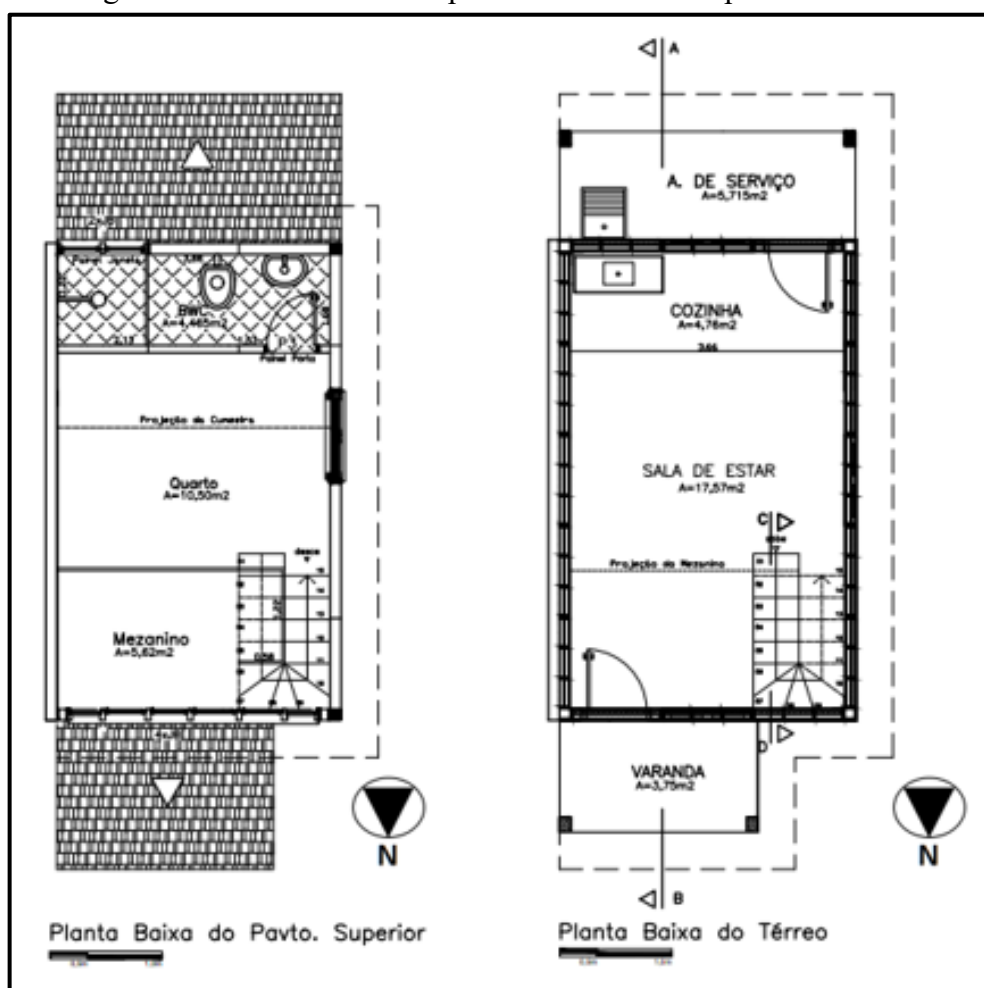
Figura 157 - Implantação da HIS 10.



Fonte: Elaborado pelo autor no Google Maps (2019)

Na Figura 158 é apresentado a planta baixa do pavimento térreo e do pavimento superior. A HIS 10 tem uma área 47m² com seis ambientes (varanda, sala, cozinha, dormitório, banheiro e serviço), HIS foi projetada com uma possibilidade de ampliação, com a transformação das janelas em portas do painel lateral. A orientação da fachada principal da HIS é norte.

Figura 158 - Planta baixa do pavimento térreo e superior da HIS 9.

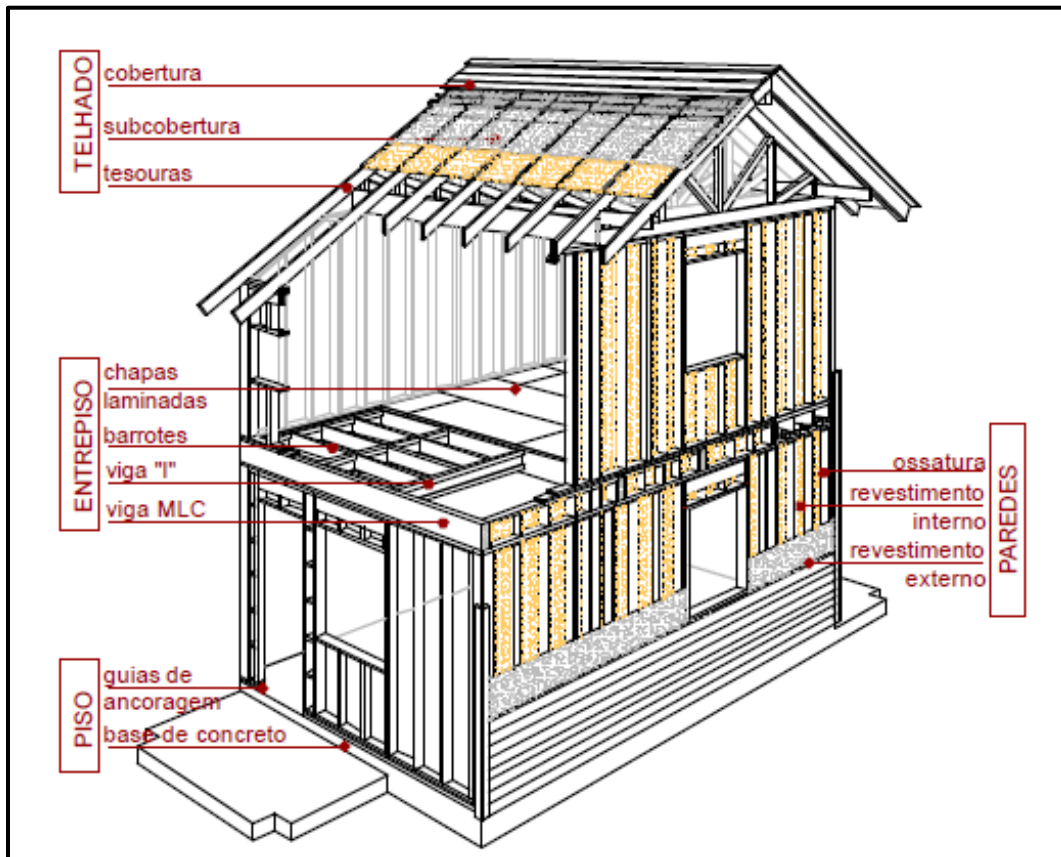


Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

4.10.1 Visita exploratório, levantamento espacial – HIS 10

O subsistema cobertura é composta por treliças triangulares de madeira, chapa de compensado, subcobertura e telhas de madeira, sendo o forro do pavimento térreo de madeira com vigas “I” aparentes e, no segundo pavimento, composto de chapa de compensado e gesso acartonado. As paredes são compostas por ossatura de madeira (seção: 40 x 90 mm), fechamentos internos com gesso acartonado (*standard*) e chapas de compensado (12 mm de espessura), no fechamento externo é utilizada “manta impermeabilizante” (tipo foil) e *siding* reconstituído de madeira (feito de sobras de madeira). O subsistema piso (fundação) e feito de radier e revestido de piso cerâmico e, o entrepiso, é composto por vigas I, duas camadas de chapas laminadas de 12 mm intertravadas, sendo revestidas por um piso laminado. A Figura 159 apresenta uma perspectiva dos quatro subsistemas: telhado, entrepiso, paredes e piso e, a Figura 160, apresenta imagens das fachadas norte e sul da HIS 10.

Figura 159 - Perspectiva da HIS 10.



Fonte: Szücs (2004)

Figura 160 - A – fachada norte e B – fachada sul da HIS 10.



Fonte: Autor (2018)

Nas Tabelas 56 e 57 são apresentados os resultados da visita exploratório da HIS 10. É importante salientar que a HIS é um protótipo localizado no campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Assim a mesma não é utilizada para moradia social, e sim, para laboratório de pesquisa do curso de engenharia civil. Portanto, os componentes de estresse e bem-estar, de certa forma, não se aplicam para esta HIS.

Tabela 56 - Levantamento espacial interno HIS 10

Ambiente (revestimentos) Interno				
Acabamentos	Forma/material	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso	Cerâmico / laminado	Liso	Clara	Desgaste superficial no piso laminado em alguns pontos.
Paredes	Gesso acartonado	Lisa	Clara	Trincas
Teto	Madeira e Gesso acartonado	Lisa	Branca	Nada encontrado
Abertura	madeira	lisa	Branca	Nada encontrado
Paredes do banheiro	Gesso acartonado e cerâmico	Liso	Branco	Nada encontrado

Componentes de estresse e bem estar
 Distrações positivas: nada para constar
 Controle do ambiente interno: nada para constar
Manutenção interna: não houve
Data da vistoria: Outubro de 2018 e Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 57 - Levantamento espacial externo HIS 10

Ambiente (envelope) Externo				
Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Manifestações patológicas
Piso (Calçada)	Terra / grama	-	Natural	Foi observado formação de poça de água e barro no entorno da edificação em dia de chuva.
Paredes	<i>Siding</i> de madeira	Liso	Natural	Empenamento, soltura dos pregos e aderência de microrganismos.
Cobertura	Telha plana de madeira	Liso	Natural	30 % do telhado está danificado por apodrecimento e aderência de microrganismos
Aberturas	madeira	Lisa	Branca	Portas de madeira apodrecendo e ferrugem nas grades de proteção

Componentes de estresse e bem estar
 Distrações positivas: nada para constar
 Controle do ambiente externo: uma árvore próxima a edificação na orientação norte
 Suporte social/ recreação: nada para constar
Manutenção externa: não houve
Data da vistoria: Outubro de 2018 e Julho de 2019

Fonte: Elaborado pelo autor


Não foram encontradas manifestações patológicas nos subsistemas fundação e entrepiso. Os problemas foram todos encontrados no lado externo da edificação, principalmente, nas telhas e no *siding* de madeira. É importante salientar que a HIS 10 nunca

recebeu manutenção. O Quadro 36 apresenta as principais manifestações patológicas encontradas.

Quadro 36 - Principais manifestações encontradas nas HIS 10

Cor	Manifestações patológicas	Possíveis causas e origens	Imagem
Subsistema Cobertura			
	Apodreciment o das telhas	Causas: chuva, radiação solar e microrganismos	
		Origem: projeto e uso e manutenção	
	Calhas entupidas	Causas: presença de árvore próxima à edificação.	
		Origens: uso e manutenção	
	Mofa no forro externo	Causas: microrganismos ; chuva, umidade	
		Origem: uso e manutenção	

Subsistema Paredes			
	Revestimento externo <i>siding</i> de madeira empenado	Causas: chuva, radiação Solar, variação térmica e/ou umidade.	
		Origem: projeto e usos e manutenção	
	Manchas nos revestimentos externos	Causas: Chuva, microrganismos.	
		Origens: uso e manutenção	
	Manchas nos rodapés das paredes externas	Causas: chuva e microrganismos.	
		Origem: uso e manutenção	

Trincas nas juntas das chapas de gesso	Causas: movimentação da estrutura, variação térmica e/ou umidade.	
	Causas: execução	

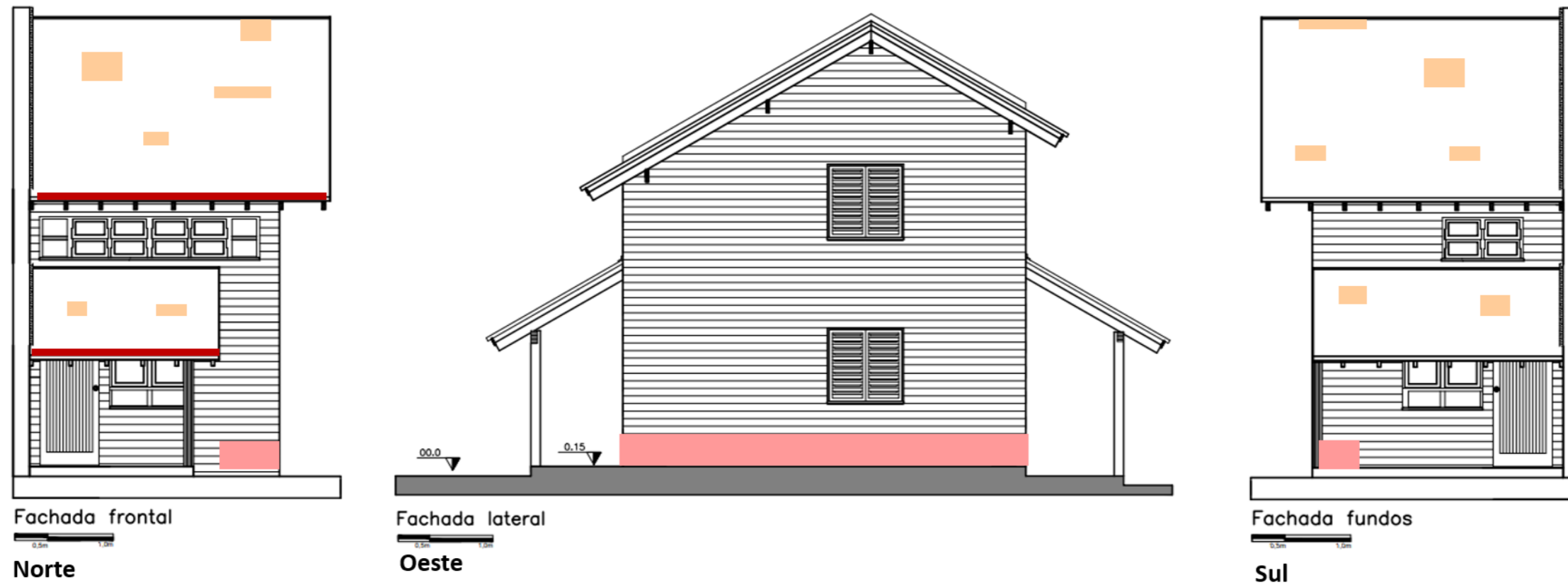
Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 161 e 162 é apresentado a Ficha de Identificação de Danos (FIDs) da HIS 10 identificando as mesmas manifestações patológicas do Quadro 36, porém localizando as mesmas na edificação (fachadas e planta baixa).

Figura 161 - Mapa de danos – fachadas HIS 10

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 10

Mapa de danos – fachadas HIS 10

**Subsistema cobertura**

- Apodrecimento das telhas
- Calhas entupidas

Subsistema Paredes (externas)

- Manchas nas paredes

OBS: A Manifestação Patológica de manchas nos forros externos não são identificadas na FIDs, mas praticamente acontecem em toda a superfície.

A Manifestação Patológica de empenamento do *Siding* de madeira e de manchas dos revestimentos externos não são identificadas na FIDs, mas praticamente acontecem em toda a superfície das fachadas que não estão protegidas por beirais nas áreas abertas.

A fachada leste fica geminada com uma parede de bloco de concreto de outra HIS de alvenaria estrutural e não foi avaliada externamente.

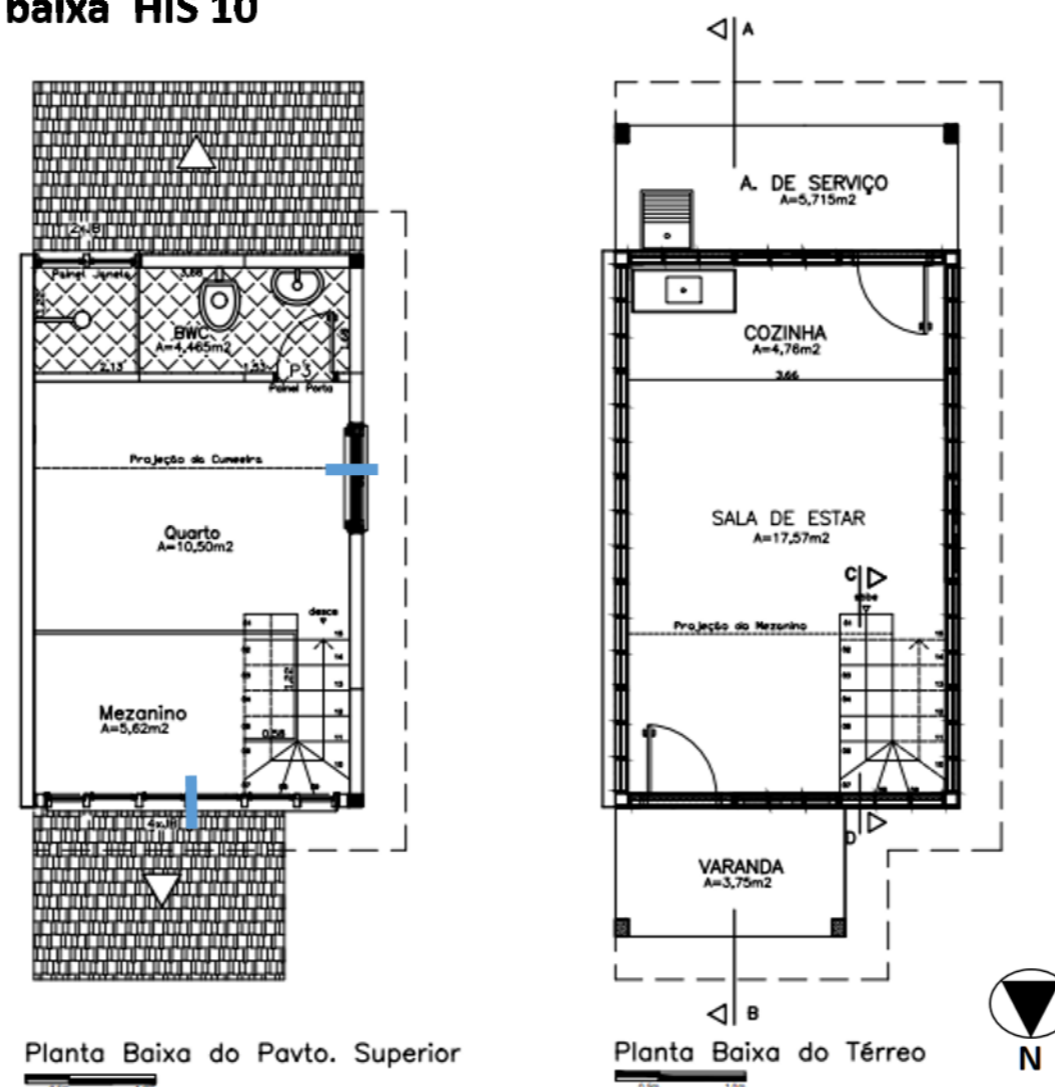
Data da vistoria: Outubro de 2018 e Julho de 2019
Manutenções feitas nas HIS: Não houve

Manifestações patológicas (MP)

1/2

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs) - HIS 10

Mapa de danos – planta baixa HIS 10

**Subsistema Paredes (internas)**




- Trincas nas juntas das chapas de gesso



OBS: Não foram considerados as manchas de sujeira e pequenos furos nas paredes como manifestação patológica.

4.10.2 Observação dos traços físicos da HIS 10

A observação dos traços físicos da HIS 10 foi limitada, pois não está sendo utilizada como habitação social, mas como espaço para estudos por estudantes de graduação e de pós-graduação de engenharia civil da UFSC. Também nos dias da observação não havia usuários na HIS. Os principais traços físicos nesta HIS, se manifestam na troca da funcionalidade, na ausência dos mobiliários convencionais e equipamentos subutilizados, tais como, o tanque da área de serviço e o chuveiro. No geral a edificação, internamente, esta bem conservada, apenas com alguns desgastes pontuais no piso devido à movimentação das cadeiras nas mesas de estudo. Quadro 37 apresenta alguns traços físicos observados na HIS 10.

Quadro 37 - Traços físicos encontrados na HIS 10

Produtos de uso do espaço (desgastes, erosões, vestígios, traços ausentes)		
	Desgaste superficial do piso laminado no local do uso	Trinca na junta do gesso acartonado sobre a janela
Adaptações para o uso (funcionalidade/conforto - adereços, separações, conexões)		
	Colocação de mesas no local destinado ao dormitório. Colocação de grades nas janelas	

<p>Manifestações de identidade (personalização, identificação)</p>	
<p>Mobiliário para estudos e presença de maquete da HIS</p>	
<p>Mensagens públicas (mensagens oficiais, informais ou ilegítimas)</p>	
<p>A fiação elétrica do chuveiro esta desligada, mostrando que a HIS não esta sendo utilizada como moradia</p>	

Fonte: Elaborado pelo autor

4.10.3 Percepção técnico-construtiva da HIS 10 sob o viés dos construtores

Nesta HIS foram entrevistados os três professores do curso de Engenharia Civil da UFSC e membros do Grupo Interdisciplinar de Estudos de Madeira (GIEM). Um deles foi o responsável pela construção do protótipo em 2004. Segundo os mesmos o projeto da HIS foi bem feito e bem executado. A escolha dos materiais foi determinada pelos produtos que a empresa Battistella produzia e, a ideia inicial do protótipo, era fazer uma linha de produção de casas pré-fabricadas no método dos painéis com um projeto integral, até mesmo, com a fabricação do mobiliário na fábrica. Assim, a escolha das telhas de madeira, do *siding* reconstituído, das vigas I do entepiso e dos móveis do mobiliário foram produzidos pela Battistella.

Segundo o professor responsável pela produção do protótipo, os painéis foram produzidos na fábrica da Battistella, no método dos painéis, porém no transporte não foi utilizado a chapa de contraventamento, o que gerou um grande retrabalho para colocar os painéis no esquadro na locação dos mesmos no radier (*in situ*).

Segundo os entrevistados os materiais de construção destinados para LWF ainda eram difíceis de conseguir no Brasil, tais como as mantas de vapor e as chapas reconstituídas de contraventamento (OSB). Os entrevistados acham o sistema adequado para o clima brasileiro, sendo o conforto térmico, acústico e luminício do protótipo satisfatório.

No Quadro 38 é apresentada a síntese das avaliações da HIS 10 feitas pelos três entrevistados.

Quadro 38 - Síntese da avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS 10

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
		Distribuição do Leiaute	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
	Estéticos	Revestimentos e Materiais	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
		Entorno e contato visual com vegetação	Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
		Projeto complementares	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Fatores de Execução	Fundação		Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
	Paredes painéis		Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
	Entrepiso		Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
	Cobertura		Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Fatores dos Materiais	Fundação		Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
	Estrutura		Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
	Fechamentos		Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
	Cobertura		Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.10.4 Percepção da HIS 10 sob o viés dos usuários

Nesta etapa também foram entrevistados os três professores do GIEM, pois os mesmos apesar de não terem morados na HIS foram as pessoas com maior conhecimento para participar da entrevista sob o viés dos usuários. Porém é importante salientar que esta condição trouxe imprecisões na avaliação.

Segundo os entrevistados, o LWF é um sistema construtivo adequado para o clima brasileiro tendo o projeto uma boa ventilação cruzada. Porém um dos professores afirmou que no verão é necessário uso de ar condicionado para atingir o conforto térmico da edificação.

Sobre as condições estéticas do projeto os mesmos afirmaram que o protótipo está muito bem resolvido, pois a madeira aparente é um material “quente” e aconchegante.

Já sobre os aspectos funcionais, dois dos entrevistados afirmaram que a escada não é muito confortável e que as janelas somente abrem uma folha, tornando-as pequenas no que tange a ventilação natural. Os mesmos também afirmaram que a acústica do entrepiso não está adequada, gerando muito ruído. No Quadro 39 é apresentado a síntese da avaliação da HIS 10 feita pelos os usuários (professores do GIEM).

Quadro 39 - Síntese da avaliação da HIS 10 feita pelos os usuários

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
		Distribuição do Leiaute	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
	Estéticos	Revestimentos e Materiais	Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
		Entorno e contato visual com vegetação	Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro		Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
	Som/ Barulho		Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
	Temperatura		Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
	Iluminação		Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal		Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
	Suporte Social	Equipamentos urbanos	Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
		Salão de festa	Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
		Lazer	Bom	Ótimo	Regular	Ruim	Péssimo
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

Fonte: Elaborado pelo autor

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo está organizado em quatro seções. A primeira seção (5.1) apresenta uma síntese dos aspectos gerais dos estudos de caso (HIS), particularidades e limitações do levantamento de dados. Na segunda seção (5.2) são sintetizados e discutidos a percepção das HIS sobre viés dos entrevistados. Na terceira seção (5.3) é analisado a origem das manifestações patológicas especificando se aconteceu na fase do projeto, construção ou uso das HIS. Por fim, na quarta seção (5.4) é abordado a influência do clima nas manifestações patológicas.

Deve-se observar que esta pesquisa é predominantemente qualitativa, principalmente, tendo em conta o tamanho da amostra, onde serão aprofundados os aspectos dos estudos de casos. Neste sentido, não serão feitas generalizações com base nos dez estudos de caso, mas serão detalhadas as características de cada uma delas, observando aspectos que servirão de ponto de partida para futuras pesquisas.

Já a parte quantitativa desta pesquisa acontece no momento de analisar as manifestações patológicas por fase do ciclo de vida (projeto, construção e uso e manutenção). Assim como será observado a seguir, quantificaram-se os agentes e as origens das manifestações patológicas em cada edificação, isto com o objetivo de visibilizar quais as manifestações patológicas são predominantes em cada HIS, facilitando a análise.

5.1 ASPECTOS GERAIS DOS ESTUDOS DE CASO

Na coleta de dados, houve algumas limitações inerentes a obtenção de dados que limitou o número de HIS a ser avaliadas e de informações que não obtiveram a autorização para serem publicadas por parte das empresas construtoras.

Quatro das HIS selecionadas tiveram como fator limitador a troca de funcionalidade e a ausência de moradores para serem entrevistados e feito a observação participante, pois uma das HIS estava sendo utilizada como showroom e escritório da madeireira, uma como showroom e laboratório da universidade (UFSC) e as outras duas estavam desocupadas e servindo como depósito de materiais, vestiários e refeitórios dos funcionários das madeireiras.

Apesar das limitações citadas acima, não foi observado constrangimento por parte dos vinte entrevistados, todas as informações obtidas serviram para identificar e avaliar com precisão as manifestações patológicas das HIS. Foi possível também fazer interpretações de alguns gestos e respostas e fazer perguntas adicionais para a obtenção de dados mais precisos para a pesquisa.

Foram também fornecidos todos os documentos existentes como os manuais do proprietário e desenhos técnicos (plantas baixas, fachadas, cortes e alguns detalhamentos) das dez HIS. Neste ponto é importante salientar que com exceção do Projeto Morar Melhor (HIS 2, 3 e 4) os documentos fornecidos eram básicos e careciam de detalhes construtivos dos projetos das HIS, porém foram suficientes para a elaboração das Fichas de Identificação de Danos (FIDs).

Nas visitas exploratórias foi possível fazer todos os procedimentos determinado no método. Todos usuários (moradores) e proprietários das madeireiras foram receptivos em relação a pesquisa.

Nos levantamentos fotográficos foi possível identificar as manifestações patológicas com precisão, capturar os traços físicos deixados pelos usuários nas HIS. Assim é possível afirmar que os levantamentos fotográficos junto com as observações sistemáticas, as visitas exploratórias e as entrevistas semiestruturadas alcançaram os objetivos desta pesquisa.

5.1.1 Observações dos traços físicos

As observações nesta etapa tiveram como objetivo verificar como as atividades ocorrem e quais as oportunidades e limitações que os ambientes das HIS oferecem. Neste estudo as observações foram apoiadas teoricamente no método de observação dos traços físicos (Zeisel, 2006), onde foram procurados vestígios das atividades no ambiente físico (adaptações para uso, produtos de uso, manifestações de identidade e mensagem públicas), que podem ser produzidos de forma consciente ou inconsciente.

É importante salientar que, muitas vezes, os vestígios das atividades no ambiente físico podem ser enquadrados em mais de uma categoria (adaptações para uso, produtos de uso, manifestações de identidade e mensagem públicas) e, principalmente, no caso da categoria: produtos de uso, os traços físicos podem ser considerados até mesmo manifestações patológicas. Assim foi feita uma ponderação não considerando pequenos desgastes e pequenas marcas, trincas e furos nos subsistemas como manifestações patológicas.

Com a **adaptações de usos** foi verificado que a HIS 1 e HIS 7 tem divisão de espaços improvisadas com cortinas ou móveis que indicam que a funcionalidade nestas HIS não está adequada para os usuários. Neste aspecto também foi verificado as ampliações nas unidades HIS 4, HIS 7, HIS 8 e HIS 9, o que evidência a falta de funcionalidade dos projetos padrões fornecidos pelos programas habitacionais no Brasil. Isto fica mais evidente quando é observado as ampliações em boa parte das unidades dos conjuntos habitacionais no qual a HIS 1 e HIS 7,

8 e 9 estão inseridas. A Figura 163 (A e B) apresenta ampliações de outras HIS nos conjuntos habitacionais citados. Estas adaptações mostram falhas evidentes nos projetos, no que tange a funcionalidade e os programas de necessidades. O sistema construtivo LWF não influencia em nada neste aspecto. Na verdade, o mesmo por sua flexibilidade, até poderia ajudar nas propostas de ampliações mais versáteis como feitas nos projetos da HIS 7,8, 9 e 10²².

Figura 163 - A e B – ampliações de outras HIS.



Fonte: Autor (2019)

Também foi verificado a troca de funcionalidade nas HIS 2, 5, 6 e 10 e ampliação na HIS 2, mas como já citado, estas não estão sendo utilizadas como HIS. É possível também citar como adaptação de uso ou traços ausentes a presença de móveis em determinados ambientes que sugerem um determinado tipo de uso, como a presença do sofá na área aberta dos fundos da HIS 3, sugerindo um espaço de estar e descanso improvisado.

Os **produtos de uso** mais evidentes são furos trincas e marcas nas paredes internas revestidas com chapa de gesso acartonado. Na HIS 1 estas evidências, que foram consideradas manifestações patológicas, ficam mais claras e apontam para um possível erro de especificação de projeto e/ou falta de instrução de uso das HIS, já que o revestimento interno não está adequado para o perfil de usuário daquele conjunto habitacional. Estas manifestações patológicas também são encontradas em outras unidades não abordadas neste trabalho. Um dos engenheiros entrevistados na subseção 4.1.3 afirmou que os usuários não foram preparados (culturalmente) para morar em habitações com este tipo de revestimento, que ainda é desconhecido para eles. Furos e marcas nas paredes internas é encontrado em, praticamente, todas as HIS (HIS 7, 8, 9 e 10) que utilizaram este tipo de revestimento interno, como também, em outros tipos de revestimentos (HIS 2). Na seção 5.3 serão abordadas quais a origem destas

²² Nas HIS 7, 8, 9 e 10 há propostas de ampliações sugeridas nos projetos.

manifestações patológicas. Os desgastes dos pisos também são outros produtos de usos significativos encontrados nas HIS 5, 6, 7 e 10.

As **manifestações de identidade** mais evidentes foram a utilização de adornos como vasos de flores, quadros nas paredes e outros objetos que mostram uma preocupação com o “embelezamento” e personalização dos espaços. Foram observados pinturas personalizadas, cortinas decorativas e quadros nas paredes das HIS 1, 3, 4 e 5. Já na HIS 8, podemos destacar o papel de parede que buscou trazer um “embelezamento” na parede da sala/cozinha.

Como **mensagem pública** foi observado a de organização do espaço: com a mensagem “não faça com a cidade o que não faria com a sua casa” da HIS 1. Como mensagem de comunicação: “Vende-se” objetos da oficina da HIS 3. Mensagem oficial: a placa de identificação do extintor da HIS 5 e a placa da “numeração da casa” da HIS 9. Já as mensagens ilegítimas assumidas neste trabalho, como sutis e subliminares, é possível citar o abandono da HIS 2, o paisagismo da HIS 4 e a presença de brinquedos da HIS 7.

Todos estes traços físicos ajudaram a identificar o comportamento dos usuários nos espaços das HIS e a identificar as manifestações patológicas geradas por uso, que serão abordadas na seção a seguir (5.2). A Tabela 58 apresenta em conjunto os principais traços físicos encontrados nas habitações.

Tabela 58 - Os principais traços físicos encontrados nas HIS.

Traços físicos															
Estudo de caso	Adaptações para uso				Produtos de uso			Manifestação de Identidade				Mensagens públicas			
	Utensílios, móveis e equipamentos improvisados	Divisão improvisadas de espaço	Equipamentos	Ampliação	Desgaste no piso	Furos e marcas nas parede	Vestígios e traços ausentes	Cortinas Na janelas	Grades de proteção	Quadros na parede	Adornos, vasos e bibelôs	Organização	Comunicação	Oficiais	Ilegítimas
HIS 1	x	x				x				x	x	x			
HIS 2	x			x		x					x				x
HIS 3	x			x				x		x	x		x		
HIS 4			x	x			x	x							x
HIS 5	x				x						x			x	
HIS 6	x				x			x	x	x	x				
HIS 7		x		x	x	x		x							
HIS 8				x		x		x	x	x			x		x
HIS 9			x	x		x		x			x			x	
HIS 10	x				x	x			x						x
Total	6	2	2	6	4	6	1	6	3	4	7	1	2	2	4

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2 Composição de materiais dos subsistemas das HIS

Nesta subseção são abordadas as composições dos subsistemas: piso/fundação, parede, entrepiso e cobertura. Como já citado na subseção 1.7, foi utilizado o conceito de subsistemas nesta pesquisa. Estes subsistemas são compostos por diferentes elementos (materiais), formando uma parte da edificação, com funções e necessidades para o cumprimento do desempenho.

No subsistema cobertura as telhas cerâmicas são utilizadas nas HIS 1, 7, 8 e 9, as telhas de fibrocimento são utilizadas nas HIS 2, 3, 4 e 5. Na HIS 6 é utilizada uma telha metálica gravilhada e na HIS 10 uma telha plana de madeira tratada (Pinus). Todas as HIS têm estrutura da cobertura feita com treliças (triangulares ou retangulares) de madeira, menos a HIS 1, que utilizou treliças triangulares de aço. Já as habitações que possuem isolamento termoacústico na cobertura são as 7, 8, 9 e 10.

O forro de “PVC” é utilizado nas HIS 1, 7, 8 e 9 e, forro de madeira, em todas as outras HIS (2, 3, 4, 5, 6 e 10). Apenas a HIS 10 utiliza chapa de compensado como contraventamento na estrutura na cobertura. A Tabela 59 apresenta a síntese de materiais do subsistema cobertura.

Tabela 59 - Síntese dos materiais utilizados no subsistema cobertura

Subsistema cobertura das 10 HIS												
Estudo de Caso	Telha				Estrutura			Forro		Subcobertura		
	Cerâmica	Fibrocimento	Metálica gravilhada	Madeira plana	Madeira coníferas tratado ¹	Madeira folhosa ²	Aço	PVC	Madeira	Chapa cimentícia e madeira	Isolante térmico	Isolante termo acústico
HIS 1	x						x	x			x	x
HIS 2		x				x			x			
HIS 3		x				x			x			
HIS 4		x				x			x			
HIS 5			x			x			x			
HIS 6		x				x				x		
HIS 7	x				x			x				x
HIS 8	x				x			x				x
HIS 9	x				x			x				x
HIS 10				x	x				x		x ³	
Total	4	4	1	1	4	5	1	4	5	1		

¹ A madeira conífera utilizada foi Pinus tratado com CCA.

² As madeiras folhosas utilizadas foram Eucalipto Vermelho (*Eucalyptus camaldulensis*) na s HIS 2,3 e 4, Cedrinho (*Erismia uncinatum*) na HIS 5 e Angelim Pedra (*Hymenolobium petraeum*) na HIS 6, todas sem nenhum tipo de tratamento preservativo.

³ subcobertura (tipo foil) entre a chapa de compensado e a telha.

Foi observado que nas HIS 1, 7, 8 e 9 utilizaram telhas cerâmicas, pois seguem o padrão dos sistemas de financiamento habitacionais, que buscam como premissa básica atender a norma de desempenho. Além do mais, todas seguem as especificações da DIRETRIZ SINAT N° 005 (BRASIL, 2011). Já as HIS 2, 3, 4 seguem o padrão prosposta pelo Projeto Morar Melhor e que foram feitas todas iguais pela madeireira. As HIS 5, 6 e 10 que são protótipos e showrooms, utilizam telhas diferenciadas, até mesmo a HIS 5 que tem cobertura de fibrocimento, utilizou um modelo que é pigmentada com dióxido de ferro, ou seja, já vem na cor terracota de fábrica.

No que tange a forma das coberturas, todas têm duas águas, exceto a da HIS 6 que tem um telhado com nove águas e três desníveis. As HIS 2, 3, 4 e 5 tem um desnível entre as duas águas, tornando o pé direito da sala e da cozinha mais altos, com o forro acompanhando a inclinação do telhado.

É importante salientar que a forma arquitetônica das coberturas não influenciou em nada nas manifestações patológicas do subsistema cobertura, a não ser, pelo tamanho dos beirais, que no geral estavam bem dimensionados, protegendo as superfícies externas das paredes.

Em relação ao desempenho térmico das tipologias das coberturas dos dez estudos de caso, é possível afirmar que, os subsistemas da HIS 1, 7, 8 e 9 atendem aos valores máximos admissíveis para a transmitância térmica das coberturas, considerando o fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas²³ 1, 2 e 3 da NBR 15575- 5 – Requisitos para sistemas de cobertura (ABNT, 2013). Já as HIS 2, 3, 4 e 5 têm uma transmitância térmica acima do recomendado pela norma na zona bioclimática que estão localizadas. Observando que a HIS 6 está localizada na zona bioclimática 1, a HIS 1 na zona bioclimática 2 e todas as outras habitações na zona bioclimática 3, conforme NBR 15220 - 3 – Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005). Para as composições das coberturas das HIS 6 e 10 não foram encontrados valores na literatura de transmitância térmica.

Outros aspectos de desempenho como estanqueidade da cobertura serão abordados na seção 5.3. A Tabela 60 apresenta a transmitância térmicas dos subsistemas cobertura dos dez estudos de caso.

²³ O zoneamento bioclimático brasileiro compreende oito diferentes zonas, na região sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) há três zonas bioclimáticas: 1, 2 e 3.

Tabela 60 - Transmitância Térmica dos subsistemas cobertura

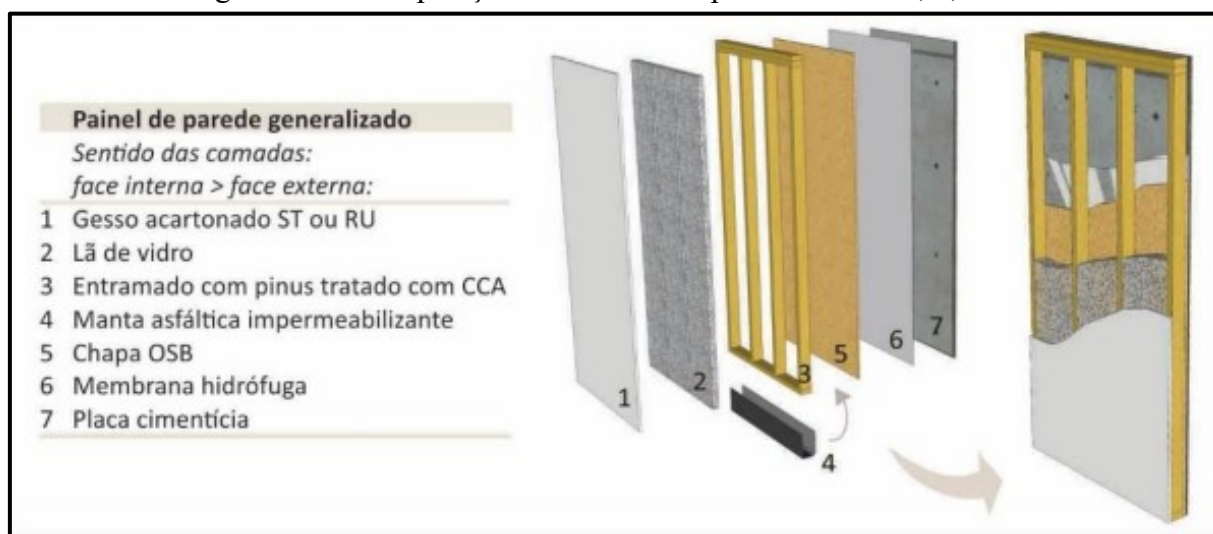
Transmitância térmica (U) W/m ² K		
Parâmetros da NBR 15575	Zonas 1 e 2	Zonas 3
	$U \leq 2,30$	$U \leq 0,6$ $U > 0,6$
Cobertura HIS 7,8 e 9 ¹	0,62	
Cobertura HIS 1 ¹	2,00	
Cobertura HIS 2,3,4 e 5		2,00
Cobertura HIS 10		Não encontrado
Cobertura HIS 6		Não encontrado

¹ Dados foram obtidos na NBR 15575 - 5 (ABNT,2013) considerando forro de madeira e não de PVC.

Fonte: Elaborado pelo autor

As composições dos subsistemas parede das HIS 1, 7, 8 e 9 tem ossatura (montantes) 38 x 89 mm espaçados a cada 400 mm em Pinus, com isolante termoacústico (lã de fibra de vidro, lã de Pet ou rocha), chapa de OSB como contraventamento e manta hidrófuga. Os fechamentos internos são de chapa de gesso (*standard*) e RU 12,5 mm (nas áreas úmidas) e os fechamentos externos de chapas cimentícias com revestimento *basecoat*. A Figura 164 apresenta o subsistema parede das HIS 1, 7, 8 e 9.

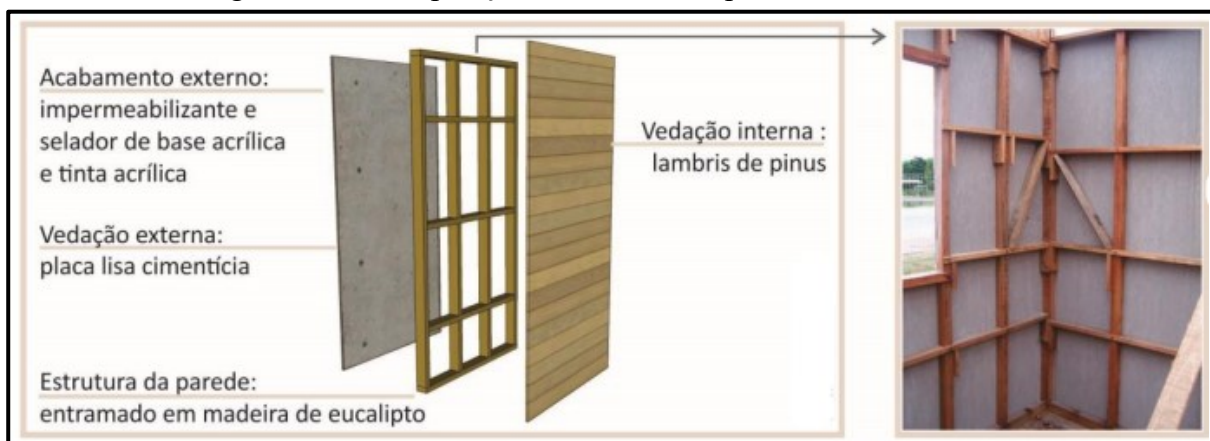
Figura 164 - Composição do subsistema parede da HIS 1, 7, 8 e 9.



Fonte: Espíndola (2017)

As composições dos subsistemas parede das HIS 2, 3 e 4, tem ossatura de madeira (seção: 6 x 6 mm) de Eucalipto Vermelho (*Eucalyptus camaldulensis*), fechamentos internos com lambri de pinus e nas áreas úmidas (paredes do banheiro e cozinha) com chapas cimentícias CRFS, fechamento externo com chapas cimentícias CRFS com “mata-junta” de madeira nas juntas. O subsistema parede não contém isolante termoacústico, manta de vapor e chapas de contraventamento, por este motivo, a ossatura tem três travas horizontais (formando um entramado na estrutura) para fazer o contraventamento da estrutura (Figura 165).

Figura 165 - Composição do subsistema parede da HIS 2, 3 e 4.



Fonte: Espíndola (2017)

O subsistema parede da HIS 5 é composta por ossatura de Cedrinho (*Erismia uncinatum*) (seção: 4 x 7 mm a cada 600 mm de espaçamento), fechamentos internos com lambris de Cedrinho e chapas cimentícias e, fechamentos externos, com *Siding* cimentícios (CRFS). O subsistema parede não contém isolante termoacústico, manta de vapor e chapas de contraventamento. O subsistema parede da HIS 6 é composto por ossatura dupla de Angelim Pedra (*Hymenolobium petraeum*) (seção: 3,5 x 7 cm + 2,5 x 5 cm), fechamentos externos e internos com chapas cimentícias CRFS. O subsistema contém isolante termoacústico, mas não contém manta de vapor e chapas de contraventamento.

O subsistema parede da HIS 10 é composta por ossatura de Pinus (seção: 40 x 90 mm), fechamentos internos com gesso acartonado (*standard*) e chapas de compensado (12 mm de espessura), no fechamento externo é utilizada “manta impermeabilizante” (tipo foil) e *siding* reconstituído de madeira (feito de sobras de madeira). A Tabela 61 apresenta a síntese de materiais utilizados nos subsistemas paredes.

Tabela 61 - Síntese dos materiais utilizados no subsistema parede.

Subsistema parede das 10 HIS															
Estudo de Caso	Ossatura				Fechamento interno			Isolante Termo Acústico	Chapa de contraventamento		Fechamento externo			Barreira de vapor	
	Pinus tratado com CCA	Eucalipto vermelho	Cedrinho	Angelin	Gesso Acartonado	Chapa Cimentícia ¹	Lambri de madeira	Lã de rocha, Pet ou vidro	OSB	Compensado	Chapa cimentícia ²	Siding cimentício ²	Siding madeira	Membrana não tecido	Outras
HIS 1	x				x			x	x		x			x	
HIS 2		x				x	x				x				
HIS 3		x				x	x				x				
HIS 4		x				x	x				x				
HIS 5			x			x	x				x	x			
HIS 6				x		x	x	x			x				
HIS 7	x				x			x	x		x			x	
HIS 8	x				x			x	x		x			x	
HIS 9	x				x			x	x		x			x	
HIS 10	x				x			x		x			x		x
Total															

¹ A HIS 2,3,4 utilizaram chapas cimentícias somente nas áreas úmidas (banheiro e parede da cozinha), HIS 5 e 6 no banheiro, sala e cozinha. As chapas cimentícias são todas CRFS (Tabela 18).

² As chapas cimentícias CRFC foi utilizada na HIS 1 e as chapas cimentícias CRFS em todas as outras HIS (Tabela 18).

Fonte: Elaborado pelo autor

As HIS 2, 3, 4, 6 e 10 foram construídas entre 2003 e 2006, neste período havia menos disponibilidade de materiais para construção a seco (LWF e LSF) no Brasil, além do mais todas estas HIS foram construídas como iniciativa individuais de empresas construtoras ou madeireiras, isto justifica a falta de chapas de contraventamento das HIS 2, 3, 4 e 6, além dos fatores de redução de custos como já citado, e a falta de manta hidrófuga, nas HIS 2, 3, 4, 6 e 10. Já as HIS 1, 7, 8 e 9, construídas entre 2013 e 2015, seguem as orientações da Diretriz SINAT N°005 (BRASIL, 2011).

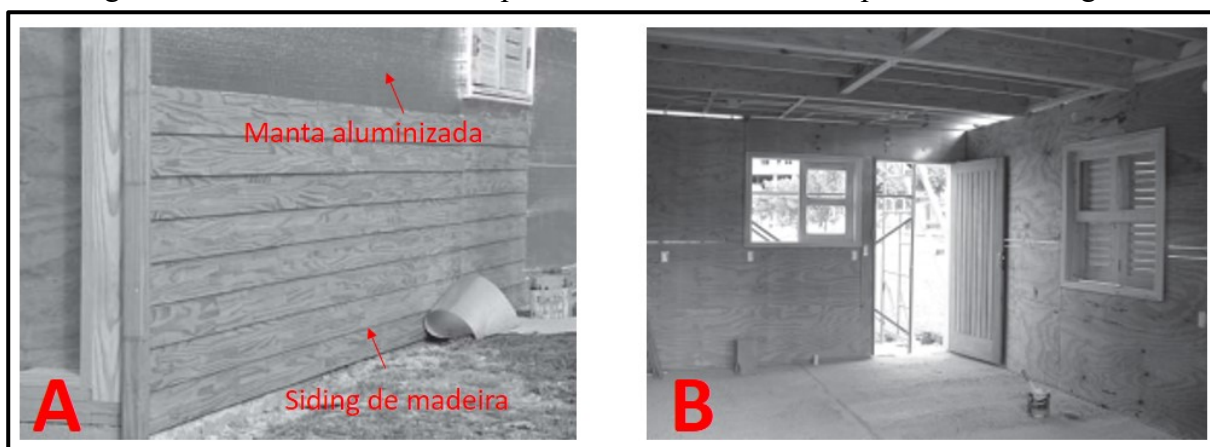
Em relação ao desempenho térmico das HIS 1, 7, 8 e 9 é possível verificar na Tabela 29 (Datec n° 020, 2017) o desempenho térmico nas três zonas bioclimáticas da região sul (Z1, Z2 e Z3), que tanto no período de verão, como no período de inverno, atendem o nível de desempenho térmico mínimo, com cor clara e média, nas quatro condições padrões (sem ventilação, com ventilação com sombreamento e com sombreamento e ventilação). Porém em relação a estas simulações é preciso um maior aprofundamento, pois adotar a mesma tipologia

construtiva em diferentes zonas bioclimáticas pode não ser adequado. O estudo de Passo (2016) afirma que a utilização de isolante térmico pode ou não trazer benefícios dependendo do posicionamento do material na envoltória das edificações, uma vez que, foi identificado que sua utilização é adequada somente em coberturas em climas mais quentes e, assim como, a sua utilização em paredes e coberturas em climas mais frios, contribuem para a redução da porcentagem de horas de desconforto e de consumo energético.

Na avaliação do desempenho térmico da HIS 2, Silva e Gonçalves (2008) afirmam que as áreas de abertura em relação à área de piso não atenderam às especificações da NBR 15220 – 3 (ABNT, 2005). No entanto, durante o monitoramento das condições internas, o pequeno percentual de tempo em que a temperatura interna esteve aquém do desempenho mínimo (5,58%) e o pequeno valor de desvio médio (1,38°C) da temperatura limite (29°C) fazem supor que as aberturas existentes dariam conta de restabelecer as condições de conforto, quando a temperatura externa assim permitir.

Segundo SZÜCS *et al.* (2007) na HIS 10 a manta impermeabilizante de polietileno expandido utilizada na parede, com uma das faces aluminizada, tem também a função de isolamento térmico, funcionando como barreira radiante. No protótipo, a manta foi utilizada com a superfície aluminizada voltada para fora e encostada nas tábuas de *siding*. Isso prejudica o desempenho do conjunto, já que para a manta funcionar como barreira radiante é necessário que se tenha uma camada de ar adjacente à face aluminizada. Na Figura 166 (A) apresenta a manta aluminizada (tipo *foil*) e o *siding* de madeira reconstituída e a Figura 166 (B) a a chapa de compensado (de contraventamento) utilizada na face interna.

Figura 166 - A – face externa da parede e B - face interna da parede em montagem.



Fonte: Szücs *et al.* (2007)

O desempenho acústico das HIS 1, 7, 8 e 9 que seguem a tipologia construtiva recomendada pelo Diretriz Sinat nº 005 (BRASIL, 2011), como já afirmado na subseção 2.1.6,

obtiveram resultados satisfatórios, indicando a adequabilidade frente as indicações de desempenho acústico da NBR 15575 (MUNARI, *et al.*, 2018).

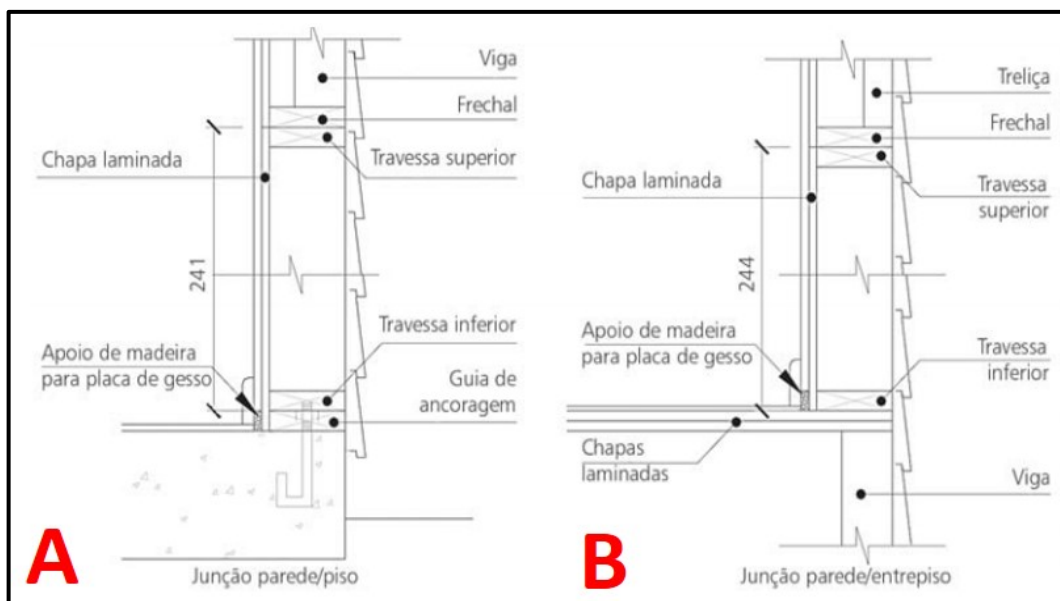
O subsistema fundação/piso das HIS 1, 3, 4, 7, 8, 9 e 10 foram construídas com radier e revestidos com piso cerâmico. Já na HIS 2 foi utilizado sapata corrida com blocos de concreto impermeabilizados com emulsão asfáltica e piso cerâmico. Nas HIS 5 e 6 as fundações são feitas de pedra com a plataforma e assoalho de madeira, sendo o piso das áreas úmidas, com chapa cimentícia com um contrapiso armado e piso cerâmico.

A HIS 10 é a única que utilizou banzo (travessa) duplo (Figura 167 - A) para fixar o painel (subsistema parede) no radier. As HIS 1, 7, 8 e 9 seguem a tipologia construtiva recomendada pelo Diretriz Sinat nº 005 (BRASIL, 2011), apenas com um banzo (travessa), conforme Figura 168.

As HIS 1 e 10 possuem subsistema entrepiso pois seguem a tipologia de sobrado. O entrepiso da HIS 1 é composto por vigas de madeira de pinus tratado com CCA (seção: 45 x 190 mm) chapa de OSB de 18 mm espessura e piso laminado. A Figura 91 apresenta uma perspectiva “explodida” da HIS 1. Já o Entrepiso da HIS 10 é composto por vigas I, duas camadas de chapas laminadas de 12 mm intertravadas, sendo revestidas por um piso laminado (Figura 167 – B).

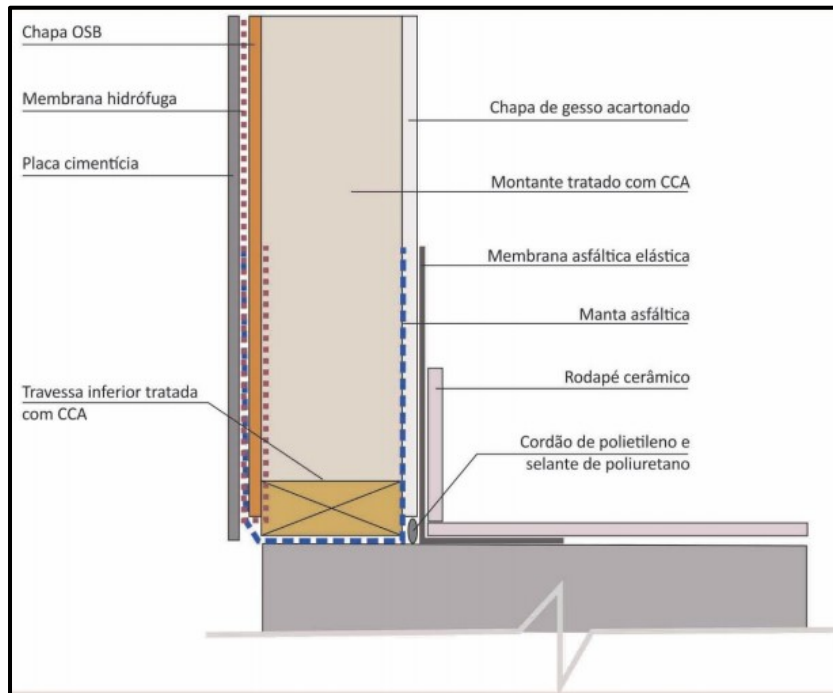
Como os subsistemas entrepisos não tem isolante termoacústico, ficam sem classificação sonora e resistência ao fogo de 12 a 15 min, conforme Tabela 20 (Subseção 2.1.5.3).

Figura 167 - A – fixação do painel na fundação e B – Detalhe da plataforma do entrepiso da HIS 10



Fonte: Szücs *et al.* (2007)

Figura 168 - Detalhe do contato do painel com radier.



Fonte: Espíndola (2017)

O subsistema elétrico e o subsistema hidrossanitário não foram avaliados neste trabalho. Por fim, esta subseção tem como objetivo completar as informações, pois as apresentações dos subsistemas das HIS já foram feitas individualmente no Capítulo 4. Esta subseção não teve como objetivo avaliar o desempenho termoacústico dos subsistemas das HIS, isto se faz necessário em um estudo individual, as informações expostas sobre o tema nesta subseção apenas ajudarão numa melhor compreensão da subseção 5.2.2 que aborda a percepção dos usuários e da Seção 5.4 que aborda aspectos das manifestações patológicas ligadas ao clima.

5.1.3 Espaços privados, coletivos e entornos das HIS

Esta subseção apresenta alguns aspectos dos espaços coletivos e os entornos dos estudos de caso. O objetivo não é avaliar estes locais, mas apresentá-los de forma didática e conjunta e verificar suas possíveis influências nas manifestações patológicas das habitações e nas opiniões dos entrevistados. Os espaços privados são apresentados em conjunto e complementa o capítulo 4 e a subseção 5.1.2.

Como já apresentado individualmente, as HIS 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 9 possuem em seus *layouts* sala e cozinha integradas, banheiro e dois quartos, com áreas entre 42 e 47 m². Já as HIS 6, com 58,95 m², apresenta um *layout* com sala e cozinha integradas, banheiro e três

quartos, enquanto a HIS 10, que é um sobrado de 47m², tem apenas um quarto, formando um mezanino entre os dois pavimentos.

As HIS 2, 3, 4 e 10 têm área aberta na frente e nos fundos (que serve como área de serviço), já a HIS 6 apresenta uma área aberta na frente e outra na lateral (garagem de automóvel) de 18 m² (Figura 169 - A). A HIS 5 contém área aberta apenas na frente. As HIS 1, 7, 8 e 9 não apresentam área aberta, apenas uma pequena cobertura sobre o tanque (Figura 169 - B). Esta solução de cobertura acaba não sendo eficiente como área de serviço, o que faz os usuários levarem o tanque e a máquina de lavar para as áreas ampliadas.

Figura 169- Exemplo de áreas abertas dos estudos de casos.



Fonte: Autor (2019)

Segundo Silva (1981) para não ter uma relação patogênica com o espaço, com riscos de doenças, a relação espaço interno-pessoa adequado médio por morador fica entre 11 e 14 m²/ pessoa. Todos os estudos de caso têm esta relação acima de 11 m²/pessoa. Porém é importante salientar que amostra de dez habitações é pequena para ter qualquer conclusão da relação espaço-pessoa (morador), pois a HIS 4 (com 45 m²) tem apenas um morador com 45 m²/pessoa e a HIS 1 (com 47 m²), que tem quatro moradores, fica com 11,75 m²/pessoa (Tabela 62).

Tabela 62 - Síntese dos espaços privados e coletivos das HIS

Espaços HIS															
Estudo de Caso	Espaço fechado privado								Espaço aberto privado			Espaço coletivo ²			
	Sala e cozinha	Quartos	Banheiro	Área aberta frontal	Área aberta de serviço	Cobertura na área de serviço	Número de moradores	Área total (m ²)	Área m ² pessoa	Espaço na frente da casa	Espaço nos fundos	Área ampliadas (m ²)	Infraestrutura	Serviços	Recreação e lazer
HIS 1	1	2	1				4	47	11,75	x	x		x		x
HIS 2	1	2	1	x	x			45		x		12,5	x		
HIS 3	1	2	1	x	x		3	45	15	x	x	26	x		
HIS 4	1	2	1	x	x		1	45	45	x	x	4	x		
HIS 5	1	2	1	x				45		Nd	Nd		x	x	
HIS 6	1	3	1	x	x		2	60	30	Nd	Nd		x	x	
HIS 7	1	2	1			x	3	42,12	14,04	x	x	20	x		
HIS 8	1	2	2			x	2	42,12	21,06		x	35	x		
HIS 9	1	2	1			x	3	42,12	14,04	x	x	12	x		
HIS 10	1	1	1	x	x			47		Nd	Nd		x	x	
Média							46,03	21,55¹		Média		18,25			

¹ Mesmo se retirar a HIS 6 que é um protótipo e showroom a média de m² por pessoa fica 20,14m.
² Neste trabalho foram considerados infraestrutura: luz, esgoto, coleta de lixo, serviços: supermercado, armazéns e farmácias próximas as HIS ou conjunto habitacionais e recreação e lazer: praças, espaços esportivos, clubes e outros afins.

Fonte: Elaborado pelo autor

O processo de expansão das cidades brasileiras foi caracterizado como urbanização espalhada. Tal processo originou, por sua vez, o que se denomina de periferização e de fragmentação do espaço urbano. Muitas vezes os conjuntos habitacionais foram construídos em áreas distantes dos antigos locais de moradia dessa população. Apesar da melhoria nas condições residenciais, as dificuldades e carências permanecem na vida de seus habitantes (SANTOS, 1993).

No conjunto habitacional da HIS 1, os moradores foram removidos dos seus locais de origem. Já nas HIS 7, 8 e 9 o conjunto habitacional foi construído no mesmo local das antigas moradias, este foi um dos fatores que influenciou a satisfação dos moradores entrevistados. Apesar desta diferença, ambos os conjuntos habitacionais ficam localizados na periferia de suas cidades com pouco serviços e áreas de recreação e lazer em seus entornos (Figura 170 - A). O conjunto habitacional da HIS 1 tem uma um salão de festas e uma infraestrutura de recreação básica que, atualmente, esta sem manutenção (Figura 170 - B).

Figura 170 - A – lixo no entorno da HIS 7, 8 e 9 e B - vista do conjunto habitacional da HIS 1



Fonte: Autor (2019)

Já as HIS 3 e 4 foram implantados no distrito de Povo Novo em Rio Grande, em lotes de uma malha urbana existente com aspectos “interioranos”. Neste distrito também há poucos serviços disponíveis e carece de infraestrutura básica, mesmo assim, estes aspectos não influenciaram na opinião dos moradores em relação às moradias, por já estarem habituados a este local. As HIS 2, 5, 6 e 10, como já mencionado, por serem protótipos localizados nos pátios das madeireiras e no campus da universidade, não são passíveis deste tipo de análise.

5.2 PERCEPÇÃO DAS HIS SOBRE VIÉS DOS CONSTRUTORES E DOS USUÁRIOS

Nesta seção são feitas uma síntese e uma discussão dos resultados apresentados na seção 4 sobre a percepção das HIS sobre o viés dos construtores e usuários. Conforme já citado, não foi observado constrangimento por parte dos vinte entrevistados, todas as informações obtidas serviram para identificar e avaliar com precisão as manifestações patológicas das HIS. Foi possível também fazer interpretações de alguns gestos e respostas e fazer perguntas adicionais para a obtenção de dados mais precisos para a pesquisa.

5.2.1 Percepção das HIS sobre o viés dos construtores

Para a percepção das HIS sobre o viés dos construtores foram consultados dois arquitetos, oito engenheiros civis e três proprietários de madeireira (Tabela 37). Os dois arquitetos têm experiência com projetos e obras. Já o perfil dos engenheiros civis são: quatro com experiência em obras e quatro doutores e professores das Universidades Federais de Pelotas e de Santa Catarina. Já os proprietários das madeireiras: dois têm formação em

administração de empresas e, um, segundo grau completo. Todos estão no ramo de construção de casas de madeira, há mais de 30 anos. É importante salientar que duas das madeiras trazem madeira (folhosas nativas de diferentes espécies) do norte do País e uma trabalha com madeira de reflorestamento (Eucalipto) plantado na região Sul do Brasil.

Sobre os fatores de projeto das HIS, praticamente todos os entrevistados classificaram como bons os aspectos funcionais, estéticos e de detalhamento. Apenas a HIS 1 foi avaliada como ruim, devido ao projeto ser padronizado, uma crítica dos engenheiros as tipologias fornecidas pelos programas habitacionais. Já a HIS 7, 8 e 9 tiveram avaliação regular, na especificação dos materiais de revestimento. Esta avaliação regular ocorreu devido ao descolamento da cerâmica nas áreas úmidas, que como já citado, foi corrigido trocando a especificação da argamassa de assentamento - tipo AC II pelo tipo AC III, mas principalmente, pela falta de ventilação das HIS citadas pelos entrevistados.

A NBR 15220 – 3 (ABNT, 2005) recomenda aberturas médias para ventilação entre 15 a 25 % da área do piso, na zona bioclimática 2, onde as HIS 7, 8 e 9 estão localizadas. Apesar da falta de ventilação afirmada pelos entrevistados, o único cômodo que não atende a norma é o dormitório 2, conforme tabela 63.

Tabela 63 - Área das aberturas em comparação com a NBR 15220.

Ambiente	Abertura efetiva (ventilação)	Área do piso	Percentual de ventilação
Sala de estar /refeições	2,52m ¹	11,70 m ²	21%
Cozinha	1,44 m ³	4,65 m ²	31%
Dormitório 1	1,44 m ²	7,30 m ²	20%
Dormitório 2	1,44 m ²	10,37 m ²	14%

¹ Considerando a área da porta de 1,34m²

Fonte: Elaborado pelo autor

Outro aspecto considerado ruim pelos engenheiros entrevistados, foi os detalhamentos entregues da HIS 7, 8 e 9, devido principalmente, a incompatibilidade da modulação dos painéis com a tubulação de espera do hidrossanitário.

Os fatores de execução também foram considerados bons ou ótimos nas HIS 2, 3, 4, 5, 6 e 10 pelos entrevistados. A HIS 2, 3, 4, 5 e 6 utilizaram o método artesanal de montagem, foram construídas pelas madeiras de forma pioneira, como uma proposta de lançamento de um novo objeto construtivo para o mercado residencial de baixo custo, entre os anos de 2005 e 2006. Assim o conhecimento de montagem, aplicado nestas habitações estava mais próximo

das práticas construtivas “artesanais”²⁴ de casas de madeira, que até hoje, ainda são feitas no Brasil, não podendo assim, comparar com a indústria da pré-fabricação do LWF, pois estas não levaram em consideração aspectos como desperdício de materiais e produtividade.

Já a HIS 10, que também foi um protótipo de LWF pioneiro no País, construído em 2003, utilizou o método dos painéis na montagem. Porém como transportou os painéis da fábrica para o canteiro de obras (da cidade de Lages para a cidade de Florianópolis), sem antes contraventar com as chapas de compensado, os mesmos acabaram saindo do esquadro, trazendo dificuldades na locação no canteiro de obras.

As HIS 1, 7, 8 e 9 foram avaliadas como boas na construção do subsistema fundação e ruim e regular nos subsistemas parede e cobertura, isto se deve ao fato das dificuldades encontradas com as modulações, precisões dos painéis e com a qualidade da mão-de-obra nos canteiros de obras.

Os fatores de materiais e componentes de construção utilizados seguem a mesma lógica de avaliação que a dos fatores de execução, as HIS 2, 3, 4, 5, 6 e 10 foram avaliadas como ótimas e/ou boas. Isto se deve, em parte, pelo fato de que boa parte dos materiais eram fornecidos pelas próprias madeireiras, isto pode ter influenciado e trazido imprecisões nas respostas, como também, foram utilizados materiais selecionados, como feito com as peças das ossaturas da HIS 2, 3 e 4.

Nas HIS 4 e 5 foram utilizados materiais de madeira (ossatura e fechamentos), de madeiras originárias de florestas nativas, trazendo aspectos negativos no que tange a sustentabilidade destas habitações.

Nas HIS 1, 7, 8 e 9, avaliadas como regular e ruim, principalmente, no que tange a qualidade das peças de madeira utilizadas nos subsistemas paredes e cobertura, evidência a necessidade da identificação da classificação da madeira serrada no Brasil.

É importante salientar que uma das principais limitações deste trabalho foi não ter acesso a ossatura de madeira dentro dos painéis de parede e forro. Assim há muitas imprecisões nestas aferições dos materiais das estruturas, sendo necessário estudos mais aprofundados e específicos antes dos fechamentos dos subsistemas.

Outra limitação foi a pequena população consultada nesta etapa da pesquisa (13 pessoas), pois muitas das entrevistas não foram autorizadas a serem publicadas por parte das empresas construtoras e, três dos entrevistados, eram proprietários das madeireiras.

²⁴ Para mais informações sobre os sistemas construtivos de madeira utilizados entre as décadas de 1980 e 2010, consultar a tese de doutorado: O wood frame na produção de habitação social no Brasil, defendida por Luciana da Rosa Espindola na Universidade de São Paulo no ano de 2017.

No Quadro 40 são apresentadas as sínteses avaliativas das habitações feitas pelos profissionais construtores.

Quadro 40 - Síntese das avaliações das HIS feita pelos construtores

Estudos de Caso			HIS 1	HIS 2	HIS 3	HIS 4	HIS 5	HIS 6	HIS 7	HIS 8	HIS 9	HIS 10	
Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário	Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	
		Distribuição do Leiaute	Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	
	Estéticos	Revestimentos e Materiais	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Bom
		Entorno e contato visual com vegetação	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Bom
		Projeto complementares	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Bom
Fatores de Execução	Fundação		Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	
	Paredes painéis		Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Bom
	Entrepiso		Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Cobertura		Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Bom
Fatores dos Materiais	Fundação		Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	
	Estrutura		Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Bom
	Fechamentos		Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
	Cobertura		Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Bom
Legenda													
Ótimo			Bom		Regular		Ruim		Péssimo				

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.2 Percepção das HIS sobre o viés dos usuários

Para a percepção das HIS sobre o viés dos usuários foi consultado sete moradores (HIS 1, 3, 4, 7, 8 e 9), dois proprietários da madeira (HIS 2 e 5) e três engenheiros civis (professores) (HIS 10).

Sobre os fatores de projeto das HIS, praticamente todos os entrevistados classificaram como bons os aspectos funcionais e estéticos. Apenas a moradora da HIS 1 achou estes e todos os outros fatores ambientais e sociais negativos. Mas como já citado, o conjunto habitacional

que a HIS 1 está inserida passa por uma briga judicial, esta situação dificultou a interpretação dos dados obtidos na entrevista e não será discutido nesta subseção.

Na HIS 3 e 4, as avaliações positivas, apesar das manifestações patológicas apresentadas no Capítulo 4, se dão em parte, que as HIS entregues pela madeireira cumpriu as expectativas dos usuários, ou seja, de forma idêntica ao protótipo (HIS 2) apreciado antecipadamente pelos futuros compradores e, com os custos e prazos, conforme combinado.

Já as HIS 5 e 6, que os entrevistados são os proprietários das madeireiras que fizeram os protótipos, tiveram avaliação boa, porém o proprietário da madeireira da HIS 5 acha que o sistema construtivo LWF, é inferior as casas de alvenaria e de madeira feita de Ipê produzidas e comercializadas por sua madeireira. Isto se deve a fatores, tais como, sistema construtivo da HIS estar incompleto, o proprietário não considerar aspectos de sustentabilidade e de madeira de origem de floresta plantada e, principalmente, que este protótipo acabou vendendo pouco, comparado ao restante do catálogo de casas da madeireira.

Já os usuários da HIS 7 e 9 estão satisfeitos com as habitações, mesmo com as manifestações patológicas apresentadas, conforme os poemas dos desejos (Figura 143 e 153).

Na HIS 8 a moradora achou regular o espaço destinado ao mobiliário da HIS. Esta opinião está vinculada a necessidade da mesma de ter um pequeno comércio, não sendo suficiente o programa de necessidades padrão proposto para as HIS do conjunto habitacional. A moradora também acha o entorno da edificação com pouca vegetação, o que se confirma nas visitas exploratórias feitas ao conjunto habitacional (Figura 134, 138 e 163 – A).

Na HIS 10, apesar de uma avaliação positiva, as duas professoras entrevistadas citaram que a escada é estreita e pode ser desconfortável para o dia a dia de uma habitação. Palermo (2016) sobre os aspectos funcionais dos projetos para HIS afirma:

“O universo doméstico nos fala muito sobre a cultura popular e as relações pessoais. Embora, pela visão do mercado, a ação do arquiteto se restringe a satisfazer o cliente, ou seja, aquele que contrata o projeto. No âmbito da HIS, o cliente jamais ocupará a unidade cujo o projeto contratou. Ele tampouco está preocupado com os atributos desse projeto nem com a funcionalidade que porventura esteja atendida no projeto. Apenas os limites da lei deverão ser respeitados, não importando se o que a lei estabelece leva em conta o que as pesquisas na área consideram suficiente. No projeto para a HIS, portanto, o cliente não é quem contrata e sim que usa. É a esse usuário que o arquiteto deveria prestar seus serviços. Mais do que um contrato, trata-se de um compromisso.” (PALERMO, 2016).

Os fatores ambientais, ligados ao desempenho térmico, acústico e lumínico foram considerados satisfatórios nas HIS 3, 4, 6, 7, 8 e 9. As HIS 2 e 5 foram avaliadas positivamente nos aspectos térmicos e lumínicos e regular no desempenho acústico. Lembrando que estas HIS não possuem isolamento termoacústico, assim o desempenho acústico pode ser corrigido com a colocação de material isolante dentro dos painéis ou utilizando EIFS (Figura 45).

A HIS 10 foi avaliada como regular no desempenho termoacústico, principalmente, sobre o ruído e a movimentação da plataforma do entrepiso, que não contém isolamento e, segundo a CMHC (2002), fica sem classificação sonora (primeira tipologia da Tabela 20). Já sobre o desempenho térmico os professores (usuários) comentaram do desconforto, principalmente, no verão, precisando de ar condicionado nos dias com temperaturas mais altas²⁵.

Os fatores sociais não se aplicam as HIS 2, 3, 4 e 10. Na HIS 3 e 4 aspectos como relacionamento interpessoal com a vizinhança e lazer foram considerados bons pelos usuários, lembrando que estas HIS foram implantadas em uma malha urbana pré-existente. As HIS 7, 8 e 9, que fazem parte de um conjunto habitacional, construído em 2015, os fatores sociais foram considerados regular. No Quadro 41 são apresentadas as sínteses avaliativas das habitações feitas pelos os usuários.

Quadro 41 - Síntese das avaliações das HIS feita pelos usuários

Estudos de Caso			HIS 1	HIS 2	HIS 3	HIS 4	HIS 5	HIS 6	HIS 7	HIS 8	HIS 9	HIS 10		
Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário	Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Bom		
		Distribuição do Leiaute	Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	
	Estéticos	Revestimentos e Materiais	Ruim	Bom	Regular	Regular	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Bom	Bom	
		Entorno e contato visual com vegetação	Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Bom	Bom	
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro		Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom		
	Som/ Barulho		Ótimo	Regular	Regular	Regular	Regular	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular		
	Temperatura		Regular	Bom	Regular	Regular	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular		
	Iluminação		Regular	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom		
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal		Regular	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom		
	Suporte Social	Equipamentos urbanos	Regular	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Bom		
		Salão de festa	Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom		
		Lazer	Ruim	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Bom		
Legenda														
Ótimo			Bom			Regular			Ruim			Péssimo		

Fonte: Elaborado pelo autor

²⁵ Há conforto térmico em 20,80% das horas do ano em Florianópolis. As estratégias mais adequadas para os períodos de desconforto (79,1 % das horas do ano) são ventilação cruzada (35,5%) e massa térmica para aquecimento e aquecimento solar (35,4%) (dados disponíveis no site do <http://projetece.mma.gov.br/>, consultado no dia 20/01/2020).

O baixo número da população entrevistada é um dos fatores limitantes deste trabalho. Como já citado, houve restrições na obtenção de dados da HIS 1. Então se faz necessário um estudo mais aprofundado utilizando a entrevista como método, com uma população maior e com tratamento estatístico para conclusões mais precisas e relevantes no estudo de APO das HIS construídas com LWF.

Segundo Ono *et al.* (2018) a entrevista com o usuário geral do ambiente construído em pesquisa de APO pode ser utilizada para complementação de dados. Foi este um dos objetivos desta etapa da pesquisa, complementar informações sobre as manifestações patológicas das HIS.

5.3 ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Como foi apresentado na subseção 1.7, a origem das manifestações patológicas podem ocorrer nas etapas de projeto, construção e utilização de um edifício. Em todas essas etapas existem causas relacionadas diretamente ou indiretamente com as decisões de projeto, que podem gerar ou intensificar a deterioração das HIS e dos seus subsistemas.

Foi verificado que a origem das manifestações patológicas das HIS, na maioria das vezes, acontece em mais de uma etapa; por exemplo, uma trinca nas juntas das chapas cimentícias (revestimento externo) podem ocorrer durante a construção (má instalação) ou, por o projeto não fornecer uma paginação (estrutura x chapas cimentícias) não seguindo a orientação de instalação do fabricante.

A maior parte das manifestações patológicas identificadas ocorrem nos revestimentos internos e externos do subsistema parede. Pode ser observado que as trincas nas juntas do revestimento interno (nas chapas de gesso acartonado) e do revestimento externo (nas chapas cimentícias) tem origem na etapa de execução ou execução e uso e manutenção da edificação. Há também problemas nas juntas aparentes das chapas cimentícias (mata-junta e selante) decorrente do projeto, uso e manutenção.

O subsistema cobertura apresentou problemas, principalmente, decorrentes de uso e manutenção e de projeto e execução. As manifestações patológicas do subsistema fundação/piso ocorrem superficialmente, no revestimento cerâmico.

No Quadro 41 é apresentando uma síntese das manifestações patológicas que foram encontradas nos estudos de caso, apontando a origem de cada uma delas em cada habitação.

Quadro 42 - Manifestações patológicas identificadas nos estudos de caso e sua origem

	Manifestação Patológica	HIS										Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Subsistema cobertura	Goteiras na cobertura	■						■					2
	Goteiras na cobertura e apodrecimento do forro		■										1
	Mofo no forro externo		■								■		2
	Destelhamento					■							1
	Forro cimentício com manchas umidade nos ponto de fixação					■							1
	Telhas amassadas						■						1
	Abaulamento do forro							■					1
	Fresta no rufo de acabamento do telhado							■	■	■			3
	Beiral solto								■				1
	Vidro do aquecedor quebrado								■	■			2
	Apodrecimento das telhas										■		1
	Calhas entupidas										■		1
	Fenda na longarina do telhado				■								1
	Telhas com aderência de microrganismos e levemente abauladas.				■								1
Subsistema parede	Furos na parede interna de gesso	■											1
	Furos na parede interna no rodapé	■											1
	Trincas nas juntas das chapas de gesso	■						■	■	■	■		5
	Descolamento de revestimento ou pintura no rodapé	■		■									2
	Descolamento do selante das juntas entre chapas cimentícias externas	■						■	■	■			4
	Oxidação das fixações das chapas cimentícias externas	■	■										2
	Trinca no peitoril da janela	■											1
	Manchas nas das paredes externas	■	■		■						■	■	5
	Falha no acabamento entre paredes de geminação	■											1
	Manchas das aberturas	■											1
	Descolamento do rejunte	■	■				■						3
	Frestas entre a parede e a fundação	■											1
	Oxidação nas grades de proteção	■											1
	Furos na parede externa (nas chapas cimentícias)		■						■				2
	Trincas nas juntas das chapas cimentícias nas paredes internas		■			■	■						3
	Chapa cimentícia com descolamento de película no revestimento externo no rodapé		■				■						2
	Chapa cimentícia com trincas nas paredes externas	■	■			■	■						4

	Manifestação Patológica	HIS										Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	Descolamento do mata-junta entre chapas cimentícias externas		Projeto, uso e manutenção	Uso e Manutenção									2
	Chapas cimentícias e telhas de revestimento dos oitões com trincas e quebradas nas paredes externas		Uso e Manutenção										1
	Falta de acabamento nos interruptores elétricos		Uso e Manutenção										1
	Movimentação da estrutura			Execução						Projeto e execução			2
	Desprendimento das placas cerâmicas e do rejunte			Execução	Projeto								2
	Desprendimento das chapas cimentícias			Uso e Manutenção									1
	Apodrecimento do mata junta entre chapas cimentícias externas				Projeto, uso e manutenção								1
	Apodrecimento do rodapé das chapas cimentícias externas				Projeto, uso e manutenção								1
	Furos na parede internas (madeira)					Uso e Manutenção							1
	Amassamento do <i>siding</i> cimentício na base					Uso e Manutenção							1
	Fenda no pilar de madeira da área aberta					Projeto	Projeto						2
	Apodrecimento da cantoneira de madeira					Projeto, execução e uso e manutenção							1
	Furos nas portas internas					Uso e Manutenção							1
	Trinca no “vértice” das paredes						Execução						1
	Movimentação entre a chapa cimentícia e o batente da porta						Projeto						1
	Descolamento do batente (acabamento) da porta							Projeto, uso e manutenção					1
	Descolamento das placas cerâmicas externas (do tanque de lavar roupa)							Uso e Manutenção					1
	Frestas entre a parede e a fundação							Projeto e execução	Projeto, uso e manutenção				2
	Movimentação do batente (acabamento) das aberturas							Projeto e execução	Projeto e execução				2
	Cerâmica da parede quebrada									Uso e Manutenção			1
	Revestimento externo <i>siding</i> de madeira empenado										Projeto e execução		1
piso	Piso cerâmico quebrado e lascado							Uso e Manutenção					1
	Piso cerâmico desnivelado								Execução				1
	Piso cerâmico levantado/solto								Execução				1
Legenda - origem da manifestação patológica													
	Projeto												Projeto, uso e manutenção
	Execução												Execução, uso e manutenção
	Uso e Manutenção												Projeto, execução e uso e manutenção
	Projeto e execução												

Fonte: Elaborado pelo autor

Foram encontradas 53 diferentes manifestações patológicas nos estudos de caso, 13 manifestações patológicas no subsistema cobertura, 37 no subsistema paredes e 3 no subsistema piso. Porém muitas destas manifestações patológicas poderiam ser consideradas as mesmas como, por exemplo, as manifestações patológicas no piso desnivelado e levantamento e soltura decorretes da execução. O mesmo acontece com as manifestações patológicas no subsistema cobertura, principalmente, no que tange as telhas: goteiras e goteiras e apodrecimento do forro, o que muda é a manifestação patológica propriamente dita, por decorrência que uma das HIS tem forro de madeira, enquanto nas outras duas, o forro é de PVC, sendo o forro de madeira muito mais frágil a umidade (goteira decorrente da chuva).

Há manifestações patológicas com as mesmas características no revestimento externos (nas chapas cimentícias) e internos (nas chapas de gesso) como batidas, furos, apodrecimento do rodapé decorretes de uso e manutenção que poderiam ter sido agrupadas em um único tipo. Mas optou-se por separá-las e detalhar cada uma delas, pois uma das complexidades das avaliações das HIS, é decorrete da variação de materiais e componentes utilizados nos subsistemas, até um mesmo material, como por exemplo, a chapa cimentícia tem processos diferentes de fabricação com características físicas e mecânicas diferentes (Tabela 18).

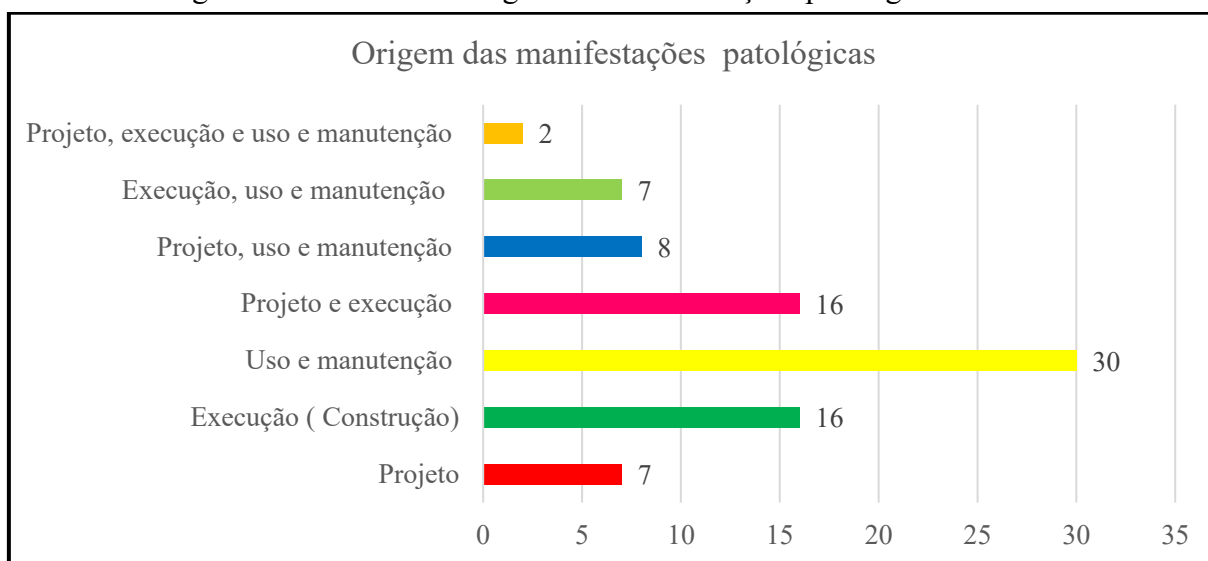
Durante a vida útil da edificação cabe ao usuário executar as atividades de cuidado e manutenção, conforme indicado nos manuais dos proprietários quando fornecido. Foi nesta etapa (uso e manutenção) que foi encontrado o maior número de manifestações patológicas, sendo totalizadas 30 (trinta), ocorrendo pelo menos uma em cada HIS.

Foram encontrados 16 (dezesseis) manifestações patológicas decorrentes da execução e, o mesmo número, decorrentes da etapa de projeto e execução. Como já apontado nesta pesquisa, estas manifestações patológicas são relacionadas, principalmente, com má qualidade da mão de obra, especificação dos materiais e falta de detalhamento dos projetos executivos.

Nas etapas de projeto, uso e manutenção juntas foram originadas 8 (oito) manifestações patológicas que são decorrentes de especificação e/ou detalhamento inadequados e, também, por uso incorreto ou falta de manutenção. Já nas duas etapas execução, uso e manutenção ocorreram 7 (sete) manifestações patológicas devidas, principalmente, a má execução dos materiais e uso incorreto ou falta de manutenção.

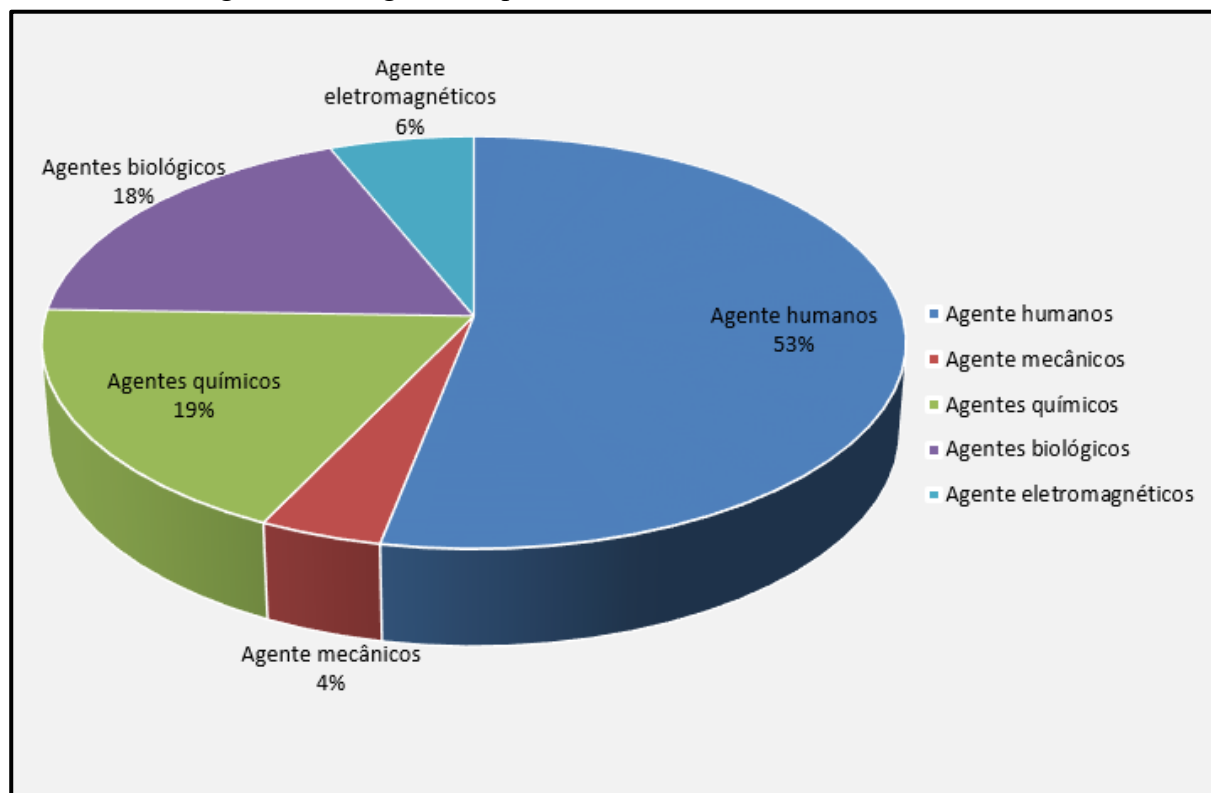
Na etapa de projeto isoladamente foram geradas 7 (sete) manifestações patológicas decorrentes de falta de detalhamento ou detalhamentos incorretos e especificação de materiais incorretos. Por fim, foram apenas 2 (duas) manifestações patológicas oriundas de todas as etapas do ciclo de vida das habitações juntas. A Figura 171 apresenta a quantificação das origens das manifestações patológicas.

Figura 171 - Síntese da origem das manifestações patológicas nas HIS



Fonte: Elaborado pelo autor

Os agentes geradores das manifestações patológicas nas HIS foram: agentes humanos (furos e desgastes causados por impacto, abrasão, esforços e movimentos gerados pelos usuários e falhas na construção), agentes mecânicos (vento e granizo), agentes químicos (água, condensação, sais e poeiras), agentes eletromagnéticos (radiação solar) e agentes biológicos (fungos de podridão e manchadores e cupim - *Cryptotermes brevis*) (ver na tabela 30 na Subseção 2.2.1). A Figura 172 apresenta o percentual de cada um destes agentes que, diretos e indiretos, atuaram para geração das manifestações patológicas das HIS.

Figura 172 - Agentes ²⁶que atuaram sobre os subsistemas das HIS

Fonte: Elaborado pelo autor

Nas próximas subseções serão discutidas as origens das manifestações patológicas em cada etapa do ciclo de vida das edificações.

5.3.1 Manifestações patológicas com origem na etapa de projeto

Durante o levantamento e análise dos dados dos estudos de casos foi possível perceber que, embora os projetistas tenham tomado os devidos cuidados em projetar com as diferentes espécies de madeira utilizadas nas HIS, alguns detalhamentos poderiam ter sido feitos diferentes, afim de evitar as manifestações patológicas. As Fendas dos pilares de madeira poderiam ser evitadas, se no encontro do pilar com a fundação fosse adotado, por exemplo, uma “porta pilar” (Figura 173 A - B). Já as fendas nas longarinas poderam ter sido mais protegidas com os balanços ²⁷ das telhas ou com uso de testeiras ou chapas estampadas nas extremidades das peças, por exemplo.

²⁶ Foi considerado o agente mais significativo por manifestação patológica. Por exemplo: o apodrecimento do mata-junta das juntas das chapas cimentícias na HIS 4 teve como agentes de degradação: químico (chuva), eletromagnético (radiação solar) e agentes biológicos (fungo apodrecedor), porém o considerado na quantificação foi apenas o agente químico (chuva).

²⁷ O balanço de uma telha é a parte que pode ficar sem apoio. Em uma telha de fibrocimento ondulada 5, 6 e 8 mm (modelo utilizado nas HIS 2, 3, 4 e 5) o balanço recomendado mínimo é 0,25 m e máximo é 0,40 m.

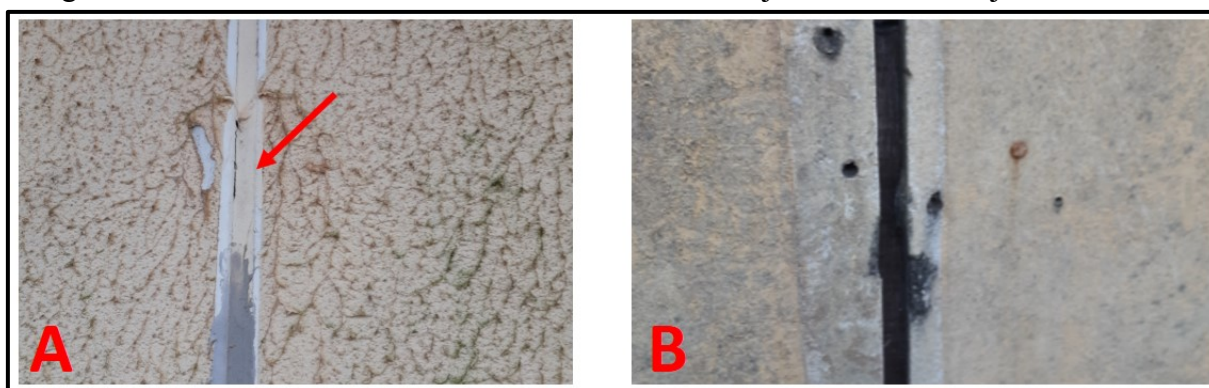
Figura 173 - A- pilar da HIS 10 e B- um modelo de porta pilar metálico.



Fonte: Autor (2019) e Rothoblass (2019)

A utilização de mata-junta e rodapé de madeira nos ambientes externos, descolamento e ressecamento de selantes entre as juntas das chapas cimentícias estão relacionadas, diretamente, a especificação (ou falta de especificação) destes materiais no projeto (Figura 174 A – B). Estas escolhas aliada a falta de manutenção ou má execução, levaram a uma degradação acelerada gerando as manifestações patológicas.

Figura 174 - A - descolamento do selante da HIS 7 e B - junta sem o mata-junta da HIS 3.



Fonte: Autor (2019)

A oxidação das fixações das chapas cimentícias externas estão relacionadas a especificação do tipo de material ou proteção da fixação (ou falta de proteção). Neste sentido, como já mencionado na subseção 2.1.5.2, a corrosão dos elementos de fixação pode ocorrer com a presença de umidade e com o contato com a madeira tratada com certos sais ou retardadores de fogo (*U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE*, 1999). A falta de proteção (massa de recobrimento) na execução deixou os pregos exposto a umidade na HIS 2.

As principais manifestações patológicas geradas nas etapas de projeto e execução nas HIS foram as trincas no peitoril da janela na HIS 1, desprendimento das placas cerâmicas e do

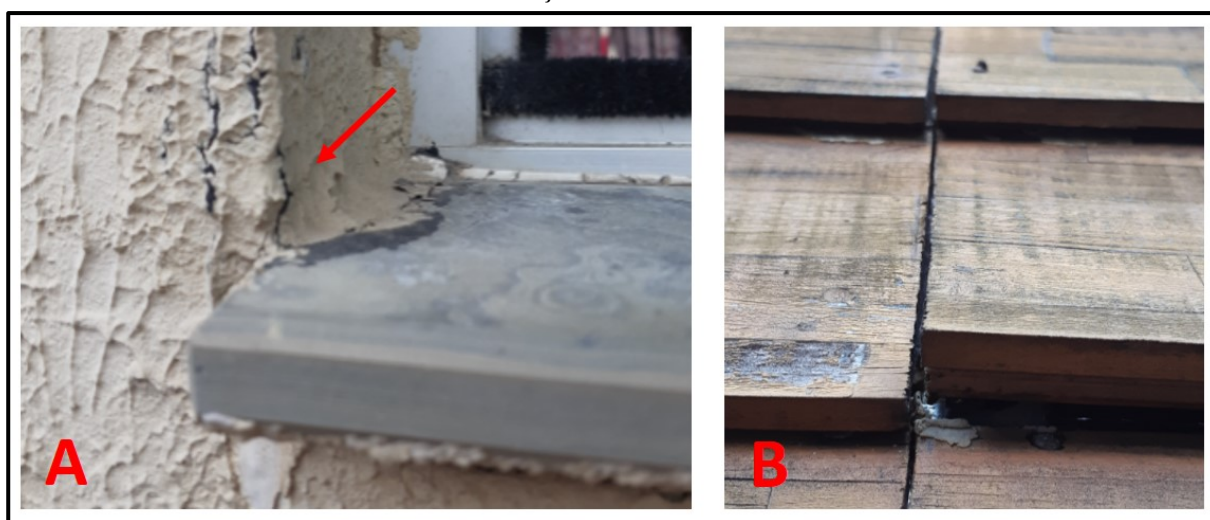
rejunte na HIS 7, as frestas nos acabamentos, rufos do telhado nas HIS 7, 8 e 9, revestimento do *Siding* de madeira empenado na HIS 10 e a movimentação da estrutura na HIS 9.

Foi observado que faltou um detalhamento aprofundado somado a uma má execução (ou manutenção) do peitoril da janela da HIS 1 (Figura 175 A). Também é possível que a especificação de esquadrias de má qualidade seja responsável por umidade excessiva neste ponto da parede interna, pois o problema de vazamento de esquadrias é comum em diferentes sistemas construtivos utilizados nas HIS, devido a má qualidade relacionada ao baixo custo das esquadrias destinadas a este tipo de edificação. Na construção a seco (LWF e LSF) é comum encontrar problemas relacionados a incompatibilidade entre as esquadrias e estes sistemas construtivos, o que pode, muitas vezes, danificar as chapas de gesso interno utilizadas no peitoril.

Os acabamentos das algerosas nas HIS 7, 8 e 9 indica uma falta de detalhamento destas peças e uma má execução por parte da funilaria. As manifestações patológicas decorrentes do mau dimensionamento das peças de acabamento das coberturas (calha, rufo, algerosa e água furtada) são comuns em diferentes tipologias das coberturas brasileiras.

Na HIS 10 a falta e o tipo de fixação foram um dos principais fatores das manifestações patológicas da movimentação do *siding* de madeira. A utilização de mais fixações e do tipo (de prego) anelado ou ardox na parte “de baixo” do *siding*, estabilizaria mais a régua (Figura 175 B). A especificação e a disponibilização do *siding* reconstituído pelo fabricante e patrocinador do protótipo pode ter influenciado, o que tange a qualidade do material. Outro fator influenciador na manifestação patológica foi a falta de manutenção.

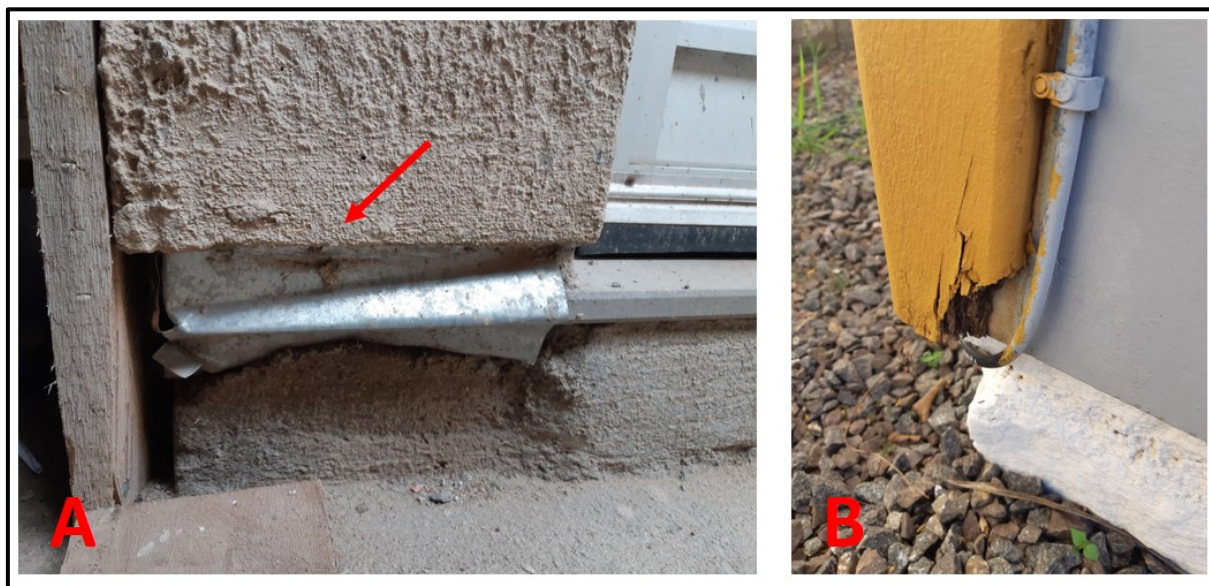
Figura 175 - A - detalhe da janela do lado externo da HIS 1 e B – *siding* empenado sem fixação na HIS 10.



A movimentação da estrutura (ossatura de madeira) pode estar relacionada a diferentes fatores, tais como, densidade e umidade excessiva da madeira, cargas mecânicas (peso próprio, cargas horizontais e verticais) entre outros. Na HIS 9 a origem esta relacionada ao projeto e a execução, devido a uma das paredes laterais estar geminada a um muro de arrimo feito de pedra Grês, assim a movimentação do muro causada pelo solo danificou a parede.

Nas manifestações patológicas que tem a origem no projeto, uso e manutenção, a parcela de contribuição da etapa de projeto está relacionada a especificação dos materiais e detalhamento dos componentes construtivos. É possível destacar o acabamento metálico entre a parede e a fundação (frestas entre a parede e a fundação) como manifestação patológica gerada pelo projeto e intensificado no uso e na falta de manutenção (Figura 176 - A). O apodrecimento da cantoneira de madeira da HIS 5 é outro exemplo de manifestação patológica gerada, inicialmente, no projeto e agravada com um descuidado na etapa de construção e a falta de manutenção (Figura 176 - B).

Figura 176 - A - cantoneira amassada na HIS 8 e B – cantoneira de madeira apodrecida na HIS 5.



Fonte: Autor (2019)

5.3.2 Manifestações patológicas com origem na etapa de execução (construção)

As manifestações patológicas geradas na etapa da execução e junto com as outras etapas (projeto e uso e manutenção) somam 39 (trinta e nove) ocorrências distribuídas nas dez habitações.

No subsistema cobertura, o abaulamento do forro na HIS 7 causado por falta de fixação e de encaixes mal executados e, o abaloamento das telhas na HIS 4, que foram instaladas sem

a utilização de tábuas ²⁸ gerando microfissuras transversais na cava das telhas são exemplo de falhas de execução (Figura 177 - A) .

As trincas nas juntas das chapas de gesso e cimentícia são as manifestações patológicas originárias da execução mais recorrentes nas habitações. As trincas nas juntas das chapas de gesso acontecem por aplicação incorreta da massa de gesso e pela falta da fita de papel (Figura 177 - B). Esta manifestação patológica pode ter origem também na movimentação da estrutura ou por grandes impactos nas superfícies das chapas de gesso.

Figura 177 - A – trincas transversais em telhas de fibrocimento ocasionadas por caminhamento direto na telha e B – aplicação de fita de papel na junta da chapa de gesso.



Fonte: Autor (2019)

As trincas nas juntas das chapas cimentícias são geradas pela má aplicação da massa cimentícia (Figura 178 - A), normalmente, aplicando menos demãos que o necessário, ausência das telas de fibra de vidro, aplicação de massa incorretas para chapa cimentícia ou ausência de apoio nas bordas das chapas²⁹.

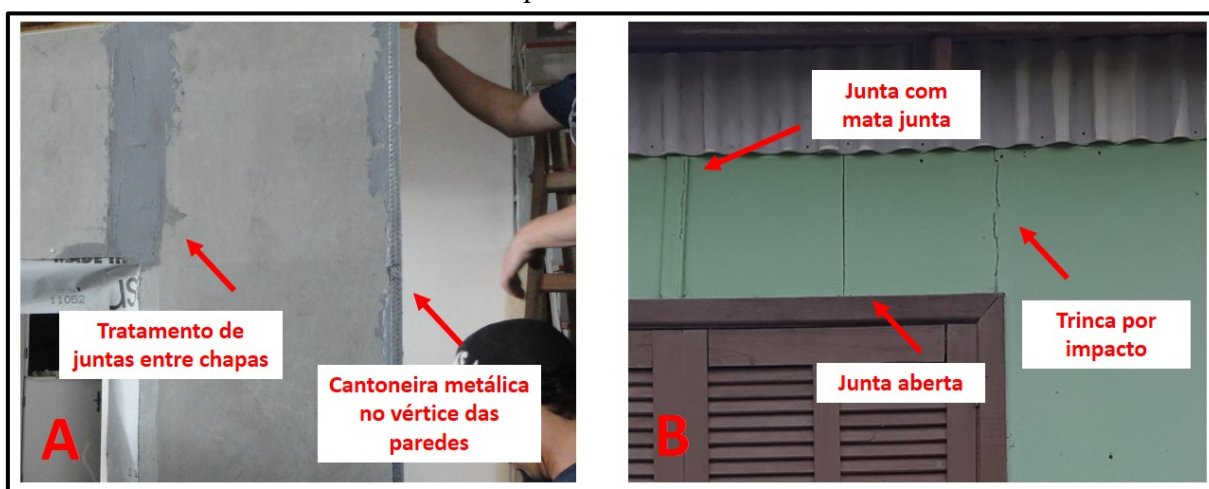
Outra manifestação patológica relacionada as chapas cimentícias é o descolamento de película nas bordas das chapas (na HIS 2 e 6). Isto ocorre quando há batidas nas bordas nas chapas cimentícias CRFS que são produzidas em camadas pelo processo Hatschek.

²⁸ Para intalação das telhas de fibrocimento e necessário utilizar tábuas nos dois sentidos, de modo a permitir livre movimentação dos montadores sem pisar diretamente nas telhas, conforme NBR 7196 (2014).

²⁹ As chapas cimentícias CRFS precisam ser instaladas com todas as bordas apoiadas, conforme Figura 43 apresentada para as chapas reconstituídas.

A trinca do vértice dos revestimentos cimentícios ocorreu por falta da cantoneira perfurada de acabamento metálica (Figura 178 - A), assim a variação dimensional da chapa cimentícia CRFS (ver Tabela 18) causou esta manifestação patológica. Já as trincas das chapas cimentícias são geradas por impactos superficiais gerados na colocação e no uso das edificações (Figura 178 - B).

Figura 178 - A – tratamento de juntas entre chapas cimentícias e cantoneira metálica com massa cimentícia nos cantos (vértice) das paredes e B – trinca gerada por impacto e junta entre chapas cimentícias aberta.



Fonte: Autor (2019)

A movimentação da estrutura na HIS 3 está relacionada, provavelmente, com o uso de “madeira verde” na estrutura na hora da execução da HIS. Esta manifestação patológica poderia estar relacionada também a especificação e a qualidade do material recorrente na etapa do projeto, porém como afirmado pelo proprietário da madeira, as peças de madeira foram previamente selecionadas. Outra manifestação patológica na etapa de execução na HIS 3 foi o desprendimento das placas cerâmicas e do rejunte, ocorrido porque as mesmas foram aplicadas sobre o lambri de pinus e das chapas cimentícias com argamassa tipo AC I³⁰.

O descolamento do rejunte nas HIS 1 e 2 também está ligado a má execução e com a presença de sujeira (poeira) nas juntas e, manifestação patológica não corrigida, por falta de manutenção.

As manifestações patológicas superficiais ocorrentes no subsistema piso (desnivelamento e desprendimento das chapas cerâmicas) estão diretamente ligadas a fundação

³⁰ Para aplicação de cerâmicas nas chapas cimentícias recomenda-se argamassa colante tipo AC II (ambiente interno) ou tipo AC III (ambiente externo). Não é recomendado aplicar placas cerâmicas sobre o lambri de pinus devido a movimentação excessiva.

(radier). O desnivelamento do radier e uma possível movimentação do solo (aterro) é a causa provável das anomalias neste subsistema.

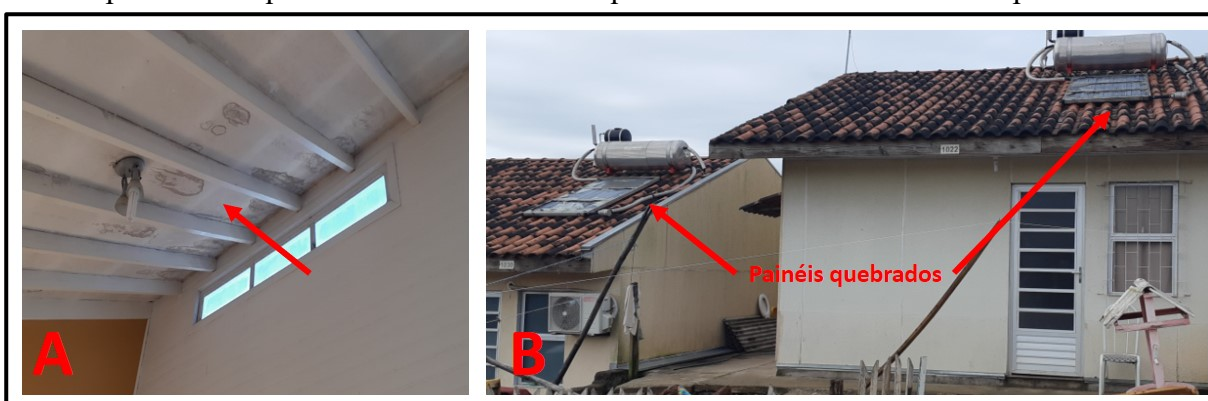
5.3.3 Manifestações patológicas com origem na etapa de uso e manutenção

Foi na etapa de uso e manutenção que ocorreu o maior número de manifestações patológicas, 30 (trinta) ocorrências, somando as etapas de projeto (8 ocorrências) e execução (7 ocorrências) resultando em um total de 45 ocorrências distribuídas nos dez estudos de caso.

Muitas destas manifestações patológicas aconteceram por falta de manutenção, pois muitas vezes, faltou recurso financeiro e conhecimento técnico aos usuários para manutenção ou houve um abandono. A falta de uso e manutenção ocorreram, principalmente, nos protótipos de HIS 2, 5 e 10 que com o tempo acabaram deixando de exercer a função de showroom.

No subsistema cobertura houve problemas de vazamento causando mofo no forro cimentício da HIS 5. A manchas evidenciam que o problema ocorreu, principalmente, nos pontos de fixação (Figura 179 - A) e por falta de manutenção de uma telha que se soltou da estrutura, provavelmente, por ventos fortes ³¹. Os ventos fortes ³² também danificaram as coberturas e os painéis de aquecimento de água do conjunto habitacional de Sapucaia do Sul (onde ficam localizadas as HIS 7,8 e 9), conforme Figura 179 - B. Há também problemas de goteiras e apodrecimento do forro na HIS 2 devido a falta de manutenção da cobertura.

Figura 179 - A – manchas no forro cimentício identificando vazamento nos pontos de fixação e B – painéis de aquecimento com os vidros quebrados em outras HIS em Sapucaia do Sul.



Fonte: Autor (2019)

³¹ Atualmente as fixações utilizadas nas telhas de fibrocimento não atendem as recomendações dos fabricantes. Para agravar a situação, as fixações são colocadas sem a etapa de pré-furo que deve ser feita com furadeira antes de colocar a fixação definitiva. A colocação direta das fixações danifica a área de contato (telha x fixação) fragilizando a ancoragem da telha na estrutura.

³² Conforme apresentando no mapa isopletras na figura 61, todas as HIS ficam localizadas nas regiões 4 e 5 com velocidade dos ventos podendo chegar a 50 m/s (180 km/h).

No subsistema parede os furos e manchas ³³ em diferentes locais nas paredes internas feitas de gesso acartonado e nas paredes externas feitas de chapa cimentícia são as principais manifestações patológicas encontradas neste subsistema na etapa de uso e manutenção. A Figura 180 apresenta os defeitos similares encontrados nas vedações com chapas de gesso acartonado em outras HIS que não foram avaliadas nesta pesquisa.

Estas manifestações patológicas foram geradas por impactos feitos pelos usuários e, que também, não fizeram nenhum tipo de manutenção para a correção, muitas vezes, por não estarem familiarizados com este tipo de material. Uma das alternativas para corrigir as manifestações patológicas das paredes internas das HIS é a utilização de materiais com maior resistência ao impacto como as chapas de gesso com maior densidade e espessura ou as chapas cimentícias como vedação interna. Esta alternativa tem uma limitação econômica, já que as chapas citadas têm custos mais elevados que as chapas de gesso acartonado (tipo *standard*) utilizadas nas vedações internas das HIS 1, 7, 8, 9 e 10.

Figura 180 - A – B exemplos de manifestações patológicas causadas por usuários em chapas de gesso acartonado em HIS.



Fonte: Autor (2019)

Outras manifestações patológicas geradas nas chapas de gesso acartonado são os furos nas paredes internas no rodapé causados por umidade (água) no ato da limpeza das edificações pelos moradores (Figura 181 - A) e furos para colocação de objetos na parede (Figura 181 - B).

³³ Aqui refere-se as manchas causadas por sujeira e não por fungos e outros microrganismos que serão abordadas na próxima subseção.

Figura 181 - A - chapa de gesso acartonado danificada no rodapé por umidade por limpeza e B – furos nas paredes para colocação de objetos.



Fonte: Autor (2019)

As manchas nas paredes externas da HIS 2, 4 e 10 e as manchas das aberturas da HIS 1 são geradas por falta de manutenção e excesso de umidade, esta manifestação patológica é abordada com mais detalhes na próxima seção. As outras manifestações patológicas no subsistema paredes, tais como: falha no acabamento entre paredes de geminação na HIS 1, desprendimento das chapas cimentícias na HIS 3 e chapas cimentícias e telhas de revestimento dos oitões quebradas nas paredes externas e falta de acabamento nos interruptores elétricos na HIS 2 são geradas pela falta de manutenção. É importante salientar que as manifestações patológicas de uso e manutenção da HIS 2 são em parte recorrentes da relocação da HIS no pátio da madeireira.

5.4 MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E O CLIMA

O clima pode influenciar o desempenho técnico construtivo das edificações e gerar manifestações patológicas. Os ventos provocam cargas (esforços verticais e horizontais) e de sucção nos planos da cobertura e das paredes, a variação de temperatura e de umidade causam variações dimensionais nos materiais de construção podendo gerar manifestações patológicas como trincas e fissuras. Nesta seção é discutido a influência do clima: temperatura, radiação solar, umidade e ventos sobre as manifestações patológicas encontradas nas habitações.

No LWF como a composição dos subsistemas paredes são feitas em camadas de diferentes materiais, normalmente, com diferentes características físicas (densidade e coeficiente de dilatação térmica), é importa ter cuidado redobrado com as paginações das diferentes camadas das chapas de vedações e das juntas de dilatação do sistema como um todo. Como observado da subseção 2.1.5.2 as chapas de contravento são fundamentais para

estabilização da estrutura no LWF, porém como são fabricadas de madeira reconstituída, devem ser tomadas as devidas providências para evitar o contato com a umidade excessiva, pois as mesmas, fabricadas no Brasil, não tem proteção fungicida.

Os dez estudos de casos estão localizados em cidades distintas e que possuem características climáticas diferentes. As temperaturas variam significativamente nas estações do ano (verão e Inverno) e a umidade relativa média das zonas bioclimáticas (1, 2 e 3) ultrapassam o 71%. A Tabela 64 apresenta os dados climáticos das cidades que estão localizadas as HIS.

Tabela 64 - Dados climáticos dos locais onde estão localizadas as HIS

	Cidade/ Estado	Zona Bioclimática ¹	Temperatur a média (°C) ³	Umidade relativa média (%)	Vento dominant e	Vento mais forte
HIS 1	Pelotas / RS ²	Z2	9,99 - 20,97	76,99 - 89,63	E	SE
HIS 2 HIS 3 HIS 4	Rio Grande / RS ²	Z3	13,69 – 24,61	71,74 – 89,61	E	SE
HIS 5	Gravataí/RS ²	Z3	13,69 – 24,61	71,74 – 89,61	E	SE
HIS 6	Caxias do Sul ²	Z1	11, 79 - 21,34	73,27 -83,90	NE	NE
HIS 7 HIS 8 HIS 9	Sapucaia do Sul/ RS ²	Z3	13,69 – 24,61	71,74 – 89,61	E	SE
HIS 10	Florianópolis / SC	Z3	16,99 - 24,74	82,07-88,73	N	S

¹ Conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005)

² Nestes casos utilizou-se como referência os dados da cidade mais próxima recomendado pela fonte

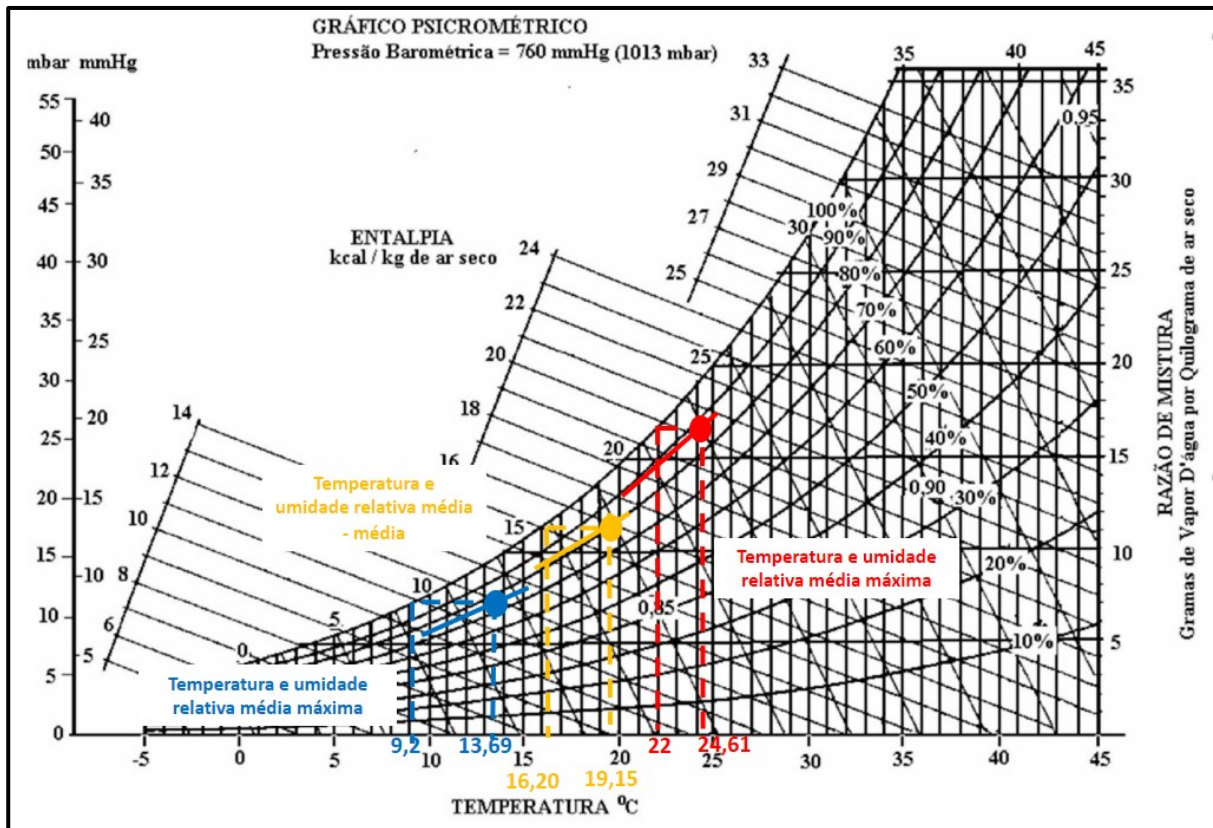
³ Dados podem ter variações pois não consideram efeitos da urbanização, por exemplo.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados de MMA (2020)

Como já citado uma das limitações desta pesquisa foi não ter acesso a ossatura interna das HIS que estão “cobertas” com as camadas de vedações. Porém analisando as variações de temperatura e umidade relativa das cidades é possível afirmar que ocorrem condensação dentro dos painéis, se a diferença de temperatura, externa e interna, variar mais que 4 °C. A Figura 182 apresenta o gráfico psicométrico com dados da zona bioclimática 3, que estão localizadas a maior parte das habitações. Considerando a temperatura média máxima (de 24,61°C) e, a umidade relativa média máxima (de 81,61 %), tendo uma diferença de temperatura entre os ambientes externo e interno de 2,61°C, ocorrerá condensação (ponto de orvalho). Já considerando a temperatura média mínima (de 13,69 °C) e a umidade relativa média mínima

(de 71,74%), precisará de uma diferença de temperatura (externo e interno) de 4,49°C para ocorrer o ponto de orvalho³⁴.

Figura 182 - Gráfico psicrométrico considerando as temperaturas e as umidades relativas médias da zona bioclimática 3 para identificação do ponto de orvalho.

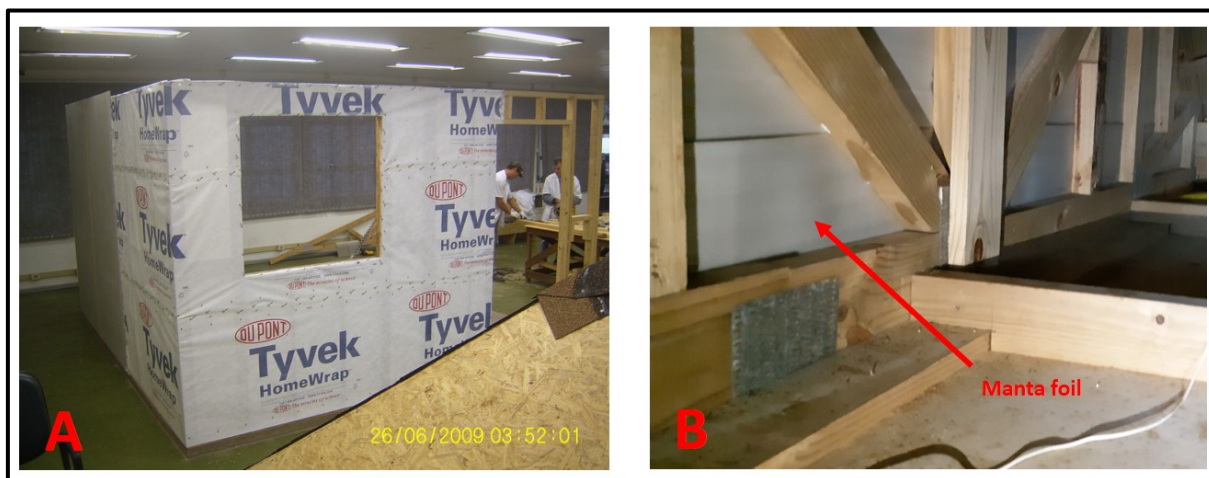


Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Como afirmado na subseção 2.1.5.2 as membranas e barreiras transpirantes, são elementos que devem compor os painéis, pois são fundamentais para proteger o invólucro das edificações contra o risco de acontecer condensação dentro dos painéis, gerando assim uma possível degradação acelerada dos materiais (Figura 183 - A). As HIS 2, 3, 4, 5 e 6 não utilizaram chapas de contraventamento e membranas (ou barreiras) transpirantes de nenhuma espécie. A HIS 10 utilizou uma barreira “tipo foil” como barreira radiante e de vedação. Porém esta solução pode dificultar (ou bloquear) a passagem do vapor de água deixando-o preso dentro do painel. A Figura 183-B apresenta uma vista interna do ático da HIS 10, onde a ossatura não apresenta nenhum tipo de manifestação patológica decorrente da umidade.

³⁴ Esta situação dependerá dos hábitos dos usuários e dos equipamentos utilizados: aquecimento artificial e outros que aquecem ou geram calor no ambiente interno.

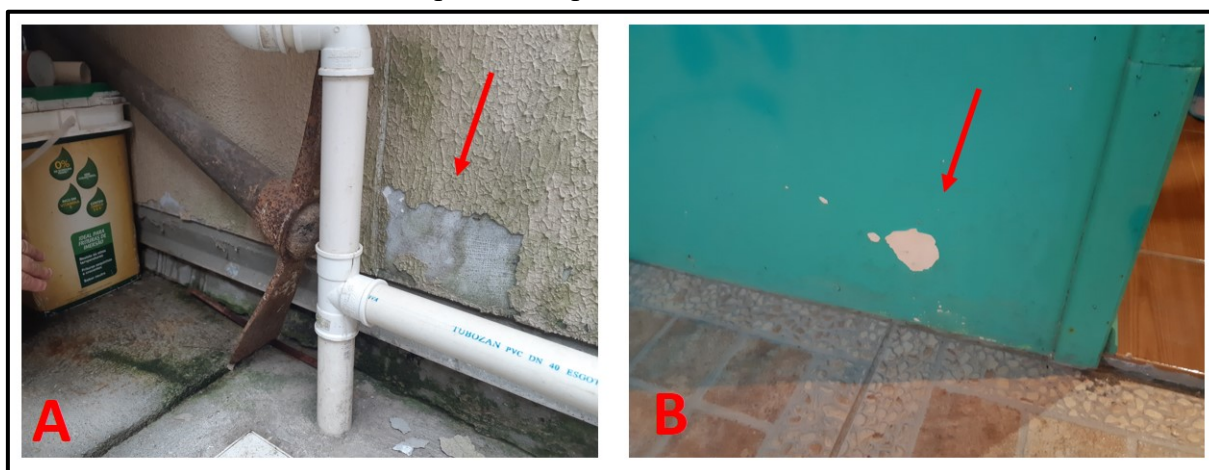
Figura 183 - A - barreira transpirante colocada diretamente sobre a ossatura de madeira e B – ossatura interna da HIS 10.



Fonte: Autor (2009) e (2019)

A umidade decorrente da chuva ou por capilaridade pode danificar as camadas de revestimentos externos. As chapas cimentícias utilizadas nas HIS tem uma absorção de umidade entre 11,90 a 30% (Tabela 18) esta característica física somada a problemas de inclinação de piso das áreas abertas e calçadas gerou problemas de penetração de água por absorção nas chapas cimentícias, causando descolamento, vesículas e bolor nos revestimentos externos das HIS 1 e 3, conforme Figura 184.

Figura 184 - A – descolamento do revestimento (basecoat) na HIS 1 e B – descolamento da pintura na parede da HIS 3.



Fonte: Autor (2019)

Em praticamente todas as HIS foram constatadas manifestações patológicas relacionadas a umidade. Os elementos de madeira como cantoneiras e mata-juntas das HIS 2, 3, 4 e 5 tiveram apodrecimento gerado por fungos apodrecedores, as paredes das da HIS 1, 7, 8 e 9 que foram utilizados acabamentos texturizados apresentaram, em pontos mais próximos ao

solo, manchas causadas por microrganismos tais como: bolor, líquens e fungos manchadores. A Figura 185 apresenta a fachada nordeste da HIS 2 e a fachada sudoeste da HIS 9 com manifestações patológicas (manchas) causadas por microrganismos (fungos manchadores, líquens e bolor).

Figura 185 - Manchas causadas por microrganismos nas fachadas das HIS 2 (A) e HIS 9 (B).



Fonte: Autor (2019)

Todas as HIS apresentaram manchas ou escurecimento nas telhas causados pelo acúmulo de sujeira nas superfícies e proliferação de microrganismos. A porosidade e absorção de água das telhas e a orientação solar com menos incidência de sol (orientação sul) influenciam diretamente neste fator. Porém estas anomalias não foram consideradas nesta pesquisa, já que boa parte das coberturas na região sul, que não recebem manutenção (lavagem) com o passar do tempo apresentam alguma espécie de mancha e/ou escurecimento causados por agentes químicos e/ou biológicos. A única manifestação patológica relacionada com este assunto, considerada nesta pesquisa, foi a da cobertura da HIS 10, que utilizou telhas de madeira e que, praticamente, todas apresentaram escurecimentos e degradação, conforme Figura 186 A - B. É importante salientar que esta habitação foi construída em 2003 e nunca recebeu nenhum tipo de manutenção.

Figura 186 A - B: Telhas da HIS 10 apresentando escurecimento causados por microorganismos nas orientações norte e sul e cobertura cerâmica ao lado seguindo o mesmo padrão de escurecimento.



Fonte: Autor (2019)

Carraro e Dias (2014) afirma que a orientação solar pode ter influência na ocorrência de manifestações patológicas nas fachadas. Os autores afirmam que a fachada oeste, a qual recebe a maior incidência do sol da tarde, é a que apresenta o maior número de manifestações patológicas (Figura 74). Porém nesta pesquisa não foi possível avaliar a influência da incidência solar nas fachadas das HIS. As orientações das fachadas que mais ocorreram manifestações patológicas foram a nordeste (30%) e a sudeste (18%) e as orientações que menos ocorreram manifestações patológicas foram a sul (4%) e a leste (1%), conforme a Tabela 65 e a Figura 187.

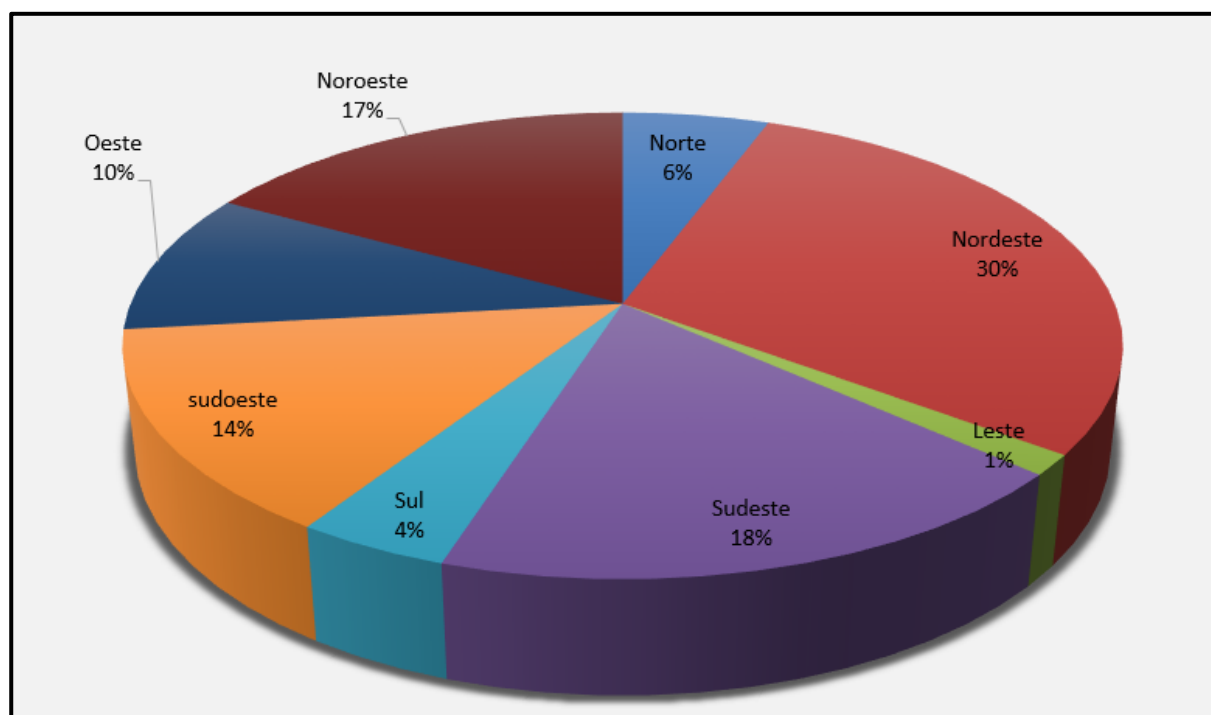
A incidência da radiação solar contribuiu como agente para o ressecamento dos selantes das juntas das chapas cimentícias, empenamento do *siding* de madeira e no apodrecimento dos elementos de madeiras nas fachadas (cantoneiras e mata-juntas), como também, a sua ausência ou menor incidência, somado a alta umidade relativa das zonas bioclimáticas 1,2 e 3, contribuíram para a proliferação de microrganismos nas fachadas.

Tabela 65 - Manifestações patológicas nas diferentes orientações solares ³⁵

Estudo de casos	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sul	Suldoeste	Oeste	Noroeste
HIS 1		6					5	
HIS 2		4		3		3		2
HIS 3	1		1		1		-	
HIS 4	1	2		1		2		
HIS 5		1		1		1		3
HIS 6		3		2		1		-
HIS 7		2		2		1		3
HIS 8		1		3		1		3
HIS 9		2		1		1		1
HIS 10	2				2		2	
Total	4	21	1	13	3	10	7	12

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 187 - Percentual de manifestações patológicas em cada orientação das fachadas das HIS



Fonte: Elaborado pelo autor

Como já citado a incidência de ventos fortes também danificou as coberturas das HIS 5, 7, 8 e 9. Não foi possível avaliar a influência das cargas horizontais causadas pelos ventos nas ossaturas das habitações. Dias (2005) em sua tese fez um estudo do comportamento de

³⁵ Foram considerados apenas as manifestações patológicas geradas por agentes químicos (água, chuva e vapor), mecânicos (ventos e movimentações decorrentes da variação de umidade e térmica) e eletromagnéticos (radiação solar). Cada manifestação patológica teve peso 1, independente da sua intensidade na fachada.

paredes estruturais, componentes do sistema construtivo LWF quando submetidas a força lateral monotônica (ex. ação do vento). Neste trabalho foi feito ensaios preliminares de caracterização dos materiais utilizados e da ligação pregada entre barrotes de madeira de *Pinus sp* e chapa de OSB e, posteriormente, os ensaios de protótipos de paredes estruturais, em tamanho real, submetidos a carregamento lateral, permitindo o estudo de algumas variáveis importantes que afetam o comportamento estrutural do sistema construtivo.

Dias (2005) afirma que os painéis com aberturas (portas e janelas) são mais suscetíveis a deslocamentos quando comparados aos painéis sem abertura. Nas paredes com aberturas a ruptura sempre se deu por cisalhamento das chapas de fechamento junto aos cantos das aberturas de janela. Nestes casos, a utilização de chapas de fechamento de maior espessura ou um reforço local devem aumentar, consideravelmente, a resistência destas paredes (DIAS, 2005). Não foram encontradas manifestações patológicas decorrentes de esforços horizontais (ventos) no subsistema paredes, mesmo nas habitações que não utilizam chapas de contraventamento como elemento estruturante.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na primeira parte deste capítulo apresentam-se as conclusões desta pesquisa, relacionadas com as hipóteses e os objetivos específicos. Em seguida, apontam-se as contribuições científicas do trabalho e, finalmente, listam-se as recomendações para futuras pesquisas.

6.1 CONCLUSÕES

O **método** proposto utilizou diferentes procedimentos baseado em multimétodos consagrados em APO, que levou em consideração o ponto de vista dos especialistas (arquitetos, construtores e pesquisadores) e dos usuários para identificar as manifestações patológicas e suas causas nas Habitações de Interesse Social (HIS) construídas no sistema construtivo *Light Wood Frame* (LWF) na região sul do Brasil.

Na **coleta de dados**, houve algumas limitações inerentes à obtenção de dados que limitou o número de HIS a serem avaliadas e de informações que não foram autorizadas a serem publicadas por parte das empresas construtoras.

Apesar destas limitações foi possível ter acesso aos documentos existentes como os manuais do proprietário e desenhos técnicos (plantas baixas, fachadas, cortes e alguns detalhamentos) das dez habitações que foram avaliadas.

Nas visitas exploratórias foi possível fazer todos os procedimentos determinado no método. Todos os usuários e proprietários das madeireiras foram receptivos em relação à pesquisa.

Nos levantamentos fotográficos, foi possível identificar as manifestações patológicas e capturar os traços físicos deixados pelos usuários nas habitações. Assim, é possível afirmar que os levantamentos fotográficos junto com a pesquisa documental e bibliográfica, as observações sistemáticas, as visitas exploratórias, as entrevistas semiestruturadas e elaboração dos mapas de danos (FIDs) alcançaram os objetivos desta pesquisa. Porém, uma das principais limitações deste trabalho foi não ser possível ter acesso à ossatura de madeira dentro dos painéis de parede e forro. Assim, há muitas imprecisões nestas aferições dos materiais das estruturas, sendo necessários que tivessem sido feitos estudos mais aprofundados e específicos antes dos fechamentos dos subsistemas.

A **apresentação dos resultados** das HIS, individualmente, no capítulo 4 e, em conjunto de forma quali-quantitativa no capítulo 5, possibilitou uma visão ampla e detalhada das

manifestações patológicas constatadas. Já as fichas de identificação de danos (FIDS) possibilitaram a visualização das localizações das manifestações patológicas nos subsistemas das HIS.

Os **agentes** geradores das manifestações patológicas nas HIS foram: agentes humanos (furos e desgastes causados por impacto, abrasão, esforços e movimentos gerados pelos usuários e falhas na construção), agentes mecânicos (vento e granizo), agentes químicos (água, condensação, sais e poeiras), agentes eletromagnéticos (radiação solar) e agentes biológicos (fungos de podridão e manchadores e cupim - *Cryptotermes brevis*).

As **origens das manifestações patológicas** são decorrentes de todas as etapas do ciclo de vida da HIS: 35 % são de origem do uso e manutenção, 18,6% execução, 8% projeto, 18,6% projeto e execução, 9,3% projeto, uso e manutenção, 8% execução, uso e manutenção e 2,5% nas três etapas juntas (projeto, execução e uso e manutenção).

O principal problema (pós-ocupação) diagnosticado foi a falta de manutenções que não foram feitas por falta de recursos financeiros e de conhecimento técnico-constructivo. Outro fator identificado foi a necessidade do aprimoramento dos detalhamentos de projeto e especificações de materiais, já que 38,4% das manifestações patológicas são originárias desta etapa³⁶. Já os profissionais construtores entrevistados acharam bons os detalhamentos das HIS 1,2,3,4,5, ruim os da HIS 7,8 e 9 e ótimo o da HIS 10 (Quadro 40 – Fatores de projeto – detalhamentos).

Foi verificado que 18,6 % das manifestações patológicas são decorrentes das etapas de projeto e execução e, o mesmo percentual, decorrente da etapa de execução. Assim é necessário um aprimoramento da mão de obra de execução, principalmente, a que atua no canteiro de obra, montando as partes (subsistemas) pré-fabricados. Também foi verificado que nas HIS 7,8, 9 e 10 houveram problemas na compatibilização dos painéis produzidos na indústria e sua locação na obra, devido a incompatibilidade entre os painéis (subsistema parede) e a fundação nas HIS 7, 8 e 9 e a movimentação dos painéis (subsistema parede) no transporte por ausência da chapa de contraventamento na HIS 10.

Em síntese os principais problemas técnico-constructivos que foram identificados e devem ser corrigidos nas habitações construídas com o *Light Wood Frame* no sul do Brasil são:

- Falta de resistência (ao impacto e a umidade) das paredes internas (de gesso acartonado) devido aos hábitos dos usuários que utilizam este tipo de edificação;

³⁶ Somando todos os percentuais da etapa de projeto e das etapas conjuntas: 8% de projeto; 18,6% de projeto e execução; 9,3 % de projeto, uso e manutenção e 2,5% de projeto, execução, uso e manutenção.

- Falta de paginação das diferentes camadas de vedação do subsistema paredes;
- Falta de chapas de contraventamento (nas HIS 2,3,4,5 e 6);
- Falta de isolante termoacústico (nas HIS 2,3,4,5 e 6);
- Falta de membrana hidrófuga (nas HIS 2,3,4,5 e 10);
- Falhas nas juntas visíveis e invisíveis dos revestimentos cimentícios;
- Falta de precisão geométrica dos painéis que compõem os subsistemas paredes e cobertura;
- Falta de compatibilidade entre os subsistemas;
- Falhas de montagem no canteiro de obras;
- Falta de treinamentos para mão de obra e usuários das edificações.

Na análise da **satisfação dos usuários** (moradores) das HIS, praticamente, todos os entrevistados classificaram os fatores de projeto (aspectos funcionais e estéticos) como bons ou regulares, com exceção da HIS 1 que foi considerada ruim e/ou péssima nestes aspectos. Os fatores ambientais, ligados ao desempenho térmico, acústico e lumínico foram considerados satisfatórios nas HIS 3, 4, 6, 7, 8 e 9. As HIS 2, 5 foram avaliadas positivamente nos aspectos térmicos e lumínicos e regular no desempenho acústico, já que as mesmas não possuem material isolante dentro dos painéis. A HIS 10 foi avaliada como regular no desempenho termoacústico, principalmente, sobre o ruído e a movimentação da plataforma do entrepiso, que não contém isolamento acústico.

Ainda na HIS 10 sobre o desempenho térmico, os professores (usuários) comentaram do desconforto, principalmente, no verão, precisando do uso do ar condicionado nos dias com temperaturas mais altas. É importante salientar que as análises dos fatores ambientais neste trabalho foram feitas baseadas nas entrevistas sem utilizar nenhum método quantitativo,³⁷ trazendo assim, imprecisões subjetivas intrínsecas dos usuários, sendo necessário uma avaliação ambiental futura do desempenho térmico, acústico e lumínico das dez HIS para conclusões mais precisas.

Os fatores sociais não se aplicaram as HIS 2, 3, 4 e 10. Na HIS 3 e 4, aspectos como relacionamento interpessoal com a vizinhança e lazer foram considerados bons pelos usuários, lembrando que estas HIS foram implantadas em uma malha urbana pré-existente. As HIS 7, 8 e 9, que fazem parte de um conjunto habitacional, construído em 2015, os fatores sociais foram considerados regulares.

³⁷ Esta pesquisa não tem como objetivo avaliar o conforto térmico, acústico e lumínico da HIS. Não foi utilizado o método de Voto Médio Estimado (PMV) devido a baixo número de pessoas entrevistadas.

Para a avaliação pós-ocupação a troca de funcionalidade e a ausência de moradores para serem entrevistados e feito a observação sistemática, foi outro fator limitador, já que uma das HIS (HIS 6) estava sendo utilizada como showroom e escritório da madeireira, uma como showroom e laboratório da universidade (HIS 10) e as outras duas estavam desocupadas e servindo como depósito de materiais e vestiários e refeitórios dos funcionários das madeireiras (HIS 2 e 5).

Este trabalho não se propôs a criar diretrizes para projeto e construção de modo a evitar a manifestações patológicas evidenciadas, porém a seção 2.1 fez uma apresentação detalhada do sistema construtivo LWF e, na subseção 2.1.6, foi discutido de forma crítica as diretrizes do LWF no Brasil, tentando evidenciar suas principais falhas

Por fim, apesar das limitações citadas, foi possível identificar as características e as causas das manifestações patológicas ocorrentes nas habitações de interesse social construídas com o sistema construtivo *Light Wood Frame* no Sul do Brasil.

6.2 CONTRIBUIÇÕES DESTA PESQUISA

Esta tese é pioneira, pois propõe-se a analisar o desempenho técnico-construtivo e a identificar as principais manifestações patológicas ocorrentes nas HIS construídas com o sistema construtivo *Light Wood Frame* no sul do Brasil, levando em consideração o ponto de vista dos especialistas (arquitetos, construtores e pesquisadores), mas também a satisfação dos usuários, por meio de uma APO.

O sistema construtivo *Light Wood Frame* tem potencial para suprir as demandas de moradia de forma racional e sustentável, porém ainda faltam estudos mais aprofundados para a adaptação deste sistema construtivo para a realidade brasileira. Assim esta pesquisa, contribui de forma teórica e prática para o desenvolvimento do LWF no Brasil.

Esta pesquisa é uma ferramenta dinâmica para profissionais que trabalham com projeto e construção deste tipo de construção, bem como para proprietários e usuários destas construções. Concomitantemente com as atividades realizadas nesta pesquisa foram ministrados cursos práticos e palestra na comunidade acadêmica e local na cidade de Florianópolis afim de divulgar e estabelecer uma boa prática construtiva do sistema construtivo LWF (Apêndice 9).

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nesta pesquisa, esta seção apresenta uma lista de tópicos recomendados para futuras pesquisas científicas:

- Sugestões para prevenir, atenuar e resolver as manifestações patológicas das HIS identificadas nas HIS;
- Avaliação do desempenho térmico e acústico das HIS na região sul do Brasil, como também em outras regiões;
- Avaliação das manifestações patológicas das HIS utilizando termografia e outros métodos não destrutivos para localização de anomalias dentro dos painéis (paredes) das HIS;
- Avaliação de mais estudos de caso em outras regiões do Brasil, que permitam construir uma base de dados com informações sobre a condições de conservação das edificações construídas em madeira e em *Light Wood Frame*;
- Criação ou organização de *softwares* (programas ou aplicativos) que facilitem o registro e a sistematização dos dados levantados durante a inspeção, para posterior consulta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCWEB. **Normas, ensaios e qualidade de esquadrias**. 2017.

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Manual da construção industrializada - conceitos e etapas. Volume 1: conceitos e etapas**. Brasília, 2015.

ACR. **Anuário estatístico de base florestal para o estado de santa catarina**. Associação Catarinense de Empresas Florestais: Lages, fevereiro/ 2014.

ABIKO, A. K; ORNSTEIN, S. W. **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**. Coletânea Habitare/FINEP,1. FAUUSP. São Paulo, 2002.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Blucher. Segunda reimpressão. Volume 5. São Paulo, 2014.

ALMEIDA, R. **Manifestações Patológicas em Prédio Escolar: uma análise qualitativa e quantitativa**. Dissertação de Mestrado, PPGEC/UFSM, 2008.

APA - AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION. THE ENGINEERED WOOD ASSOCIATION. **Advanced Framing construction guide**. Tacoma, WA, 2014.

_____. **Diaphragms and shear walls**. Tacoma, WA, 2007.

_____. **Glulam in residential buinding construction guide**. Tacoma, WA, 2018.

_____. **The engineered wood construction guide**. Tacoma, WA, 2005.

ASTM - AMERICAM SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. **Standard practice for establishing structural grades and related allowable properties for visually graded lumber - D 245-93**. West Conshohoken, 1998.

_____. **Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Material - E632**. West Conshohoken, 1998.

_____. **Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces - E1980**. West Conshohoken, 2019.

AWC - AMERICAN WOOD COUNCIL. **Details for conventional wood frame construction**. Washington: AWC, 2002.

_____. **Wood frame construction manual**. Washington: AWC, 2005. 150 p.

AWPA - AMERICAN WOOD PRESERVERS ASSOCIATION - **Standard P23-14 – Standard for Chromated Copper Arsenate Type C (CCA-C)**. 2014.

ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. Antonio Carmona & Paulo Helene (Trad.). PINI, São Paulo, 1992.

ARCHDAILY BRASIL (2013). **Habitação Villa Verde / ELEMENTAL [Em linha]**. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/156685/habitacao-villa-verde-elemental>. Consultado em 30 de Junho de 2017.

_____. (2019). **Refúgio na Floresta / Uhlik architekti**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/627900/refugio-na-floresta-uhlik-architekti>. Consultado em 02 de Novembro de 2019.

_____. (2019). **Vermont Cabin / Resolution: 4 Architecture**. <https://www.archdaily.com/88167/vermont-cabin-resolution-4-architecture> Consultado em 02 de Novembro de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. **Desempenho acústico em sistemas drywall**. Associação Brasileira de Drywall - 3a Edição. São Paulo, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**. Projeto de estrutura de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 7511**. Dormentes de madeira — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 8681**. Ações e segurança das estruturas: procedimento. Rio de Janeiro, 2003

_____. **NBR 10004**. Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro. 2004.

_____. **NBR 10821**. Caixilho para edificação – Janelas – Resistência às operações de manuseio. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 14432**. Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 15220**. Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretriz construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de cobertura. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15498**. Placa de fibrocimento sem amianto - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **Projeto CE-02:126.10**. Revisão: projeto de estruturas de madeira: anexo G: classificação visual de madeira serrada de coníferas. Rio de Janeiro, 2003.

BALLARIN, A. S.; BALLARIN, A. W.; CALIL JUNIOR, C. **Classificação visual e mecânica da madeira de Pinus Spp**. II Congresso Latinoamericano de Estructuras de Madeira e II Congresso Ibero-Latinoamericano de La madera em la construcción – CLEM + CIMAD. Buenos Aires, 2017.

BAKER, A. J. **Corrosion of metals in preservative-treated wood**. Forest Products Research Society, p. 99-101, 1987.

BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero pinus tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo – USP. Piracicaba, 2002.

BARTH, F; VEGAGO, L. M. **Tecnologia de fachadas pré-fabricadas**. Editora UFSC. Florianópolis, 2016.

BENEDETTI, C. and V. BACIGALUPI. **Legno architettura: Il future della tradizione**. Edizioni Kappa, Roma, 1991.

BENOÎT, Y. ; PARADIS, T. **Construction de maisons à ossature bois**. Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA). Groupe Eyrolles, 2007.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. Editora: Oficina de textos. Segundo reimpressão. São Paulo, 2014.

BOM, P. R. **Estrutura de madeira**. Curso de Engenharia Industrial da madeira. Engenharia Industrial da madeira. União da Vitória, 2011.

BRANZ. **Concrete slab floor construction**. Renovate: the technical resource for industry. Branz. Nova Zelândia, 2019.

_____. **Foundations and subfloors**. Renovate: the technical resource for industry. Branz. Nova Zelândia, 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **DIRETRIZ SINAT Nº 005**: Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamento em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”). Secretaria Nacional da Habitação Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT): Brasília, setembro outubro/2011.

_____. **DIRETRIZ SINAT Nº 005**: Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamento em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”). Secretaria Nacional da Habitação Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT): Brasília, março/2017.

_____. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **DATec 020: sistemas construtivos TECVERDE: sistema leve em madeira**. Secretaria Nacional da Habitação, Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT): Brasília, outubro/2013.

_____. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **DATec 020: sistemas construtivos TECVERDE: sistema leve em madeira**. Secretaria Nacional da Habitação, Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT): Brasília, setembro/2017.

BRDE. **Florestamento na região sul do Brasil: uma análise econômica**. Diretoria de planejamento Banco, Regional de desenvolvimento do Extremo Sul, Diretoria de planejamento (BRDE): Brasília, setembro, 2003.

BESNER, A. GILBERT, R. TETREAULT, P.; LABRECQUE, J.F. **Effect of weathering exposure on the preservative and softening agent retention wood hardness and climbability of CCA treated red pine utility poles**. Forest Products Journal, 1999.

BINATIONAL SOFTWOOD LUMBER COUNCIL AND FORESTRY INNOVATION INVESTMENT LTDA. **Nail-Laminated Timber: Canadian Design and Construction Guide**. Binational Softwood Lumber Council and Forestry Innovation Investment Ltd. Volume 1. 2017.

BOSSARDI, K. **Tall oil e seus subprodutos: alternativas como preservantes para madeira**. Tese de doutorado – UNESP Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

BRITO, J.O.; GARCIA, J.N.; BORTOLETTO JR, G. **Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetido a diferentes temperaturas de termorretificação**. Cerne, Lvras, v.12, n.2, 2006.

BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. Tese de doutorado. Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014.

CALIL JUNIOR, C. OKIMOTO, F.S. PFISTER, G. M. **Manual de classificação visual**. Convênio Racional Engenharia S/A e IBRAMEM, 2018.

CALIL JUNIOR, C. et al. **Estrutura de madeira: Cadernos de engenharia de estruturas**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP: EESC/USP, 2002.

- CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION (CMHC), **Wood-frame Construction, Fire Resistance and Sound Transmission**. Canadá, 2002.
- CANADIAN WOOD COUNCIL. **Canadian wood-frame house construction**. Ottawa, Ontario, Canadá, 2013.
- _____. **Energy and the Environment in Residential Construction**. Ottawa, Ontario, Canadá, 2004.
- _____. **Fire Safety in residential buildings**. Ottawa - Canada: Tri-Graphic Printing, 2000
- _____. **Introduction to Wood Building Technology**. Ottawa - Canada: Tri-Graphic Printing, 1997.
- _____. **Moisture and wood frame buildings**. Ottawa - Canada: Tri-Graphic Printing, 2000.
- _____. **Sustainable Design and Wood: A Wood-frame Building Performance Fact Sheet**, 2003.
- _____. **Why build with wood: structural design**. Ottawa - Canada: Tri-Graphic Printing, 2019.
- CAPORRINO, C. F. **Patologias em alvenarias**. Segunda Edição. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2018.
- CARMO, P. I. O. **Gerenciamento de edificações: proposta de metodologia para o estabelecimento de um sistema de manutenção de estruturas de concreto armado: Dissertação de Mestrado**, UFSM, Santa Maria/RS, 2000.
- CARRARO, C. L.; DIAS, J. F. **Diretrizes para prevenção de manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social. Ambiente Construído**. v. 14, n. 2, p. 125-139, abr./jun. Porto Alegre, 2014.
- CARREIRA, M. R.; DIAS, A. A. **Critérios para classificação visual de peças estruturais de Pinus sp**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, v. 8, n. 34, p.17-43, out. São Carlos, 2006.
- COELHO, A. B. **Melhor habitação com melhor arquitetura**. In: Infohabitar, Ano VI, n. 290.
- COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO (CEN). **EN-1995:1 – Eurocode 5: Design of timber structures**. 2004.
- CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT POUR LA RECHERCHE L'ÉTUDE ET LA DOCUMENTATION & RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET DE RECHERCHES SUR LES MATÉRIAUS ET LES CONSTRUCTIONS. **CIB W80/RILEM 71-PSL. On prediction of service life of building and components**. Rotterdam, 1983.
- CRUZ, H. **Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira**. II Curso Livre Internacional de Patrimônio. Associação Portuguesa dos Municípios com centro histórico; Forum UNESCO Portugal. Santarem, Fevereiro/Março de 2001.
- CUSHMAN. T. **Wall Bracing and the IRC**. Coastal Contractor, 2006
- DIAS, A. **Como a madeira vai se transformar no principal material de construção de madeira edificios de múltiplos andares**. E-book Carpintaria - Edição do Autor. São Paulo, 2018.

- DIAS, K. B. e BARREIROS, R. M. **Corrosão de fixadores metálicos embutidos em madeira tratada – uma revisão.** Universidade Estadual Paulista (UNESP). Campus de Itapeva. 2018.
- DIAS, G. L. **Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (Sistema Plataforma) submetidas a força horizontal no seu plano.** 2002. Tese Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação.** CIENTEC. Porto alegre, 1998.
- DU PONT. **Providing protection in construction – volume 2: walls and floors.** Du pont – Tyvek, 2014.
- ESPÍNDOLA, L.R. **Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade.** Dissertação de mestrado - UFSC. Florianópolis, 2010.
- ESPÍNDOLA, L.R. **O wood frame na produção de habitação social no Brasil.** Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo do instituto de arquitetura e urbanismo da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017.
- ESPINDOLA, L. R.; INO, A. **Inserção e financiamento do sistema wood frame no programa habitacional minha casa minha vida.** XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído (ENTAC) Maceió. Novembro de 2014.
- ESTEVES, B; PEREIRA, H. **Novos Métodos de Protecção da Madeira.** Centro de Estudos em Educação. Tecnologias e Saúde. ESTV. Instituto Politécnico de Viseu, 2019.
- ESTEVES, B. **Utilização e comercialização de madeira modificada.** Seminário em construções existentes de madeira. P.B. Lourenço, J.M. Branco e H.S. Sousa (eds.), 2014.
- EVANS, P. D.; BEUTEL, P. J; DONNELLY, C.; CUNNINGHAM, R. B. **Surface checking of CCA- treated radiant Pine decking timber exposed to natural weathering.** In Annual Meeting, 31, Kona, 2000. Proceedings. Stockholm: The International Research Group on Wood preservation, 2000.
- FAGUNDES, H. A. V. **Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul.** Dissertação de mestrado - UFRGS. Porto Alegre, 2003.
- FERNANDES, P.S.; MONTGNA, R.G.; JANKOWSKY, I. P.; CAVALCANTE, A. A. **Estudo comparativo da durabilidade de Pinus spp tratados com preservativos de madeira.** In: congresso Florestal Brasileiro, 6. Campos do Jordão, 1990. Anais São Paulo: SBS;SBEF, 1990. V.1, p 689-695.
- FERENHOF e FERNANDES. **Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SSF.** Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, SC: v. 21, n. 3, p. 550-563, ago. /nov. , 2016.
- FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 157-174, out./dez. 2009.
- FILHO, J. C. P.; ALMEIDA, L. A.; CASTRO, V. G; DIODATO, M. A. **Diagnóstico do uso da madeira como material de construção no município de Mossoró-RN/Brasil.** Revista Matéria, v.23, n.3, 2018.
- FINE HOME BUILDING. **Vapor Barriers Are a Good Thing, Right?** Fine Home Building, 2017.

_____. **Water-Resistive Barriers.** Fine Home Building ,2019.

FINNFOREST. **Thermowood manual de revestimento exterior.** Finnforest Ibérica SL, Barcelona, 2010.

FIGLIARELLI, J.; DIAS, A. A.; COIADO, B. **Propriedades mecânicas de peças com dimensões estruturais de Pinus spp: correlação entre resistência à tração e classificação visual.** R. Árvore, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.741-750, 2009.

FITZGERALD, J. **Preventing moisture-related problems in residential wood framing: preservation treatments provide protection against the triple threat of mold, rot fungi and termites.** Continuing Education. 2018.

FLORIANI, A. **Principais agentes deterioradores de madeiras.** Revista da Madeira. Edição nº 134. 2013.

FONTE, L. R.; MILANO, S. **Cupim e cidade: implicações ecológicas e controle.** São Paulo: Editora do autor, 2002.

FOREST AND WILDLIFE. **Making Wood More Durable Research Center.** Department of Products Research. Mississippi State University. 2004.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering material.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, 1999.

GOMIDE, T. F. **Engenharia legal 5: engenharia diagnóstica em edificações, inspeção predial e desempenho, manutenção e avaliação imobiliária.** Editora Leud. São Paulo, 2016.

GONZAGA, A. L. **Madeira: uso e conservação.** Programa Monumenta. Cadernos técnicos 6. Brasília, 2006.

GRAHAM, M.S. **Fastener corrosion and treated wood.** 2009.

GRANDISKI, P. **Olhar de perito.** Revista Técnica, São Paulo, edição 87, ano 12, junho de 2004.

GRANATO, J. E. **Patologia das construções.** 2006.

HEDLEY, M.; PAGE, D.; PATTERSON, B. **Long term performance of CCA preservatives in ground contact.** In Annual Meeting, 31, Kona, 2000. Proceedings. Stockholm: The International Research Group on Wood preservation, 2000.

HOLLADAY, M. **All About Wall Rot: If your wall sheathing is rotten, the first question to answer is: where did the moisture come from?** Green Building Advisor, Novembro de 2012.

_____. **When Sunshine Drives Moisture Into Walls.** Green Building Advisor, Julho de 2010.

INTERNATIONAL CODES COUNCIL. **International Residential Code.** 2018.

JANKOWSKY, I. P.; BARILLARI, C. T.; FREITAS, V. P. **Tratamento preservativo da madeira de Pinus. In: Pinus – uma alternativa de mercado.** Revista da Madeira, Curitiba. edição especial, p. 110 – 116, 2002.

JANKOWSKY, I. P.; MONTAGNA, R. G.; FERNANDES, P. S. **Utilização de moirões de pinus tratados com preservativos de madeira.** Encontro Brasileiro em Preservação de Madeiras, 3. São Paulo, 1989. Anais. São Paulo: ABPM; IPT, 1989.

- KATZ, S. A.; SALEM, H. **Chemistry and toxicology of building timbers pressure-treated with chromated copper arsenate: a review.** *Journal of Applied Toxicology* 25, pp. 1-7. Wiley InterScience, 2005.
- KLOCK, U. ANDRADE, A. S. **Química da madeira.** Departamento de Engenharia e tecnologia florestal. Setor de ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. 4º Edição revisada. Curitiba, 2013.
- KOLLMANN, F.F.P. e CÔTE, W.A. **Principles of wood science and technology.** New York: Springer-Verlag; 1968. vol. 1.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; GRANJA, A. D.; MOREIRA, D. C.; SILVA, V. G.; PINA, S. A. M. **Métodos e instrumentos de avaliação de projetos destinados à habitação de interesse social.** In: Qualidade ambiental na habitação – avaliação pós-ocupação. Organizadoras: VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2016.
- KRELLING, A.F.; SILVA, M.P.; SOUZA, R.V.; MARINOSKI, D.L.; GÜTHS, S. **Análise laboratorial de propriedades ópticas e térmicas de dezesseis amostras de telhas disponíveis no mercado brasileiro.** In: Anais do XVII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, Brasil, 2018.
- LAROCA, C. A. **Habitação social em madeira: uma alternativa viável.** Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2002.
- LELIS, A. T. **Insetos deterioradores de madeira no meio urbano.** Instituto de pesquisa e estudos florestais. Serie técnica IPEF - Cap. 9. 2000.
- LEVY, J.S. **Fundamental recorde in wood preservation.** Lectures deliveed to the thirty-sixth session of the timber comunittee. 1979.
- LICHENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. BT 06/86. São Paulo, 1986.
- LIMA, P. R. B. **Consideração do projeto no desempenho dos sistemas construtivos e qualidade da edificação** – Proposição de um modelo de banco de dados. Dissertação – UFMG. Belo Horizonte, 2005.
- LOGSDON, N. B.; FINGER, Z.; BORGES, C. G. A. **Caracterização físico-mecânica da madeira de Peroba-Mica, *Aspidosperma populifolium* (apocynaceae).** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, jan./mar. 2008.
- LORENZI, A.; REGINALDO, L. A.; LORENZI, L. S.; SILVA FILHO, L. C. P. **Emprego de ensaios não destrutivos para inspeção de estruturas de concreto.** Revista de Engenharia Civil IMED. 2016.
- LOPES, G. A. C.; MILANO, S. **Avaliação da durabilidade natural da madeira e de produtos usados na sua proteção.** In LEPAGE, E. S. (Coord.). Manual de preservação de madeiras. São Paulo. IPT; SICCT, 1986. V.2, CAP.10, P 473-510.
- LOUSIANA PACIFIC (LP). **Manual práctico de construccion LP.** Segunda Edicion. Edición general. Santiago - Chile, (2009).
- LSTIBUREK, J. **A Crash Course in Roof Venting.** Building Science Corporation. Westford, 2011.
- O'BRIEN, M. J. **Hybrids on the way to the Western Platform Frame.** In Preservation Education & Research (Ed.), Preservation Education and Research (Vol. Four, pp. 37–52). New York: NCPE, 2010.

OLIVEIRA, Y. M. M.; OLIVEIRA, E. B. **As florestas plantadas e sua importância no contexto econômico e socioambiental do Brasil.** 4º Encontro Brasileiro de Silvicultura. Ribeirão Preto, SP. 2018.

ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; OLIVEIRA, F. L.; GALVÃO, W. J. F. **Avaliação Pós-Ocupação: Pré-Teste de Instrumentos para Verificação do Desempenho de Empreendimentos Habitacionais em Sistemas Construtivos Inovadores.** Gestão e Tecnologia de Projetos, v. 10, n. 1. São Paulo, 2015.

ONO, R; VILLA, S. B.; ABATE, T.P.; BARBOSA, M. B. P.; FRANÇA, A. J. G. L. **Métodos qualitativos para aferição da percepção dos usuários.** Avaliação pós-ocupação da teoria à prática. Editora Oficina de Textos, 2018.

OREGON HOUSING AND COMMUNITY SERVICES. **Building Enclosure Rehabilitation Guide: Multiunit Residential Wood-Framed Buildings.** Oregon Housing and Community Services, 2019.

ORNSTEIN, S. W. **Arquitetura, Urbanismo e Psicologia Ambiental: uma reflexão sobre dilemas e possibilidades da atuação integrada.** São Paulo: Revista Psicologia USP. 2005.

MACHADO, G. O; CALIL JR, C.; POLITO, W.; PAWLICKA, A. **Preservante natural de madeira para uso na construção civil – óleo de neem.** Minerva – Pesquisa e Tecnologia. São Paulo, 2003.

MACHADO, J. S.; CRUZ, H. NUNES, L. **Mitos e factos relacionados com o desempenho de elementos de madeira em edifícios.** 3º Encore. LNEC, 2003.

MACSWEEN, P. **Woods to Know: Southern Yellow Pine.** Canadian Woodworking & home improvement, 2018.

MALESZA, J.; MIEDZIALOWSKI, C. **Current directions in development of modern wood-framed houses.** Modern Building Materials, Structures and Techniques – MBMST, 2017.

MARABEZI, K. Estudo sistemático das reações envolvidas na determinação dos teores de lignina e holocelulose em amostras de bagaço e palha de cana-de-açúcar. Dissertação de mestrado em Química. Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MARTINEZ, G. F.; PIGIONI, M. B.; BRUNELLI, M. M.; BARON, C. M. P. **Habitação de interesse social: as tipologias habitacionais e o seu reflexo na produção da cidade através do programa minha casa minha vida.** Colloquium Humanarum, vol. 10, n. Especial, Jul–Dez, 2013, p. 316-323.

MEIRA, G. R; PADARATZ, I.J. **Custo de recuperação e prevenção em estruturas de concreto armado: uma análise comparativa.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), Anais... Foz do Iguaçu, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Projete e – projetando edificações energeticamente eficientes.** Disponível em: <<http://projeteemmma.gov.br/dados-climaticos/>> Acesso em: 05 de Abril de 2020.

MOLINA, J. C; CALIL JUNIOR, C. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira.** Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas. Londrina, 2010.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira.** Departamento de engenharia e tecnologia da UFPR. 4 edição. Abril de 2013.

- MURARI, A.R.; BALDAN, V.J.S.; STAMATO, G.C. PABLOS, J.M. SICHIERI, E.P. **Avaliação de desempenho acústico de uma habitação em wood frame na cidade de São Carlos-SP.** XVI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira e III Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira. IBRAMEM. São Carlos, 2018.
- NAPPI, M.M.L. **Corrosão de elementos metálicos embutidos em diferentes espécies de madeira.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.
- NURIZAN, Y.; HASHIM, A. H. **Perumahan dan Kediaman.** Universiti Putra Malaysia, Malaysia, 2001.
- PAES, J.B.; SOUZA, A.D.; LIMA, C.R.; MEDEIROS NETO, P.N. **Eficiência dos óleos de nim e mamona contra cupins xilófagos em ensaio de alimentação forçada.** Cerne, Lavras, v. 16, n. 1, p. 105-113, jan. /mar. 2010.
- PALERMO, C. **Avaliação da qualidade no projeto de HIS: uma parceria com a Cohab/SC. Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós – ocupação.** Editora Oficina de Textos, 2016.
- PASSO, B. A. **Impacto do uso de isolante térmico em habitações de interesse social nas diferentes condições climáticas brasileiras.** Dissertação de mestrado - UFSC. Florianópolis, 2016.
- PFEIL, W. PFEIL, M. **Estruturas de madeira: dimensionamento segundo a norma brasileira NBR 7190/97 e critérios das normas norte-americana NDS e europeia EUROCODE 5.** 6º Edição revisada. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2017.
- PIZZONI, C. P.; VALLE, A. **Vida útil das construções wood frame no Brasil: durabilidade e desempenho.** Congresso Latinoamericano de Estructuras de Madeira e II Congresso Ibero-Latinoamericano de La madera em la construcción – CLEM + CIMAD. Buenos Aires, 2017.
- PIZZONI, C. P. **Vedações verticais externas do sistema plataforma em madeira: medidas para manutenção.** Dissertação de mestrado - UFSC. Florianópolis, 2017.
- POSSAN, E. DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral.** Revista Científica CREA-PR, 1 ed. 2013.
- PROJETO MORAR MELHOR. **Sistema construtivo wood frame para habitação de interesse social homologado na caixa.** 2006.
- RALL, R. **Influência das características dos anéis de crescimento na densidade, resistência e rigidez da madeira de pinus taeda I.** Dissertação em Ciências Agrônômicas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- REYGAERTS, J. **Diagnostics des cas de paythologie du bâtiment.** CSTC Revue, Bruxelles. 1980.
- REYNOLDS, M.; PIERSON, B. **Interior Sheathing as an an air and vapour or vapor barrier.** Ecohome, 2019.
- RHEINGANTZ, P. A. et al. **Observando a Qualidade do Lugar: Procedimentos para a avaliação pós-ocupação.** Universidade Federal do Rio de Janeiro – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, 2009.
- ROMANO, F. V.; BACK, N.; OLIVEIRA, R. **A importância da modelagem do processo de projeto para o desenvolvimento integrado de edificações.** UFSC, 2001.

- ROTHOBLAAS. **Membranas e fitas para construções de madeira**. Rotho Blaas Srl. Cortaccia (BZ). Itália. 2019.
- _____. **Parafusos e conectores para madeira: carpintaria, estruturas e exterior**. Rotho Blaas Srl. Cortaccia (BZ). Itália. 2019.
- 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.
- SANTOS, A.C.; SZÜCS, C.A. **Sistema estrutural de piso em madeira composto de chapas de OSB e vigas I**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, 2009.
- SANTOS, M. **Urbanização brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1993.
- SANTOS, R. E. **A armação do concreto no Brasil: História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, 2008.
- SBEGHEN-LOSS, A. C. **Bioatividade da cera industrial de lima-ácida (*Citrus latifolia* Tanaka) sobre *Cryptotermes brevis* Walker**. Tese de Doutorado. Universidade de Caxias do Sul - UCS. Caxias do Sul, 2008.
- SBEGHEN, A. C. **Potencialidades de utilização de óleos essenciais de plantas aromáticas para o controle de *Cryptotermes brevis***. Dissertação de Mestrado. Universidade de Caxias do Sul - UCS. Caxias do Sul, 2001.
- SBS. **Fatos e Números do Brasil Floresta**. Sociedade Brasileira de silvicultura. Novembro de 2005.
- SILVA, A. **Comportamento diafragma de paredes de madeira no sistema leve plataforma**. Dissertação de mestrado – UFSC. Florianópolis, 2004.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS – SNIF. **Florestas Plantadas**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília, 2017.
- SOFTWOOD EXPORT COUNCIL. **Western Softwood Species & Grades**. Softwood Export Council Portland, Oregon USA. 2009.
- SOUTHERN FOREST PRODUCTS ASSOCIATION. **Raised wood floor foundations: design & construction guide**. Southern forest products association, Metairie, LA. 2017
- SOUTHERN PINE INSPECTION BUREAU. **Standard grading rules for southern pine lumber**. Pensacola, Flórida. 1994.
- SOUZA, V.C.M; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforma de estruturas**. Editora Pini Ltda. São Paulo, 2009.
- SILVA, A. C. S. B. e GONÇALVES, M. R. F. **Avaliação de desempenho térmico de protótipo de unidade habitacional pré-moldada de placas lisas cimentíceas em zona bioclimática 2 (Verão)**. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais XII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Fortaleza, 2008 ANTAC.
- SILVA, E. **Geometria funcional dos espaços da habitação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1981.
- SILVA, V. M. B.; ROCHA, L. A. L.; TORRES, A. S.; PALIGA, C. M. **Levantamento de manifestações patológicas em fachadas de habitações de interesse social na cidade de**

Pelotas/RS: residencial Solar das Palmeiras. Revista de Arquitetura IMED, 5(2): 85-103, jul. /dez. 2016.

STAMATO, G.C.; ANDRADE JUNIOR, J. R. **Directriz Sinat NRO 005 “sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamento em chapas delgadas (sistemas leves “Light Wood Framing”)**. XV EBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Curitiba – PR, Março, 2016.

STANDARDS COUNCIL OF CANADA (SCC). **CSA O86 - Standard Engineering Design in Wood.** 2014.

STRUCTURECRAFT. **Dowel Laminated Timber - The all wood mass timber panel. Design and profile guide.** StructureCraft Timber Engineering & Construction, Canadá, 2019.

STUCKERT, T. C.; JUNIOR, A. S. S. **Patologias em habitações de interesse social.** InterScientia. Vol.4 - nº 2. 2016.

STUMPP, E.; *et al.* **Avaliação de sustentabilidade e eficácia de tratamentos preservantes naturais de madeiras de florestas plantadas no RS para o controle do cupim.** Ambiente Construído, Porto Alegre, 2005.

STUMPP, E. **Tratamento preservantes naturais de madeiras de floresta no Rio Grande do Sul para o controle do cupim-de-madeira seca – *cryptotermea brevis*.** Tese de Doutorado de mestrado - UFRGS. Porto Alegre, 2001.

SZÜCS, Carolina Palermo 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: GHab – Arq/UFSC. 2004.

SZÜCS, C. A. *et al.* **Otimização da industrialização do sistema construtivo Battistella - UFSC.** Universidade Federal de Santa Catarina. Relatório final. Projeto de Tecnologia de Habitação – Habitare. Florianópolis, 2007.

TAGUCHI, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil Curitiba, 2010.

TECVERDE. **Relatório de Sustentabilidade.** 2014/2015, 2015.

TENTIS. Testing of timber Structures. **Handbook 1 – timber structures.** Education and Culture Leonardo da Vince, 2008.

TESTOLINO, P. L.; NETO, J. S.; JUNIOR, A. L. M. **Sistema construtivo em steel frame: o problema da fissura nas juntas entre placas cimentícias de fechamento.** Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. UNICAMP, 2017.

TINOCO, J. E. L. **Conservação das pedras em edificações de valor cultural.** Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada (CECI). Cantaria I – Aula 3. Olinda, 2009 - A.

_____. **Mapa de danos recomendações básicas.** Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada (CECI). Volume 43. Olinda, 2009 - B.

THALLON, R. **Graphic guide to frame construction: details for builders and designers.** Newtown: The Taunton Press, 2008.

THE NATIONAL INSTITUTE FOR STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). **American Softwood Lumber Standard - PS 20-70.** 2010.

- THOMASSON, G. *et al.* **Wood Preservation and wood products treatment – training manual.** Oregon State University, 2006.
- THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Pini, 1989.
- TORALLES, B. M.; SOUZA, S. T. M. **Manifestações patológicas em habitações de interesse social com diferentes tipologias.** Revista de Ciências Exatas e Tecnologia. v. 10, n. 10, p. 9-19, 2015.
- TURAN, M. **Reconstructing the balloon frame: a study in the history of architectonics.** Metu JFA, 2009.
- TUTIKIAN, B; PACHECO, M. **Boletín técnico.** Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción - ALCONPAT Int. Mérida - México, 2013.
- WARDELL, C. **Avoiding the Most Common Construction Defects Here's what to look for and how to prevent problems.** JLC - Abril, 2017.
- WEIMER, G. **Arquitetura popular da imigração alemã.** Editora da UFRGS. Porto Alegre-Segunda Edição, 2005
- WEINMANN. **Produzindo casas de madeira de forma racional, econômica e adequada ao mercado.** Catalogo - Curitiba, 2012.
- WOODWORKS. **Putting the Pieces Together: on the right projects, prefabrication and modular construction can increase speed and lower cost.** WoodWork, 2014.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Preservative-Treated Wood and Alternative Products in the Forest Service.** USDA Forest Service Technology and Development Program Missoula, MT. 2006.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Moisture Control Guidance for Building Design, Construction and Maintenance.** U.S. Environmental Protection Agency. 2013
- _____. **Wood handbook: wood as an engineering material.** USDA Forest Service Technology and Development Program Missoula, MT. 1999.
- VALLE, A.; TEREZO, R. F.; TELES, C. D. M. **Uso de técnicas não destrutivas no diagnóstico de patologias em estruturas de madeiras.** Associação Brasileira de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC. Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção - e-MAT. Vol 1, nº 2. 2004.
- VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. C. P.; GARCIA, L. C. **Avaliação pós-ocupação no programa minha casa minha vida: uma experiência metodológica.** Universidade Federal de Uberlândia, Pró-Reitoria de Extensão, Cultura e Assuntos Estudantis. Uberlândia, 2015.
- VILLA, S. B. **Multimétodos em avaliação pós-ocupação e sua aplicabilidade para o mercado imobiliário habitacional.** In: Qualidade ambiental na habitação – avaliação pós-ocupação. Organizadoras: VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2016.
- VOORDT, T. J. M.; WEGEN, H. B. R. **Arquitetura sob o olhar do usuário: programas de necessidades, projeto e avaliação de edificações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- _____. **Architecture in use: an introduction to the programming, design and evaluation of buildings.** Architectural Press, 2005.

ZEISEL, John. Inquiry by Design: Environmental/ Behavior/ Neuroscience in Architecture, Interiors, Landscape and Planning. New York, 2006.

ZELINKA, S.; STONE, D. S. The effect of tannins and pH on the corrosion of steel in wood extracts. Materials and Corrosion, 2010.

ZIGLIO, A. C. Oleoresina de capsaicina como preservante natural de madeira de Pinus sp. Contra a ação de fungos de podridão branca e de podridão mole. Tese de Doutorado. Instituto de Física de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2015.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 (FOLHA 1)

FICHA DE AVALIAÇÃO DO AMBIENTE	
Nome da HIS:	
Local:	
Contato:	
Número de ambientes:	
Área m ² :	

Desenho esquemático da planta:

Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Problemas
Piso				
Paredes				
Teto				
Esquadrias				
Outros				
Componentes de estresse e bem estar				
Distrações positivas:				
Controle do ambiente interno :				
Luz:		Temperatura:		
Som:		Vibração:		

APÊNDICE 1 (FOLHA 2)

Desenho esquemático das fachadas:

Acabamentos	Forma	Textura	Cor	Problemas
Piso (Calçada)				
Paredes				
Cobertura				
Esquadrias				
Outros				
Componentes de estresse e bem estar				
Distrações positivas:				
Controle do ambiente externo:				
Suporte social/ recreação:				
Luz:		Temperatura:		
Som:		Vibração:		

APÊNDICE 2 (FOLHA 1)

FICHA DE OBSERVAÇÃO	
Nome da HIS:	
Local:	
Contato:	

Desenho esquemático:

APÊNDICE 2 (FOLHA 2)

Indivíduos e atividades	1.1 Quem é os ocupantes?
	1.2 Fazendo o quê?
	1.3 Contato com o espaço?
	1.4 Ações que podem causar patologias na HIS ?
Espaço físico	2.1 Que relação o espaço permite?
	Auditiva:
	Visual:
	Tátil:
	Objetos:
	Simbolos:
	2.2 Manifestações patológicas observadas:
	Auditiva:
	Visual:
	Tátil:
	Objetos:
	Simbolos:
	2.3 As condições ambientais influenciam o comportamento:
	Temperatura :
	Som:
	Luz:
	Viração:
	2.4 Possui adereços que influenciam no comportamento?
	2.5 O espaço tem influência no comportamento:
	Forma:
Orientação:	
Tamanho:	
2.6 Qual a influência da madeira na concepção do espaço?	
Traços físicos no ambiente	3.1 Há produtos de uso?
	Desgaste/ erosão
	Vestígio:
	Traços ausentes:
	3.2 Há adaptações para uso?
	Adereços:
	Separações:
	Conexões:
	Outros:
	3.3 Há manifestações de identidade?
	Personalidades
	Identificação:
	Participação de um grupo:
	3.4 Mensagens pública?
	Oficiais:
	Informais:
Ilegítimas:	

APÊNDICE 3 (FOLHA 1)

ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA FOCALIZADA COM PROFISSIONAIS (Engenheiros e arquitetos)	
Nome:	
Formação:	Profissão:
Instituição:	Cargo:
Data:	Hora:
HIS:	Idade da HIS:

1. A edificação está sendo usada de maneira prevista pelos usuários?
2. Os usuários estão satisfeitos?
3. O que você pensa sobre o Wood Frame? (Você tem domínio do sistema construtivo?)
4. O projeto de HIS tem qualidade? (Ou você detalhou o projeto?)
5. Você especificou os materiais? Quais?
6. Qual o método de montagem utilizado?
7. Há patologias? (E qual a origem dos problemas?)
8. O que você acha do desempenho:
Luminoso:
Térmico:
Acústico:
Ventilação:
Técnico:
9. Você acha que o sistema é adequado para clima do sul do Brasil?
10. O clima do sul do Brasil pode causar patologia?
11. Você gosta de (casa de) madeira?
12. Você já morou ou mora em casa de madeira?
13. O que você achou da madeira fornecida para a estrutura?
14. Onde foi comprada a madeira?
15. Outras perguntas (anotar)

APÊNDICE 3 (FOLHA 2)

Síntese avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico					
		Projeto complementares					
Fatores de Execução	Fundação						
	Paredes painéis						
	Entrepiso						
	Cobertura						
Fatores dos Materiais	Fundação						
	Estrutura						
	Fechamentos						
	Cobertura						
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

APÊNDICE 4 (FOLHA 1)

ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA FOCALIZADA COM MONTADORES (e/ou proprietários)	
Nome:	
Profissão:	
Instituição:	Cargo:
Data:	Experiência:
HIS:	

1. A edificação está sendo usada de maneira prevista pelos usuários?
2. Os usuários estão satisfeitos?
3. Você tem domínio do sistema construtivo?
4. O projeto da HIS teve qualidade?
5. O projeto estava bem detalhado?
6. Qual o método de montagem utilizado?
7. Você seguiu rigorosamente o projeto?
8. O que você achou da qualidade dos materiais utilizados na HIS?
9. O que você achou da madeira fornecida para a estrutura?
10. O que foi bem feito e o que saiu errado?
11. Como se organizou a tomada de decisões? Quem tomou quais decisões e com base em que informações?
12. Quais ferramentas foram utilizadas?
13. O que se pode aprender?
14. Outras perguntas (anotar)

APÊNDICE 4 (FOLHA 2)

Síntese avaliação das etapas de projeto e construtiva da HIS

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
	Detalhamentos	Projeto arquitetônico					
		Projeto complementares					
Fatores de Execução	Fundação						
	Paredes painéis						
	Entrepiso						
	Cobertura						
Fatores dos Materiais	Fundação						
	Estrutura						
	Fechamentos						
	Cobertura						
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

APÊNDICE 5 (FOLHA 1)

ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA FOCALIZADA COM MORADOR (e/ou proprietário)	
Nome da HIS:	
Local:	
Contato:	
Data:	Hora:

1. A Edificação esta adequada?
2. Quais os pontos positivos?
3. Quais os pontos Negativos?
4. O que está bem feito?
5. O que está errado?
6. Quais são os problemas?
7. Quando começaram a aparecer?
8. Como é o conforto ambiental:
Iluminação:
Térmico:
Ruído:
Ventilação:
9. Você já morou em casa de madeira antes?
10. Já tinha ouvido falar Wood Frame antes?
11. Você gosta de (casa de) madeira?
12. Prefere morar em casa de alvenaria ou madeira? Por quê?
13. Outras perguntas (anotar)

APÊNDICE 5 (FOLHA 2)

Síntese avaliação das HIS pelo viés dos usuários

Fatores de projeto	Funcionais	Dimensionamento do Mobiliário					
		Distribuição do Leiaute					
	Estéticos	Revestimentos e Materiais					
		Entorno e contato visual com vegetação					
Fatores Ambientais	Aroma/ cheiro						
	Som/ Barulho						
	Temperatura						
	Iluminação						
Fatores Sociais	Relacionamento interpessoal						
	Suporte Social	Equipamentos urbanos					
		Salão de festa					
		Lazer					
Legenda			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo

APÊNDICE 5 (FOLHA 3)

Poema dos desejos

“Eu gostaria que o meu ambiente...

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying most of the page below the text. It is intended for the student to write their poem.

APÊNDICE 6



Universidade Federal de Santa Catarina
 Centro Tecnológico - Departamento de Arquitetura e Urbanismo
 Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – PósARQ



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) está condicionado ao cumprimento dos requisitos estabelecidos pela Resolução N°510/2016.

SOBRE A PESQUISA

O Sr. (a) está sendo convidado (a) para participar da pesquisa desenvolvida como tese de doutorado intitulada **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL CONSTRUÍDAS COM O SISTEMA *LIGHT WOOD FRAME* NO SUL DO BRASIL**. Tendo como objetivo principal identificar as principais patologias (problemas) e suas causas nas Habitações de Interesse Social (HIS) construídas no sistema construtivo de madeira *Light Wood Frame* (LWF) na região sul do Brasil.

A pesquisa é integrada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e terá duração de Oito (08) Meses, com o término previsto para 20/05/2020. Tem como pesquisadores responsáveis a Profa. Lisiane Ilha Librelotto, Dra. e o doutorando Arq. Rodrigo Vargas Souza, M.Sc.

O Sr(a) não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras. Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder as perguntas a serem realizadas sob a forma de entrevista e questionário. Como também será realizada pelos pesquisadores a observação não-participante sem que haja interferência nas atividades desempenhadas. Com a devida autorização a entrevista será gravada para transcrição. Os dados coletados serão mantidos em sigilo e guardados pelos pesquisadores em local seguro durante (05) anos para posterior eliminação.

Salientamos que suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome ou das pessoas que sejam mencionadas, em qualquer fase do estudo. Os dados serão divulgados em congressos e/ou publicações científicas, preservando-se as informações pessoais (identidade ou imagem) e respeitando sua privacidade. O benefício relacionado à sua participação será de contribuir para o conhecimento científico para a área de Ciências Sociais Aplicadas.

O possível risco e desconforto que a pesquisa poderá trazer a (o) Sr. (a) é o constrangimento de ser entrevistado, bem como a interrupção das suas atividades. A fim de evitar ou reduzir efeitos e condições adversas, os pesquisadores garantem que suas opiniões e pontos de vista não serão expostos publicamente.

Os gastos necessários para a sua participação na pesquisa serão assumidos pelo pesquisador. Caso haja algum gasto decorrente de sua participação nesta pesquisa o mesmo será ressarcido via depósito bancário. Em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa será garantido seu direito de indenização.

É garantido ao Sr. (a) o acesso aos resultados da pesquisa de doutorado. Cabe esclarecer que o participante pode se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer tipo de constrangimento. Quaisquer dúvidas relativas a pesquisa poderão ser esclarecidas pelos contatos: arquitetura.rodrigo@hotmail.com (47) 984494023 e lisiane.librelotto@arq.ufsc.br (48) 99111-3320. Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é elaborado em duas vias, sendo que uma delas ficará em poder da pesquisador e outra com o participante da pesquisa.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Após ter sido esclarecido (a) sobre os objetivos, importância e o modo como os dados serão coletados nessa pesquisa, assinale caso concorde em participar da pesquisa, e autorize a divulgação das informações adquiridas em congressos e/ou publicações científicas.

Boa Vista, ____ de _____ de _____.

.....
assinatura do participante da pesquisa

TERMO DE COMPROMETIMENTO

Como pesquisadores responsáveis pelo estudo relacionado a MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL CONSTRUÍDAS COM O SISTEMA *LIGHT WOOD FRAME* NO SUL DO BRASIL, declaramos que assumimos a inteira responsabilidade de cumprir fielmente os procedimentos que foram esclarecidos e assegurados ao participante, assim como manteremos sigilo e confidencialidade sobre a identidade do mesmo. Os pesquisadores responsáveis se comprometem também a cumprir todos os requisitos estabelecidos pela Resolução N°510/2016.

Boa Vista, ____ de _____ de _____.

.....
Arq. Rodrigo Vargas Souza, Me.
assinatura do pesquisador(a) responsável

.....
Profª. Lisiane Ilha Librelotto, Dra.
assinatura do orientador(a) da pesquisa

ENDEREÇO FÍSICO DOS PESQUISADORES: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ). Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro Tecnológico (CTC), Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Florianópolis – SC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. Telefone: (48) 37219550

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) é um órgão colegiado interdisciplinar, deliberativo, consultivo e educativo, vinculado à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

ENDEREÇO DO COMITÊ DE ÉTICA: Prédio Reitoria II (Edifício Santa Clara), R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401, Trindade, Florianópolis/SC, CEP 88.040-400. E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br. Telefone +55 (48) 3721-6094. CEP/SES-SC cepses@saude.sc.gov.br. Telefone +55 (48) 3664-7218.

APÊNDICE 7

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL CONSTRUÍDAS COM O SISTEMA LIGHT WOOD FRAME NO SUL DO BRASIL.

Pesquisador: RODRIGO VARGAS SOUZA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 14651119.2.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.553.393

Apresentação do Projeto:

A pesquisa de doutorado de Rodrigo Varga Souza desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFSC, sob a orientação da Professora Dra. Eng. Lisiane Ilha Librelotto.

Esta pesquisa possui caráter exploratório e de campo, pois busca identificar as principais patologias (e suas causas) ocorrentes nas Habitações de Interesse Social construídas com o sistema construtivo Light Wood Frame no sul Brasil, utilizando coletas de dados por meio de entrevistas, questionários, análise de documentos e inspeção nas HIS. Assim os procedimentos metodológicos são divididos em duas etapas: Pesquisa documental e de campo.

Etapa 1: Pesquisa Documental

Foi realizada uma pesquisa documental e outra bibliográfica com o propósito de incrementar o aporte teórico sobre o tema desta pesquisa. Na etapa da pesquisa documental foram coletados dados das normas nacionais e internacionais, dos manuais construtivos, das diretrizes técnicas, dos catálogos dos produtos que compõe o sistema construtivo, como também, quando disponíveis, dos projetos, dos memoriais descritivos e dos manuais dos usuários das HIS selecionadas para este trabalho. Já a pesquisa bibliográfica abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, incluindo a imprensa escrita, produções acadêmicas

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 3.553.393

(artigos, dissertações e teses), normas nacionais e internacionais entre outros.

Etapa 2: Pesquisa de campo

A pesquisa de campo será feita em quatro fases apresentadas a seguir.

Fase 1) Visita exploratória As visitas exploratórias serão feitas nas HIS selecionadas para estudo de caso. Para tanto, foi criada uma Ficha de avaliação do ambiente contendo os componentes promotores de estresse ou bem-estar (controle do ambiente, distrações positivas ou suporte social) que devem ser constatados no ambiente. Fase 2) Levantamento espacial Durante a visita exploratória, será realizado um levantamento espacial dos ambientes das HIS. Dados importantes, como a representação do leiaute existente, e outros itens, como o número de ambientes, as características dos revestimentos e mobiliário, composição das paredes e composição da cobertura, identificação da orientação solar e medição do conforto ambiental (temperatura e umidade, ruído e iluminação) em diferentes pontos, tanto no ambiente interno como externo feito com o sensor MC 350. Estes dados também serão registrados na Ficha de avaliação do ambiente por meio de croquis e desenhos esquemáticos. Neste momento será realizado também o registro fotográfico dos ambientes e identificado às primeiras patologias nas HIS. Fase 3) Observação A observação aplicada nesta pesquisa pode ser classificada como sistemática e não participante. Pretendese, com a observação, registrar tanto o comportamento dos usuários nos ambientes das HIS, quanto os traços físicos deixados pelos mesmos. Segundo Zeisel (2006), a observações dos traços físicos servem para identificar como os usuários se comportam no ambiente a partir de vestígios deixados pelas atividades realizadas. Também foi feito o mapeamento comportamental que possibilitou identificar os comportamentos e contatos sociais, bem como entender o perfil dos usuários, suas rotinas de atividades e possíveis zonas de ocupação, e seus principais fluxos (RHEINGANTZ et al., 2009) Para sistematizar a observação, será elaborada uma Ficha de observação. Por fim, este procedimento pretende identificar as patologias geradas pelos os usuários. Fase 4) Entrevista semiestruturadas As entrevistas semiestruturadas serão feitas com o apoio de questionários, mas possibilitando que o entrevistador tenha a liberdade de fazer mais perguntas para ter uma melhor precisão das informações obtidas. As entrevistas serão feitas presencialmente em diferentes agentes envolvidos no ciclo de vida das HIS.

Estão previstos 35 participantes.

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 3.553.393

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo principal desta pesquisa é identificar as principais patologias e suas causas nas Habitações de Interesse Social (HIS) construídas no sistema construtivo Light Wood Frame (LWF) na região sul do Brasil.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

A pesquisa oferece riscos mínimos aos participantes, os quais são inerentes à aplicação da entrevista, como constrangimento em ser entrevistado.

Benefícios:

Espera-se que este estudo traga informações para identificar quais patologias e suas causas, sugerindo correções para melhorar o desempenho das habitações de interesse social construídas com o sistema construtivo Light Wood Frame no sul do Brasil. Com o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa poderemos contribuir para futuros projetos e investimentos relacionados à produção de habitações de madeira com o sistema construtivo Light Wood Frame no sul do Brasil.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Sem comentários adicionais.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de rosto assinada pelo pesquisador responsável e pelo coordenador do PPG em Arquitetura e Urbanismo da UFSC.

Declarações de anuência e infraestrutura de João Materiais de Construção, Vacariense Casas de Madeira e Alvenaria, Casas Pagliarin, Kaefe Construções e Incorporação, Brasilit Saint-Gobain, Departamento de Engenharia Civil da UFSC.

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vítor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 3.553.393

Roteiros das entrevistas semi-estruturadas com moradores, montadores e profissionais.

O cronograma informa que as entrevistas devem acontecer a partir de setembro de 2019.

O orçamento prevê despesas de R\$ 4500,00 com financiamento próprio.

O TCLE está bem redigido, e é esclarecedor quanto aos objetivos, procedimentos da pesquisa, e atende essencialmente a todos os requisitos da res. 510/16.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pela aprovação.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1350137.pdf	09/08/2019 13:12:21		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetodePesquisa.pdf	09/08/2019 13:11:33	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Parecer Anterior	pareceranterior.pdf	09/08/2019 13:07:53	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Outros	ANEXO5.pdf	09/08/2019 13:06:22	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Outros	ANEXO4.pdf	09/08/2019 13:05:50	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Outros	ANEXO3.pdf	09/08/2019 13:05:16	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CartadeanuenciaJoaoMatCont.pdf	09/08/2019 12:30:21	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CartadeanuenciaVacariense.pdf	09/08/2019 12:29:47	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CartadeanuenciaUFSC.pdf	09/08/2019 12:29:33	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 3.553.393

Declaração de Instituição e Infraestrutura	CartadeanuenciaPaglarin.pdf	09/08/2019 12:29:18	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CartadeanuenciaKaefe.pdf	09/08/2019 12:29:05	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_anuencia_Brasilit.pdf	09/08/2019 12:27:17	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_revisado.pdf	09/08/2019 12:19:37	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRosto.pdf	22/05/2019 23:37:23	RODRIGO VARGAS SOUZA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANOPOLIS, 04 de Setembro de 2019

Assinado por:
Maria Luiza Bazzo
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vítor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

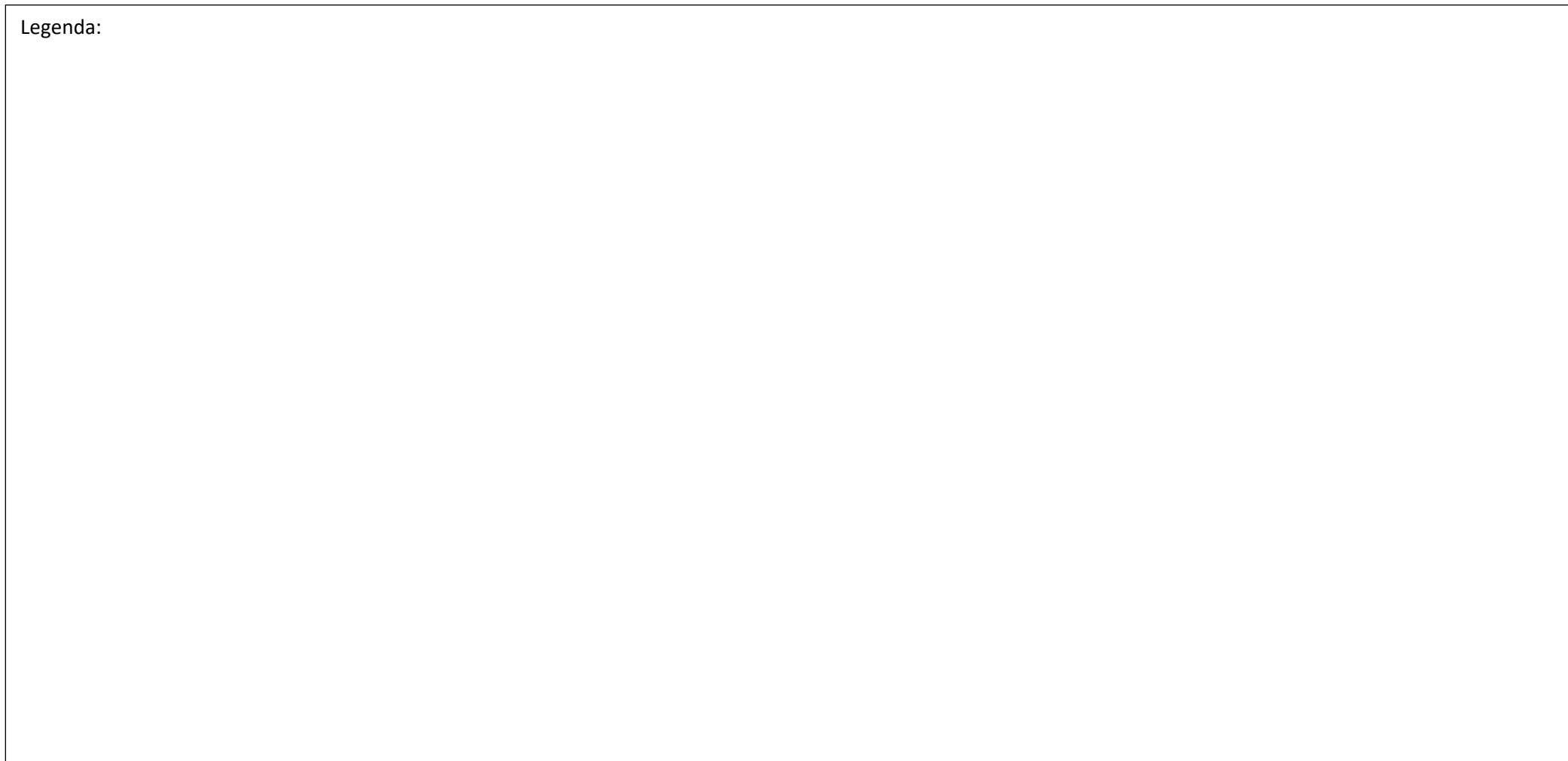
APÊNDICE 8 (FOLHA 1)

Mapa de danos

Fachada:

Desenho Gráfico

Legenda:



APÊNDICE 8 (FOLHA 2)

MAPA DE DANOS			Elementos materiais	Degradação
	Intervenção			
	Degradação			
	Material			
	Fachada:			
	Material			
	Degradação			
	Intervenção		Intervenções	

APÊNDICE 8 (FOLHA 3)

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS (FIDs)		APÊNDICE 8
Mapa de danos		
		
Legenda – Manifestação Patológica		
	Descolamento de massa de revestimento	
	Trincas nas chapas cimentícias	
	Descolamento dos selantes das juntas	
	Manchas no rodapé	
Data da vistoria: Manutenções feitas nas HIS:	Manifestações patológicas (MP)	1/1

APÊNDICE 9

Palestras e montagem de Protótipo em Wood Frame
Semana acadêmica de arquitetura – 2018 UFSC



APÊNDICE 9

Palestras e montagem de Protótipo em Wood Frame
Semana acadêmica de arquitetura – 2018 UFSC



APÊNDICE 9

Palestras e montagem de Protótipo em Wood Frame
Semana acadêmica de arquitetura – 2018 UFSC



APÊNDICE 9

Palestras sobre vedações e wood Frame - 2019
Curso de Arquitetura e Urbanismo - UFSC

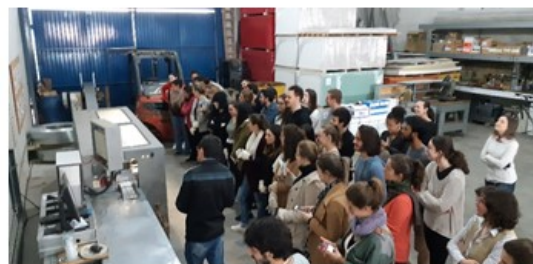


ATIVIDADES EXTERNAS

4/9

APÊNDICE 9

Visita na Construágil – Virtuhab
Curso de arquitetura da UFSC – 2018



APÊNDICE 9

Semana acadêmica de engenharia e arquitetura da Univali - 2017
Palestra Drywall e Steel Frame - Balneário Camboriú - SC



ATIVIDADES EXTERNAS

6/9

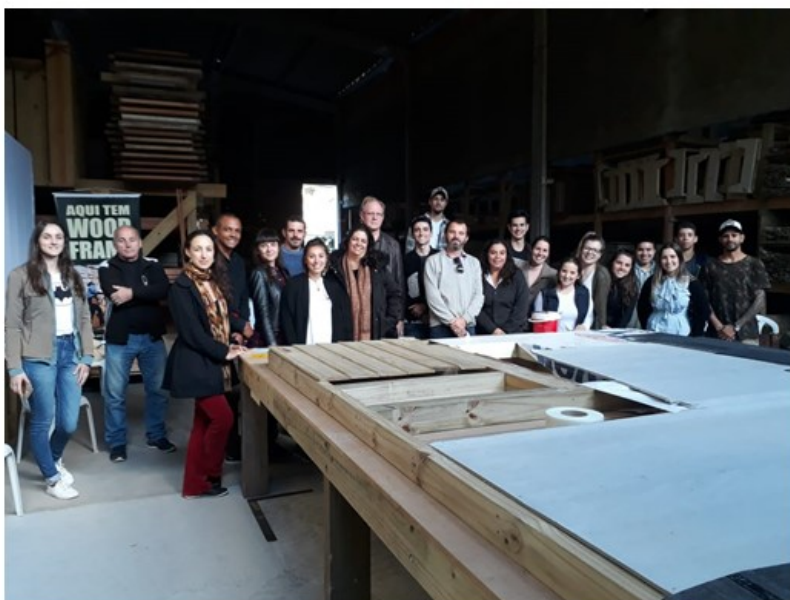
APÊNDICE 9

Palestras e montagem de um Protótipo em Wood Frame IFSC / UFSC– 2018



APÊNDICE 9

Academia de Wood Frame na madeireira MF
15 eventos durante o ano 2018



APÊNDICE 9

Academia de Steel Frame na Construágil
20 eventos durante o ano 2018 e 2019

