

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
PPGEC/UFES

**DIRETRIZES PROJETUAIS PARA  
EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES EM  
TORAS DE EUCALIPTO NO ESPÍRITO  
SANTO**

Emanuella Sossai Altoé  
Dissertação de Mestrado  
Vitória, 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
PPGEC/UFES

# **DIRETRIZES PROJETUAIS PARA EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES EM TORAS DE EUCALIPTO NO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil - Materiais.

Área de concentração: Construção Civil

Emanuella Sossai Altoé  
Dr<sup>a</sup>. Cristina Engel de Alvarez (orientadora)  
Vitória, 2009



# **DIRETRIZES PROJETUAIS PARA EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES EM TORAS DE EUCALIPTO NO ESPÍRITO SANTO**

**Emanuella Sossai Altoé**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia civil na área de concentração de Materiais.

## COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Cristina Engel de Alvarez  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientadora

---

Prof. Dr. Fernando Avancini Tristão  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Eng. Dr. Renato Moraes de Jesus

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Evilázio e Gorette  
e meus irmãos, Elbert e Pablo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu Deus que, com sabedoria, me iluminou nos momentos mais difíceis, me proporcionou resistência para vencer mais esse desafio e me fez aprender com meus próprios erros.

À Prof. Dra. Cris pela sua orientação, dedicação, esforço e paciência para a conclusão deste trabalho.

À FAPES pela concessão da bolsa.

À arquiteta Elaudia Luzia Lima Dan e ao engenheiro Norman Ferreira dos Santos, que forneceram dados importantes para o desenvolvimento dessa pesquisa.

À Companhia Vale do Rio Doce, em especial ao Engenheiro Renato Moraes de Jesus, e à ARACRUZ Celulose pela disponibilidade de informações para o estudo.

Ao Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira, em especial o amigo Luis Eduardo, pela ajuda infindável na busca e disponibilização de referências bibliográficas.

À Andrea Breciani pela disponibilidade e paciência.

Aos professores Calmon, Marcel, Eliana, Avancini e Fernando Lordello, que auxiliaram na formação de um pensamento científico.

Às colegas de mestrado, Alessandra, Ana, Aparecida, Cristianne Abreu, Edna Gunz, Márcia e Christiane Loss Rigo pela troca de conhecimentos e amizade.

À Leila pelos conselhos e companheirismo.

À Edna Nico pela disponibilidade e troca de conhecimentos relacionados à dissertação.

À Márcia Bissoli pelo tempo dedicado ao desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Aos colegas do Laboratório de Planejamento e Projeto da Universidade Federal do Espírito Santo pelo apoio para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos proprietários das residências pesquisadas, peças fundamentais para a realização da pesquisa, pela compreensão e confiança.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente impulsionaram a realização desse trabalho.

## RESUMO

A preocupação com a preservação do meio ambiente incentiva pesquisas em diversas áreas que buscam amenizar a degradação do meio ambiente e conscientizar os profissionais da construção civil, arquitetos e engenheiros, da importância de considerar na escolha dos materiais e sistemas construtivos, entre outros aspectos, o conhecimento da cadeia produtiva dos mesmos. O objetivo da pesquisa em questão é avaliar a situação atual e os projetos arquitetônicos, em relação à durabilidade, de residências unifamiliares em tora de madeira construídas por empresas de diferentes linhas de produção (industrial e artesanal) no Estado do Espírito Santo, com o objetivo de estabelecer diretrizes de projeto adequadas às peculiaridades do material e às características da região. A metodologia utilizada foi estabelecida a partir das seguintes etapas: 1. fundamentação conceitual; 2. reconhecimento de edificações em toras de eucalipto no Estado; 3. determinação das amostras; 4. levantamento preliminar de dados *in loco*; 5. adequação dos instrumentos de pesquisa; 6. coleta final dos dados; 7. diagnóstico; e 8: proposta projetual. Como principal resultado, pode-se concluir que o padrão tecnológico utilizado pelas empresas avaliadas é considerado como bom, porém necessita de aprimoramentos nas soluções construtivas, principalmente na fase de projeto, e que isso ocorre devido a utilização de soluções de projeto individuais caracterizada pela inexistência de um detalhamento construtivo padrão. O trabalho contribui fornecendo a síntese dos principais aspectos que interferem na durabilidade da madeira e disponibiliza importantes indicativos para a concepção de projetos preocupados com a ampliação do Ciclo de Vida Útil das edificações.

**Palavras-chave:** residências unifamiliares; eucalipto; durabilidade; projeto.

## **ABSTRACT**

The Environmental preservation concern encourages researches in several areas which aim to minimize the environment degradation and to make the architecture and civil engineering construction professionals aware of the importance in considering the materials and constructive systems choices, among other aspects, their productive chain. The objective of this research is to evaluate the current situation and the architectural projects, considering the durability of the *unfamiliar* residences made of wood and built by different companies which use different production lines (industrial and craft) in the state of Esparto Santo – BR, aiming to establish suitable project guidelines to the material peculiarities and region characteristics. The methodology was established from the following steps: 1. conceptual bases; 2. recognition of eucalyptus log buildings in the state; 3. Samples determination; 4. *in loco* preliminary data survey; 5. research tools adequacy; 6. final data collection; 7. diagnosis and 8. Design proposal. As the main result we can get the conclusion that the technological standard used by the companies was evaluated and considered good, but it needs some improvement in constructive solutions, especially during the project phase. It occurs due to the use of individual project solutions characterized by the lack of a standard constructive detail. This work supplies the synthesis of the main aspects which interfere in the wood durability and provides important data to project conceptions worried about the enlargement of the constructions life cycle.

**Key words:** “unfamiliar” residences; eucalyptus; durability; project.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aproximação do recorte proposto para o objeto de estudo. ....	23
Figura 2 – Estratégia adotada para a delimitação dos indicadores de degradação.....	26
Figura 3 – Esquema dos subsistemas, baseado em Benevente (1995).....	27
Figura 4 - Residência em Piaçu, no sistema construtivo <i>log home</i> , 1997. ....	30
Figura 5 – Residência no sistema construtivo <i>log home</i> , Marechal Floriano, 200?......	30
Figura 6 – Residência com o sistema construtivo <i>log home</i> , Marechal Floriano, 200?......	30
Figura 7 – Residência em <i>log home</i> , Domingos Martins, 200?. ....	30
Figura 8 – Residência com o sistema construtivo pilar e viga, Pedra Azul, 2002.....	30
Figura 9 – Residência em <i>log home</i> , Pedra Azul, 2002.....	30
Figura 10 - Residência em <i>log home</i> , Pedra Azul, 2002. ....	31
Figura 11 – Residência no sistema construtivo <i>log home</i> e convencional, Fundão, 2003.....	31
Figura 12 – Residência no sistema construtivo <i>log home</i> e convencional, no município de Domingos Martins, 2003. ....	31
Figura 13 – Esquema geral de definição dos objetos de estudo.....	32
Figura 14 – Alojamento circular de terra com postes centrais. ....	33
Figura 15 – Casa do período Neolítico.....	33
Figura 16 – Casa construída na Polônia a partir do ano 700 a.C. com postes e troncos. ....	34
Figura 17 – Postes verticais entalhados com canaletas. ....	34
Figura 18 - Arquitetura primitiva chinesa em madeira. ....	35
Figura 19 – Detalhe da elevação do solo - Arquitetura primitiva chinesa. ....	35
Figura 20 - Edificação japonesa. ....	36
Figura 21 - Edificação Norueguesa em troncos de madeira. ....	36
Figura 22 – Vista Expodach, arquiteto Thomas Herzog, Hanover, Alemanha. ....	37
Figura 23 - Detalhe de fixação dos pilares de madeira na estrutura metálica. ....	37
Figura 24 – Residência projetada por Gerson Castelo Branco em Pernambuco. ....	39
Figura 25 – Residência unifamiliar projetada por Zanine Caldas em Brasília. ....	39
Figura 26 – Residência de Severiano Porto em Manaus. ....	39
Figura 27 – Casa característica da cultura oriunda da imigração italiana no Espírito Santo. ..	40
Figura 28 – Estrutura básica de casa do imigrante alemão no Espírito Santo. ....	41

Figura 29- Edificação em taipa de mão no Espírito Santo.....	41
Figura 30- Detalhe da trama utilizada na técnica taipa de mão no Espírito Santo.....	41
Figura 31 – Centro de Vivência do Horto Florestal de Ecoporanga. ....	42
Figura 32 – Módulo de hospedagem Reserva Natural Vale, Linhares. ....	42
Figura 33 – Identificação das partes da árvore. ....	43
Figura 34 – Situação atual dos pilares do Centro de Vivência Ecoporanga. ....	43
Figura 35 – Residência em Piaçu, no sistema construtivo <i>log home</i> , 1997. ....	43
Figura 36 - Residência em <i>log home</i> , Pedra Azul, 2002. ....	43
Figura 37 - Habitação no sistema pilar/viga. ....	44
Figura 38 - Peças superpostas formando painéis de vedação, <i>log homes</i> .....	44
Figura 39 – Sistema plataforma.....	45
Figura 40 – Sistema reticulado. ....	45
Figura 41 – <i>Log homes</i> , Canadá.....	45
Figura 42 – <i>Log homes</i> , Estados Unidos. ....	46
Figura 43 – <i>Log homes</i> , Finlândia. ....	46
Figura 44 – Tipo de solução arquitetônica no sistema construtivo vernacular. ....	76
Figura 45 – Exemplos de construção no sistema construtivo semi pré-cortado. ....	77
Figura 46 – Módulo de hospedagem Reserva Natural Vale, Linhares. ....	84
Figura 47 - Intervalos das cores utilizadas nos critérios de avaliação.....	93
Figura 48 – Residência 01A.....	105
Figura 49 – Peças encaixadas formando a parede em <i>log home</i> . ....	105
Figura 50 – Possível detalhe projetual de encaixe das peças.....	105
Figura 51 – Peças com frestas. ....	106
Figura 52 – Peças desencaixadas.....	106
Figura 53 – Ausência de madeira no banheiro.....	106
Figura 54 – Cobertura sem sistema de canalização de água de chuva. ....	107
Figura 55 – Cobertura com o rufo e calha. ....	107
Figura 56 – Residência 02A.....	107
Figura 57 - Apoio da edificação sobre blocos de concreto. ....	108
Figura 58 – Corte esquemático utilizado para a execução da locação. ....	108

Figura 59 – Afastamento da parede em <i>log</i> do piso. ....	108
Figura 60 – Pilares em contato direto com o piso.....	109
Figura 61 - Afastamento entre as edificações.....	109
Figura 62 – Extintor de incêndio.....	109
Figura 63 – Cozinha em contato direto com peças de madeira.....	109
Figura 64 – Peças de madeira com frestas. ....	110
Figura 65 – Janelas com coberturas. ....	110
Figura 66 – Residência 03A.....	110
Figura 67 – Madeiramento afastado do piso. ....	111
Figura 68 – Peça de madeira em contato direto com o piso da varanda. ....	111
Figura 69 – Cozinha em contato direto com peças de madeira.....	112
Figura 70 - Espuma utilizada para calafetar as frestas.....	112
Figura 71 - Peça desencaixada.....	112
Figura 72 – Planta baixa térreo dos dois pavimentos, à térreo e à esquerda pavimento superior. Projeto cedido pelo proprietário. ....	109
Figura 73 – Fresta entre a madeira e a alvenaria.....	114
Figura 74 – Residência 01B.....	114
Figura 75 – Pilar com princípio de degradação devido ao acúmulo de umidade. ....	115
Figura 76 - Fresta entre madeira e alvenaria da parede externa.....	116
Figura 77 - Detalhe de fresta na parede externa. ....	116
Figura 78 – Fresta vertical entre a viga de madeira e a alvenaria numa parede interna. ....	116
Figura 79 – Fresta no encontro da viga de madeira com a janela em uma parede interna. .	116
Figura 80 – Residência 02B.....	116
Figura 81 – Presença da madeira na estrutura da cozinha. ....	117
Figura 82 – Área de serviço com estrutura em madeira. ....	117
Figura 83 – Detalhe de corte da base de assentamento da parede em <i>log</i> . ....	118
Figura 84 – Planta baixa do detalhe de assentamento da parede em <i>log</i> .....	118
Figura 85 – Planta baixa da base do pilar.....	118
Figura 86 – Vista frontal do detalhe de afastamento do pilar em relação ao piso.....	119
Figura 87 – Espaçamento coberto por prancha de madeira.....	119

Figura 88 – Detalhe do espaçamento para variação dimensional da madeira.....	120
Figura 89 – Pingadeira da janela.....	120
Figura 90 – Telhado com rufo.....	120
Figura 91 – Detalhe de execução do rufo.....	121
Figura 92 – Residência 03B.....	122
Figura 93 – Pilar estrutural com acúmulo de umidade na base.....	122
Figura 94 – Guarda-corpo de área descoberta com grande quantidade de umidade.....	122
Figura 95 – Peças de madeira no banheiro. ....	123
Figura 96 – Peça instalada no banheiro, com a presença de manchas brancas. ....	123
Figura 97 – Pilar estrutural com a base, aparentemente, cortada e em início de deterioração. .....	123
Figura 98 – Janela sem pingadeira e com acúmulo de umidade. ....	123
Figura 99 – Peça do telhado com fresta e acúmulo de umidade.....	124
Figura 100 – Peça com a utilização de mastique.....	124
Figura 101 – Residências avaliadas. ....	125
Figura 102 – Detalhe de instalação de peitoril.....	126
Figura 103 – Ligação entre estrutura e alvenaria com prego galvanizado. ....	127
Figura 104 – Ligação entre estrutura e alvenaria com tela de fixação. ....	127
Figura 105 – Detalhe construtivo de afastamento do pilar da base de concreto.....	127
Figura 106 – Detalhe de instalação da calha.....	128
Figura 107 – Representação gráfica de uma tora com chapa metálica no topo. ....	129
Figura 108 – Peça de madeira com união metálica em “C” .....	129
Figura 109 – Peça de madeira com união metálica em “S” .....	129
Figura 110 – Exemplo de instalação de parafuso ao longo da peça de madeira .....	129
Figura 111 – Possíveis medidas construtivas para afastar as peças de madeira do solo. ....	132
Figura 112 – Proteção das janelas com coberturas exclusivas. ....	132
Figura 113 – Sistema de drenagem de águas pluviais utilizados em algumas residências avaliadas. ....	132

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1- Síntese do processo metodológico para elaboração da dissertação.....	24
Quadro 2 – Subsistemas construtivos relacionados com as exigências dos usuários, desempenho requerido, indicador de degradação e método de coleta de dados.....	28
Quadro 3 - Variáveis em cada etapa de construção da edificação de madeira.....	55
Quadro 4 - Efeitos naturais de interferência na edificação. ....	56
Quadro 5 – Listagem de indicadores de degradação .....	56
Quadro 6 - Pontos críticos de uma edificação e os respectivos cuidados a serem tomados ..	62
Quadro 7 - Classificação dos agentes de deterioração da madeira e os danos causados .....	67
Quadro 8 - Itens de pesquisa com os usuários.....	87
Quadro 9 - Itens de pesquisa com as empresas.....	87
Quadro 10- Roteiro para a avaliação técnica. ....	90
Quadro 11 – Pontos de destaque identificados na avaliação técnica.....	99
Quadro 12 – Descrição do problema 01: dificuldade dos usuários na manutenção da residência.....	126
Quadro 13 – Descrição problema 02: acúmulo de umidade na parte inferior das janelas. ..	126
Quadro 14 - Descrição problema 03: oxidação de parafusos. ....	126
Quadro 15 – Descrição do problema 04: fresta no encontro da madeira e alvenaria. ....	127
Quadro 16 – Descrição problema 05: pilar com indícios de degradação na base. ....	127
Quadro 17 – Descrição problema 06: acúmulo de umidade nas peças que compõem a estrutura do telhado. ....	128
Quadro 18 - Descrição problema 07: peças de madeira com frestas. ....	130
Quadro 19 – Pontos positivos identificados nas residências avaliadas. ....	132
Quadro 20 – Quadro referencial para a elaboração dos roteiros de pesquisa.....	146
Quadro 21 – Orientações dos itens de pesquisa.....	149

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1- Influência de cada etapa de construção na durabilidade da edificação .....	53
Gráfico 2 - Etapas que contribuem para a origem de patologias nas edificações em madeira.....	53

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Condições ideais para o desenvolvimento de fungos. ....	68
Tabela 2- Cores, condição, valores dos critérios de avaliação. ....	91
Tabela 3 - Representação dos pesos e valores dos critérios de avaliação.....	92
Tabela 4 - Peso de cada etapa e item de avaliação da pesquisa.....	92
Tabela 5 – Resultado da pesquisa com os usuários. ....	95
Tabela 6 – Legenda das cores e pesos utilizados na tabela policromática. ....	95
Tabela 7 – Resultado da pesquisa com as empresas .....	96
Tabela 8 - Legenda das cores utilizadas na tabela policromática. ....	96
Tabela 9 – Resultado da avaliação técnica.....	100
Tabela 10 – Legenda das cores utilizadas na tabela policromática. ....	103

## LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	<i>American Plywood Association</i>
ASTM	<i>American Society for Testing Materials</i>
BANDES	Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEF	Caixa Econômica Federal
CIB	<i>Conseil International du Bâtiment</i>
COBRACON	Comitê Brasileiro de Construção Civil
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
EESC/USP	Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FISET	Fundo de Investimentos Setoriais
GERES	Grupo Executivo para Recuperação Econômica do Estado do Espírito Santo
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IBS	Instituto Brasileiro de Siderurgia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IRG	<i>International Research Group 39 Annual Conference</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LaMEM	Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira
NAFI	<i>National Association of Forest Industries</i>
NBS	<i>National Bureau of Standards</i>
NTP	<i>National Toxicology Program</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
RILEM	<i>Reunióón Internationale de Laboratoires d'Essais et de Recherches sur lês Materiaux et Constructions</i>
SECOVI	Sindicato de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e

Comerciais

SINDUSCON

Sindicato da Indústria da Construção Civil

UFSC

Universidade Federal de Santa Catarina

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2. JUSTIFICATIVA E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA</b> .....	21
2.1. OBJETIVO GERAL .....	22
2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
2.2. HIPÓTESE E OBJETO DE ESTUDO .....	22
2.3. PROCESSO METODOLÓGICO PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....	24
2.3.1. EDIFÍCIOS ANALISADOS .....	29
<b>3. A MADEIRA ROLIÇA NO DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA</b> .....	33
3.1. A MADEIRA ROLIÇA NO BRASIL .....	38
3.2. A MADEIRA ROLIÇA NO ESPÍRITO SANTO .....	40
3.3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM TORA DE MADEIRA .....	43
<b>4. DURABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES EM MADEIRA</b> .....	47
4.1. A VIDA ÚTIL .....	58
4.2. A IMPORTÂNCIA DO PROJETO .....	58
4.3. A QUESTÃO DA MANUTENÇÃO .....	63
4.4. FATORES QUE INTERFEREM NA DURABILIDADE DA MADEIRA .....	66
4.4.1. TRATAMENTOS PRESERVATIVOS CONTRA O ATAQUE BIOLÓGICO .....	71
4.5. O PROCESSO DE PRODUÇÃO .....	76
<b>5. O EUCALIPTO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO</b> .....	82
<b>6. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO</b> .....	85
6.1. INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....	86
6.2. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS .....	91
<b>7. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS ESTUDOS REALIZADOS</b> .....	94
7.1. EMPRESAS .....	94
7.2. RESIDÊNCIAS AVALIADAS .....	104
<b>8. PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PROJETUAIS</b> .....	125
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	133
<b>10. REFERÊNCIAS</b> .....	135
<b>APÊNDICES</b> .....	144

# 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da civilização acarretou numa maior necessidade em relação ao conforto e segurança na moradia. Para que essas exigências fossem atendidas, a habitação sofreu transformações e adaptações de acordo com os condicionantes locais, ocorrendo assim, na evolução da arquitetura, o surgimento de novas tecnologias através da ampliação das técnicas primitivas para o uso dos materiais existentes.

Dentre esses materiais a madeira é o de maior destaque por ser oferecido pela própria natureza mas, atualmente no Brasil, a sua utilização enfrenta obstáculos devido à tradição construtiva em alvenaria de tijolos, introduzida pelos portugueses na época da colonização do país que ainda é a mais utilizada.

Yuba (2001) relata que dar valor a produtos naturais como a madeira, não acarreta num “retrocesso” em relação aos níveis de conforto e tecnologia obtidos e acrescenta que esses avanços tecnológicos devem ser utilizados para converter e aperfeiçoar as características desses materiais, através dos processos de industrialização.

A utilização da madeira na construção civil iniciou de forma desorganizada e incorreta, para os conceitos atuais, acarretando a destruição de matas nativas. Na busca de evitar o desmatamento de florestas nativas optou-se por utilizar a madeira de reflorestamento nas quais, devido às condições climáticas, o Brasil é recordista em produtividade. Segundo Lima (2004) espécies que necessitam de cerca de 80 anos para o correto beneficiamento nos países produtores, em território nacional demandam apenas 25 anos. Cita ainda, que devido aos incentivos fiscais das décadas de 70 e 80 do século passado, a área cultivada, passou de 4 mil hectares para 4,8 milhões de hectares, sendo o quarto maior produtor mundial de produtos florestais, e o 14º nas exportações.

No Brasil, parte dos conhecimentos tecnológicos sobre construção em madeira fica restrita às universidades, devido principalmente à falta de integração entre empresários do ramo e pesquisadores. Esse fato acarreta na pouca atuação do produto na produção habitacional, e na significativa utilização na construção civil de forma temporária (escoras, formas e andaimes), devido em grande parte ao desconhecimento das propriedades técnicas do material pelos usuários e à repetição de métodos de construção obsoletos.

Baseado nessas considerações, essa pesquisa disserta sobre a utilização da madeira na construção civil do Espírito Santo e sobre o potencial da etapa projetual para o aumento da sua durabilidade, estruturada nos seguintes capítulos após a introdução:

**CAPÍTULO 2 – Justificativa e caracterização do problema:** apresenta a justificativa do tema, os objetivos gerais e específicos e a hipótese da dissertação; delimita o objeto de estudo e mostra as etapas metodológicas para o desenvolvimento da pesquisa.

**CAPÍTULO 3 – A madeira roliça no desenvolvimento da arquitetura:** aborda a utilização da madeira no desenvolvimento da arquitetura em geral, no Brasil e no Espírito Santo e apresenta detalhes construtivos utilizados por diferentes civilizações de acordo com as respectivas necessidades. São apresentados também os principais sistemas construtivos existentes para a execução de edificações em madeira.

**CAPÍTULO 4 – Durabilidade nas edificações em madeira:** refere-se à conceituação da avaliação de desempenho, durabilidade, vida útil, projeto e manutenção, juntamente com os fatores de degradação, tratamento preservativo e o processo de produção da edificação em madeira.

**CAPÍTULO 5 – O eucalipto no Estado do Espírito Santo:** relata a evolução do eucalipto no Estado, através de uma abordagem histórica.

**CAPÍTULO 6 – Metodologia de avaliação:** descreve os métodos utilizados para a coleta de dados e a forma de representação dos mesmos.

**CAPÍTULO 7 – Apresentação e discussão dos estudos realizados:** apresenta e discute os dados coletados, conforme os métodos adotados.

**CAPÍTULO 8 – Proposição de diretrizes projetuais:** propõe diretrizes de projeto norteadas pelos resultados alcançados e pela fundamentação conceitual.

**CAPÍTULO 9 - Considerações finais:** refere-se às conclusões obtidas com a finalização da pesquisa e propõe possíveis temas para pesquisas futuras.

**CAPÍTULO 10 - Referências:** descreve o referencial teórico consultado e utilizado na pesquisa.

**Apêndices:** refere-se ao material de auxílio para o desenvolvimento da pesquisa.

## **2. JUSTIFICATIVA E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA**

A preocupação com a preservação do meio ambiente incentiva pesquisas em diversas áreas que buscam amenizar a degradação ambiental e conscientizar os profissionais da construção civil, arquitetos e engenheiros, da importância de considerar na escolha dos materiais e sistemas construtivos, entre outros aspectos, o conhecimento da cadeia produtiva dos mesmos. Nessa análise levam-se em conta as diversas formas que podem influenciar o impacto ambiental, tais como, o consumo de recursos não renováveis; a poluição gerada; e a energia consumida na produção, no serviço e na disposição dos materiais (ARRUDA 2000; YUBA, 2002 apud PAOLIELLO, 2005).

Partel (1999) descreve que a utilização da madeira na construção civil é defendida nos países mais industrializados devido à economia representada pela sua fácil manipulação, que independe de processos industriais sofisticados (como os exigidos pelo concreto e o aço), e a racionalização do consumo de energia, mesmo sendo esses países os detentores das técnicas mais avançadas no emprego do cimento e dos metais.

A madeira é considerada um material da construção civil “racional” em relação ao consumo de energia porque o seu desenvolvimento inicial baseia-se na transformação de substâncias minerais em orgânicas com a utilização da energia solar, gratuita e sem gerar poluição. Além disso, os equipamentos empregados para a extração e manufatura da madeira consomem menos energia do que outros materiais construtivos e a madeira exige a associação de poucos produtos para compor uma edificação (OLIVEIRA; WAGNER; GROHMANN, 1997).

Do ponto de vista econômico, a redução da disponibilidade de espécies tradicionalmente utilizadas, juntamente com a pressão ecológica e com o alto custo de transporte da madeira nativa até as fontes consumidoras, levou à utilização de recursos florestais renováveis, como a madeira de reflorestamento, especificamente o eucalipto (SHIMBO; INO, 1997).

Mesmo com as qualidades ambientais, econômicas e as vantagens construtivas (qualidade plástica, versatilidade, fonte renovável, etc.), a madeira é um produto questionado em relação à durabilidade, ou seja, a capacidade de manter ao longo do tempo o correto desempenho em atender às necessidades dos usuários, quando exposto as condições normais de uso (JHON; SATO, 2006). Isso ocorre principalmente devido ao desconhecimento ou negligência por parte dos profissionais que a utilizam, constituindo um risco ao

aparecimento de patologias e conseqüente deterioração da edificação (MAGALHÃES; CHAHUD, 2006).

Na atual conjuntura e considerando que o Estado do Espírito Santo está em crescente evolução no cultivo e utilização do eucalipto na construção civil, a pesquisa em questão justifica-se por incentivar o uso da madeira como material construtivo, através da indicação de soluções projetuais que podem aumentar a durabilidade da edificação e, conseqüentemente, manter a competitividade da madeira com os materiais construtivos convencionais.

## **2.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a situação atual e a relação com os projetos arquitetônicos, na questão específica da durabilidade, de residências unifamiliares em tora de madeira construídas por empresas de diferentes linhas de produção (industrial e artesanal) no Estado do Espírito Santo, com o objetivo de estabelecer diretrizes de projeto adequadas às peculiaridades do material e às características da região.

### **2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estabelecer parâmetros para a avaliação das edificações em madeira, tendo em vista a avaliação de desempenho do edifício em uso, com ênfase nos aspectos relacionados à durabilidade;
- Identificar as possíveis causas e origens do sucesso ou falha de desempenho nas edificações em madeira; e
- Elaborar diretrizes para projeto de edificações em madeira localizadas no Espírito Santo.

## **2.2. HIPÓTESE E OBJETO DE ESTUDO**

Apesar das características físicas e mecânicas favoráveis à sua utilização na construção civil, a madeira é considerada um produto de menor durabilidade em relação aos outros materiais construtivos, como o concreto e o aço, por exemplo. A hipótese da pesquisa considera que isso ocorre devido às empresas existentes utilizarem processos com metodologias próprias em toda a cadeia produtiva da obra, e que a utilização de procedimentos de projeto adequados às características da madeira, pode auxiliar na

ampliação da sua durabilidade.

Atualmente, os movimentos ambientalistas e a conscientização popular sobre a finitude dos recursos naturais pressionam para que as atividades na construção civil adotem soluções e critérios construtivos menos impactantes, que garantam o manejo e o uso das edificações alicerçadas em bases conceituais sustentáveis.

Entre as espécies de reflorestamento cultivadas, o eucalipto é um gênero de rápido crescimento, com boa aparência, características físicas e mecânicas razoáveis e com condição de melhoramento, facilitando o seu uso como matéria-prima alternativa no mercado madeireiro. No âmbito da construção civil, o eucalipto é amplamente utilizado de forma transitória (escoras, formas e andaimes), na execução de obras de engenharia em geral (pontes, pórticos, etc.) e em edificações comerciais e residenciais, na forma roliça, serrada ou laminada e colada.

No Estado do Espírito Santo existe maior utilização do eucalipto na forma roliça e na construção de residências, provavelmente pelo fato de as empresas locais de porte serem especializadas nessa tipologia construtiva e ocorrer maior procura por edificações residenciais, fato que justifica a opção por pesquisar habitações executadas em toras de eucalipto (figura 1).



**Figura 1 – Aproximação do recorte proposto para o objeto de estudo.**

Cabe ressaltar que essa pesquisa trata somente de residências realizadas por duas empresas, as mais significativas, e que seguem diferentes linhas de produção: a industrial e a artesanal.

### 2.3. PROCESSO METODOLÓGICO PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A determinação da metodologia para avaliar o comportamento das edificações direcionou a pesquisa para questionamentos de processos metodológicos que definissem melhor a comprovação dos resultados esperados, focando o desempenho da residência em relação à durabilidade. Em linhas gerais, os procedimentos adotados para o alcance dos objetivos foram baseados na pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e coleta de dados junto aos usuários e profissionais responsáveis pelas edificações, conforme o quadro 1:

ETAPA I: PESQUISA TEÓRICA E RECONHECIMENTO DE EDIFICAÇÕES EM TORA DE MADEIRA NO ESPIRITO SANTO	FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização da madeira roliça na construção civil</li> <li>- Desempenho das edificações em madeira</li> <li>- O eucalipto no Estado do Espírito Santo</li> </ul>
	PESQUISA DE CAMPO <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecimento de edificações em tora de madeira existentes no Estado</li> <li>- Levantamento de dados e documentação fotográfica</li> </ul>
ETAPA II: METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO	DETERMINAÇÃO DAS AMOSTRAS <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escolha das empresas</li> <li>- Definição das unidades a serem avaliadas</li> </ul>
	LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE DADOS <i>in loco</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboração dos questionários de avaliação (usuários, empresas e análise técnica)</li> <li>- Teste dos questionários pilotos para avaliação</li> </ul>
	ADEQUAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptação dos questionários de acordo com as deficiências identificadas na pesquisa inicial</li> </ul>
	LEVANTAMENTO FINAL DE DADOS <i>in loco</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação dos questionários definitivos de avaliação (usuários, empresas e análise técnica)</li> </ul>
ETAPA III: DIAGNÓSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análise da pesquisa e compilação dos resultados em tabela policromática</li> </ul>
ETAPA IV: AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS E PROPOSTA FINAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação dos resultados de acordo com a fundamentação conceitual realizada</li> <li>- Formulação das propostas de melhoria nas etapas de projeto e manutenção da edificação em madeira</li> </ul>

**Quadro 1- Síntese do processo metodológico para elaboração da dissertação.**

Segundo Lakatos e Marconi (1991) o método científico é um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que permite alcançar o objetivo da pesquisa com maior segurança e economia, pois através da definição do caminho a seguir, detecta erros e auxilia nas decisões do cientista.

Os métodos mais adequados para o presente estudo são a pesquisa descritiva e a pesquisa de campo, auxiliadas pela revisão bibliográfica, que contribui com informações necessárias para a seleção da amostra a ser estudada. Para Gil (2002) a pesquisa descritiva tem como

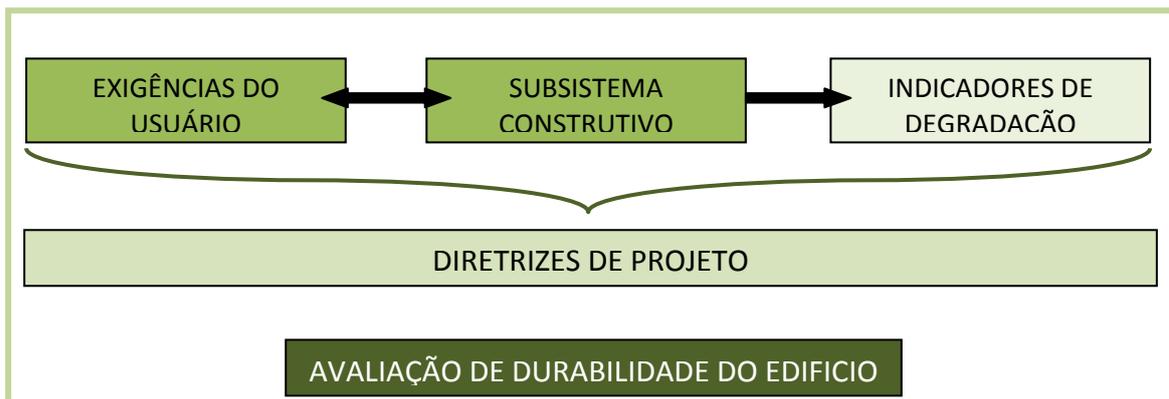
objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. Para o desenvolvimento deste tipo de pesquisa são utilizadas técnicas padronizadas de coletas de dados, tais como o roteiro de avaliação e a observação sistemática.

A revisão bibliográfica foi realizada com o objetivo de identificar a evolução da utilização da tora de madeira na construção civil bem como a introdução do eucalipto no Espírito Santo; catalogar os indivíduos existentes e os aspectos que afetam a durabilidade das edificações em madeira; estudar metodologias de avaliação através de consultas em periódicos especializados (Portal de Periódicos da CAPES), artigos, teses, dissertações, anais de congressos, livros, bases de dados e *sites* da Internet, entre outras publicações científicas de importância nacional e internacional e, quando possível, consultas a bibliotecas e laboratórios de pesquisa de outras instituições.

As residências em tora de eucalipto foram avaliadas na fase de uso, com ênfase na avaliação física dos edifícios, através da análise dos aspectos construtivos e atividades de manutenção. A coleta de dados ocorreu por meio de pesquisas com o morador, com as empresas responsáveis, avaliações visuais e medições *in loco*.

A busca por uma metodologia de avaliação de durabilidade visando à proposta de diretrizes de projeto encaminhou o desenvolvimento de processos metodológicos que comprovassem os resultados. Sendo assim, a estratégia adotada foi à delimitação dos aspectos a serem investigados relacionados com as exigências dos usuários compatíveis com a avaliação da durabilidade, o sistema construtivo e os subsistemas com os indicadores de degradação. Os subsistemas característicos desse objeto foram previamente divididos em partes, visando avaliar o todo, que são: fundação, estrutura, vedação, esquadrias e cobertura.

Na figura 2 é possível observar que as exigências dos usuários, de acordo com a ISO 6241: 1984, foram cruzadas com os subsistemas construtivos para que, então, fossem estabelecidos os indicadores de degradação para a coleta de dados, avaliada a durabilidade do edifício e, a partir dos resultados obtidos foram propostas as diretrizes de projeto.



**Figura 2 – Estratégia adotada para a delimitação dos indicadores de degradação.**

De acordo com a revisão de literatura que compõe essa pesquisa entende-se a durabilidade como uma exigência de desempenho que envolve todos os outros itens descritos pela ISO 6241: 1984, visto que o não cumprimento de alguma dessas exigências, pode acarretar, de acordo com o grau de influência, na diminuição da vida útil e, conseqüentemente, menor durabilidade do edifício (ARAKAKI, 2000). Baseado nos objetivos da dissertação, esses itens foram delimitados de acordo com o nível de interferência de cada um na durabilidade da edificação.

Dentre esses itens, encontra-se a segurança ao fogo que, apesar de ser considerada como uma questão peculiar para edificações em madeira por Arakaki (2000) e vários autores citarem a necessidade de dedicação exclusiva nas pesquisas, a sua análise foi realizada parcialmente, visto que não é objeto de estudo da dissertação, mas indiscutivelmente interfere diretamente na durabilidade da construção.

A identificação dos subsistemas justifica-se pelo fato de que cada um é caracterizado por requerimentos de durabilidade individuais e dependem da sua importância no conjunto da construção (figura 3).



Figura 3 – Esquema dos subsistemas, baseado em Benevente (1995).

Para um melhor entendimento dos parâmetros de avaliação o quadro 2 apresenta a relação dos subsistemas construtivos com a respectiva exigência do usuário, desempenho requerido, indicador de degradação e método de coleta de dado. Cabe ressaltar que os demais parâmetros relacionam-se com o edifício como um todo e a durabilidade é analisada a partir da avaliação geral dos itens.

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA DO USUÁRIO	DESEMPENHO REQUERIDO	INDICADOR DE DEGRADAÇÃO	MÉTODO DE COLETA DOS DADOS
Fundação	Segurança estrutural	Resistir às cargas de serviço sem romper ou deformar	Recalque e partes quebradas	Observação visual
	Estanqueidade	Impedir a passagem de umidade do solo para as paredes	Manchas de umidade	
	Durabilidade	Resistir às infestações por ataque biológico	Presença de infestações biológicas	
Estrutura	Segurança estrutural	Apresentar estabilidade estrutural, resistindo às cargas de serviço sem entrar no estado limite último ou deformar	Defeitos na madeira e/ou nas ligações	Observação visual
	Durabilidade	Resistir às infestações por ataque biológico e intempéries	Partes apodrecidas e ou manchadas	
	Segurança ao fogo	Prevenir a propagação do fogo	Distanciamento das fontes de calor	Observação visual + entrevista com a empresa

Continua

				Conclusão
SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA DO USUÁRIO	DESEMPENHO REQUERIDO	INDICADOR DE DEGRADAÇÃO	MÉTODO DE COLETA DOS DADOS
Vedação	Segurança estrutural	Resistir às cargas de serviço, sem entrar em estado último ou deformar	Frestas, peças quebradas, peças desencaixadas	Observação visual
	Estanqueidade	Impedir a passagem de água, poeira ou pequenos animais	Manchas e umidade, presença de pequenos animais e poeira no interior da edificação	Observação visual+ entrevista com usuário
	Durabilidade	Resistir às infestações por ataque biológico	Manchas superficiais e partes apodrecidas	Observação visual
	Segurança ao fogo	Prevenir a propagação do fogo	Distanciamento das fontes de calor	Observação visual+ entrevista com a empresa
Esquadria	Segurança estrutural	Resistir às cargas de serviço, manuseio e advindas da estrutura	Empenamento do conjunto e defeito no funcionamento	Observação visual + entrevista com usuário
	Segurança à utilização	Controlar a entrada e saída de pessoas e animais	Defeito no funcionamento	Observação visual + entrevista com usuário
	Durabilidade	Resistir às infestações por ataque biológico	Partes apodrecidas	Observação visual
	Estanqueidade	Ser estanque a água da chuva quando totalmente fechada	Presença de frestas e manchas de umidade	Observação visual+ entrevista com usuário
Cobertura	Segurança estrutural	Resistir à sobrecarga	Peças quebradas ou defeito no plano do telhado	Observação visual
	Durabilidade	Resistir às infestações por ataque biológico	Partes apodrecidas	Observação visual+ entrevista com usuário
	Estanqueidade	Impedir a penetração da água de chuva no interior da edificação	Telha quebrada, extravaziada ou fora do lugar	Observação visual+ entrevista com usuário

**Quadro 2 – Subsistemas construtivos relacionados com as exigências dos usuários, desempenho requerido, indicador de degradação e método de coleta de dados, desenvolvido a partir de Arakaki (2000).**

Para a coleta de dados a forma de pesquisa escolhida foi a de campo, desenvolvida através da observação direta das edificações e de entrevistas para obter informações e, conseqüentemente, aprofundar as questões propostas apresentando maior flexibilidade (GIL, 2002). As visitas técnicas foram realizadas a partir de agendamento com os proprietários por intermédio da empresa responsável.

### **2.3.1. EDIFÍCIOS ANALISADOS**

O ponto de partida para a definição da amostra para o estudo foi conhecer a utilização do eucalipto em construções no Estado e, para isso, foi necessária a realização do levantamento das primeiras edificações executadas com o sistema construtivo em tora de eucalipto, descrito no capítulo 3. Como foi encontrada pouca bibliografia específica, optou-se por iniciar os estudos através da relação com o desenvolvimento de cultivo da espécie na região, e de entrevistas com as empresas e os profissionais da área.

Nessa etapa além de identificar as construções mais significativas e com maior tempo de uso, buscou-se realizar uma prévia avaliação dos aspectos evolutivos das mesmas. Num primeiro momento, em função de o estudo buscar abranger todo o Estado do Espírito Santo, adotou-se por instrumento de trabalho a consulta às Prefeituras Municipais, visto serem estas as detentoras dos conhecimentos locais e disporem de informações sobre a existência de edificações em eucalipto na região. É importante ressaltar que o levantamento junto às prefeituras trouxe pouca contribuição, destacando somente a Prefeitura Municipal de Ecoporanga detentora de dados relevantes disponibilizados.

Embora se acredite na existência de edificações em eucalipto construídas de maneira informal anteriormente ao ano de 1991, devido principalmente à carência de pesquisas e de registros históricos, não foi encontrado nenhum exemplar nos locais investigados construídos em períodos anteriores ao mencionado. Dessa forma, o leque de indivíduos tornou-se restrito e o aspecto da análise temporal prejudicado. Além disso, existe o fato de que algumas edificações encontradas são carentes em documentos e projetos necessários para análise de execuções e intervenções posteriores.

Baseado no resultado do reconhecimento das primeiras edificações em tora de eucalipto no Espírito Santo foi realizada a pesquisa sobre a comercialização de edificações em madeira, que resultou na escolha de 2 empresas para estudo, com o intuito de analisar as diferenças entre o método artesanal e a linha industrial de produção. É importante citar que a técnica de amostragem dessa pesquisa é definida como não probabilística, ou seja, as amostras são determinadas de acordo com o julgamento do pesquisador. A definição inicial dos indivíduos para análise ocorreu junto às empresas, baseado nos requisitos previamente definidos para a realização da avaliação, que foram: a forma de execução; a disponibilidade de dados e

informações documentadas; a acessibilidade aos profissionais envolvidos na concepção da edificação e aos usuários; e o tempo de uso suficiente para o aparecimento de patologias, ou seja, ao menos cinco anos (CAMPOS, 2002). Sendo assim, realizou-se uma visita preliminar à nove edificações (figuras 4 à 12).



Figura 4 - Residência em Piaçu, no sistema construtivo *log home*, 1997.



Figura 5 – Residência no sistema construtivo *log home*, Marechal Floriano, 200?.



Figura 6 – Residência com o sistema construtivo *log home*, Marechal Floriano, 200?.



Figura 7 – Residência em *log home*, Domingos Martins, 200?.



Figura 8 – Residência com o sistema construtivo pilar e viga, Pedra Azul, 2002.



Figura 9 – Residência em *log home*, Pedra Azul, 2002.



Figura 10 - Residência em *log home*, Pedra Azul, 2002.



Figura 11 – Residência no sistema construtivo *log home* e convencional, Fundão, 2003.



Figura 12 – Residência no sistema construtivo *log home* e convencional, no município de Domingos Martins, 2003.

Para a realização da visita preliminar, entrou-se em contato com os proprietários das residências visando obter a liberação para o desenvolvimento da avaliação em seus imóveis. Devido à dificuldade de compatibilidade de horários e até mesmo de confiança em relação ao objetivo da pesquisa, alguns usuários permitiram somente a primeira visita, com isso, a pesquisa foi realizada em 03 edificações de cada empresa (figuras 6, 8, 9, 10, 11 e 12).

Com o levantamento realizado, pode-se verificar que os dados disponíveis sobre as edificações em madeira no Espírito Santo são tímidas, se comparadas às construções em alvenaria ou em concreto. Ressalta-se que atualmente, o número de pesquisas em relação à construção em eucalipto aumentou, exigindo a organização das informações para o estabelecimento de um patamar inicial de dados visando promover e incentivar o desenvolvimento técnico nesse setor construtivo.

Observou-se também na pesquisa, que a evolução das técnicas não está correlacionada à popularização do eucalipto como material construtivo sendo importante, ainda, um trabalho de divulgação sobre as vantagens no uso da madeira de reflorestamento, tanto pelos aspectos técnicos como, principalmente, pelo apelo ambiental inerente ao material. A figura 13 resume as etapas realizadas para a definição dos indivíduos de estudo.

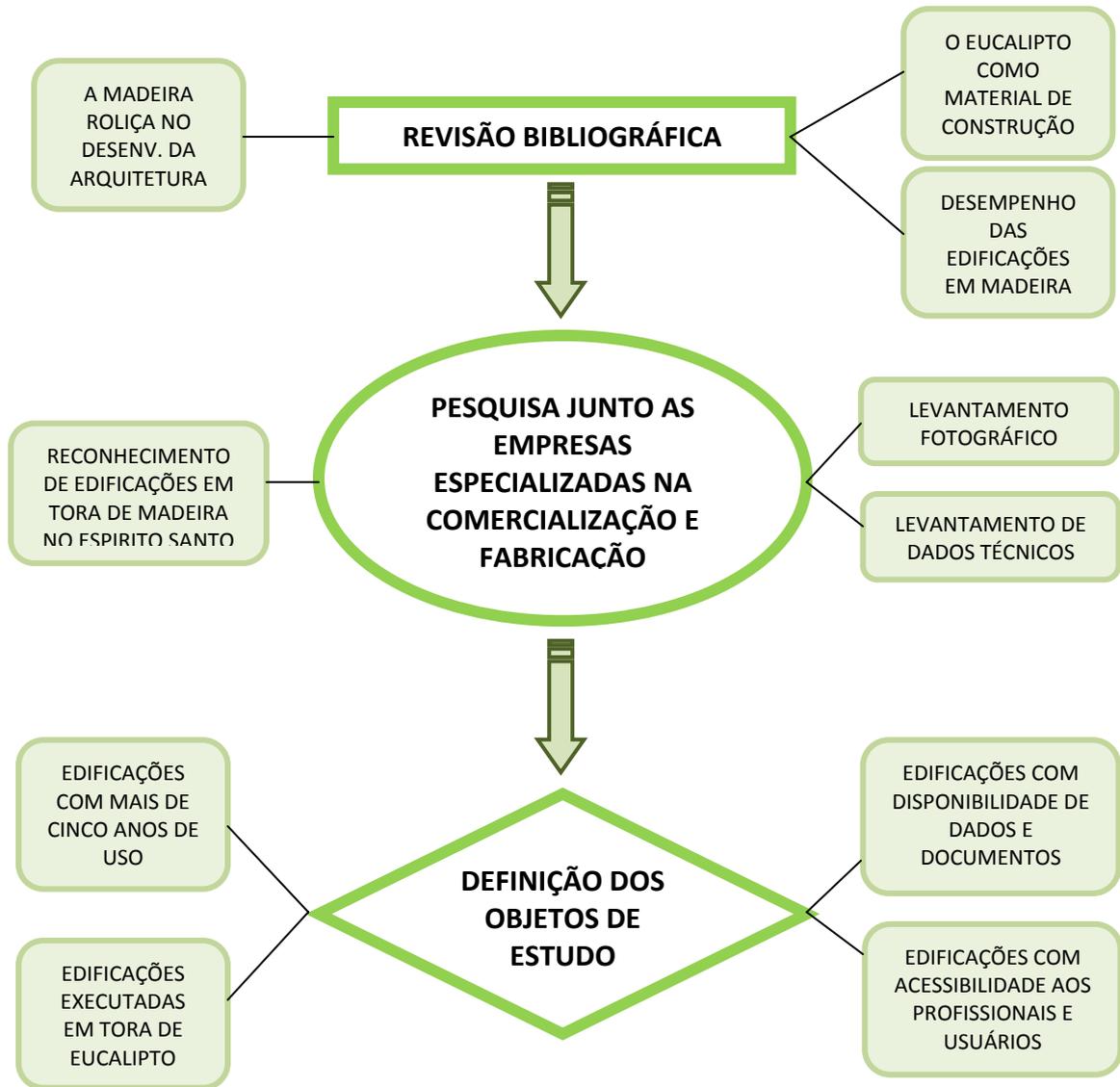


Figura 13 – Esquema geral de definição dos objetos de estudo.

### 3. A MADEIRA ROLIÇA NO DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA

Por ser fornecido pronto pela natureza e, conseqüentemente, não exigir grandes esforços para sua obtenção, a madeira roliça é utilizada como material construtivo desde as culturas primitivas.

Segundo Partel (1999) o homem pré-histórico construía seus abrigos em madeira adequados à vida nômade, geralmente com planta circular e de ramos atados entre si (figura 14). Com a introdução desse sistema construtivo na Europa, os agricultores neolíticos<sup>1</sup> o adaptaram para a forma retangular, visto que a circular dificultava a expansão da “edificação” e era necessária a inserção de um local extra para o armazenamento das colheitas (figura 15).

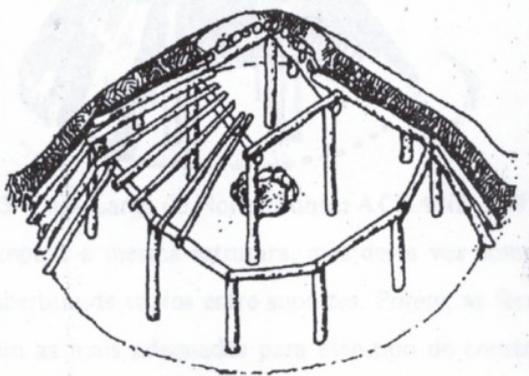


Figura 14 – Alojamento circular de terra com postes centrais.

Fonte: Acland (1972, apud PARTEL, 1999, p. 2).

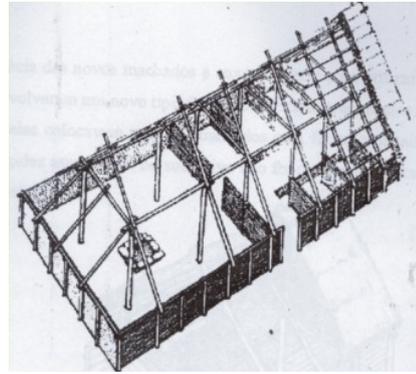


Figura 15 – Casa do período Neolítico.  
Fonte: Acland (1972, apud PARTEL, 1999, p. 3).

Como a armação de paus era coberta por palha, turba (esterco misturado com carvão mineral) ou cascas de árvores, esta sofria rápida deterioração. A solução foi a utilização da mesma estrutura, porém com madeira de seções maiores que permitiam a abertura de vazios entre os suportes, proporcionando a ventilação do espaço (PARTEL, 1999).

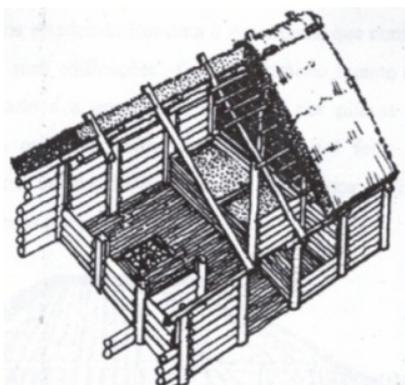
Em função das ferramentas neolíticas de pedra e bronze não serem adequadas para esse tipo de construção, somente com a generalização dos utensílios de ferro na Europa é que se originaram as ligações de madeira com melhores execuções. Com isso, os agricultores desenvolveram outra técnica construtiva: encravavam postes verticais entalhados com

---

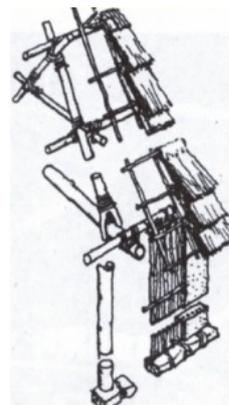
<sup>1</sup> Período da Pré-História compreendido entre 12000 a.C. e 4000 a.C. no qual surge a agricultura e a fixação inerente ao cultivo da terra que provoca a moradia fixa em aldeias e o desenvolvimento da vida em sociedade, também chamado de Idade da Pedra Polida, por causa de alguns instrumentos, feitos de pedra lascada e pedra polida (PROENÇA, 1989).

canaletas e neles colocavam troncos amarrados com faixas vegetais ou couro, gerando muros rígidos sem armação com nós complexos, conforme a figura 16 (ACLAND, 1972, apud PARTEL, 1999).

Posteriormente, na armação em grelha, cujas uniões entre entalhes asseguravam a rigidez do conjunto, os vãos passaram a funcionar como janelas e portas ou eram recheados de barro para fechar a estrutura (figura 17).



**Figura 16 – Casa construída na Polônia a partir do ano 700 a.C. com postes e troncos.**  
**Fonte: Acland (1972, apud PARTEL, 1999, p. 4).**



**Figura 17 – Postes verticais entalhados com canaletas.**  
**Fonte: Acland (1972, apud PARTEL, 1999, p. 4).**

A história da Arquitetura relata que o uso milenar da madeira na construção civil determinou um acúmulo de conhecimento pela humanidade que acompanhou toda a evolução da moradia. Ao longo das descobertas, cada civilização, de acordo com a espécie de árvore e de materiais disponíveis, adequou-a as suas necessidades. Algumas marcaram o desenvolvimento da madeira na construção civil pelo modo como a adaptaram aos condicionantes locais.

O Extremo Oriente, caracterizado por terremotos freqüentes, optou por uma arquitetura leve, de encaixes resistentes. A arquitetura chinesa se baseou na utilização de estruturas de madeira, priorizando a valorização dos conceitos quanto à moral, à estética e à natureza. Segundo o arquiteto Zanine Caldas (apud ESTUQUI FILHO, 2006) a construção chinesa é caracterizada pela elevação do solo e também possui algumas estratégias construtivas:

[...] Os pilares roliços de madeira de pequeno comprimento com suas fibras no sentido vertical não se encostam à base, são encaixados por meio de uma cavidade em forma de garra sobre uma viga de madeira com suas fibras na direção horizontal (ESTUQUI FILHO, 2006, p. 29).

Essa técnica promove uma maior durabilidade da edificação, visto que os pilares com as

fibras de madeira na direção vertical facilitam a condução da umidade que vem do solo, enquanto as vigas, com as fibras horizontais em contato com a base de pedra, dificultam o efeito de capilaridade da madeira<sup>2</sup> (figuras 18 e 19). E essa arquitetura, juntamente com as características construtivas coreanas, inspirou o desenvolvimento da arquitetura japonesa (ESTUQUI FILHO, 2006).



**Figura 18 - Arquitetura primitiva chinesa em madeira.  
Fonte: Estuqui Filho (2006, p. 30).**

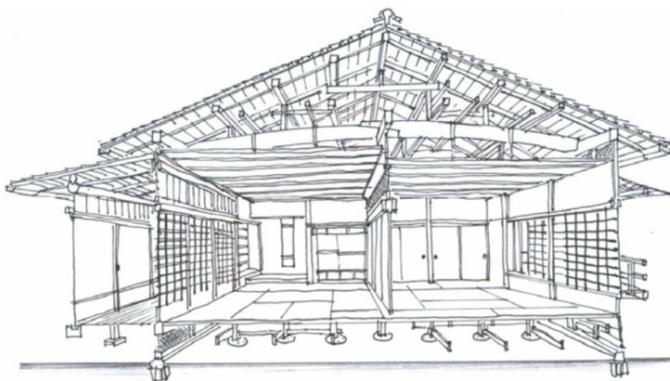


**Figura 19 – Detalhe da elevação do solo - Arquitetura primitiva chinesa.  
Fonte: Estuqui Filho (2006, p. 30).**

Na edificação japonesa também existiu a preocupação com fatores biológicos, já que as casas primavam pela ventilação e pela pouca incidência de água sobre as peças de madeira, evitando a rápida deterioração (figura 20).

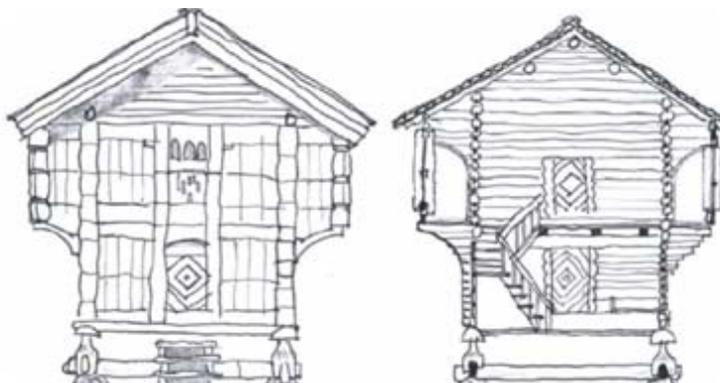
---

<sup>2</sup> Ação em que ocorre a transferência da água do local mais úmido para o mais seco através dos elementos de fundação (CRUZEIRO, 1998).



**Figura 20 - Edificação japonesa.**  
**Fonte: Estuqui Filho (2006, p. 38).**

A arquitetura norueguesa também marcou a utilização da madeira como material de construção. O interesse pelo isolamento térmico do material fez com que o estilo construtivo mais utilizado fosse o “*laft*”, no qual as paredes são de troncos empilhados na posição horizontal e o isolamento térmico é obtido com ripas entre os troncos, ou com a aplicação de uma pasta elaborada (figura 21). Essa técnica se expandiu para o Canadá e os Estados Unidos (ESTUQUI FILHO, 2006).



**Figura 21 - Edificação Norueguesa em troncos de madeira.**  
**Fonte: Estuqui Filho (2006, p. 35).**

Com o surgimento do concreto e do aço após a revolução industrial, o uso das construções em madeira sofreu um declínio. Todavia, paralelos a esse acontecimento, países possuidores de grandes reservas de madeira, como Estados Unidos e Canadá, passaram a utilizá-la em escala industrial (MEIRELLES *et al*, 2007).

Com o início da produção industrial de pregos e o acionamento das serrarias com as máquinas a vapor, no século XIX mudou-se a forma de se construir em madeira. Em 1852, surgiu o sistema *Ballon Framing* (construções leves, com parede portante e pequenos pilares a cada 60 cm), que no final dos anos 60 e início dos anos 70 sofreu alterações devido à busca

por inovações tecnológicas para habitações populares por arquitetos americanos, passando a se chamar *Platform Construction* (MEIRELLES *et al*, 2007).

O uso do aço sofreu restrições durante a II Guerra Mundial (1939-1945), com isso, ocorreu o desenvolvimento do uso da madeira, o que fez com que após a guerra, ocorresse um processo de reflorestamento maciço e hoje, a madeira de floresta plantada é um representante econômico para países como Alemanha, Suíça, Austrália e Finlândia (MÜLLER, 2005).

Somente por volta de 1970 é que ocorreu a retomada na utilização de construções em madeira, com o impulso de arquitetos como Thomas Herzog na Alemanha (figuras 22 e 23). Essas construções representam 10% das construções na França, 20% na Alemanha e 60% na Finlândia. O governo francês e as principais associações de profissionais da construção civil, em 2001, assinaram um protocolo em que se comprometeu a aumentar em 25% o emprego da madeira na indústria da construção civil até 2010, fato que levará a França a ocupar 12,5% do mercado da construção (AFLALO *et al*, 2005).



**Figura 22 – Vista Expodach, arquiteto Thomas Herzog, Hanover, Alemanha.**

**Fonte: Estruturas de madeira, 2007. Acesso em: 15 fev. 2009.**



**Figura 23 - Detalhe de fixação dos pilares de madeira na estrutura metálica.**

**Fonte: Estruturas de madeira, 2007. Acesso em: 15 fev. 2009.**

A Expodach<sup>3</sup> é um exemplo de obras significativas em madeira. Cabe ressaltar que a escolha do sistema construtivo considerou os efeitos estruturais, as exigências e as propriedades do material. Caracterizada pela utilização de estruturas de madeira em forma de árvore como elemento arquitetônico, a edificação possui uma grande sombra que libera o espaço interno para variadas funções. A figura 23 destaca o detalhe construtivo de afastamento entre a madeira e o solo, o que auxilia a durabilidade da edificação.

---

<sup>3</sup> Pavilhão de exposição com área aproximada de 16.000 m<sup>2</sup>.

### **3.1. A MADEIRA ROLIÇA NO BRASIL**

No Brasil, além da economia, a madeira também foi utilizada para elevar cidades e construir meios de transportes. A arquitetura inicial foi basicamente feita com madeira, sendo que a técnica utilizada era a taipa de pilão que, segundo Lemos (1979), possui origem árabe e foi trazida pelos portugueses. A execução consiste na armação de formas de madeira (taipais), no preenchimento das mesmas com barro (em camadas relativas à largura das tábuas) e na sucessão de taipais verticalmente em toda a extensão da edificação (LEMOS, 1979).

O uso da taipa de pilão foi mais difundido nos primeiros séculos da colonização, desaparecendo no século XVIII. A sua utilização ocorreu em todo o Brasil, desde os “muros de taipa grossa” de defesa, como os exigidos na fundação da cidade de Salvador, até a casa forte construída na Bahia, em 1540, que é apontada como a primeira arquitetura mais duradoura trazida ao Brasil pelos portugueses. Essa técnica também foi empregada nas grandes igrejas matrizes do interior de Minas Gerais e nas regiões de São Paulo e Goiás (VASCONCELLOS, 1979).

Nas décadas de 1940 e 1950 ocorreu a ascensão e apogeu da arquitetura moderna brasileira que foi marcada pela utilização do concreto. Nos anos de 1970, houve uma conscientização mundial dos limites dos recursos energéticos do planeta, devido às crises sofridas neste setor, principalmente com relação ao petróleo, o que resultou no reconhecimento da necessidade de preservação ambiental (NEVES, 2006).

Com isso, os materiais construtivos passaram a ser discutidos e valorizados, de acordo com o menor impacto ambiental que seu uso causava, dentre eles a madeira. Os arquitetos passaram a divulgar a madeira como material construtivo nobre, já que anteriormente era utilizado somente em construções para população de baixa renda.

Dentre os arquitetos que passaram a utilizar a madeira em seus projetos, podem ser citados Gerson Castelo Branco e José Zanine Caldas, cujas produções se destacaram pela utilização da madeira bruta de florestas naturais; e Severiano Porto, que aprendeu em Manaus com a população local - o “caboclo” - técnicas de como manusear a madeira (NEVES, 2006). As figuras 24, 25 e 26 apresentam obras representativas realizadas por esses arquitetos.



**Figura 24 – Residência projetada por Gerson Castelo Branco em Pernambuco.  
Fonte: Gerson Castelo Branco. Acesso em: 17 março 2009.**



**Figura 25 – Residência unifamiliar projetada por Zanine Caldas em Brasília.  
Fonte: Suppa; Torres; Araújo (2003).**



**Figura 26 – Residência de Severiano Porto em Manaus.  
Fonte: Neves (2006, p. 10).**

É possível perceber que a junção de culturas e conhecimentos técnicos influencia no processo compositivo, plástico e estrutural das volumetrias através da exploração da madeira na forma roliça. No projeto de Gerson Castelo Branco e Zanine Caldas os mirantes, aberturas envidraçadas e varandas, projetam a residência para o exterior. Segundo Guerra e Ribeiro (2006) na obra de Severiano Porto a conceituação e as idéias foram baseadas no modernismo brasileiro mas, os materiais, as técnicas e as manipulações espaciais foram elaborados a partir da sabedoria e condicionantes locais. Pode ser notada, nos projetos

citados, a utilização de dispositivos destinados a permitir o sombreamento abundante e a proteção da madeira, como os grandes beirais.

### **3.2. A MADEIRA ROLIÇA NO ESPÍRITO SANTO**

Em 1947, chegaram ao Espírito Santo os primeiros imigrantes italianos, onde instalaram uma arquitetura de trabalho manual, baseada na herança cultural trazida da Itália, adaptada ao clima e materiais disponíveis no local e enriquecida pelas contribuições das outras culturas já presentes no Estado (BUSSATO; FAE; MUNIZ, 1998).

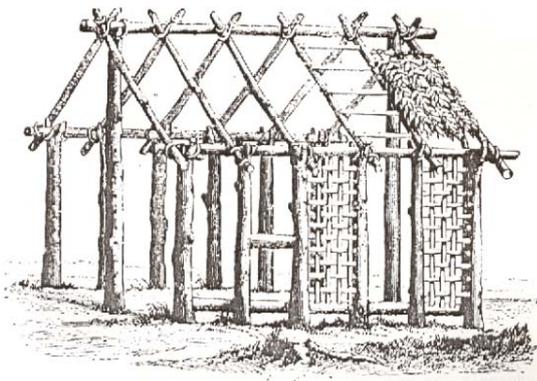
Nas construções caracterizadas por pisos elevados do solo, a madeira foi o material construtivo mais utilizado, principalmente na execução de esqueletos das edificações para a vedação em tábuas, tijolos ou taipa de mão (figura 27).



**Figura 27 – Casa característica da cultura oriunda da imigração italiana no Espírito Santo.**

**Fonte: Bussato; Fae; Muniz (1998, p. 232).**

A madeira também foi empregada na arquitetura da imigração alemã. No início da colonização, o colono utilizou abrigos provisórios, feitos com os recursos disponíveis. A estrutura era de paus roliços amarrados com cipós, umas executadas diretamente ao chão e outras suspensas sobre estacas (figura 28). Num segundo momento, com a edificação definitiva, o colono passou a utilizar a estrutura em enxaimel, constituída por um esqueleto de peças de madeira, com vedação de taipa, adaptando a arquitetura do país de origem às condições ambientais locais (MÜLLER, 1991).



**Figura 28 – Estrutura básica de casa do imigrante alemão no Espírito Santo.**  
**Fonte: Müller (1991, p. 63).**

Segundo Caser e Ino (2000) a taipa de mão é uma técnica tradicional e utiliza estrutura independente de pilar e viga, sendo que a vedação é feita através de trama de madeira, espaçada em aproximadamente 20 cm, amarrada com cipó ou arame, e coberta por barro (figuras 29 e 30). As pesquisadoras citam que é perceptível a preocupação com o isolamento da residência do chão, através da fundação feita em pedra corrida sob as paredes ou pilares de pedra ou com a madeira cravada diretamente ao solo.



**Figura 29- Edificação em taipa de mão no Espírito Santo.**

**Fonte: Caser; Ino (2000, p. 6).**



**Figura 30- Detalhe da trama utilizada na técnica taipa de mão no Espírito Santo.**

**Fonte: Caser; Ino (2000, p. 6).**

Atualmente o uso da madeira na construção civil do Estado é caracterizado pelo amplo emprego do eucalipto. As primeiras obras executadas foram desenvolvidas como estudos por universidades e empresas. Dentre elas o Centro de Vivência do Horto Florestal (1991), no município de Fundão e a casa de guarda na Reserva Florestal Companhia Vale do Rio Doce (1991), foram destruídas por um incêndio e pela falência da estrutura, respectivamente. Outras edificações existentes, como o Centro de Vivência do Horto Florestal de Ecoporanga e as Unidades de Hospedagem e Salão de Jogos da Reserva Natural Vale, em Linhares – ES, caracterizam-se pela tipologia construtiva semelhante (figuras 31 e

32), devido ao fato de os projetos terem sido realizados com o apoio do mesmo laboratório de pesquisa, o LaMEM<sup>4</sup> (INO *et al*, 1992).



**Figura 31 – Centro de Vivência do Horto Florestal de Ecoporanga.**



**Figura 32 – Módulo de hospedagem da Reserva Natural Vale, Linhares.**

Segundo Paoliello (2005) o projeto teve papel fundamental para o desempenho das edificações, ressaltando que algumas preocupações foram decisivas para a durabilidade das mesmas. Dentre essas semelhanças destacam-se: elevação do solo (visando reduzir o efeito de umidade), formato octógono e a cobertura de telha cerâmica prevenindo a estanqueidade à chuva e eficiência no desempenho térmico.

Na época de construção do Centro de Vivência de Ecoporanga não existia no local usina de tratamento de madeira, procedimento que auxilia a durabilidade do material. Portanto, buscou-se uma alternativa com menores custos e com uma disposição final sem impacto para o solo e o ar. Essa se caracterizou pela remoção do alburno - camada externa do lenho, localizada entre o cerne e a casca, identificada como a parte mais jovem da tora e menos resistente ao ataque biológico (figura 33) - , pintura das bases com creosoto<sup>5</sup> e cravação em fundações de concreto adequadas aos condicionantes locais.

É importante ressaltar que, mesmo após 18 anos de execução, as peças de madeira que compõem a estrutura da edificação se encontram em perfeito estado, sem indícios de degradação (figura 34).

---

<sup>4</sup> Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira, do Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

<sup>5</sup> Composto químico utilizado para a proteção da madeira em relação aos agentes causadores de deterioração.

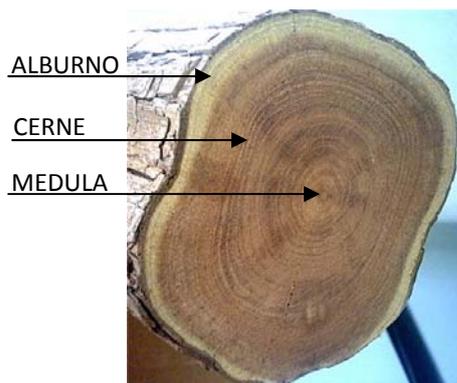


Figura 33 – Identificação das partes da árvore.



Figura 34 – Situação atual dos pilares do Centro de Vivência Ecoporanga.

A implantação de empresas especialistas em edificações em eucalipto também contribuiu para o uso e difusão do mesmo na construção civil do Estado e, conseqüentemente, na redução do preconceito perante a utilização da madeira como material construtivo para moradias definitivas (figuras 35 e 36).



Figura 35 – Residência em Piaçu, no sistema construtivo *log home*, 1997.



Figura 36 - Residência em *log home*, Pedra Azul, 2002.

Atualmente, a madeira é usada em casas qualificadas como de pessoas pertencentes às classes médias e altas em relação ao poder aquisitivo, sendo até considerado como um material nobre a ser utilizado na arquitetura espírito-santense.

### 3.3. SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM TORA DE MADEIRA

Carrasco (1998) considera que a madeira é o material construtivo que requer menor dispêndio energético em toda a sua cadeia produtiva e pode ser utilizado por todas as classes sociais, de acordo com a técnica construtiva escolhida.

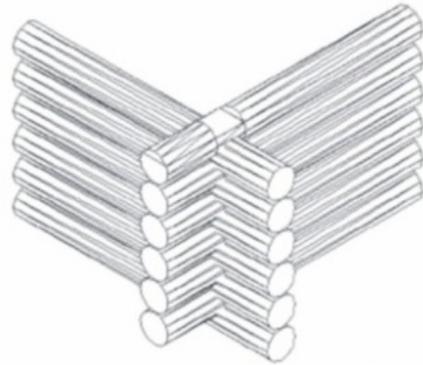
Os Estados Unidos da América e países do Norte Europeu, à medida que descobrem novos aplicativos e técnicas construtivas, manifestam as vantagens da construção em madeira. Nos Estados Unidos, parte da população mora em casas de madeira, com isso, existem muitos

incentivos para a realização de pesquisas e descobertas na área.

De um modo geral, existem duas formas básicas de construção empregando a madeira roliça: as edificações em sistema estrutural de pilar-viga e as edificações de troncos ou toras empilhadas denominadas de “*log homes*” (figuras 37 e 38).



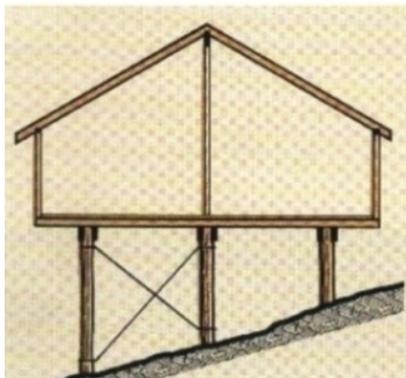
**Figura 37 - Habitação no sistema pilar/viga.**  
Fonte: Cunha (2004, p. 4).



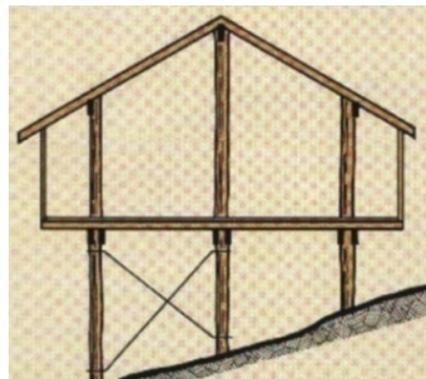
**Figura 38 - Peças superpostas formando painéis de vedação, *log homes*.**  
Fonte: Krambeck (2006, p. 35).

No sistema pilar-viga, as paredes não possuem função estrutural, servindo somente de vedação. As cargas são transmitidas através das vigas aos pilares e em seguida para a fundação. O contraventamento pode ser através de reforços com peças diagonais colocadas nos planos verticais e nos planos horizontais (INO, 1992).

Segundo a Associação Nacional de Indústrias Florestais da Austrália (NAFI), conforme Cunha (2004), no sistema pilar-viga se desenvolveu dois sistemas: em plataforma e em construção reticulada (“*frame*”). O sistema em plataforma utiliza a madeira roliça apenas no apoio de um piso sobre o qual se constrói as paredes da habitação (figura 39). Já na construção reticulada, os postes de eucalipto roliço são os elementos estruturais que formam uma espécie de trama com vigas e pilares dentro da qual são executadas as paredes de vedação sem função estrutural (figura 40). Estas paredes também podem ser de vários materiais, inclusive madeira.



**Figura 39 – Sistema plataforma.**  
Fonte: Cunha (2004, p. 3).



**Figura 40 – Sistema reticulado.**  
Fonte: Cunha (2004, p. 3).

Já em edificações do tipo *log*, os troncos formam paredes que vedam e sustentam a construção. As cargas do telhado são distribuídas e transmitidas ao longo das paredes. Estas, por sua vez, são transferidas de forma distribuída para a fundação. As solicitações horizontais são absorvidas através de elementos perpendiculares às fachadas (paredes e pisos), as quais dão enrijecimento ao conjunto (INO, 1992). Segundo Bittencourt (1995), o maior inconveniente é o alto consumo de madeira.

O sistema “*log home*” é antigo e teve sua origem nos países nórdicos da Europa onde as regiões frias exigiam o emprego de sistemas construtivos que vedassem os abrigos, possibilitando a guarda do calor acumulado nos ambientes. Segundo Partel (1999), nos Estados Unidos, Canadá e Finlândia encontram-se o maior número de edificações executadas por painéis compostos de toras sobrepostas (figuras 41, 42 e 43).



**Figura 41 – Log homes, Canadá.**  
Fonte: *Sitka log homes*, 2008. Acesso em: 17 março 2009.



**Figura 42 – Log homes, Estados Unidos.**  
**Fonte: Sashco log homes. Acesso em: 17 março 2009.**



**Figura 43 – Log homes, Finlândia.**  
**Fonte: Home life chilli wack. Acesso em: 17 março 2009.**

De acordo com as figuras, é possível perceber a utilização de peças mais robustas de madeira na busca pelo conforto térmico. Isso ocorre por a madeira absorver calor ou frio do ambiente mais lentamente que os outros materiais devido a sua estrutura celular ser formada por pequenas massas de ar aprisionadas. Então, o uso em regiões frias está associado à retenção de calor na edificação, e em regiões de clima quente à menor absorção de calor para o interior das construções, fato diretamente proporcional ao diâmetro da peça.

## **4. DURABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES EM MADEIRA**

A pesquisa em questão adotou o conceito de durabilidade definido por John (1987) como sendo o desempenho do edifício e suas partes ao longo do tempo, ou seja, a resistência a deterioração do material instalado em uma edificação nas reais condições de uso. Sendo assim, a avaliação de durabilidade é realizada a partir dos fatores que afetam o desempenho do edifício, interferem no seu funcionamento mínimo e, conseqüentemente, diminuem a vida útil do mesmo.

Segundo Sabbatini (1989) desempenho é a propriedade que caracteriza quantitativamente o comportamento de um produto em utilização. Quando aplicado ao edifício, manifesta-se como um conjunto de propriedades que definem a sua aptidão em preencher corretamente as diversas funções, e estas constituem a resposta técnica às exigências do usuário.

Para Souza e Mitidieri Filho (1998) a avaliação de desempenho comprova o fato de que um produto deve ser caracterizado por propriedades que o capacitem a cumprir sua função quando sujeito ao uso.

No final dos anos 60 do século passado, no período pós-guerra, a avaliação de desempenho foi definida, com a função de sistematizar a variedade de produtos, técnicas e sistemas construtivos desenvolvidos visando à reconstrução dos países envolvidos na guerra. Em 1975, o Conseil International du Bâtiment (CIB) conceituou desempenho como sendo “o comportamento de um produto em utilização” (SOUZA, 1981).

As primeiras instituições a abordarem esse assunto foram o Reunión Internationale de Laboratoires d'Essais et de Recherches sur lês Materiaux et Constructions (RILEM), na França, a American Society for Testing Materials (ASTM), nos Estados Unidos, e o Conseil International du Batiment, na Austrália. Sendo que, posteriormente, a International Organization for Standardization (ISO), em Londres, também aderiu a esse grupo (CASER, 2000).

A implantação do conceito de desempenho chegou ao Brasil na década de 1970, inicialmente avaliando a edificação a partir dos aspectos técnicos construtivos, como patologias, salubridade, conforto ambiental e o dimensionamento mínimo de ambientes. Na década seguinte, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) realizou

avaliações de componentes, elementos e sistemas construtivos, incluindo questões inerentes aos requisitos de habitabilidade incorporados à normalização internacional definida pela ISO 6241: 1984 (SILVA, 2000).

Alguns fatos importantes no desenvolvimento do tema desempenho são citados por Pereira (2005). Como por exemplo, a Caixa Econômica Federal (CEF), principal órgão financiador de unidades habitacionais de interesse social, considera que os sistemas construtivos “não convencionais”, ou seja, os que não utilizam estruturas de concreto armado e vedações em alvenaria de tijolos devem passar por um processo de avaliação de desempenho (LAROCA, 2007).

Partindo do princípio que essa avaliação é primordial na comprovação da validade de uma proposta alternativa para a habitação de interesse social, e para viabilizar o desenvolvimento de novos mercados para produtos associados à construção civil, principalmente de madeira, no mês de dezembro do ano de 2002, a Caixa lançou orientações gerais para a “Análise da garantia de desempenho de construções não convencionais ou inovadoras”. No ano de 2004, se iniciou o Projeto de Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 02:136.01.001, que estabelece critérios de desempenho com uma abordagem menos empírica, e os requisitos que deve atender uma habitação e suas partes (LAROCA, 2007).

Através desse projeto o Comitê Brasileiro de Construção (COBRACON) produziu uma documentação de referência, juntamente com entidades como o Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo (SINDUSCON-SP), Sindicato de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo (SECOVI – SP), IPT, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS), CEF e Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Existem cinco documentos intitulados como “Requisitos e Critérios Mínimos de Desempenho”, referentes a parceria para a divulgação e disseminação de tecnologias da habitação, que contemplam edifícios habitacionais que utilizam gesso acartonado, estruturas em aço, alvenaria estrutural, *steel framing*<sup>6</sup> e concreto celular (LAROCA, 2007).

---

<sup>6</sup> Sistema construtivo que utiliza o aço galvanizado como principal elemento estrutural.

Laroca (2007) cita que esses segmentos da construção civil investem em pesquisas, principalmente no que diz respeito à aplicação e incentivo do consumo de seus produtos e que o mesmo não se verifica em relação ao setor florestal que há pouco investimento de pesquisa na área de produtos de madeira para a construção civil, provavelmente porque é composto de poucos grandes produtores e muitos pequenos produtores.

A metodologia utilizada para aplicação do conceito de desempenho, segundo Mitidieri (1998 apud CASER, 2000), consiste na definição das exigências dos usuários, identificação das condições de exposição do edifício, definição dos requisitos e critérios de desempenho e definição dos métodos de avaliação.

De acordo com as exigências dos usuários são definidos os requisitos de desempenho, que expressam qualitativamente os atributos que o edifício deve possuir para satisfazer às exigências e aos critérios do mesmo (FRANCO, 1992 apud CASER, 2000).

Blachère (apud CASER, 2000), define as exigências humanas como sendo de habitabilidade (fisiológicas, psicológicas e sociológicas) e econômicas (durabilidade e custo), sendo que a satisfação econômica não se refere somente ao valor de aquisição da habitação, como também de quanto lhe custa manter a efetividade do produto, ou seja, a durabilidade do edifício e os custos de manutenção.

Souza e Mitidieri Filho (1998) entendem as exigências dos usuários como “as necessidades que devem ser satisfeitas pelo edifício, a fim de que esse cumpra a sua função”. Segundo a ABNT, a norma que estabelece as exigências em relação ao desempenho de uma edificação é a ISO 6241: 1984, que as definem como sendo:

- **Estabilidade estrutural e resistência a cargas estáticas, dinâmicas e cíclicas:**

Os componentes e sistemas da edificação devem possuir resistência mecânica a cargas mecânicas estáticas, dinâmicas e cíclicas, individualmente e combinadas; resistência a impactos e ações acidentais; efeitos cíclicos (fadiga); para garantir que esses elementos não atinjam o estado limite último, que corresponde à ruína do elemento ou parte dele.

- **Resistência ao fogo:**

Os componentes e subsistemas da edificação devem apresentar limitações na influência ao risco de início e propagação do fogo. A edificação deve possuir elementos de segurança para

casos de incêndios, tais como sistemas de alarme e extinção de focos de fogo, bem como possibilitar evacuações em tempos eficientes e redução de efeitos fisiológicos causados pela fumaça e calor.

- **Resistência à utilização:**

A edificação deve apresentar segurança no uso e operação dos equipamentos, bem como segurança contra intrusões (pessoas e animais) nas áreas comuns e de movimentação/circulação.

- **Estanqueidade:**

Cuidados com a estanqueidade dos ambientes, subsistemas e componentes da edificação em relação a elementos líquidos, sólidos e gasosos, tais como água de chuva, solo, fumaça e poeira.

- **Higiene:**

Cuidados com a higiene pessoal e dos ambientes, abastecimento de água e remoção de resíduos, limitações na emissão dos contaminantes.

- **Qualidade do ar:**

Os ambientes devem possuir ventilação adequada e controle de odores, além de cuidados com a pureza do ar.

- **Conforto higrotérmico:**

Refere-se às limitações das propriedades térmicas do edifício, seus componentes e subsistemas, possibilitando o controle da temperatura e da umidade relativa do ar e das superfícies; controle da velocidade do ar, da radiação térmica e de condensações.

- **Conforto visual:**

Refere-se à iluminação natural e artificial, insolação, possibilidade de escurecimento, aspecto dos espaços e das superfícies, acabamentos e contato visual interna e externamente, vista para o exterior.

- **Conforto acústico:**

Cuidados relativos ao isolamento acústico e níveis de ruídos dos ambientes; isolamento de componentes e subsistemas geradores de ruídos; tempo de reverberação de ruídos. controle de ruídos provenientes do exterior da edificação e de ambientes adjacentes;

- **Conforto tátil:**

As superfícies devem ser cuidadas para apresentar propriedades adequadas quanto à

rugosidade, umidade, temperatura, eliminação ou redução de cargas de eletricidade estática.

- **Conforto antropodinâmico:**

Refere-se a cuidados quanto à ergonomia, limitações de vibrações e acelerações, esforços de manobra e movimentações de todo o tipo, além do conforto para transeuntes em áreas de vento.

- **Conforto antropométrico:**

Tamanho, quantidade, geometria e relação entre espaços e equipamentos, previsão de serviços e de condições específicas de utilização (portadores de necessidades especiais, por exemplo), flexibilidade.

- **Custos:**

Preocupações com os custos iniciais, de operação, custos de manutenção e reposição durante o uso, custos de demolição.

- **Durabilidade:**

**Conservação das características da edificação ao longo de sua vida útil; limitações relativas ao desgaste e deterioração de materiais, equipamentos e subsistemas.**

Cabe ressaltar que satisfação não é somente uma sensação momentânea em relação ao desempenho da edificação, mas sim uma estimativa do proprietário sobre a sua total experiência de consumo. Sendo assim, o desempenho de uma residência depende do atendimento global das exigências do usuário e, para tanto, é necessário que todas as etapas da cadeia produtiva sejam executadas corretamente, auxiliadas pelo papel do fornecedor e do usuário.

Segundo National Bureau of Standards (NBS), a durabilidade denota a habilidade do material, componente ou sistema em manter as características iniciais e desejáveis de desempenho ao longo de um período de tempo pré-estabelecido, em uso definido como normal e sob fatores destrutivos e de manutenção também definidos como normais (SILVA, 2000).

Na norma ISO 6241: 1984 consta que os agentes atuantes no edifício são apresentados conforme a sua natureza ou origem. Para Souza (1983) a origem pode estar no exterior do edifício e ser proveniente da atmosfera e do solo e ser provocado por fenômenos naturais

ou pelo homem e, também, podem originar no interior do edifício e ser conseqüência da utilização de seus espaços ou decorrentes da própria concepção.

Silva (2000) cita que o conceito de durabilidade estabelece uma relação entre custo inicial e de manutenção, visto que é preciso pressupor alternativas para a manutenção do desempenho desejado para o edifício e suas partes durante toda a vida útil prevista e assegurar um programa de manutenção e reparos periódicos.

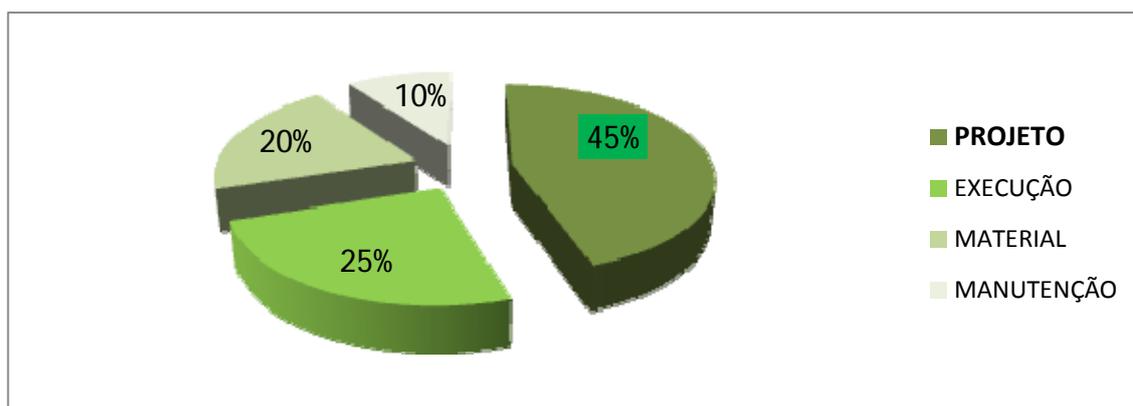
Como o custo inicial tende a aumentar na medida em que diminui a necessidade de manutenção ou reposições no edifício ou em suas partes, conclui-se que a durabilidade liga-se à economia, na medida em que influi nos custos iniciais e de reposição; e à habitabilidade, ao determinar o grau de permanência do desempenho ao longo do tempo (SILVA, 2000).

A avaliação da durabilidade é baseada na análise dos fatores de degradação dos materiais utilizados, como também dos mecanismos de deterioração associados, pois se tratam de informações importantes para o esclarecimento dos fenômenos que podem diminuir a vida útil das edificações (JOHN *et al*, 1997).

A madeira é o material construtivo que apresenta maior variabilidade nas características físicas e mecânicas. Esse fato limita a sua utilização em estruturas, devido a dificuldade de manter sua durabilidade natural e desempenhar suas funções previstas em projeto (SALES, 1996 apud CAMPOS, 2002).

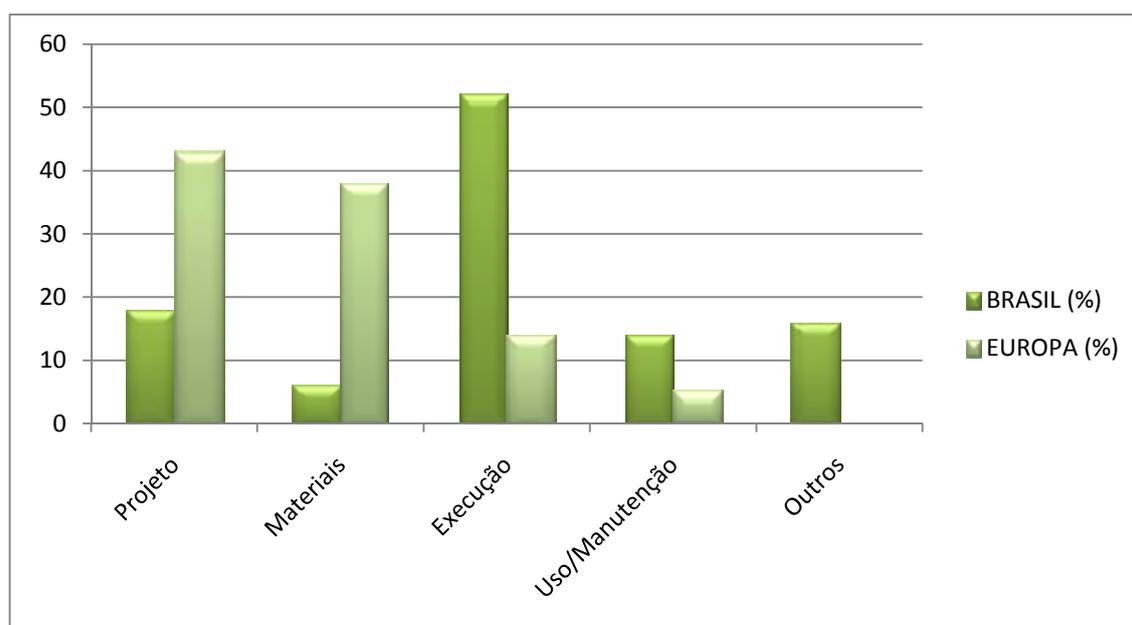
Campos (2002) considera que as condições de exposição associadas aos preservativos utilizados, aos detalhes de projeto executados e à forma de manutenção podem ser considerados os principais fatores que influem na durabilidade da madeira em estruturas. É importante ressaltar que todas as etapas contribuem para o desempenho da edificação, inclusive a escolha da espécie.

Benevente (1995) realizou uma pesquisa e diagnosticou que são muitos os fatores que interferem na vida útil de uma estrutura de madeira, decorrentes não somente na fase inicial de projeto como, também, na execução e posterior manutenção (gráfico 1). Relatou ainda que cada uma dessas etapas gerais apresentam problemas específicos, que devem ser eliminados ou controlados para garantir a durabilidade e a funcionalidade da edificação.



**Gráfico 1- Influência de cada etapa de construção na durabilidade da edificação, baseado em Benevente (1995).**

Magalhães e Chahud (2006) mostram que na Europa o maior percentual de origem das patologias se dá em função do projeto, enquanto que no Brasil, esse percentual aumenta na fase de execução, como demonstra a gráfico 2.



**Gráfico 2 - Etapas que contribuem para a origem de patologias nas edificações em madeira, baseado em Magalhães; Chahud (2006).**

Conforme citado anteriormente, no Brasil a concentração de origem das patologias está na execução e possui também grande interferência da fase de projeto e de uso. Então, além da mão-de-obra, possivelmente desqualificada, os profissionais projetistas necessitam conhecer melhor o material construtivo para projetar corretamente e serem capazes de incentivar um melhor uso da edificação e ainda se ter florestas projetadas para fins madeireiros.

Benevente (1995) também ressalta que a obtenção da garantia da qualidade na construção civil envolve todo o processo da obra, desde a programação, concepção e projeto, produção de materiais e elementos, execução, manutenção, até a gestão após entrega ao usuário. Ino e outros (1992), destacam que o projetista deve conhecer a cadeia produtiva da edificação de madeira, considerando a importância do controle de variáveis em cada etapa do processo como as apresentadas no quadro 3.

<b>FLORESTA</b>	
<b>Problemas</b>	<b>Conseqüências</b>
As florestas plantadas existentes não foram projetadas e nem manejadas para fins de construção; falta de cuidados na derrubada da árvore, e espécies inadequadas a esse objetivo.	Madeira com defeitos (presença de nós); aparecimento de fendas, rachaduras, manchas, apodrecimento e ataque de insetos.
<b>SERRARIA</b>	
Equipamento inadequado; desbitolamento da madeira serrada.	Defeitos de secagem em função da dificuldade de padronização no entablicamento e uniformidade de secagem; maior trabalho no processamento secundário; aumento do rejeito (cavacos e peças rejeitadas); imprecisão dimensional na montagem (maior trabalho no canteiro de obras); afeta a qualidade dos componentes na edificação. Além disso, o uso de equipamentos de serragem inadequados.
<b>SECAGEM</b>	
Falta de recursos técnicos e econômicos para implantação de sistemas de secagem; baixo nível de conscientização; utilização de madeiras verdes.	Maior custo de transporte; maior probabilidade de aparecimento de agentes biológicos deterioradores; Surgimento de defeitos da madeira em serviço (frestas, falta de esquadro e prumo); inadequação da madeira aos acabamentos externos e colagens; falta de estabilidade dimensional (contrações e inchamentos); baixa resistência mecânica; aumento dos gastos de manutenção e correção; diminuição da durabilidade da edificação.
<b>USINAGEM</b>	
Equipamento obsoleto; mão de obra com baixo nível técnico; falta de precisão dos componentes.	Mais trabalho na montagem; maiores custos da edificação.
<b>TRATAMENTO PRESERVATIVO</b>	
Utilização de tecnologias inadequadas; toxidez dos produtos químicos; grandes investimentos, preços elevados, transportes, destino de resíduos, etc.	Danos a saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente
<b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	
Pouca importância com as soluções de projeto e falta de qualidade nos projetos; baixa capacitação e falta de conhecimento sobre o uso da madeira por parte dos projetistas.	Ineficiência dos detalhes construtivos; baixa durabilidade da habitação; problemas na execução (montagem).
<b>EXECUÇÃO</b>	
Pouca importância ao planejamento; projeto do produto incompleto; baixa oferta de profissionais capacitados; ausência de planejamento da execução; baixa capacitação das empresas construtoras.	Desperdício de materiais e de mão de obra; retrabalho; atraso no cronograma; aumento nos custos; improvisação.
<b>USO/MANUTENÇÃO</b>	
Usuários desinformados; uso inadequado; ausência de manutenção periódica.	Diminuição da durabilidade
<b>DEMOLIÇÃO/RECICLAGEM</b>	
Desconhecimento das possibilidades de reaproveitamento e reciclagem; baixo aproveitamento da madeira pós-uso.	Danos ao meio ambiente; desperdício de matéria-prima.

**Quadro 3 - Variáveis em cada etapa de construção da edificação de madeira, baseado em Ino (1997).**

Os mesmos autores também citam que além dos fatores tecnológicos, as edificações estão

sujeitas aos diferentes tipos de fenômenos naturais (vento, sol, chuva, etc.), e ao tipo de utilização (cargas permanentes e acidentais, fogo, ruído, ataques de insetos, etc.) como mostra o quadro 4.

CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO	EFEITO	CONSEQÜÊNCIAS POSSÍVEIS
Proximidade com o solo, com áreas molhadas, ação da chuva e ausência de sol	Acúmulo de umidade	Aparecimento de fungos
Ação do sol e raios ultravioletas	Agressão fotoquímica, aumento da temperatura	Descoloração, modificação dimensional
Ação do vento	Erosão das ligninas, penetração de ar	Desgaste da superfície, diminuição da estanqueidade a água e ao ar
Presença de insetos	Alterações nas propriedades físicas e mecânicas	Perda de estabilidade estrutural

**Quadro 4 - Efeitos naturais de interferência na edificação.**

Fonte: Ino, 1997.

John (1987) cita que os critérios de desempenho, relacionados à análise de durabilidade, são definidos como desempenho mínimo aceitável. Esse fator é o ponto crítico na determinação da vida útil, e a medição do avanço da capacidade de desempenho da edificação em uso pode ser analisada através de indicadores de degradação que são propriedades mensuráveis. O quadro 5 apresenta indicadores de degradação que podem ser verificados por inspeção visual e por medições.

POR INSPEÇÃO VISUAL			
Aparência geral	Crescimento de microorganismos		Pulverulência <sup>7</sup>
Fissura	Separação das fibras		Descolamento
Empolamento	Eflorescência <sup>8</sup>		Ruptura
POR MEDIÇÃO			
Cor	Transparência	Propriedade térmica	Resist. a fadiga
Espessura	Aderência	Propriedade elétrica	Resist. a tração
Reflectancia	Resist. a abrasão	Deformação na ruptura	Resist. a compressão
Névoa	Molhagem superficial	Resist. ao rasgamento	Resistência ao corte
Textura	Absorção de água	Resist. a flexão	Mód. de tração
Dureza	Permeab. ao vapor	Resist. descascamento	Mód. de compressão
Lavabilidade	Dimensões	Resist. ao impacto	Mód. de corte

**Quadro 5 – Listagem de indicadores de degradação, adaptado a partir de ASTM E632-78 apud John, 1987.**

A análise da durabilidade procura avaliar, através de verificações em campo, os aspectos que podem provocar alterações na capacidade de atendimento às exigências do usuário. Por isso, estas avaliações devem considerar os demais aspectos de exigência, pois o baixo desempenho de qualquer delas pode acarretar na diminuição da vida útil da construção. Por

<sup>7</sup> Reação de alguns materiais com a umidade, resultando em um pó branco sem coesão.

<sup>8</sup> É a propriedade de alguns materiais de liberar umidade no ambiente.

exemplo, eventuais deslocamentos da superestrutura podem afetar o desempenho de segurança estrutural, diminuindo a vida útil do edifício e, portanto a durabilidade (ARAKAKI, 2000).

A avaliação da durabilidade em campo comprova a realidade do material, ou seja, o quanto ele se degrada em condições reais de exposição, com os agentes atuantes inter-relacionados entre si (CREMONINI, 1988). Esta análise pode ser efetuada diretamente pelo usuário ou técnico e o resultado é qualitativo, mas também pode ser expresso em termos quantitativos a partir da adoção de escalas de valor (CREMONINI; JOHN, 1988).

Segundo o IPT (1998) normalmente a avaliação de durabilidade em sistemas construtivos é realizada através de ensaios. Mas, também ressalta que é bastante grande e difícil a análise do desempenho de todos os materiais e inúmeras variáveis para ensaio de envelhecimento acelerado, natural ou em uso. Além disso, os ensaios em laboratório para verificação de durabilidade envolvem vários aspectos de complexa definição, pois os fatores de deterioração que atuarão durante a vida útil da construção variam consideravelmente de um produto para outro e se alteram ao longo do tempo.

Foliente e outros (2002) citam que para responder a todas as preocupações em relação a durabilidade alguns países estão incluindo como item de exigência nos códigos de obra, como feito na Austrália e no Canadá. O fato justifica-se, pois enquanto requisito no código de obra, exige uma quantidade considerável de dados que facilitam o uso do material, visto que demonstram a concepção, execução e avaliação do mesmo. É possível que, no futuro, produtos da construção civil que não abordem questões sobre durabilidade percam lugar no mercado, podendo até serem excluídos dos mercados internacionais que exigem esse tipo informação.

Pode-se concluir que a durabilidade, seja de uma estrutura ou de um edifício em madeira, está condicionada a um projeto bem planejado, a uma execução criteriosa e, principalmente, a uma manutenção regular. A falta de um desses fatores pode diminuir significativamente a vida útil da edificação, mesmo porque além da vida útil estrutural existe a vida útil funcional, associada à degradação das condições de habitabilidade.

## **4.1. A VIDA ÚTIL**

Heineck e Petrucci (1989) consideram que o conceito de durabilidade torna-se objetivo através da vida útil, definindo-a como o período de tempo, medido de forma cronológica depois da instalação do componente ou entrega do edifício, durante o qual a funcionalidade oferecida pelo elemento projetado atende aos requisitos mínimos aceitáveis.

Para Flauzino e Uemoto (1981) a vida útil de um edifício é determinada pela vida útil de seus constituintes, pois considera que um componente ou elemento com função estrutural cuja manutenção ou reposição seja onerosa e de difícil execução deve possuir vida útil igual da edificação, e um componente ou elemento sem função estrutural pode apresentar vida útil inferior a da edificação, desde que os serviços de manutenção ou reposição do mesmo sejam de fácil execução.

A previsão da vida útil está diretamente ligada à estimativa dos custos de manutenção. A frequência de reparos ou reposição de componentes é essencial para a previsão do custo final das edificações, também constituído pelo custo inicial e acrescido dos custos de manutenção e de reposição de componentes e elementos ao longo da vida útil do edifício (FLAUZINO; UEMOTO, 1981).

Para Araújo (1997) nesse campo de estudo é fundamental definir a expectativa de vida que se tem em relação aos componentes e às edificações construídas, ou seja, quanto tempo deseja-se que um determinado componente ou edificação dure e quanto se está disposto a pagar por isso, atendendo uma determinada relação custo/benefício.

## **4.2. A IMPORTÂNCIA DO PROJETO**

Projeto é definido por Melhado (1994) como a etapa integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas específicas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução.

Souza, Maciel e Melhado (1997) citam que o projeto, como fase inicial, orienta e intervém em todas as atividades integrantes do processo de produção do edifício e, por isso, o consideram uma atividade fundamental para a obtenção da qualidade das edificações.

Huthwaite (1992) afirma que o projeto elaborado inadequadamente contribui para que as etapas posteriores sejam incorretas, independente do grau de automatização ou de tecnologia utilizados. O mesmo é citado por Melhado e Violani que, em 1992, já verificavam uma freqüente desagregação entre a etapa de projeto e de construção, pelo fato de o projeto ser entendido somente como instrumento, reduzindo o seu prazo e o seu custo, mesmo sendo digno de aprofundamento, tornando-o simplesmente indicativo e preterindo grandes partes das decisões para a etapa de obra (MELHADO; AGOPYAN, 1995).

Pereira e Manke (2001 apud BECKER *et al*, 2004) alertam sobre a atenção em verter as exigências do consumidor em requisitos do produto na elaboração do projeto, visto que as características do produto é que determinam o grau de satisfação dos clientes.

Outro aspecto fundamental para a qualidade do projeto é a sua correlação com as informações advindas do uso, operação e manutenção de produtos já entregues aos usuários, como retroalimentação para auxiliar a tomada de decisões iniciais, que em qualidade seria medida através da satisfação das necessidades do cliente. Para tanto deve ser estruturado um banco de dados sobre tecnologias construtivas, contendo informações essenciais, critérios e restrições próprias, capazes de orientar a concepção e o detalhamento do projeto com base nos requisitos da tecnologia escolhida para a execução de sistemas construtivos inovadores (MELHADO; AGOPYAN, 1995).

Esta sistematização deveria enfatizar aspectos como: disposição das peças visando substituição; adoção de seções usuais e de fácil aquisição; previsão das dificuldades de remoção e transporte das peças; espaço útil disponível para o trabalho e compatibilização em relação à durabilidade entre os diferentes materiais utilizados, etc. (BENEVENTE, 1995).

No Brasil o projeto é responsável por parte da queda de qualidade das edificações e, conseqüentemente por problemas patológicos, devido às modificações no transcorrer do processo construtivo, falta de consulta ou de cumprimento às especificações e detalhamento insuficiente, bem como a incompatibilidade entre os diferentes projetos (OLIVEIRA, 2007).

No desenvolvimento do projeto de uma estrutura de madeira é preciso assegurar uma durabilidade mínima compatível com a sua finalidade e com o investimento a ser realizado.

Os componentes de uma construção de madeira podem estar expostos a diferentes classes de risco de biodeterioração em função dos organismos xilófagos<sup>9</sup> presentes no local e das condições ambientais que possam favorecer o ataque.

É importante ressaltar que uma edificação que apresenta um bom desempenho num determinado local, mesmo reproduzida corretamente em outra região, de mesmo macro clima, pode revelar sintomas patológicos diferenciados. O meio e a ação do micro clima passam, desse modo, a representar fatores intervenientes na durabilidade que, em última análise, se transformam em substancial parâmetro de custo, quando considerados em função da vida útil do edifício (PRUDENCIO, 1995).

O projeto arquitetônico é constituído por desenhos de detalhes e de montagem, representando o arranjo geral da estrutura por meio de plantas, de elevações, de seções e de cortes, em escalas adequadas para que não haja dúvidas na identificação dos elementos projetados. Os detalhes permitirão orientar e treinar as equipes da obra para ganhos de produtividade e combate à introdução de erros ocultos, por interpretação equivocada ou por desconhecimento da importância da tarefa, no funcionamento e durabilidade da construção.

No detalhamento do produto, são desenvolvidos trabalhos para documentar as soluções escolhidas e viabilizar o projeto, aprontando-o para a execução. Apesar de o projeto ser importante para o sucesso do empreendimento, verifica-se nessa fase, grande número de falhas e que uma parcela significativa dos problemas enfrentados na obra e no uso do edifício origina-se na má qualidade das informações fornecidas (BERTEZINI; MELHADO, 2004).

Segundo Bittencourt (1995), para se proceder as recomendações para concepção e execução de edificações em madeira, os profissionais de engenharia e arquitetura devem desenvolver métodos e instrumentos, repensando os princípios, refletindo nas formas e nos produtos da prática arquitetônica, além de romper com os sistemas de construção convencionais em alvenaria e tradicionais em madeira.

Szücs (1992) indica a racionalização dos detalhes como meio de alcançar à economia,

---

<sup>9</sup> Todo organismo que utiliza a madeira como fonte de alimento, do grego *xylo*= madeira/*fagos*=comer (MONTANA QUIMICA, 1991).

especialmente em casos de construções executadas isoladamente, e de contribuir na redução de tempo de construção, no desgaste da madeira e, conseqüentemente, nos custos de manutenção.

A NBR 7190: 1997 estabelece que para evitar a degradação acelerada das peças de madeira, deve-se desenvolver um projeto adequado, considerando a facilidade de escoamento das águas, arejamento de faces vizinhas e paralelas e facilidade de inspeção para as peças que conformam a estrutura. Benevente (1995) cita que o projeto deve evitar reentrâncias e cortes, concentrar as áreas molháveis, além de sugerir a substituição da madeira em locais sujeitos à intensa umidificação.

De acordo com Szücs (1992), numa construção de madeira os locais mais expostos à degradação são: a parte baixa da construção (na qual a madeira encontra-se em contato direto com o solo ou muito próximo dele) e a parte externa da construção constantemente exposta às intempéries (portas, janelas, paredes externas e cobertura), na qual se aconselha evitar a execução de detalhes que facilitem a infiltração ou o acúmulo de água.

Campos (2002) ressalta que no detalhamento, deve-se impedir a transferência de umidade do solo por meio dos elementos de fundação, bem como introduzir mecanismos que impeçam a migração de insetos xilófagos para a estrutura. Ino (1997) considera que para garantir os princípios de projeto mencionados anteriormente, é preciso seguir algumas medidas preventivas enfocando as áreas merecedoras de maiores cuidados (quadro 6).

ÁREAS CRÍTICAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Elementos estruturais dos pisos térreos das edificações	Utilizar fundações de concreto tipo sapata corrida, com o piso elevado do solo, provendo drenagem superficial ao redor da edificação.
Locais enclausurados, úmidos e mal arejados, exemplo: espaço entre barroteamento	Propiciar ventilação do espaço entre o barroteamento e o solo, com o envenenamento do solo.
Canalizações de água e esgoto fixos na madeira	Propiciar o acesso fácil a rede de água e esgoto. Não deixar a madeira em contato com a umidade, colocando uma interface de material impermeável.
Batentes de portas e janelas em contato com paredes úmidas	Impermeabilização, emprego de espécies mais resistentes e proteção de pintura a óleo.
Tacos, assoalhos, assentados sobre pisos em que a água do solo tenha acesso por capilaridade	Impermeabilização do contra-piso em argamassa e a utilização de sarrafos de fixação com pintura impermeável, deixando espaços entre a última tábuia do assoalho e a parede.
Peças de madeira em áreas úmidas como cozinha e banheiro	Receber revestimentos impermeáveis, tais como: tinta esmalte e tinta óleo, tomando-se cuidado nas extremidades das peças.
Lambris externos	Distanciamento mínimo recomendado do solo de 30 cm. Quando se trata de dois pisos a transição dos lambris externos verticais deve receber proteção metálica fazendo o papel de pingadeira. Emenda de topo dos lambris devem sempre deixar espaço na sua junta.
Elementos estruturais em contato direto com o solo ou embutido em concreto	Tratamento por processo de impregnação pressurizada. Sugere-se que o concreto não seja impermeabilizado, pois normalmente na sua interface surgem frestas que permitirão infiltrações de águas de chuva. É importante garantir a drenagem do concreto. Uma solução é utilizar dispositivo metálico deixando a extremidade do pilar ventilado.
Peças de telhados, próximas a rufos, calhas e telhas.	Devem receber atenção especial no seu detalhamento e as peças que ficarão em contato direto com as telhas devem receber tratamento químico, além de adotar medidas visando facilitar a substituição das mesmas.
Os topos expostos das peças de madeira da cobertura (caibros, terças) absorvem umidade com maior facilidade.	Detalhes construtivos para proteger estas extremidades; corte em ângulo reto das extremidades dos caibros; colocação de peças como testeira que evitam a exposição direta das extremidades possibilitar maior rigidez do beiral.
Fendas, juntas e áreas ao redor de conectores como parafusos, pregos, etc.	Além do desenho, pode-se fazer uso de borracha como espaçadores de maneira para não permitir a permanência de água.
Soleira inferior do diafragma e os topos inferiores dos montantes verticais.	Necessitam de cuidados em relação à umidade do solo. Os usuários devem receber uma orientação sobre a prática de limpeza interna da edificação, como não lavar o piso por exemplo. Caso o piso for cerâmico, o rodapé deve ser do mesmo material cerâmico (10 cm).

**Quadro 6 - Pontos críticos de uma edificação e os respectivos cuidados a serem tomados, baseado em Ino, 1997.**

Existem medidas a serem adotadas no projeto e no seu detalhamento que favorecem ou facilitam o processo de manutenção, podendo ser consideradas prioritárias tendo em vista sua importância na garantia da durabilidade da construção ao longo de sua vida útil.

Braga (1998) relata que a qualidade de um sistema construtivo pode ser comprometida pelo seu uso inadequado e que a sua apropriação está diretamente ligada à qualidade do desempenho da edificação na qual for utilizado, cujo desempenho por sua vez, está

relacionado às condições específicas do contexto, também específico, do local onde se destina a ser construída. Portanto, a garantia da qualidade de um sistema construtivo deve passar pela avaliação da qualidade de seus projetos e pela consistência técnica do produto e do processo construtivo.

Hammarlund e Josephson (1992) defendem a opinião de que as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são importantes, atribuindo-lhes a principal participação na redução dos custos de falhas do edifício (MELHADO; AGOPYAN, 1995).

Considerando que parte dos problemas relacionados à qualidade das edificações tem como fator principal a desqualificação do projeto, visto o mesmo normalmente ser desenvolvido de forma não planejada, segmentada e seqüencial, sem uma visão global e integrada das etapas de projeto e execução, e com ausência de comunicação entre os diferentes agentes envolvidos. As construtoras e as incorporadoras brasileiras tem buscado metodologias de administração do projeto, com o objetivo de modificar o modelo tradicional e garantir a qualidade de seus produtos e processos, e conseqüentemente a satisfação de seus clientes (ROMANO; BACK; OLIVEIRA, 2001).

### **4.3. A QUESTÃO DA MANUTENÇÃO**

Os conceitos iniciais de manutenção diziam respeito à manutenção corretiva, ou seja, recuperar ou corrigir falhas no edifício ou parte dele. Evoluiu-se para o conceito de manutenção preventiva, como sendo o controle das atividades de inspeção, conservação e restauração, executadas com a finalidade de prever, detectar ou corrigir defeitos, visando evitar falhas. Em seguida surgiu a engenharia de manutenção que busca, além do controle operacional, o gerenciamento dessa atividade (IPT, 1998).

Para o IPT (1998) a manutenção dos edifícios são todas as atividades que se realizam nos seus equipamentos, elementos, componentes ou instalações, na busca de assegurar-lhes condições satisfatórias de segurança, habitabilidade, eficiência entre outros, para o cumprimento das funções para as quais foram fabricados ou construídos. Para Silva e Basso (2001) essas inspeções devem ser realizadas com intervalos máximos de 12 meses.

Segundo Prudêncio (1995), a perda de desempenho das construções está relacionada com a desconsideração ou reduzida importância dada à influência sócio-econômica do ciclo de vida

útil da edificação, onde a conservação não é motivo de um programa previamente definido. Assim, o usuário não é orientado para a prática da manutenção preventiva, resultando em altos índices de perdas precoces por deterioração das edificações.

O projeto deve facilitar as operações de manutenção e, conseqüentemente, minimizar as interrupções no funcionamento da edificação. Devem ser previstas inspeções periódicas, anuais ou semestrais com a função de rastrear a presença de insetos e analisar sintomas indicativos da penetração de umidade, possibilitando ações corretivas a tempo de impedir a ocorrência de danos significativos, podendo até ser considerada como a ação fundamental na garantia da conservação da durabilidade requerida (BENEVENTE, 1995).

Os hábitos de uso, limpeza e reformas (pinturas, renovação do tratamento preservativo e substituição de peças) influenciam, conjuntamente com a exposição às intempéries, nas condições de conforto ambiental e na durabilidade da edificação. Sendo assim, é importante que o usuário possa acessar com facilidade o conhecimento sobre as características físicas e químicas da madeira, de maneira a garantir o melhor uso possível.

Ino e outros (1992) recomendam a adoção de manuais de conservação para assegurar a correta utilização da edificação, pois usuários desinformados acabam por usar a edificação inadequadamente, não realizando manutenções periódicas, o que vem a colaborar com a diminuição da durabilidade da mesma.

Aguilera (2005) cita que o manual do usuário deve apresentar todas as informações sobre os componentes construtivos e o correto uso da edificação, além de definir as responsabilidades do construtor, visto que o propósito do manual do usuário é resguardar a qualidade da construção, bem como seu uso, e para tal esse documento não deve ser encarado apenas como uma exigência legal, mas como o exercício efetivo de empresas que se empenham na busca pela melhoria da qualidade de seus produtos e serviços.

Na norma NBR 14.037: 1998 consta que o manual do usuário é o documento que agrupa adequadamente todas as informações imprescindíveis para a orientação das atividades de operação, uso e manutenção da edificação, tendo em vista que a sua finalidade é:

- Informar aos usuários as características técnicas da edificação construída;

- Descrever procedimentos recomendáveis para o melhor aproveitamento da edificação;
- Orientar aos usuários para a realização das atividades de manutenção;
- Prevenir a ocorrência de falhas e acidentes decorrentes de uso inadequado; e
- Contribuir para o aumento da durabilidade da edificação.

O manual deve ser apresentado em linguagem simples e direta, utilizando vocabulário preciso. As informações devem ser apresentadas de forma didática e que facilitem sua compreensão. Deve ser bem estruturado, conter sumário, índice, tabelas de revisão, manuais sobre componentes, instalações e equipamentos da edificação, além de contar com os recursos visuais em sua apresentação (AGUILERA, 2005).

Segundo a NBR 14.037: 1998, o manual deve apresentar os aspectos importantes para o usuário numa descrição gráfica e escrita da edificação, informando sobre:

- Características da edificação;
- Características da edificação para os casos de reformas ou ampliações;
- Desenhos esquemáticos que representem o real construído (por exemplo, locais das tubulações); e
- Datas importantes para o histórico da edificação.

O manual também deve conter instruções e procedimentos para situações de emergência tais como incêndios e vazamentos; deve apresentar informações dos projetos, execução e fiscalização da edificação e seus componentes, instalações e equipamentos, além de apresentar a relação de fornecedores, identificando os prazos de validade e responsabilidade dos usuários para a validade dessas garantias (AGUILERA, 2005).

Cabe ressaltar que quando houver modificação na edificação, em relação ao construído e documentado originalmente, é preciso atualizar o conteúdo do manual. Essa atualização pode ser feita na forma de uma nova estrutura, dependendo da intensidade das modificações realizadas, ou na forma de encartes que documentem a revisão de partes isoladas, identificando os itens revisados (AGUILERA, 2005).

#### **4.4. FATORES QUE INTERFEREM NA DURABILIDADE DA MADEIRA**

As condições de exposição da madeira em estruturas a expõem a fatores que influenciam na sua durabilidade. Inicialmente, o projetista deve verificar a que classe de risco se enquadra a madeira para providenciar os melhores tratamentos e incrementar detalhes construtivos eficientes. As situações de risco de biodeterioração, de acordo com a NBR 7190: 1997 são:

- **Classe 1:** a madeira está inteiramente protegida das intempéries e não sujeita à reumidificação;
- **Classe 2:** a madeira está inteiramente protegida das intempéries, mas sujeita à reumidificação ocasional;
- **Classe 3:** a madeira não está protegida das intempéries, ou está protegida, mas sujeita à reumidificação freqüente;
- **Classe 4:** a madeira está em contato com o solo ou com a água doce e fica, assim, em exposição permanente a umidificação;
- **Classe 5:** a madeira está em contato permanentemente em água salgada.

O elemento de madeira que se enquadra em determinadas classes de risco exigem cuidados quanto à preservação. Na ausência de tratamentos preservativos, estas estruturas são comumente atacadas por agentes degradadores (NBR 7190: 1997). Para intervir e garantir a durabilidade da estrutura é necessário compreender o processo de deterioração lembrando que a madeira, enquanto material proveniente da natureza biológica, apodrece, queima e envelhece sob a ação dos agentes físico-químicos e biológicos (INO, 1997). O quadro 7 mostra o exemplo de agentes biológicos que atacam a madeira e os danos causados pelos mesmos.

AGENTES BIOLÓGICOS	DANOS CAUSADOS
<b>Microorganismo</b>	
Bactérias e bolores	Atacam a madeira verde e abrem caminhos para a colonização dos fungos.
Fungos manchadores (mancha azul ou azulão)	Atacam a madeira verde, colorindo-a devido aos pigmentos liberados pelo fungo, fato que dificulta a remoção, pois, colore a estrutura da peça. O estrago é apenas estético, não provocam a perda de peso e resistência.
Fungo de podridão mole	Ataca a madeira superficialmente, até 20 mm e a deixa com a aparência levemente queimada e várias fissuras no sentido transversal e longitudinal. Apesar de apresentar facilidade de remoção, provoca a perda de peso e resistência e, quando friccionada a madeira infestada se transforma em pó fino.
Fungo de podridão branca	Além de provocar a diminuição de peso e resistência, deixa a madeira esbranquiçada e, quando friccionada ocorre uma desfibracão da peça. Caracteriza-se por delimitar as áreas apodrecidas com linhas escuras.
Fungo de podridão parda	Pode ocorrer em porções profundas da madeira, e caracteriza-se por deixar a peça com a coloração parda e com rachaduras perpendiculares ao longo das fibras. Provoca a perda de peso e resistência. Quando friccionada a madeira infestada se transforma em pó fino.
<b>Insetos</b>	
Coleópteros	Atacam árvores vivas, madeira verde, afetando as propriedades físico-mecânicas e provocando até morte.
Cupins	Atacam tanto a madeira verde como seca, afetando as propriedades físico-mecânicas.
<b>Brocas Marinhas</b>	
Moluscos e Crustáceos	Atacam a madeira imersa em água salgada, destruindo a estrutura da madeira.
AGENTES FÍSICOS E QUÍMICOS	DANOS CAUSADOS
"Weathering" (intemperismo natural)	Ação conjunta de luz ultravioleta, calor, umidade e partículas abrasivas, provocam o envelhecimento da madeira exposta. Não afeta estruturalmente.
Fogo	Sob a alta temperatura, a madeira se decompõe por pirólise em produtos voláteis e combustíveis para depois entrar em combustão. Destrói a madeira.

**Quadro 7 - Classificação dos agentes de deterioração da madeira e os danos causados. Elaborado a partir de IPT (1986, apud INO, 1997; Lepage *et al*, 1986).**

Em relação aos agentes biológicos, Lepage e outros (1986) citam que a complexidade química e estrutural da madeira faz com que essa tenha inúmeros “nichos ecológicos”, os quais são preenchidos lentamente de acordo com a evolução do processo de deterioração. Esse processo é altamente dinâmico e envolve inúmeras populações microbianas que se sucedem no tempo com a modificação do estágio nutricional da madeira, devido à atividade fisiológica desses indivíduos. Existem seis nichos ecológicos que ocorrem seqüencialmente: 1) bactérias; 2) bolores primários; 3) fungos manchadores; 4) fungos de podridão mole; 5) basidiomicetos apodrecedores (podridão parda e branca) e 6) bolores secundários.

As bactérias afetam mais o aspecto externo da madeira e abrem caminho para futura instalação de fungos apodrecedores, um dos principais deterioradores de madeira. Arakaki (2000) ressalta que o controle dos bolores e dos fungos manchadores pode contribuir para a

vida útil da madeira informando dados para avaliação do estágio de degradação de peças, componentes e subsistemas. Na tabela 1 estão apresentadas as quatro condições básicas para propiciar o desenvolvimento dos fungos.

**Tabela 1 - Condições ideais para o desenvolvimento de fungos.**

	Mínima	Média	Máxima
Temperatura	3 °C	24-36 °C	45 °C
Umidade relativa do ar	> 85%		
Conteúdo de umidade da madeira	25%	80%	200%
Alimento	Celulose, lignina, amido		
Oxigênio	Ar		

**Fonte: Centro de Tecnologia da Madeira do Japão (1982 apud INO, 1997).**

Dentro destas condições, podem ser controladas a umidade na madeira e a oferta de alimentos, ou seja, pode-se evitar o ataque dos fungos, deixando sempre a madeira no estado seco ou envenenado com aplicação de produtos fungicidas (INO, 1997).

Os cupins, dentre os insetos xilófagos, são os mais sérios agentes destruidores da madeira (GALVÃO, 1975). Para evitar o ataque por insetos é necessário o tratamento inseticida nas madeiras de baixa resistência natural, principalmente no uso estrutural ou em locais de difícil manutenção (ARAKAKI, 2000).

O ataque por perfuradores marinhos, classificados como incrustantes e perfuradores, é observado freqüentemente na faixa costeira e, durante todo o ano, na região tropical. Os incrustantes caracterizam-se por fixar-se na superfície da madeira, sendo as cracas as mais conhecidas. Esse tipo de organismo apresenta carapaça fortemente calcificada e apesar de não causar desgaste à madeira, provoca grandes prejuízos (MONTANA QUIMICA, 1991).

Os perfuradores, pertencentes ao grupo dos crustáceos e moluscos, podem penetrar na madeira apenas para se proteger ou para se alimentar do material. O ataque pode ocorrer desde o engaste da madeira no fundo, até a superfície da água, mas ocorrem com mais freqüência na região onde a madeira fica situada entre marés, ou seja, na faixa de variação entre a maré alta e baixa (MONTANA QUIMICA, 1991).

Dentre os agentes físicos e químicos Lepage e outros (1986) consideram que os mais importantes em relação à durabilidade do edifício em madeira estão ligados ao processo denominado de *weathering* e o risco de incêndio.

Quando a madeira é exposta às intempéries, fora do contato com o solo, vários fatores químicos, mecânicos e energéticos (luz) contribuem para a ocorrência de um fenômeno que recebe o nome de *weathering*, o qual não deve ser confundido com qualquer forma de apodrecimento causado por microorganismos em condições favoráveis de umidade, temperatura e oxigênio. O aspecto da madeira submetida ao *weathering* é rugoso, surgem fendilhamentos que podem aumentar de magnitude, as fibras podem ficar soltas e as peças podem sofrer empenamento. A superfície torna-se suja, pode ser atacada por fungos, ficando com aparência desagradável. Todos esses efeitos são causados pela ação conjunta da luz, umidade, temperatura e oxigênio (LEPAGE *et al*, 1986).

Esse processo é definido por outros autores, como Benevente (1995) e Bittencourt (1995), como envelhecimento natural, ou seja, a superfície da madeira produz a formação de fendas inter ou intracelulares, através das quais as ligações perdem resistência nas proximidades da superfície da madeira e, a medida que o processo continua, a água da chuva remove às porções degradadas dando margem à erosão. Browe (apud LEPAGE *et al*, 1986) ressalta que esse processo é tão lento que somente  $\frac{1}{4}$  da espessura da peça é eliminada em um século e a proteção contra o mesmo é o acabamento superficial.

Em relação ao comportamento da madeira ao fogo, segundo a APA<sup>10</sup> (1983 apud PINTO, 2001) para se projetar ou se construir uma habitação protegida de incêndios é preciso entender que não existe edificação à prova de fogo. Bittencourt (1995) cita que na maioria das vezes não é a madeira a causadora do incêndio, mas sim, elementos e equipamentos internos aos edifícios, visto que esses queimam e a fumaça e o calor gerado danificam a estrutura e causam a perda de vidas, independente do material estrutural ou de revestimento e acabamento utilizados.

Quando comparada a outros materiais, a madeira mostra melhor desempenho contra incêndio, visto que as peças robustas sob a ação das chamas formam uma camada de carvão isolante que impede a saída de gases inflamáveis e a propagação de calor para seu interior, justificando sua capacidade de manter a sustentação estrutural mesmo após exposta a altas temperaturas.

---

<sup>10</sup> American Plywood Association

Caruana (1988) cita como exemplo a indústria de Glasgow na Escócia, onde após um incêndio em suas instalações, enquanto a estrutura de metal fletiu, a de madeira suportou o acidente sem comprometer a edificação e, ainda, sustentou as vigas metálicas já retorcidas pela temperatura (CRUZEIRO, 1998). Esse fato comprova que sob condições de incêndio a madeira mantém sua capacidade de suportar as cargas e, por conseguinte permitir a ação dos sistemas de combate ao incêndio.

Para Bittencourt (1995) os fatores que influenciam no comportamento da madeira em caso de incêndio são:

- A espécie da madeira, pois as menos densas facilitam à ignição por possuir menor quantidade de massa exposta a fonte de calor;
- A taxa de umidade, pois como a alta umidade dificulta o processo de combustão, o vapor produzido nesta área diminui a temperatura, reduzindo a quantidade de oxigênio que, conseqüentemente, retarda o momento de ignição.

Berto (1991) considera que segurança contra incêndio é um cuidado que deve ser observado em todas as etapas do processo produtivo e no uso do edifício, sem menosprezar nenhuma delas. Mas, a fase de projeto torna-se mais importante por ser o momento que se estabelece a estrutura básica da segurança contra incêndio, como:

- Revestir a madeira com materiais resistentes ao fogo, levando em consideração o projeto e as junções entre as peças (BUCHANAN, 1999);
- Proteger os ambientes que possuem as prováveis fontes de calor (cozinhas, lareiras, sistemas de aquecimento ou refrigeração ambiental, fontes de iluminação, etc.), através de distribuição arquitetônica (CRUZEIRO, 1998);
- Empregar produtos ignífugos, ou seja, aqueles que têm a função de reduzir o grau de combustão da madeira e a velocidade de propagação das chamas, possibilitando a evacuação de pessoas e, quando possível, dos bens materiais. É importante lembrar que o prazo de validade desses produtos varia em função dos métodos de tratamento e dos produtos empregados (CRUZEIRO, 1998). Bittencourt (1995) considera que as peças de madeira maciça ou derivados, impregnadas com sais durante o processo de fabricação, conservam as propriedades do produto ignífero durante 10 anos e após o processo de fabricação por 5 anos. E os materiais tratados

através de pinturas ou revestimentos também conservam estas propriedades durante 5 anos e os vernizes por 3 anos;

- Dimensionar e distribuir corretamente a rede elétrica, isolando e permitindo o acesso a rede para facilitar a manutenção;
- Implantar as edificações nos lotes com os afastamentos mínimos recomendados pela legislação;
- Prever barreira corta-fogo para edificações longas ou geminadas; e
- Proteger as ligações metálicas da estrutura principal, devido à alta condutibilidade térmica que pode comprometer a estrutura de madeira.

Benevente (1995) destaca a importância da madeira de sacrifício nos cálculos estruturais, visto que essas satisfazem o tempo de resistência ao fogo requerido. Segundo o IPT (1998) existem outras medidas mitigadoras em relação ao fogo, tais como a instalação de forro de gesso, considerando que esse é um material não combustível e o forro é o ponto mais crítico para o desenvolvimento de incêndio.

Bittencourt (1995) ressalta que os cuidados para prevenir os incêndios não são de responsabilidade exclusiva dos profissionais da construção, pois o usuário também é responsável em relação à maneira que utilizam os equipamentos, na escolha dos objetos e materiais introduzidos na edificação, podendo ser estes mais ou menos inflamáveis.

#### **4.4.1. TRATAMENTOS PRESERVATIVOS CONTRA O ATAQUE BIOLÓGICO**

Essa etapa, numa primeira análise, proporciona o aumento da resistência da madeira diante de organismos deterioradores. A seleção de um produto preservante adequado às classes de risco que o material será submetido é a primeira condição para conferir um aumento na durabilidade natural do mesmo e, igualmente importante, é a seleção do método de aplicação. Conforme Demarzo e Sgai (2000), o produto químico a ser utilizado deve satisfazer à uma série de requisitos, tais como:

- Eficiência: deve ser tóxico à maior gama possível de organismos xilófagos, permitir penetração profunda e uniforme na madeira (esta característica está correlacionada com o método de tratamento empregado) e estar adequadamente seca;

- Segurança: possuir toxidez baixa em relação aos seres humanos e animais domésticos; não aumentar as características de combustibilidade inerentes à madeira e não deve ser corrosiva a metais e plásticos utilizados na confecção de recipientes e equipamentos, uma vez que podem ocorrer vazamentos que possivelmente originam a poluição;
- Permanência ou resistência à lixiviação: depende das propriedades físicas e químicas do preservativo e a maneira pela qual se fixa na madeira, ou seja, para ser resistente à lixiviação deve ser insolúvel em água ou formar complexos insolúveis por meio de reação química com os componentes da parede celular da madeira;
- Custo: a madeira tem que apresentar competitividade com outros materiais e os preservativos tem um peso considerável nessa composição; e
- Outras características: a madeira para a construção civil deve ter a superfície limpa e isenta de odores residuais.

De acordo com a NBR 7190: 1997 a maioria dos tratamentos preservativos de madeiras realizados no mundo são efetuados com:

- Creosoto: óleo de cor escura que não permite acabamento final e deve ser evitado em locais onde há contato direto com pessoas (ARAKAKI, 2000);
- Pentaclorofenol: produto de baixo custo, com excelente ação fungicida e boa inseticida, mas que pode apresentar certa toxicidade a mamíferos e causar danos a natureza, estando em desuso em muitos países (MONTANA QUIMICA, 1991);
- CCA (Cromo-Cobre-Arsênio): preservativo hidrossolúvel, de maior utilização no mundo, que pode apresentar ótimo desempenho em contato com o solo após 30 anos de uso e também reação com a madeira tornando-se insolúvel (excelente fixação). É sugerido em processos industriais utilizando autoclave, pois dessa forma, não é lixiviável em madeiras, não exala odores e não desprende vapores durante a impregnação. Sendo assim, é muito utilizado em equipamentos de playgrounds, instalações para animais e estacas para plantas. Apresenta bom desempenho contra fungos, térmitas e brocas marinhas (ARAKAKI, 2000); e

- CCB (Cromo-Cobre-Boro): preservativo hidrossolúvel que não apresenta bons resultados, devido à solubilidade do boro e a facilidade de lixiviação do produto da madeira (ARAKAKI, 2000).

O produto químico pode ser impregnado na madeira antes ou após o ataque biológico, com a utilização dos processos de tratamento preservativo preventivo e curativo, respectivamente. A impregnação da madeira no processo de tratamento preventivo deve ocorrer de acordo com as condições específicas de aplicação e pode ser por pincelamento, aspersão, pulverização, imersão, banho quente-frio, substituição da seiva e autoclave (NBR 7190: 1997). Segundo Ino (1997) o processo de tratamento considerado mais eficiente é o de impregnação sob pressão, que é aplicado em usinas de tratamento através de equipamento denominado autoclave, pois se tem a impregnação profunda da madeira permeável e um maior controle do preservativo absorvido, resultando numa proteção mais efetiva com economia do produto aplicado. No processo de tratamento curativo podem ser utilizados os seguintes métodos:

- Fumigação ou expurgo: consiste na exposição das partes afetadas a gases tóxicos para o controle de cupins, brocas e fungos. Cabe ressaltar que não possui caráter preservativo, então após a eliminação dos agentes deterioradores, é necessário a realização do mesmo (MONTANA QUIMICA, 1991).
- Pasta e bandagem: utilizada em madeiras infectadas em contato com o solo (pilares, postes, etc.). Após a retirada do material contaminado, a pasta é aplicada em torno da área afetada, que normalmente é a linha de afloramento em relação ao solo, após a aplicação é necessário o revestimento da bandagem com material impermeável, impedindo a lixiviação do produto (ARAKAKI, 2000).

A literatura sobre sustentabilidade ambiental de materiais de construção cita a controvérsia de utilização de produtos tóxicos para aumentar a durabilidade da edificação e a possível contaminação do homem e do meio ambiente pelos mesmos.

Oliveira (2008) apresenta resultados comparativos dos impactos causados por produtos químicos presentes nos tratamentos preservativos analisados de acordo com dados do IBAMA, da *Environmental Protection Agency* (EPA), da *International Agency for Research on*

*Cancer* (IARC), do *National Toxicology Program* – Estados Unidos da América (NTP) e da Organização Mundial da Saúde (OMS).

A análise considerou: a toxicidade segundo relatórios técnicos dessas entidades; a toxicidade e o risco ambiental segundo o IBAMA; a capacidade de contaminação pós-aplicação no ar, na água (quando a madeira tratada é submersa ou está muito próxima à água), e no solo (por contato direto ou por lixiviação); e as situações de risco de contaminação na produção (na indústria), na aplicação ou na pós-ocupação (usuários). Foram analisados os seguintes produtos: Creosoto, Pentaclorofenol, Tribromofenol, Osmocolor *Stain* (IBPC), Tanino, CCA, Cromohexa, Cobre e Arsênio. De acordo com a pesquisa, as substâncias que merecem maior atenção quanto à toxidez são: creosoto, pentaclorofenol e outros organoclorados e o CCA. O fato preocupante é que estas são justamente as substâncias que predominam na madeira tratada no Brasil.

A periculosidade do CCA está na presença do Arsênio e o EPA (2006) indica como alternativa menos tóxica, os sais de boro (boratos) e preservantes hidrossolúveis com cobre. A partir das constatações mostradas, pode-se afirmar que o desenvolvimento de produtos preservantes da madeira a base de tanino (extrato vegetal) são uma boa alternativa no sentido de inovação tecnológica sustentável (OLIVEIRA, 2008).

No Fórum Internacional IRG (*International Research Group 39 Annual Conference*), realizado esse ano em Istambul, Turquia, discutiu-se a comercialização de produtos preservativos substitutos ao CCA. No evento concluiu-se que o cobre não tem, até o momento, um substituto a altura; e que não há nada tão eficaz no tratamento industrial quanto ele. Em comparação com qualquer alternativa orgânica ou organometálica, o CCA não tem concorrentes no mercado em relação à fixação na madeira, sem lixiviação, em persistência, eficácia e, sobretudo, excelente relação de custo/benefício (GALDOLFI JUNIOR; VIDAL, 2008).

O ideal seria utilizar a madeira sem tratamento e com detalhamento de projeto adequado ao seu uso, mas, deve-se considerar a legislação vigente (Lei 4.797 de 1965) que determina a obrigatoriedade do tratamento da madeira para peças estruturais, tais como: vigas, pilares, dormentes, estacas de fundações e postes.

O acabamento superficial é uma etapa de extrema importância, pois protege o substrato agindo como um revestimento e melhorando as características da madeira ao envelhecimento natural. Segundo *US DEPARTMENT OF AGRICULTURE* (apud BENEVENTE, 1995) os acabamentos não podem ser considerados preservativos, mas podem ajudar a prevenir a deterioração por fungos, principalmente quando aplicados no topo dos elementos, destacando-se que a pintura não é substituta para uma boa construção e nem dispensa sua manutenção. Os acabamentos para madeira podem ser de dois tipos (LEPAGE *et al*, 1986):

- Formadores de película ou filmogêneos:
  - Vernizes: sugeridos quando o objetivo é manter a aparência original da peça, mas, em áreas externas apresentam baixa durabilidade, sendo então, recomendados para áreas internas com classe de risco 1.
  - Tintas: pode ser utilizado tinta a óleo, que apesar de apresentar melhor proteção contra a umidade, a pintura torna-se quebradiça com o tempo; e a látex acrílico, que apresenta maior facilidade de aplicação e limpeza, pela formação de filme poroso e flexível e aumento de desempenho de acordo com o número de camadas.
- Absorvidos pela madeira:
  - *Stain*: líquido oleoso de ação fungicida, de fácil manutenção, indicado tanto para área externa quanto interna e mantém a originalidade dos veios aparentes (LEPAGE *et al*, 1986).
  - Preservativos repelentes de água: repelem a água na forma de orvalho, resistem à fungos e melhoram a variabilidade dimensional da madeira (retração e expansão por umidade).

O pré-tratamento através da diluição de produtos químicos inorgânicos, na solução aquosa e aplicados a superfície da madeira podem retardar a degradação da mesma; aumentar a durabilidade dos vernizes, tintas e *stains*; e melhorar a estabilidade dimensional da superfície da madeira e a resistência aos fungos (GHAB apud ARAKAKI, 2000).

De acordo com Kropf (2000) devem-se evitar cores escuras, principalmente nas peças expostas ao sol, visto que essas provocam o aquecimento excessivo da madeira, mas a cor

deve ter pigmentos suficientes para prevenir a degradação fotoquímica da superfície sob o revestimento.

Mesmo que a madeira tratada sob pressão não necessite de uma camada adicional de proteção, coberturas superficiais podem aumentar a vida útil da estrutura visto que reduzem a movimentação da umidade e o custo adicional de uma superfície de tratamento eficiente é recompensado pelo maior período de tempo sem manutenção.

#### **4.5. O PROCESSO DE PRODUÇÃO**

O controle na produção das peças, componentes e subsistemas em madeira deve ocorrer em toda a cadeia produtiva, desde o corte da árvore no povoamento florestal até a construção e uso do edifício, visto que está diretamente ligado à durabilidade da edificação. Contudo, o grau de industrialização requerido influencia no fluxo do processo de produção, já que o projeto do sistema construtivo em madeira permite vários graus de industrialização (ARAKAKI, 2000). O JUNAC (1984) apresenta a experiência de construção em madeira dos Países Andinos, e a classifica em:

- Sistema vernacular ou artesanal (madeira bruta - toras): permite que o processamento seja executado totalmente na obra, visto que a matéria prima é pouco alterada e se utilizam métodos tradicionais e materiais locais (figura 44);



**Figura 44 – Tipo de solução arquitetônica no sistema construtivo vernacular.**

**Fonte: Murillo. Acesso em: 18 março 2009.**

- Sistema semi pré-cortado (peças em tamanhos comerciais): exige mão-de-obra qualificada, ferramentas de carpintaria simples e documentação técnica, visto que, as peças de madeira são direcionadas ao canteiro de obras cortadas em seções finais, mas, os cortes nos comprimentos, rebaxos nas peças e perfurações são realizados *in loco* (figura 45);



Figura 45 – Exemplos de construção no sistema construtivo semi pré-cortado.

Fonte: Murillo. Acesso em: 18 março 2009.

- Sistema com peças pré-cortadas nas dimensões de uso (semi-industrial): proporciona a fabricação em escala de elementos construtivos os quais o gabarito é suficiente para a verificação das dimensões. As peças são fornecidas ao canteiro com as seções, comprimentos, rebaixos e recortes especificados pelo projeto, e identificadas e agrupadas de acordo com o uso. Cabe ressaltar que exige o fornecimento de projeto detalhado, com a identificação de corte e seção individual das peças para que essas não sejam confundidas na obra.
- Sistema pré-fabricado parcial:
  - Pré-fabricação de painéis: são fabricados em módulos os painéis de forro, piso, parede e estrutura da cobertura, exigindo pouco trabalho e equipamentos em canteiro; e
  - Pré-fabricação da parede: os acabamentos e instalações podem ser incluídos na fábrica.
- Sistema tridimensional (pré-fabricação total): poucas etapas são realizadas na obra, como a fundação, sendo que a edificação pode variar de 10 a 50 m<sup>2</sup> e a desvantagem é o alto custo do transporte devido ao grande volume de peças.

É importante citar que os três últimos sistemas são, normalmente, utilizados com a madeira serrada e que, em outros locais existem diferentes classificações e pontos de vista particulares de industrialização. Todavia, baseado no JUNAC (1984) o objeto de estudo da presente pesquisa, encaixa-se no sistema de peças pré-cortadas em dimensões de uso. Para Arakaki (2000) o processo de produção de sistemas construtivos em madeira apresenta três etapas básicas:

Primeira etapa: derrubada da árvore na floresta, processamento primário (desdobro) de transformação da tora em peças de seções comerciais e a secagem da madeira.

Na etapa de floresta ocorre a derrubada das árvores, retirada dos galhos e o corte das toras em comprimentos desejados. O corte e a retirada devem acontecer preferencialmente nos meses mais secos e, no caso da madeira de reflorestamento, deve receber uma atenção especial programando o tempo entre a derrubada e o transporte para desdobro, prevendo um tempo mínimo, evitando assim, a instalação de fungos manchadores visto que, esses afetam a resistência do material (INO, 1997).

Oliveira (2003) cita que não existem estudos que comprovem que a época de corte influencia na durabilidade da madeira. Todavia, é possível perceber que o verão permite uma secagem mais rápida, fato que propicia a formação de fendas no alburno (parte menos resistente ao ataque biológico), ou seja, acesso a proliferação de fungos, o que justifica o tratamento preservativo proposto por Ino (1997); e que a baixa temperatura e o baixo teor de umidade reduzem a proliferação de fungos e insetos, visto que a temperatura de inverno retarda o crescimento dos mesmos.

Em relação à influência da idade da árvore na durabilidade da madeira, Oliveira (2003) cita que o cerne (parte menos impermeável, mais densa e mais resistente ao ataque de fungos e insetos xilófagos) forma-se juntamente com a idade, sendo assim, a árvore mais velha apresentará uma maior durabilidade, ou seja, a árvore com maior área de alburno será fatalmente mais atacada por fungos e insetos.

Ino (1992) recomenda que o transporte seja feito de forma cuidadosa evitando que a casca da tora seja removida para, conseqüentemente, manter a proteção contra a incidência direta do sol e do contato com o ar. Sugere, ainda, que nas regiões de grande ataque por insetos xilófagos, ocorra a aplicação de inseticida em toda a extensão da tora para auxiliar na proteção da mesma.

Após o corte da árvore, o processo de perda de água da madeira ocorre primeiro, no estágio denominado de ponto de saturação das fibras (em torno de 30%), no qual a madeira perde água livre existente no seu interior. Depois, a madeira perde lentamente a água de impregnação buscando o equilíbrio com o ambiente local. Portanto, essa é uma

etapa fundamental no processo da utilização desse material, possibilitando com isso controlar o custo de produção e qualidade do produto (RODRIGUES; SALES, 2000).

A secagem realizada corretamente contribui para a redução de ataque de fungos e insetos, diminui custos com transporte pela redução de peso das peças, melhora as propriedades mecânicas, a trabalhabilidade, a estabilidade dimensional e a ligação com pinos metálicos, favorece a impregnação de líquidos preservativos e condicionamento ao ambiente de uso, evitando a ocorrência dos defeitos de secagem (ARAKAKI, 2000; PINHEIRO; ROCCO LAHR, 1998). Segundo Silva e Basso (2001) o ideal é utilizar a madeira seca com umidade entre 12% e 18%.

Devido ao rápido crescimento e à estrutura anatômica desfavorável ao fluxo de fluídos, o eucalipto apresenta altos níveis de tensão de crescimento que, no processo de secagem, resultam em perdas de material. Com isso, ocorre a presença de nós, rachaduras, fendilhamentos e empenamentos na peça (CARRASCO, 1998; YUBA, 2001). Segundo Pinheiro e Rocco Lahr (1998) os processos devem ser adequados as características das diferentes espécies de madeira, a quantidade de madeira a ser seca, ao tempo disponível, a localização da operação, ao tipo de empilhamento das peças, a ventilação do local de instalação, a distância entre as peças e ao solo, etc.

Os tipos de secagem são: ao ar livre; em estufa convencional; por ventilação forçada; solar; por condensação e desumidificação à alta temperatura; por fervura em líquidos oleosos; à vapor; à vácuo e por alta frequência. Conforme Ino (1997) apesar do custo mais elevado, a secagem em estufa apresenta melhor desempenho no produto acabado do que a secagem natural no pátio.

#### Segunda etapa (usinagem):

A usinagem é a transformação das peças de seções comerciais em dimensões específicas de projeto. Segundo Benevente (1995) nessa etapa é de extrema importância o controle de itens que influenciam de diferentes formas na durabilidade do material, como:

- Dimensão das peças, através da utilização de gabaritos;
- Umidade, com o uso de medidores de umidade;

- Classificação da madeira com o objetivo de não comprometer a função da peça ou do componente no edifício, através da classificação visual (baseada no boletim 185 do *Forest Products Laboratory*) e mecânica (em laboratório ou no canteiro de obras com métodos não destrutivos) para o enquadramento nas classes de resistência (NBR 7190: 1996);
- Armazenagem das peças e componentes antes e após a fabricação. O local de armazenamento da madeira deve ser limpo, seco, ventilado e de preferência coberto. Devem ser adotadas medidas que evitem o contato direto com o solo, mesmo para áreas calçadas, impedindo a formação de condições ideais para o desenvolvimento de fungos. Para áreas descobertas é preciso verificar a drenagem do solo e, se necessário, providenciar uma camada de pedrisco (para facilitar o escoamento da água da chuva) e garantir a ventilação entre as peças.

Cabe ressaltar que o tratamento preservativo ocorre a partir dessa etapa.

Terceira etapa (montagem no canteiro de obras):

Segundo o IPT (1986) para a realização das atividades no canteiro devem-se efetuar algumas inspeções:

- O local de construção deve ser avaliado em relação aos indícios de atividades de cupins de solo. Caso seja comprovada a existência, o ninho deve ser removido e o solo ao redor da construção deve ser tratado com produto inseticida;
- Para prevenir contaminações no terreno devem ser retiradas todas as fontes potenciais de infecção como entulhos, raízes, tocos de madeira, etc.;
- O recebimento das peças deve ocorrer conforme exposto na segunda etapa em relação à classificação da madeira segundo o uso; e
- A madeira deve ser armazenada em locais nivelados, sem possibilidade de empoçamento de água e tomando os mesmos cuidados observados na segunda etapa.

Como descrito nos itens anteriores, a obtenção de uma edificação em madeira com desempenho favorável em relação à durabilidade é auxiliada pelo adequado desenvolvimento das etapas de projeto e manutenção. Cabe ressaltar que a qualidade dessa

construção também está diretamente ligada à qualidade do madeiramento utilizado, a qual depende dos procedimentos adotados em cada uma das etapas de produção, visto que o fator de maior influência na durabilidade da madeira são os defeitos decorrentes desses processos. É importante destacar ainda, que a produção é considerada desde a escolha da espécie a ser utilizada, a qual deve ser adequada ao uso previsto.

## 5. O EUCALIPTO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

O Brasil convive com a exploração irracional da madeira desde a sua descoberta. Esse fato, juntamente com o constante avanço da agricultura sem a reposição da cobertura florestal, acarretou em crises ambientais, principalmente na região Sul e Sudeste do país. Para a recuperação de parte da base florestal, a região Sul promoveu o reflorestamento empregando espécies de eucalipto e pinus. Os eucaliptos implantados inicialmente tinham por objetivo garantir o abastecimento de lenha para as locomotivas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro.

Gradativamente, a eletrificação das linhas reduziu a utilização das lenhas, mas a espécie continuou em uso, enquanto matéria-prima para postes, dormentes, celulose e papel (PARTEL, 1999). Mesmo com o aumento das áreas reflorestadas, o desconhecimento das características físicas do eucalipto limitou significativamente sua aplicação em outras funções.

O Brasil impulsionou os plantios para fins silviculturais<sup>11</sup> através do Programa Nacional de Papel e Celulose, integrante do II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) - elaborado no Governo Geisel, em 1974. Esse momento reunia interesses das empresas privadas do Estado e de órgãos internacionais como a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), que passaram a subsidiar programas de expansão florestal em países de clima favorável, com disponibilidade de terras, mão-de-obra barata e políticas econômicas de governo que favoreciam o setor, visando a geração de excedentes desses recursos estratégicos para o uso industrial (YUBA, 2005).

Aderiram assim, os órgãos nacionais oficiais de fomento e fiscalização dos plantios, legislação específica e normas fiscais de incentivo ao setor, dentre elas, a Lei 5.106<sup>12</sup> (1966); o Instituto de Desenvolvimento Florestal (IBDF, 1967); o Fundo de Investimentos Setoriais (FISSET); e outros de menor importância. Desde a década de 1960, a exploração da madeira dava continuidade à monocultura do eucalipto para a produção do carvão de siderurgias e da celulose no Espírito Santo. O rápido desmatamento para a busca da “madeira nativa” e

---

<sup>11</sup>É uma forma de “agricultura industrializada”, tendo natureza, localização, entrada de insumos (*inputs*), níveis de tratamento, resíduos (*outputs*), e padrões de distribuição de uma indústria (FERREIRA, 2002), ou seja, propõe a exploração racional às florestas.

<sup>12</sup>Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais (SENADOFEDERAL. Acesso em: 10 março 2007).

para o plantio do eucalipto foi comprovado pela queda acentuada, em cerca de 85%, das áreas de matas existentes nas décadas de 1960 e 1970.

O Decreto-Lei 79.046, de 27 de dezembro de 1976, declarava que os empreendimentos florestais deveriam passar por aprovação para execução nos Distritos Florestais, a serem definidos pelo IBDF. Esse também reforçava o apoio ao Programa Nacional de Papel e Celulose e destacava as características do Estado do Espírito Santo para a prática da monocultura do eucalipto, junto à instalação da fábrica ARACRUZ Celulose, como fatores favoráveis à atividade florestal.

Ferreira (2002) afirma que, segundo entrevistas orais, a chegada do eucalipto no Extremo Norte do Espírito Santo ocorreu nas décadas de 1950 e 1960, através das empresas OURO VERDE e ACESITA, com os objetivos de exportação de cavacos e produção de carvão para siderurgia, respectivamente. A ARACRUZ iniciou sua produção no município de Aracruz em 1967 e, em 1970, expandiu seus plantios também para o Extremo Norte do Estado, o que aconteceu também com a empresa Rio Doce Madeiras S/A, que anos mais tarde passou a ser denominada Florestas Rio Doce S/A.

A Aracruz Florestal começou a plantar eucaliptos em 1967 na cidade que tem este nome, situada a 76 Km ao norte de Vitória, Espírito Santo, junto ao oceano Atlântico, localização especialmente eleita em função de fatores ecológicos – topografia favorável, de terras ligeiramente onduladas, totalmente mecanizáveis, com precipitação anual de 1400 mm -, e de circulação – ligada a Vitória por uma estrada asfaltada e contando com o porto de Vitória para exportação da produção -, o que era importante, dada sua condição de empresa voltada para o mercado mundial. A disponibilidade de energia e o preço favorável da terra foram fatores decisivos na opção da localização do futuro complexo industrial. [...] O empreendimento começou com uma área de 45 mil hectares [...] (FERREIRA, 2002, p. 50).

O setor florestal obteve uma evolução na construção civil, principalmente com a utilização de madeiras de reflorestamento, já que as florestas plantadas se tornaram importantes instrumentos de manutenção do ecossistema natural, quando utilizam modernas técnicas silviculturais, sob a ótica da sustentabilidade.

O uso da tora de eucalipto na construção civil no Espírito Santo iniciou-se em 1991 com o desenvolvimento do projeto “Hortos Florestais”, implantado em uma ação integrada e articulada entre o Governo do Estado, o BANDES – Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo, o GERES – Grupo Executivo para Recuperação Econômica do Estado do Espírito Santo,

empresas privadas como CVRD – Companhia Vale do Rio Doce e Aracruz Celulose, produtores rurais e os mais diversos setores organizados da sociedade capixaba. Na mesma época, impulsionado pela ECO 92 (segunda Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento) e apoiado pelo Laboratório de Madeira e de Estruturas de Madeira (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP), foi desenvolvido um projeto de alojamentos para a reserva florestal de Linhares, como mostra a figura 46 (INO; SHIMBO, 1992).



**Figura 46 – Módulo de hospedagem Reserva Natural Vale, Linhares.**

Após o desenvolvimento desses experimentos é claramente perceptível que o uso da madeira em tora como elemento construtivo aumentou paralelamente com o desenvolvimento do cultivo do eucalipto no Estado, sendo possível encontrar uma maior quantidade de construções executadas com esse material. No entanto, é importante ressaltar que tal aumento na produção não guarda qualquer relação com o uso na construção civil, visto o percentual de uso para essa finalidade ser infinitamente inferior a outros usos, dentre eles, a produção de celulose (ESTADO, 2004).

## **6. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO**

Considerando que o objetivo da pesquisa é avaliar a eficiência das edificações em toras de eucalipto em relação à durabilidade, especificamente o fator de interferência do projeto, a metodologia adotada considerou a necessidade de proceder à avaliação de unidades existentes. Sendo assim, os métodos empregados para o levantamento em campo foram: observação visual (avaliação técnica), medição (avaliação técnica) e entrevista (usuários e empresas), auxiliados por um roteiro de avaliação elaborado à partir da revisão bibliográfica e da Norma ISO 6241: 1984, que aborda os itens necessários para a avaliação dos aspectos relacionados às exigências dos usuários.

Em relação à avaliação visual, pode-se dizer que é a forma mais antiga e simples de se analisar a madeira, através da qual são facilmente verificados defeitos em pontos pré-determinados como nós, rachaduras, degradação e mudanças de coloração. Quando se detecta a presença de exsudação<sup>13</sup> de conteúdos ou ataque de agentes biológicos, são aplicados testes mecânicos para analisar as propriedades de resistência do material analisado. Nesse tipo de avaliação, têm-se apenas valores qualitativos, sendo que as reais condições podem ser mascaradas, uma vez que a avaliação fica condicionada às faces exteriores da madeira e existem as diferenças de acuidade visual e treinamento ou experiência do profissional encarregado pela avaliação (GORNIAK; MATOS, 2000).

No entanto, testes laboratoriais não fazem parte dessa pesquisa, pela dificuldade na coleta de amostras e na realização de ensaios de envelhecimento. Vale ressaltar, que esses dados como a situação externa do material e o conhecimento do profissional, foram levados em consideração na elaboração dos roteiros, que foram baseados em trabalhos já realizados por outros pesquisadores.

O método de medição foi utilizado para avaliar medidas necessárias para o correto funcionamento de partes do edifício; já a utilização do roteiro de análise objetivou levantar dados que só podem ser respondidos por quem utiliza (usuários) ou projetou o espaço.

---

<sup>13</sup> Termo usado para definir o fenômeno migratório das águas existentes na composição do material.

## **6.1. INSTRUMENTOS UTILIZADOS**

Para a realização da avaliação técnica, utilizaram-se alguns dispositivos básicos para a coleta em campo, como instrumentos para a medição *in loco* (trena para aferição de medidas, binóculo para visualização da cobertura, máquina fotográfica para registro e bússola) e o roteiro desenvolvido para orientação dos itens a serem analisados.

Os roteiros de pesquisa foram elaborados após a fundamentação conceitual, sendo compostos por perguntas de múltipla escolha com os itens a serem analisados junto aos usuários; aos responsáveis técnicos pela edificação; e na avaliação técnica.

Para a obtenção de resultados com fidedignidade e válidos para análise, foi necessário um pré-teste (roteiro piloto), realizado em 02 residências, com o objetivo de enumerar possíveis falhas, inconsistência ou complexidade das questões, ambigüidade ou linguagem inacessível, bem como perguntas supérfluas (LAKATOS; MARCONI, 1991). Na avaliação preliminar, observou-se que o proprietário não tem conhecimento sobre as características técnicas e construtivas da madeira e que fez a opção desta como material de construção devido à estética, induzindo a necessidade de reorganizar o roteiro de acordo com o provável nível de conhecimento do respondente.

Para isso foi definido um quadro referencial, no qual se categorizou e hierarquizou os critérios e diretrizes questionadas (Apêndice 1). Além de ser dividido para cada etapa da pesquisa (usuário, empresa e avaliação técnica), o roteiro também teve modificações nas linguagens técnicas utilizadas e no número dos itens a serem analisados.

A durabilidade foi avaliada através da entrevista com o usuário (quadro 8), entrevista com a empresa responsável (quadro 9) e pela avaliação técnica (observação dos defeitos pela avaliação visual). Os usuários também foram entrevistados para a coleta de dados relacionados à escolha da madeira como material construtivo, manutenção da edificação, conforto térmico, segurança a intrusão, estanqueidade a água e a animais, durabilidade do edifício e presença de agentes de degradação biológica. Os responsáveis técnicos responderam perguntas em relação ao processo de projeto e orientação aos usuários quanto à manutenção.

Destaca-se que o roteiro foi desenvolvido considerando a necessidade de tratamento estatístico dos dados sendo, portanto, elaboradas questões de multiplicas escolhas na maioria das vezes.

<b>ROTEIRO – USUÁRIO</b>				
<b>IDENTIFICAÇÃO DO USUÁRIO</b>				
Escolha da madeira como material construtivo	Bom material construtivo	Rápida execução	Consciência ambiental	Estética
Vantagens do uso da madeira	Durabilidade	Fácil manutenção	Estética	Nenhuma
Desvantagens do uso da madeira	Nenhuma	Estética	Difícil manutenção	Degradação acelerada
Como considera a durabilidade da casa	Excelente	Bom	Ruim	Péssima
<b>MANUTENÇÃO</b>				
Possui manual de uso e manutenção	Sim, com informações suficientes	Sim, com informações insuficientes	-	Não
Manutenção do edifício adequada para madeira	Sim	-	-	Não
Freqüência de inspeção	6 meses	Entre 6 e 12 meses	12 meses	Não é feita
Substituição de peça por degradação	Não ocorreu	Em 1 ambiente	Em 2 ambientes	Em mais de 3 ambientes
<b>EXIGÊNCIAS USUÁRIOS</b>				
A casa é ventilada	Sim, em todos os ambientes	Em mais de 3 ambientes	Em 2 ambientes	Em 1 ambiente
É segura em relação à entrada de animais	Sim, em todos os ambientes	Em 3 ou mais ambientes	Em 2 ambientes	Não
Ocorre penetração de água na casa	Não	Em 1 ambiente	Em 2 ambientes	Em 3 ou mais ambientes

**Quadro 8 - Itens de pesquisa com os usuários.**

<b>ROTEIRO – EMPRESA</b>				
<b>PROJETO</b>				
Desenvolvimento do projeto	Para madeira	-	-	Adaptado
Possui memorial descritivo	Sim, com informações suficientes	Sim, com informações insuficientes	-	Não
A espécie de eucalipto utilizada é adequada para a construção civil	Sim	Sim, com restrições	-	Não
A madeira recebeu tratamento preservativo	Sim	Sim, com restrições	-	Não
Utilizou-se produto ignífugo	Sim	-	-	Não
<b>MANUTENÇÃO</b>				
Previsão de custo de manutenção	Sim	-	-	Não

**Quadro 9 - Itens de pesquisa com as empresas.**

A avaliação técnica teve como objetivo analisar a atual situação da madeira com relação às irregularidades que limitam o desempenho do edifício; analisar os projetos com o intuito de obter informações importantes sobre detalhes construtivos; e estudar o manual de

manutenção, buscando as orientações necessárias para a correta utilização da habitação pelo usuário (quadro 10).

<b>AVALIAÇÃO TÉCNICA</b>				
<b>PROJETO</b>				
Projeto com detalhes construtivos voltados, especificamente, para ampliar a durabilidade da edificação.	Suficientes	Suficientes c/ restrições	Insuficientes	Não possui detalhes
Os desenhos dos detalhes construtivos são suficientes para a execução da edificação.	Sim	Sim c/ restrições	-	Não
<b>Implantação</b>				
Proteção dos ambientes fontes de calor	Sim	Sim c/ restrições	Inadequado	Não
Seguimento dos fatores climáticos	Sim	Sim c/ restrições	Inadequado	Não
Seguimento dos fatores geográficos	Sim	Sim c/ restrições	Inadequado	Não
Drenagem da água no terreno	Suficiente	Sim c/ restrições	Insuficiente	Não possui
Afastamento das outras edificações	Adequada	-	-	Inadequada
<b>SUBSISTEMAS</b>				
<b>FUNDAÇÃO</b>				
Possui elementos de madeira	Não	-	-	Sim
Distância das peças de madeira do solo	+ de 30 cm	30 cm	Menos de 30 cm	Contato direto
Recalque no pilar	Não apresenta defeito	Defeito em 1 pilar	Defeito em 2 até 3 pilares	Defeito em 4 pilares ou mais
Partes quebradas na viga baldrame	Não apresenta defeito	Defeito em 1 viga em 1 ponto	Defeito em 1 viga em mais de 1 ponto	Defeito em 2 vigas ou mais
Manchas de umidade na viga baldrame	Não apresenta defeito	Defeito em 1 viga em 1 ponto	Defeito em 1 viga em mais de 1 ponto	Defeito em 2 vigas ou mais
<b>ESTRUTURA</b>				
Partes apodrecidas	Não apresenta defeito	Defeito em 1 pilar	Defeito em 2 até 3 pilares	Defeito em 4 pilares ou mais
Defeito na madeira	Não apresenta defeito	Defeito em 1 pilar	Defeito em 2 até 3 pilares	Defeito em 4 pilares ou mais
<b>VEDAÇÃO</b>				
<b>Fachada</b>				
Frestas/peças quebradas	Não apresenta defeito	Defeito em 1 parede, 1 ponto	Defeito em 1 parede, mais de 1 ponto	Defeito em 2 ou mais paredes
Frestas/peças desencaixadas	Não apresenta defeito	Defeito em 1 parede, 1 ponto	Defeito em 1 parede, mais de 1 ponto	Defeito em 2 ou mais paredes
Manchas superficiais	Não apresenta defeito	Defeito em 1 parede, 1 ponto	Defeito em 1 parede, mais de 1 ponto	Defeito em 2 ou mais paredes
Partes apodrecidas	Não apresenta defeito	Defeito em 1 parede, 1 ponto	Defeito em 1 parede, mais de 1 ponto	Defeito em 2 ou mais paredes
Continua				

Continuação				
<b>AVALIAÇÃO TÉCNICA</b>				
<b>Áreas úmidas</b>				
Revestimento das peças de madeira	Não existe peça de madeira	Revestimento adequado	Revestimento inadequado	Sem revestimento
<b>ESQUADRIAS</b>				
<b>Janelas</b>				
Empenamento do conjunto	Não apresenta defeito	Defeito em uma janela	Defeito em 2 janelas	Defeito em mais de 2 janelas
Defeito no funcionamento	Não apresenta defeito	Defeito em uma janela	Defeito em 2 janelas	Defeito em mais de 2 janelas
Partes apodrecidas	Não apresenta defeito	Defeito em uma janela	Defeito em 2 janelas	Defeito em mais de 2 janelas
Frestas painel	Não apresenta defeito	Defeito em uma janela	Defeito em 2 janelas	Defeito em mais de 2 janelas
Possui pingadeira	Sim	Sim, em 3 ou mais ambientes	Sim, em 2 ambientes	Não
Frestas/painel x pingadeira	Não apresenta defeito	Defeito em uma janela	Defeito em 2 janelas	Defeito em mais de 2 janelas
Defeito no funcionamento	Não apresenta defeito	Defeito em 1 janela	Defeito em 2 janelas	Defeito em mais de 2 janelas
Defeito no posicionamento	Não apresenta defeito	Defeito em 1 janela	Defeito em 2 janelas	Defeito em mais de 2 janelas
Partes apodrecidas	Não apresenta defeito	Defeito em 1 janela	Defeito em 2 janelas	Defeito em mais de 2 janelas
<b>Portas</b>				
Defeito no funcionamento	Não apresenta defeito	Defeito em uma porta	Defeito em 2 portas	Defeito em mais de 2 portas
Partes apodrecidas	Não apresenta defeito	Defeito em uma porta	Defeito em 2 portas	Defeito em mais de 2 portas
Frestas folha	Não apresenta defeito	Defeito em uma porta	Defeito em 2 portas	Defeito em mais de 2 portas
Fresta/folha x batedor	Não apresenta defeito	Defeito em uma porta	Defeito em 2 portas	Defeito em mais de 2 portas
Continuação				

Conclusão				
AVALIAÇÃO TÉCNICA				
<b>COBERTURA</b>				
<b>Tesoura</b>				
Defeito na madeira	Não apresenta defeito	Defeito em 1 tesoura em 1 ponto	Defeito em 1 tesoura em mais de 1 ponto	Defeito em mais de 1 tesoura
Partes apodrecidas	Não apresenta defeito	Defeito em 1 tesoura em 1 ponto	Defeito em 1 tesoura em mais de 1 ponto	Defeito em mais de 1 tesoura
Conclusão				
Defeito ligação	Não apresenta defeito	Defeito em 1 tesoura em 1 ponto	Defeito em 1 tesoura em mais de 1 ponto	Defeito em mais de 1 tesoura
<b>Estrutura do telhado</b>				
Peças com defeito	Não apresenta defeito	Defeito relativo a 1 ambiente	Defeito relativo a 2 ambientes	Defeito em mais de 2 ambientes
Partes apodrecidas	Não apresenta defeito	Defeito relativo a 1 ambiente	Defeito relativo a 2 ambientes	Defeito em mais de 2 ambientes
<b>Telhado</b>				
Telha quebrada	Não apresenta defeito	Defeito relativo a 1 ambiente	Defeito relativo a 2 ambientes	Defeito em mais de 2 ambientes
Telha solta ou fora do lugar	Não apresenta defeito	Defeito relativo a 1 ambiente	Defeito relativo a 2 ambientes	Defeito em mais de 2 ambientes
Defeito no plano do telhado	Não apresenta defeito	Defeito relativo a 1 ambiente	Defeito relativo a 2 ambientes	Defeito em mais de 2 ambientes
Tamanho do beiral	Maior que 70 cm	70 cm	Menor que 70 cm	Não tem beiral
Drenagem de águas pluviais	Suficientes	-	Insuficientes	Não possui drenagem
<b>MANUTENÇÃO</b>				
O manual proporciona ao usuário informações técnicas de como proceder durante a limpeza, como garantir a impermeabilidade, etc.	Suficientes	-	Insuficientes	Não possui informações técnicas
Deterioração da edificação	Não apresenta deter.	Pouco deteriorada	-	Totalmente deteriorada

**Quadro 10- Roteiro para a avaliação técnica.**

De acordo com as tabelas, os roteiros foram padronizados da seguinte forma: o cabeçalho identifica a pesquisa (entrevista com usuário, com a empresa, ou avaliação técnica) e também localiza a identificação da etapa a ser avaliada (projeto, subsistemas, ou manutenção). O apêndice 2 apresenta orientações sobre cada item de análise, com o objetivo de balizar a pesquisa.

## 6.2. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados dos itens analisados foram compilados em tabelas policromáticas, com o intuito de quantificá-los através da adoção de cores e pesos para cada conceito, de acordo com o grau de importância para os objetivos de pesquisa (LPP-UFES, 2006).

A adoção de cores para a conceituação buscou facilitar a compreensão dos resultados de cada item da pesquisa e do resultado final de cada edificação. A determinação dos tons (azul, verde, amarelo e vermelho) ocorreu de acordo com a influência de cada um na comunicação visual (tabela 2).

Tabela 2- Cores, condição, valores dos critérios de avaliação.

CORES	CONDIÇÃO	VALOR DAS RESPOSTAS NOS QUESTIONÁRIOS
	EXELENTE	4
	BOA	3
	RUIM	2
	PÉSSIMA	1

Fonte: Laboratório de Planejamento e Projeto - UFES (2006).

Nota: Dados adaptados pelo autor.

Segundo Deribéré (1964 apud RODRIGUES, 2008) a cor é uma sensação fisiológica, que tem relação com aspectos do funcionamento do olho e com a luz incidente sobre o mesmo, permitindo assim a percepção. Os tons utilizados fazem menção ao grau de temperatura que transfere ao observador, ou seja, cores denominadas frias (azul e verde) que emitem sensação de aprovação e observação e cores denominadas quentes (amarelo e vermelho) que emitem a sensação de alerta e perigo. As cores diferenciadas, adotadas para cada conceito objetivaram demonstrar, com maior clareza, as deficiências e as potencialidades observadas durante o processo da pesquisa de campo.

A tabela 3 também mostra os conceitos adotados para definir as questões qualitativamente (excelente, boa, ruim, péssima) e seus valores que variam de 4, para a melhor condição e 1, para a pior condição. Vale ressaltar que não foram adotados valores nulos, pois os elementos analisados compõem o objeto de estudo, não sendo possível o funcionamento das edificações sem seus componentes.

Considerando que cada etapa (projeto, subsistema e manutenção) de análise possui um grau de importância para a pesquisa, assim como os itens que as compõem, adotaram-se pesos e dimensões para cada um, sistematizando qualitativamente os conceitos de avaliação. Esses

tiveram pesos variando de 02 para os aspectos mais relevantes para o cumprimento dos objetivos da pesquisa e ½ para o de menor relevância (tabelas 3 e 4).

**Tabela 3 - Representação dos pesos e valores dos critérios de avaliação.**

PESOS	DIMENSÕES	RELEVÂNCIA
[2]		Questões relacionadas diretamente ao projeto da edificação.
[1]		Questões que interferem diretamente na durabilidade da edificação, mas que não fazem parte da etapa de estudo (projeto).
[1/2]		Questões que apresentam relevância moderada e que auxiliam nas conclusões finais.

Fonte: Laboratório de Planejamento e Projeto - UFES (2006).

Nota: Dados adaptados pelo autor.

**Tabela 4 - Peso de cada etapa e item de avaliação da pesquisa.**

CRITÉRIO DE PESQUISA	DIRETRIZ DE PESQUISA	PESO
Identificação do usuário [1/2]	Motivo de escolha da madeira	[1/2]
	Vantagens de desvantagens da madeira	[1/2]
	Durabilidade da edificação	[1/2]
Manutenção [1]	Manual de uso e manutenção	[1]
	Manutenção adequada à madeira	[1/2]
	Frequência de inspeção	[1/2]
	Substituição de peças por degradação	[1]
	Previsão de custo de manutenção pela empresa	[1/2]
	Deterioração da casa	[1]
Projeto [2]	Desenvolvimento	[2]
	Nível de detalhamento	[2]
	Memorial descritivo	[2]
	Espécie de eucalipto utilizada	[2]
	Tratamento preservativo	[2]
	Tratamento ao fogo	[1/2]
Implantação [1]	Proteção dos ambientes fontes de calor	[1]
	Seguimento dos fatores climáticos e geográficos	[1/2]
	Drenagem da água no terreno	[1]
	Afastamento das outras edificações	[1]
Exigências dos usuários [2]	Ventilação	[2]
	Segurança	[1/2]
	Estanqueidade	[2]
Subsistemas [2]	Defeito com interferência direta na durabilidade da edificação	[2]
	Defeito que interfere indiretamente na durabilidade da edificação	[1]

Para a obtenção dos resultados finais através da apresentação em formato de tabela policromática, utilizou-se a média aritmética ponderada para a obtenção do resultado final de cada edificação, ou seja, a soma dos valores do conjunto multiplicados pelo seu peso, dividida pela soma dos pesos. Os intervalos numéricos para os resultados estão descritos na figura 47 e foram obtidos definindo intervalos iguais para cada cor. Cabe ressaltar que a tabela policromática não evidencia algumas questões identificadas na pesquisa, então, esses dados são listados na apresentação dos resultados.

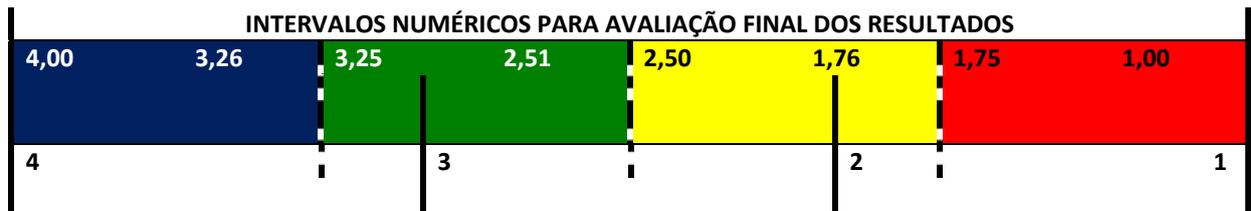


Figura 47 - Intervalos das cores utilizadas nos critérios de avaliação, baseado em Nico - Rodrigues (2008).

## **7. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS ESTUDOS REALIZADOS**

Os estudos realizados envolveram seis edificações escolhidas no diagnóstico preliminar conforme critérios apresentados no capítulo 02. Para o desenvolvimento da pesquisa foram elaborados roteiros que direcionaram a análise de projeto e da situação atual das residências, através de entrevistas (empresas e usuários) e avaliação técnica. Vale lembrar que, para a escolha das amostras pesquisadas, foi realizado um diagnóstico preliminar que envolveu visitas técnicas à nove edificações. A seguir, são apresentados os resultados das pesquisas de campo (entrevistas e avaliação técnica) consolidados com a revisão teórica.

### **7.1. EMPRESAS**

Os estudos de campo realizados evidenciaram, entre outros aspectos, que embora a utilização do eucalipto na construção civil do Estado esteja sendo aprimorada a cada experiência executada, existe a necessidade da realização de novos estudos que adéqüem as técnicas construtivas aos condicionantes locais, assim como as experiências descritas no capítulo 03. As tabelas policromáticas 5 e 7 apresentam os resultados das pesquisas com os usuários e responsáveis técnicos, as quais descrevem as situações abordadas nas EMPRESAS A e B.

Tabela 5 – Resultado da pesquisa com os usuários.

ENTREVISTA USUÁRIO		EMPRESA A			EMPRESA B		
	PESOS	Residência 01A	Residência 02A	Residência 03A	Residência 01B	Residência 02B	Residência 03B
<b>IDENTIFICAÇÃO DO USUÁRIO</b>							
	[1/2]						
Escolha da madeira como material construtivo	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Vantagens do uso da madeira	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Desvantagens do uso da madeira	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Como considera a durabilidade da casa	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		1,00	1,00	1,25	1,50	1,87	1,00
<b>MANUTENÇÃO</b>							
	[1]						
Possui manual de uso e manutenção	[1]	●	●	●	●	●	●
Manutenção do edifício adequada para madeira	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Freqüência de inspeção	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Substituição de peça por degradação	[1]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		3,00	2,00	2,50	2,17	2,50	2,00
<b>EXIGÊNCIAS USUÁRIOS</b>							
	[2]						
A casa é ventilada	[2]	●	●	●	●	●	●
É segura em relação à entrada de animais	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Ocorre penetração de água na casa	[2]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		8,00	8,00	7,78	8,00	7,78	8,00
		3,43	3,14	3,29	3,33	3,47	3,14
Média final de cada residência		●	●	●	●	●	●

As tabelas 6 e 8 referem-se à legenda das cores e pesos utilizados nas tabelas policromáticas.

Tabela 6 – Legenda das cores e pesos utilizados na tabela policromática.

CORES	CONDIÇÃO	VALOR DAS RESPOSTAS NOS QUESTIONÁRIOS	PESOS	DIMENSÕES
●	EXELENTE	4	[2]	●
●	BOA	3	[1]	●
●	RUIM	2	[1/2]	●
●	PÉSSIMA	1		●

Tabela 7 – Resultado da pesquisa com as empresas

ENTREVISTA EMPRESA		EMPRESA A			EMPRESA B		
	PESOS	Residência 01A	Residência 02A	Residência 03A	Residência 01B	Residência 02B	Residência 03B
<b>PROJETO</b>	[2]						
Desenvolvimento do projeto	[2]	●	●	●	●	●	●
Possui memorial descritivo	[2]	●	●	●	●	●	●
Espécie utilizada é adequada para construção civil	[2]	●	●	●	●	●	●
A madeira recebeu tratamento preservativo	[2]	●	●	●	●	●	●
Produto ignífugo	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		6,23	4,82	3,41	6,23	7,65	7,65
<b>MANUTENÇÃO</b>	[1]						
Previsão de custo de manutenção	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Média final de cada residência		2,24	1,77	1,30	2,24	2,72	2,72

Tabela 8 - Legenda das cores utilizadas na tabela policromática.

CORES	CONDIÇÃO	VALOR DAS RESPOSTAS NOS QUESTIONÁRIOS	PESOS	DIMENSÕES
●	EXELENTE	4	[2]	●
●	BOA	3	[1]	●
●	RUIM	2	[1/2]	●
●	PÉSSIMA	1		

A análise final dos resultados permitiu a averiguação de dados gerais sobre a pesquisa de campo e as entrevistas (usuários e empresas) de questões não evidenciadas nas tabelas policromáticas:

- ✓ Todos os moradores são proprietários das residências e as utilizam somente nos finais de semana e feriados, permanecendo pouco tempo no local, o que foi essencial para a verificação dos dados com um mesmo grau de conhecimento em relação à utilização, manuseio e situação atual das edificações;
- ✓ Mesmo que o contato inicial com os proprietários tenha sido realizado pela empresa responsável, o acesso aos mesmos eventualmente tornou-se difícil por vários motivos: incompatibilidade de horários para o agendamento, falta de tempo para entrevista, dúvidas em relação aos objetivos da pesquisa e ao pesquisador, e a sensação de invasão de privacidade;
- ✓ Os proprietários das residências executadas pela EMPRESA A não permitiram a mediação detalhada das edificações para fins de representação projetual, portanto são apresentados nos resultados finais possíveis detalhes construtivos utilizados nessas moradias;
- ✓ Observou-se que a maioria dos proprietários não conhece as propriedades técnicas da madeira e a escolha do material ocorreu pelo apelo estético, fato que influenciou na resposta dos itens sobre a identificação do usuário;
- ✓ O fácil acesso as empresas possibilitou averiguar as diferenças nas linhas de produção utilizadas por cada uma;
- ✓ Constatou-se que as empresas demonstraram domínio e experiência no assunto e, conseqüentemente, evolução nas técnicas construtivas de acordo com as obras executadas;
- ✓ A EMPRESA A utilizou, em algumas edificações, espécie de eucalipto inadequada para a construção civil. De acordo com a entrevista, o fato justifica-se pela falta de cultivo de plantas direcionadas para edificações no Estado;

- ✓ As peças de madeira das duas empresas passam pelo tratamento preservativo em autoclave, sob ação do produto CCA e são secas ao ar livre. Cabe destacar que a EMPRESA A terceiriza o desenvolvimento dessa etapa, enquanto a EMPRESA B efetua todos os processos provenientes da cadeia produtiva de uma edificação em madeira; e
- ✓ O *stain* é o produto utilizado para acabamento das peças de madeira pelas empresas, visto que é considerado de fácil manutenção, quando comparado às tintas e vernizes, pois, devido à inexistência de película, o revestimento não descasca quando exposto à ação do sol e da chuva.

A pesquisa de campo alicerçada às entrevistas (usuários e empresas) permitiu a análise de alguns pontos e o registro de particularidades que, auxiliaram na interpretação dos dados coletados, com o objetivo de facilitar a compreensão dos itens analisados na avaliação técnica. O quadro 11 ressalta os critérios mais importantes reproduzidos na tabela policromática (tabela 9).

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	EMPRESA A	EMPRESA B
PROJETO	-A residência 03A não possui projeto -O nível de detalhamento dos projetos existentes não foi avaliado devido à falta de acesso aos mesmos -Identificou-se a necessidade de melhor organização dos dados individuais das edificações	-Todos os projetos foram desenvolvidos para edificações em madeira, com o nível de detalhamento ideal para a execução das mesmas -A execução da maioria das edificações recebeu o auxílio do memorial descritivo
	-Algumas edificações não foram projetadas corretamente em relação à utilização da madeira em ambientes com fontes de calor	
MANUTENÇÃO	-As edificações não possuem manual de uso e manutenção que auxilie o usuário em relação às peculiaridades da madeira -As empresas não fornecem dados com previsão de custo de manutenção para as edificações -As inspeções são realizadas com frequência pela empresa somente nos primeiros meses, nos quais ocorre a estabilização estrutural da madeira -No geral, a manutenção das residências não possui particularidades em relação à madeira e são realizadas de acordo com o conhecimento do proprietário, ou seja, como numa edificação convencional (de alvenaria) -Todas as edificações estão em excelente estado em relação à durabilidade, provavelmente decorrente do pouco tempo de uso	
<b>SUBSISTEMAS</b>		
FUNDAÇÃO	-As fundações foram executadas de forma que contribuíssem para o aumento da durabilidade da edificação, principalmente em relação aos materiais utilizados e a distância das peças de madeira do solo	
FACHADA	-Algumas residências possuem peças com partes quebradas e desencaixadas, sendo o último característico do sistema construtivo artesanal, visto que essa não disponibiliza toras com diâmetros e tamanhos uniformes	-Não foram identificados defeitos relevantes
ÁREAS ÚMIDAS	-As residências que possuem peças de madeira em locais úmidos, estão em conformidade em relação ao revestimento das mesmas	
TELHADO	-A maioria das edificações possui algum tipo de dispositivo de drenagem de água de chuva	-As residências não possuem o sistema de drenagem de águas pluviais

**Quadro 11 – Pontos de destaque identificados na avaliação técnica**

A tabela 9 corresponde à compilação dos resultados referentes à avaliação técnica das edificações e a tabela 10 refere-se à legenda das cores e pesos utilizados na tabela policromática.

Tabela 9 – Resultado da avaliação técnica

AVALIAÇÃO TÉCNICA		EMPRESA A			EMPRESA B		
	PESOS	Residência 01A	Residência 02A	Residência 03A	Residência 01B	Residência 02B	Residência 03B
<b>PROJETO</b>	[2]						
Projeto com detalhes construtivos voltados, especificamente, para ampliar a durabilidade da edificação.	[2]	-	-	●	●	●	●
Os desenhos dos detalhes construtivos são suficientes para a execução da edificação.	[2]	-	-	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		-	-	2,0	8,0	8,0	8,0
<b>IMPLANTAÇÃO</b>	[1]						
Proteção dos ambientes fontes de calor	[1]	●	●	●	●	●	●
Seguimento dos fatores climáticos	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Seguimento dos fatores geográficos	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Drenagem da água no terreno	[1]	●	●	●	●	●	●
Afastamento das outras edificações	[1]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		4,0	3,25	3,25	4,0	3,75	4,0
<b>SUBSISTEMAS</b>							
<b>FUNDAÇÃO</b>	[2]						
Possui elementos de madeira	[2]	●	●	●	●	●	●
Distância das peças de madeira do solo ou piso	[2]	●	●	●	●	●	●
Recalque no pilar	[1]	●	●	●	●	●	●
Partes quebradas na viga baldrame	[1]	●	●	●	●	●	●
Manchas de umidade na viga baldrame	[2]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		8,0	7,5	7,5	7,0	8,0	7,0
<b>ESTRUTURA</b>	[2]						
Partes apodrecidas	[2]	●	●	●	●	●	●
Defeito na madeira	[1]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		8,0	8,0	8,0	6,67	8,0	6,67

Continua

Continuação

AVALIAÇÃO TÉCNICA		EMPRESA A			EMPRESA B		
VEDAÇÃO	PESOS	Residência 01A	Residência 02A	Residência 03A	Residência 01B	Residência 02B	Residência 03B
<b>Fachada</b>	[2]						
Frestas/peças quebradas	[1]	●	●	●	-	●	●
Frestas/peças desencaixadas	[1]	●	●	●	-	●	●
Manchas superficiais	[2]	●	●	●	-	●	●
Partes apodrecidas	[2]	●	●	●	-	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		6,67	6,67	6,33	-	8,0	8,0
<b>Áreas úmidas</b>	[1]						
Revestimento das peças de madeira	[1]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		4,0	3,0	3,0	4,0	4,0	2,0
<b>ESQUADRIAS</b>							
<b>Janelas</b>	[1]						
Empenamento do conjunto	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Defeito no funcionamento	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Partes apodrecidas	[1]	●	●	●	●	●	●
Frestas painel	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Possui pingadeira	[1]	●	●	●	●	●	●
Frestas/painel x pingadeira	[1/2]	-	-	-	-	●	-
Defeito no funcionamento da pingadeira	[1/2]	-	-	-	-	●	-
Defeito no posicionamento da pingadeira	[1/2]	-	-	-	-	●	-
Partes apodrecidas na pingadeira	[1]	-	-	-	-	●	-
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		3,14	2,71	3,14	3,14	4,0	3,14
<b>Portas</b>	[1]						
Defeito no funcionamento	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Partes apodrecidas	[1]	●	●	●	●	●	●
Frestas folha	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Fresta/folha x batedor	[1/2]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		4,0	3,80	4,0	4,0	4,0	3,4

Continuação

							Conclusão
AVALIAÇÃO TÉCNICA		EMPRESA A			EMPRESA B		
COBERTURA	PESOS	Residência	Residência	Residência	Residência	Residência	Residência
Tesoura	[2]	01A	02A	03A	01B	02B	03B
Defeito na madeira	[1]	●	●	●	●	●	●
Partes apodrecidas	[2]	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Defeito ligação	[2]	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
<b>Estrutura do telhado</b>	[2]						
Peças com defeito	[1]	●	●	●	●	●	●
Partes apodrecidas	[2]	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		7,33	8,0	6,67	6,67	7,33	6,67
<b>Telhado</b>	[2]						
Telha quebrada	[2]	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Telha solta ou fora do lugar	[2]	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Defeito no plano do telhado	[1]	●	●	●	●	●	●
Tamanho do beiral	[2]	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Drenagem de águas pluviais	[2]	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		6,80	8,0	6,0	6,0	6,40	6,0
<b>MANUTENÇÃO</b>	[1]						
O manual proporciona ao usuário informações técnicas de como proceder durante a limpeza, como garantir a impermeabilidade, etc.	[1]	-	-	-	●	●	●
Deterioração da edificação	[1]	●	●	●	●	●	●
Média ponderada das diretrizes x peso do critério		4,0	4,0	4,0	2,5	2,5	2,5
Média final de cada residência		3,76	3,70	3,26	3,53	3,79	3,44
		●	●	●	●	●	●

Tabela 10 – Legenda das cores utilizadas na tabela policromática.

CORES	CONDIÇÃO	VALOR DAS RESPOSTAS NOS QUESTIONÁRIOS	PESOS	DIMENSÕES
●	EXELENTE	4	[2]	●
●	BOA	3	[1]	●
●	RUIM	2	[1/2]	●
●	PÉSSIMA	1		

Baseado na análise dos resultados finais obtidos através do roteiro direcionado para a avaliação técnica das residências e apresentados na tabela 9 segue a síntese dos resultados obtidos:

#### **EMPRESA A:**

- ✓ A falta de análise dos projetos, fator de essencial importância para o desenvolvimento da avaliação, fez com que o mesmo não fosse julgado e, assim, não obtivesse pontuação na análise final da empresa;
- ✓ É possível perceber que em relação à EMPRESA B, o item que obteve melhor desempenho foi o de drenagem das águas pluviais do telhado, devido à existência de dispositivos (calhas e rufos) que auxiliam na durabilidade da estrutura do mesmo e da fachada, visto que evitam o respingo das águas de chuva nas peças de madeira.

#### **EMPRESA B:**

- ✓ Considerando que a empresa adota o processo de produção industrial, ou seja, padronizado para todas as edificações, os resultados numéricos obtidos na avaliação técnica deveriam ter maior semelhança;
- ✓ Os projetos foram considerados como completos, pois são compostos por dados básicos para a execução da habitação em madeira, mas existe a necessidade de adição de detalhes importantes para auxiliar na durabilidade da edificação.

Constatou-se que o número de edificações existentes no Estado possivelmente interferiu na obtenção de dados conclusivos mais eficazes, e que é importante a realização de ensaios em laboratórios específicos que avaliem a situação interna das peças de madeira.

## **7.2. RESIDÊNCIAS AVALIADAS**

Para alcançar o objetivo da dissertação, que tem como proposta formular diretrizes projetuais com base no desempenho em relação à durabilidade de casas em tora de eucalipto, a análise do projeto e sua relação com os eventuais problemas observados durante o uso da edificação é muito importante, visto que, esses resultados é que subsidiam as recomendações finais. Sendo assim, foram registradas algumas características individuais,

problemas e pontos positivos das residências que auxiliaram no resultado final da pesquisa, conforme a seguir detalhadas:

---

**RESIDÊNCIA 01A (figura 48)**

---



Figura 48 – Residência 01A.

**Localização:** Domingos Martins

**Ano:** 2003

**Descrição:** *log home* / alvenaria convencional

**Classificação:** ● = 3,76

A RESIDÊNCIA 01A é caracterizada pelo sistema construtivo *log home*, executado de forma artesanal com o encaixe macho e fêmea (figuras 49 e 50).



Figura 49 – Peças encaixadas formando a parede em *log home*.

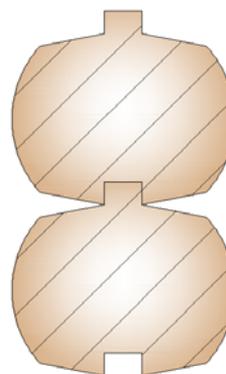


Figura 50 – Possível detalhe projetual de encaixe das peças.

A forma de execução da edificação (artesanal) favorece a presença de desencaixes e frestas nas paredes em *log*. Esses defeitos, muitas vezes, são aceitos como proposta estética, mas, em alguns casos podem afetar a estanqueidade da moradia em relação à água, ao vento e aos insetos (figuras 51 e 52).

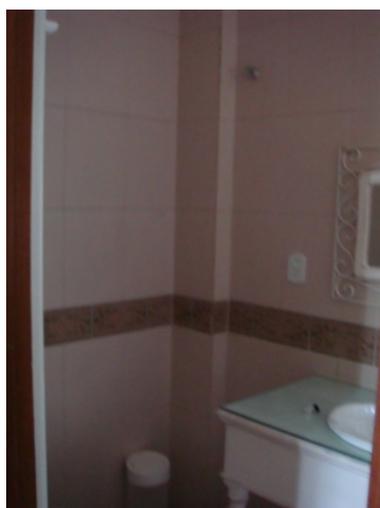


**Figura 51 – Peças com frestas.**



**Figura 52 – Peças desencaixadas.**

Na avaliação técnica observaram-se algumas disposições construtivas básicas válidas para o aumento da durabilidade, tais como: o afastamento das peças de madeira do solo através do pavimento térreo em alvenaria, impedindo assim que a madeira seja atingida pela umidade através do efeito capilar, e por insetos; o correto seguimento dos fatores climáticos, contribuindo para que a ventilação e a insolação incidam adequadamente na edificação e, conseqüentemente, mantenham as toras protegidas de umidade e de insolação permanente; o posicionamento da cozinha no pavimento em alvenaria, fazendo com que as peças de madeira não estejam em contato com possíveis fontes de calor, não permitindo a propagação do fogo em caso de incêndio; e a ausência de peças de madeira em ambientes úmidos, como os banheiros (figura 53).



**Figura 53 – Ausência de madeira no banheiro.**

Observou-se que algumas partes da cobertura possuem apenas rufos, como elemento de drenagem das águas pluviais. A ausência de calha nesses pontos demonstra que as peças estruturais do telhado poderão sofrer o acúmulo de umidade (figuras 54 e 55).



Figura 54 – Cobertura sem sistema de canalização de água de chuva.



Figura 55 – Cobertura com o rufo e calha.

É interessante ressaltar que no período da avaliação técnica a residência iniciava o processo de intervenções de manutenção, procedimento de extrema importância para o bom desempenho da edificação e, principalmente, para o aumento de sua durabilidade.

---

### RESIDÊNCIA 02A (figura 56)

---



Figura 56 – Residência 02A.

**Localização:** Marechal Floriano

**Ano:** 2002

**Descrição:** *log home*

**Classificação:** ● = 3,70

A implantação da residência respeita a topografia local, a qual se caracteriza por um declive razoavelmente acentuado, o que promove o bom escoamento das águas de chuva. A sua locação encontra-se sobre uma caixa de blocos de concreto, detalhe construtivo que afasta a edificação do solo. Além disso, algumas paredes no sistema *log*, estão afastadas do piso através de uma cinta executada em pedra, que em conjunto com a caixa de blocos minimiza a passagem de umidade para as peças de madeira e o ataque por insetos (figuras 57, 58 e 59).



Figura 57 - Apoio da edificação sobre blocos de concreto.

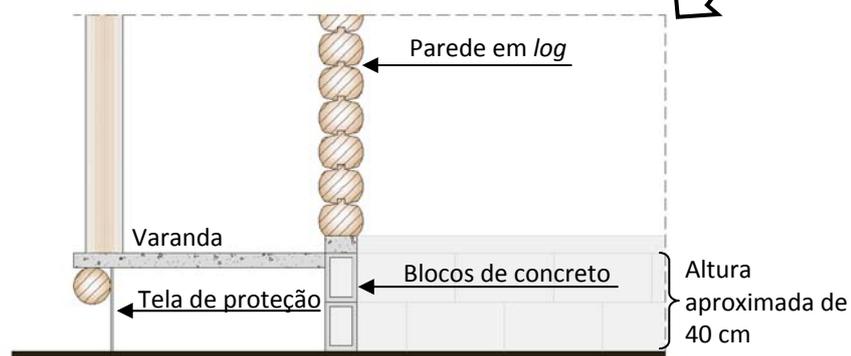


Figura 58 – Corte esquemático utilizado para a execução da locação.



Figura 59 – Afastamento da parede em log do piso.

Os cuidados construtivos utilizados com a estrutura e as paredes da edificação não são utilizados para os pilares localizados nas varandas, visto que os mesmos estão assentados diretamente no piso, situação favorável para acelerar a degradação dessas peças (figura 60).



**Figura 60 – Pilares em contato direto com o piso.**

Em relação à prevenção contra o fogo, a moradia possui afastamento ideal da residência vizinha, fator que impede a propagação de chamas e, dispõe de extintor de incêndio, sendo a única equipada com o mesmo. Porém a cozinha é caracterizada pela presença de grande número de peças de madeira, situação desfavorável à propagação do incêndio na edificação (figuras 61, 62 e 63).



**Figura 61 - Afastamento entre as edificações.**



**Figura 62 – Extintor de incêndio.**



**Figura 63 – Cozinha em contato direto com peças de madeira.**

A situação atual das peças de madeira é considerada como bom, mas, vale ressaltar que inúmeras peças possuem frestas, possivelmente decorrentes de erros no período de secagem, em relação ao teor de umidade necessário para o uso (figura 64).



Figura 64 – Peças de madeira com frestas.

A cobertura dessa edificação merece destaque em relação ao sistema de captação de águas pluviais, pois foi executado de forma que evite a retenção de umidade nas peças que compõem a estrutura do telhado e possui coberturas exclusivas para as janelas, já que essas não possuem pingadeiras que impeçam o acúmulo de água de chuva nos seus peitoris e também para protegê-las da insolação (figura 65).



Figura 65 – Janelas com coberturas.

---

### RESIDÊNCIA 03A (figura 66)

---



Figura 66 – Residência 03A.

**Localização:** Fundão

**Ano:** 2003

**Descrição:** *log home* / pilar e viga com vedação em alvenaria / alvenaria convencional

**Classificação:** ● = 3,26

A edificação em questão diferencia-se das outras essencialmente pela localização, pois enquanto as demais se localizam na região serrana, esta se encontra em direção ao Norte do

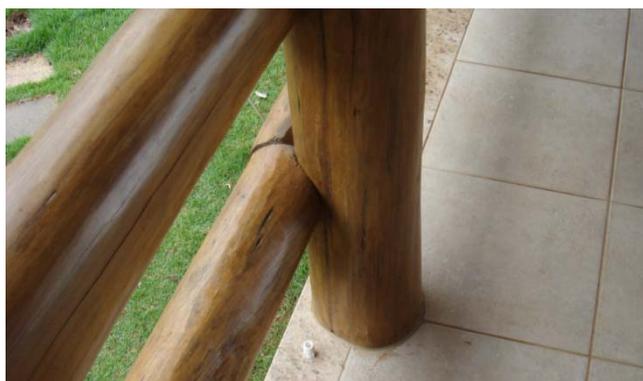
Estado. O detalhe construtivo mais interessante em relação ao aumento da durabilidade é a utilização de uma cinta de concreto a qual apóia a estrutura da casa e, através dela é feito o afastamento do madeiramento estrutural da laje de piso (figura 67).



**Figura 67 – Madeiramento afastado do piso.**

Apesar da utilização de alguns detalhes construtivos citados anteriormente, é importante ressaltar que a preocupação na manutenção de particularidades tecnológicas da madeira em alguns ambientes é contraditória, tais como:

- ✓ Contato direto entre peças de madeira e piso observado no guarda-corpo da varanda, situação que contribui consideravelmente na deterioração desse componente arquitetônico, visto que o local é suscetível ao acúmulo de água devido às aberturas laterais (figura 68).



**Figura 68 – Peça de madeira em contato direto com o piso da varanda.**

- ✓ Recomenda-se que os ambientes com fontes de calor relevantes não possuam peças de madeira ou que sigam as restrições indicadas para que essas não facilitem à propagação do incêndio. A cozinha da residência é caracterizada, por exemplo, pela presença de inúmeras toras próximas ao fogão (figura 69).



Figura 69 – Cozinha em contato direto com peças de madeira.

- ✓ Em entrevista com o usuário foi relatado que na realização de uma inspeção foi diagnosticada a presença de frestas que estariam permitindo a intrusão de pequenos animais, como morcegos, no interior da casa. Como solução para a vedação das fendas realizou-se o processo de calafetar, ou seja, o fechamento das mesmas. Cabe ressaltar, que o produto aplicado não corrige o defeito da tora, pois somente proporciona uma melhor estanqueidade local (figuras 70 e 71).



Figura 70 - Espuma utilizada para calafetar as frestas.



Figura 71 - Peça desencaixada.

- ✓ Baseado na fundamentação conceitual sabe-se que o projeto, independente do tipo de construção, é uma etapa de imensa valia para o correto desempenho da edificação. De acordo com a entrevista realizada com o proprietário, a residência não teve um projeto específico para sua execução em madeira. A figura 72 representa as plantas do projeto utilizado, concebido para a execução em alvenaria tradicional.

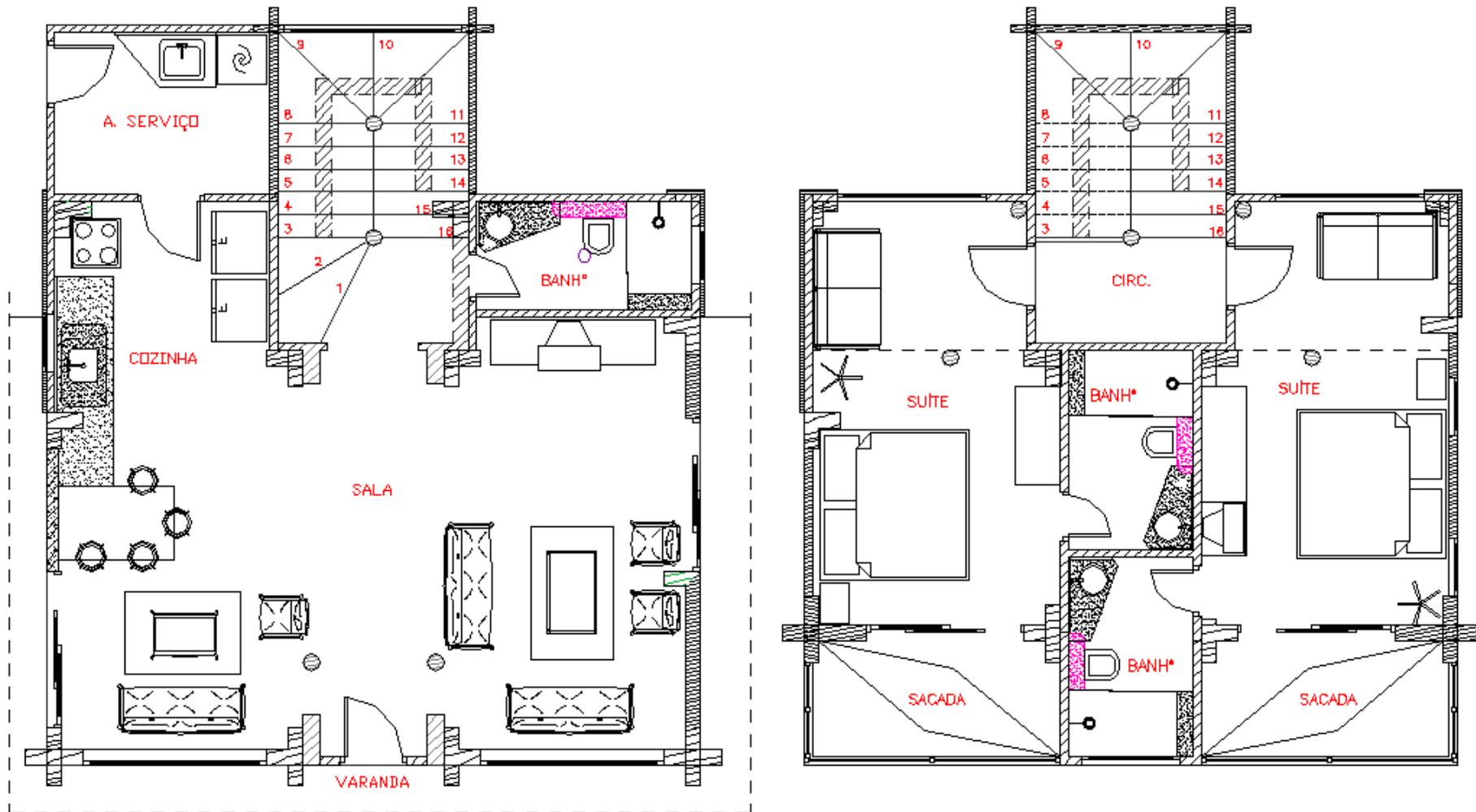


Figura 72 – Planta baixa térreo dos dois pavimentos, à térreo e à esquerda pavimento superior. Projeto cedido pelo proprietário.

- ✓ É possível perceber a ausência de detalhes construtivos que auxiliem a execução de uma obra em madeira. Com isso, conclui-se que os defeitos construtivos identificados, como as frestas na alvenaria de encontro com a madeira, possivelmente foram causados pela falta de detalhamento projetual e pelo uso incorreto desses materiais (figura 73).



Figura 73 – Fresta entre a madeira e a alvenaria.

- ✓ De acordo com os itens de importância relacionados às inspeções de manutenção citados no capítulo 04, a realização de um projeto adequado ao material de construção utilizado, ou seja, que considere as particularidades do mesmo, e executado corretamente é fundamental para a manutenção da edificação e para evitar situações favoráveis à degradação de suas partes.

---

### RESIDÊNCIA 01B (figura 74)

---



Figura 74 – Residência 01B.

**Localização:** Pedra Azul

**Ano:** 2002

**Descrição:** alvenaria convencional / pilar e viga com vedação em alvenaria;

**Classificação:** ● = 3,53

A RESIDÊNCIA 01B diferencia-se das outras edificações pesquisadas por não possuir o sistema construtivo *log home*. O fato de o terreno ter declive acentuado proporcionou a

concepção de uma residência de dois pavimentos sem a realização de corte no local. O pavimento subterrâneo caracteriza-se pela alvenaria convencional, fato que auxilia na durabilidade da estrutura em madeira do pavimento térreo.

O projeto foi executado levando em consideração alguns detalhes construtivos, tais como: pilares apoiados em base de concreto com altura de 30 cm; dispositivo de ligação para diferentes materiais (madeira e alvenaria); e implantação que privilegia a ventilação e a drenagem do terreno.

Em geral, a casa encontra-se em bom estado de conservação, o que não significa o correto funcionamento do sistema, possivelmente por incompatibilidade entre projeto e execução. A avaliação técnica permitiu a identificação de pequenos defeitos que podem gerar conseqüências negativas para a edificação, tais como:

- ✓ O lavabo (pavimento térreo) possui um fechamento de toras de madeira e vidro. Esses pilares estão em contato direto com o piso de brita do jardim externo, ambiente fonte de umidade que provoca a retenção de água na madeira e de provável ataque biológico (figura 75).



**Figura 75 – Pilar com princípio de degradação devido ao acúmulo de umidade.**

- ✓ A ligação da madeira com outro tipo de material, como a alvenaria de vedação, é considerado como ponto crítico no correto desempenho da edificação. Nesse caso, é possível identificar que o caderno técnico especifica detalhadamente esse encontro de materiais, porém na avaliação técnica foram identificadas inúmeras frestas internas e externas, as quais causam desconforto visual em relação aos conceitos

estéticos e tornam-se locais de possível acúmulo de umidade que danificam a madeira (figuras 76, 77, 78 e 79).

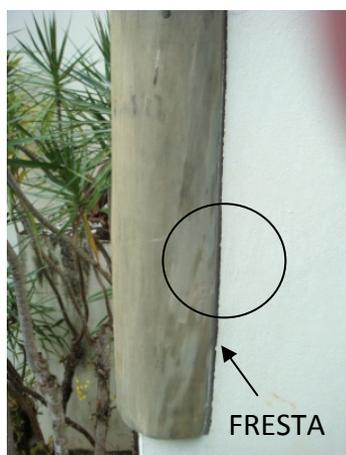


Figura 76 - Fresta entre madeira e alvenaria da parede externa.



Figura 77 - Detalhe de fresta na parede externa.



Figura 78 - Fresta vertical entre a viga de madeira e a alvenaria numa parede interna.



Figura 79 - Fresta no encontro da viga de madeira com a janela em uma parede interna.

A ausência de pingadeiras nas esquadrias e dispositivos de drenagem do tipo calha nos telhados facilita o acúmulo de umidade local que danificam os subsistemas da edificação.

### RESIDÊNCIA 02B (figura 80)



Figura 80 - Residência 02B.

**Localização:** Pedra Azul

**Ano:** 2002

**Descrição:** log home / pilar e viga com vedação em alvenaria

**Classificação:** ● = 3,79

A RESIDÊNCIA 02B caracteriza-se, em geral, pela utilização do sistema construtivo *log home*. Em locais com funções peculiares (cozinha e área de serviço), ocorre a associação da alvenaria convencional para vedação e da madeira na estrutura, como na cozinha e na área de serviço que são considerados ambientes com considerável fonte de umidade (figuras 81 e 82).



**Figura 81 – Presença da madeira na estrutura da cozinha.**



**Figura 82 – Área de serviço com estrutura em madeira.**

Cabe salientar que a madeira quando aplicada nesses locais, mesmo que em pouca quantidade, deve possuir revestimento que proteja a sua integridade quando sujeita a ação da umidade. A figura 80 mostra que além da umidade a cozinha possui equipamentos considerados fonte de calor, como o fogão. Nesse caso, é indispensável manter uma distância mínima de 50 cm entre o fogão e a madeira.

Apesar da implantação não estar distante do solo, as peças de madeira das paredes em *log* estão apoiadas numa base de argamassa impermeabilizada e os pilares estão afastados do piso através de um dispositivo metálico, detalhes construtivos que auxiliam na proteção da madeira em relação ao efeito capilar e ao ataque de insetos xilófagos (figuras 83, 84, 85 e 86).

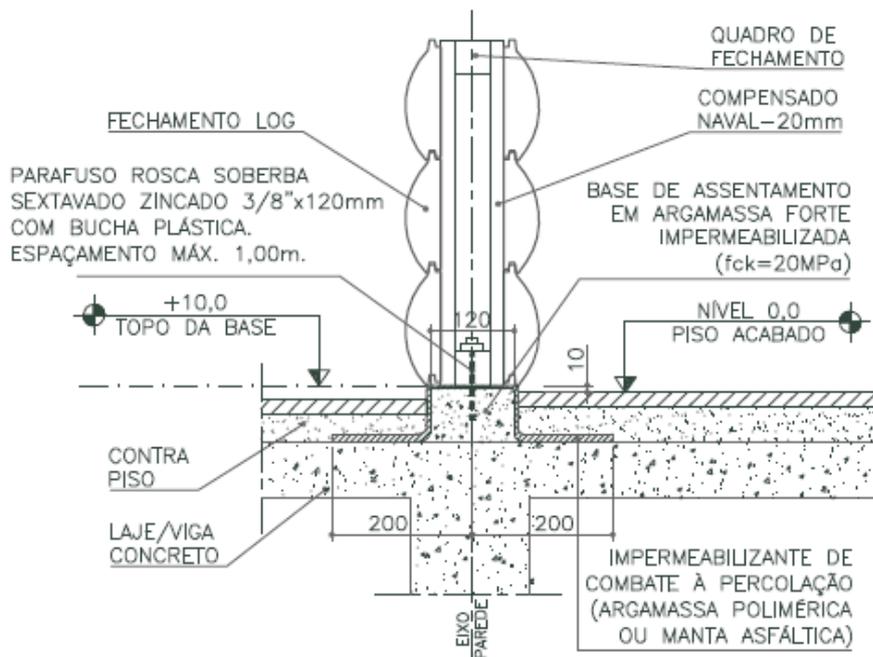


Figura 83 – Detalhe de corte da base de assentamento da parede em *log*. Projeto cedido pela EMPRESA B.

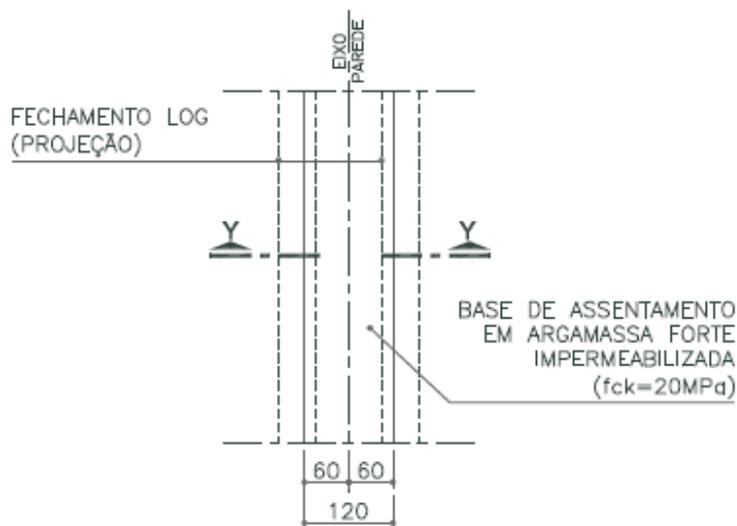


Figura 84 – Planta baixa do detalhe de assentamento da parede em *log*. Projeto cedido pela EMPRESA B.

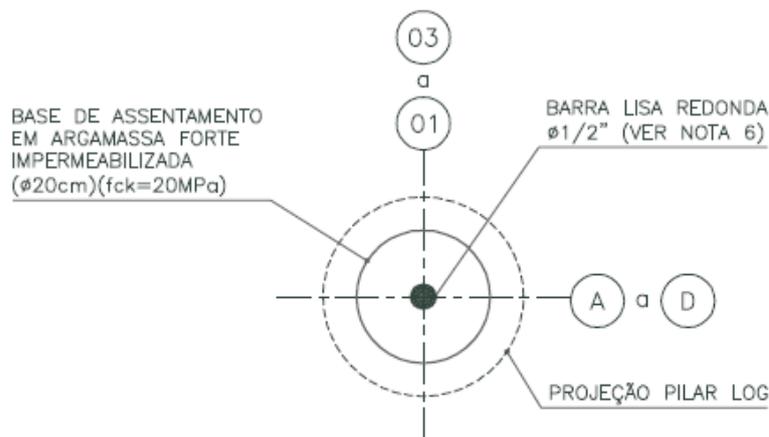
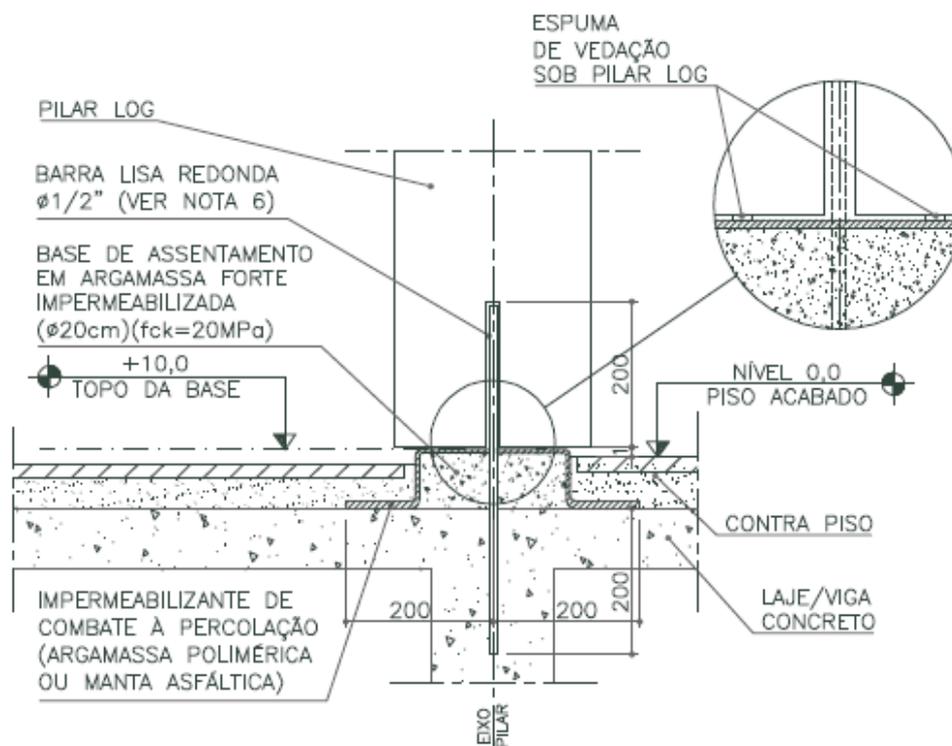


Figura 85 – Planta baixa da base do pilar. Projeto cedido pela EMPRESA B.

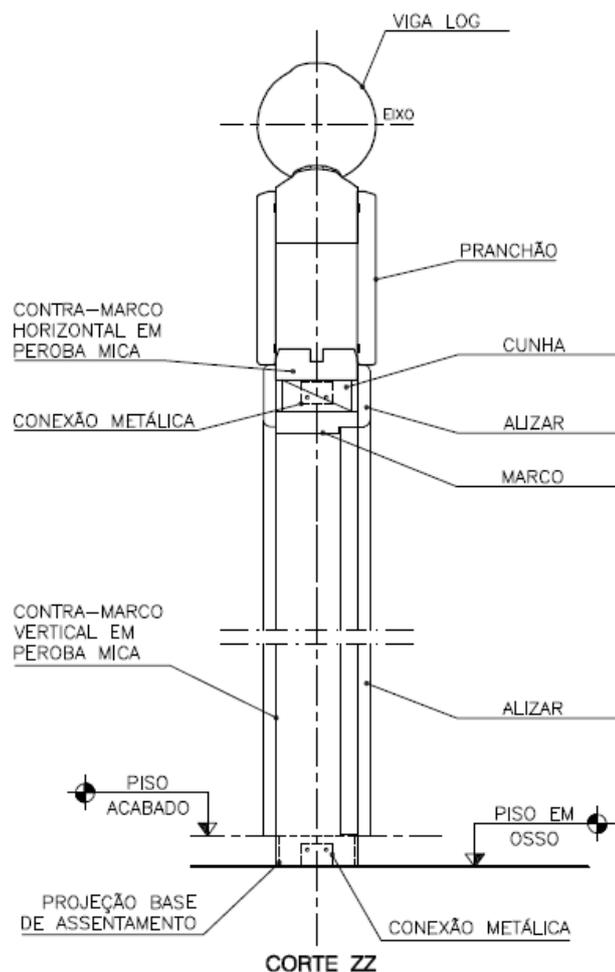


**Figura 86 – Vista frontal do detalhe de afastamento do pilar em relação ao piso. Projeto cedido pela EMPRESA B.**

A madeira sofre uma acomodação dimensional após a execução da obra, principalmente em função da retração sofrida pelas peças devido a perda de umidade. Sendo assim, foi desenvolvido um detalhe construtivo que favorece o bom desempenho da edificação em relação a esse fato, ou seja, acima das esquadrias encontra-se um espaço livre deixado justamente para que acomode essa variação dimensional das peças (figuras 87 e 88).



**Figura 87 – Espaçamento coberto por prancha de madeira.**



**Figura 88 – Detalhe do espaçamento para variação dimensional da madeira. Projeto cedido pela EMPRESA B.**

Outro detalhe construtivo encontrado na edificação são as pingadeiras em pedra localizadas nas esquadrias que evitam o acúmulo de água de chuva que ocasionalmente as danificam. Observou-se que a cobertura não possui calha para a drenagem das águas pluviais, mas dispõe de rufos impermeabilizados (figuras 89, 90 e 91).



**Figura 89 – Pingadeira da janela.**



**Figura 90 – Telhado com rufo.**

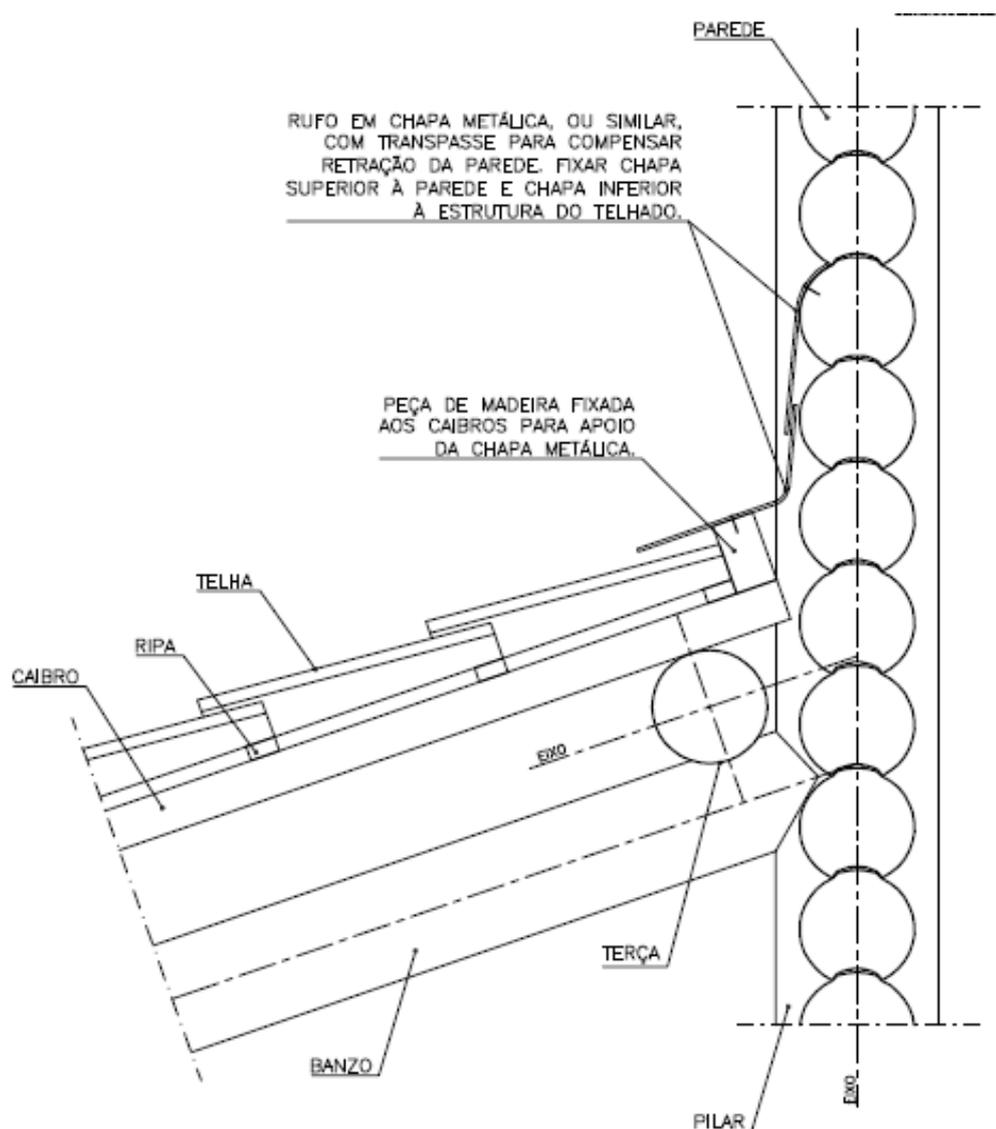


Figura 91 – Detalhe de execução do rufo. Projeto cedido pela EMPRESA B.

Em relação ao rufo, salienta-se a preocupação em relação ao acúmulo de umidade, caso a sua execução não seja realizada corretamente. Nesse caso, o detalhamento de projeto especifica a utilização de chapa metálica, visto que essa é flexível quanto à inclinação e não permite o aparecimento de frestas, locais prováveis a retenção de água. Além disso, a medida do beiral utilizado é ideal para a proteção da fachada em relação aos respingos das águas de chuvas e da insolação.

---

**RESIDÊNCIA 03B (figura 92)**

---

**Figura 92 – Residência 03B.****Localização:** Pedra Azul**Ano:** 2002**Descrição:** pedra / alvenaria convencional / pilar e viga com vedação em alvenaria / *log home***Classificação:** ● = 3,44

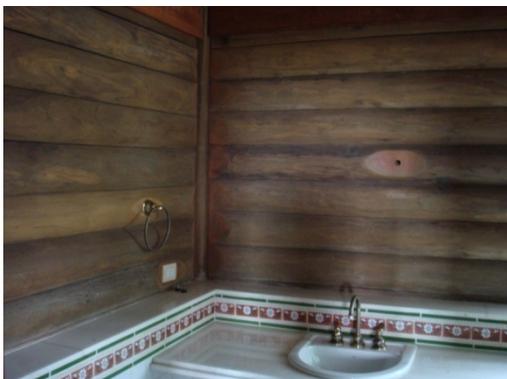
A RESIDÊNCIA 03B, atualmente, encontra-se fechada e, conseqüentemente, não há manutenção diária. Através da avaliação técnica da edificação e do projeto foi possível perceber que as condições em relação aos cuidados na manutenção da madeira seriam amenizadas se houvesse mais detalhes construtivos específicos para o uso da mesma.

A proposta de utilização de pedra e alvenaria no pavimento térreo facilitou conservação das paredes em *log*, porém algumas partes executadas em madeira, como os pilares estruturais e o guarda-corpo localizado na área descoberta, não foram devidamente afastados do piso, sofrendo assim, um acúmulo de umidade e conseqüente deterioração (figuras 93 e 94).

**Figura 93 – Pilar estrutural com acúmulo de umidade na base.****Figura 94 – Guarda-corpo de área descoberta com grande quantidade de umidade.**

A utilização de madeira em ambientes úmidos não é recomendada, porém as paredes em *log* do pavimento superior encontram-se inclusive nos banheiros. Felizmente, essas não possuem indícios de deterioração, provavelmente pela falta de utilização desses ambientes e, conseqüente ausência de acúmulo de umidade nos mesmos. Somente uma peça está

marcada por manchas esbranquiçadas mas, provavelmente, pela incidência constante de raios solares (figuras 95 e 96).



**Figura 95 – Peças de madeira no banheiro.**



**Figura 96 – Peça instalada no banheiro, com a presença de manchas brancas.**

Observou-se que no quarto do casal (área seca) existe um pilar com a base, aparentemente, emendada e em início de deterioração. A emenda chama a atenção, pois a linha de produção da empresa é a industrial e as peças são cortadas de acordo com as medidas exatas de projeto. Já o princípio de podridão justifica-se por a peça fazer parte de uma parede de vedação externa, logo, o defeito está se proliferando pela mesma através da umidade ocasionada pelo acúmulo de água no piso na varanda (figura 97).

É perceptível a presença de falhas em outros pontos, como: a ausência de pingadeira nas esquadrias; peças que compõem a estrutura do telhado com rachaduras causadas, possivelmente, pela incompatibilidade do teor de umidade com a finalidade de uso; acúmulo de umidade nas peças do telhado devido à falta de dispositivos que canalizem as águas pluviais, como calhas e rufos (figuras 98 e 99).



**Figura 97 – Pilar estrutural com a base, aparentemente, cortada e em início de deterioração.**



**Figura 98 – Janela sem pingadeira e com acúmulo de umidade.**



**Figura 99 – Peça do telhado com fresta e acúmulo de umidade.**

Em recente manutenção realizada pela empresa algumas toras foram substituídas e o motivo não foi identificado, mas o fato comprova a existência de falha em algumas etapas, como execução, manutenção ou na escolha de peças. Ocorreu também o tratamento das frestas existentes em peças internas com mastique, produto espanhol à base de silicone, que além de resgatar a estanqueidade da tora, possui como vantagem estética o tom aproximado à cor da madeira (figura 100).



**Figura 100 – Peça com a utilização de mastique.**

Segundo informações cedidas pela empresa responsável o produto utilizado por ela apresenta bom desempenho, mas não é encontrado no país. Quando não é feita a aquisição, dependendo da situação de uso, utilizam o silicone transparente que, apesar de não proporcionar um efeito estético favorável, mantém a estanqueidade da peça.

## 8. PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PROJETAIS

A utilização da madeira, assim como em projetos de arquitetura que usam outras formas de construção, necessita de harmonia e equilíbrio, obtido através da adequação entre projeto, concepção das partes e meio de inserção sem prejuízos ao material e a edificação. É imprescindível que, na fase de projeto, sejam identificados os pontos sujeitos aos maiores problemas para a conservação da edificação quando exposta às variáveis ambientais. Para Suchsland (1982, apud BENEVENTE, 1995) os subsistemas são caracterizados por requerimentos de durabilidade individuais e que dependem da sua posição e importância no conjunto da construção.

Na realização dessa avaliação a pesquisa de campo e o embasamento teórico nortearam o desenvolvimento das propostas de diretrizes projetuais que auxiliarão num melhor desempenho de futuras edificações executadas em toras de eucalipto no Estado do Espírito Santo. Cada detalhe construtivo proposto foi baseado nos problemas identificados nas edificações analisadas e tem como intuito auxiliar no aumento da durabilidade da edificação em madeira, bem como na segurança à moradia e reduzir a necessidade de manutenção.

Com o objetivo de facilitar a compreensão dos problemas identificados e a sua ligação com a solução proposta, a seguir são apresentadas as imagens das edificações (figura 101) e os quadros (12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18) com a descrição do problema; a residência possuidora do mesmo; as possíveis causas; a respectiva diretriz projetual e os procedimentos de manutenção.



Residência 01A.



Residência 02A.



Residência 03A.



Residência 01B.



Residência 02B.



Residência 03B.

Figura 101 – Residências avaliadas.

**PROBLEMA 01 - DIFICULDADE DOS USUÁRIOS NA MANUTENÇÃO DA RESIDÊNCIA**

RESIDÊNCIAS: 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B

POSSÍVEIS CAUSAS:

1. Problemas no planejamento: inexistência do manual de uso e manutenção.

SOLUÇÃO: Desenvolvimento do manual de uso e manutenção com informações necessárias para a correta utilização da edificação.

**Quadro 12 – Descrição do problema 01: dificuldade dos usuários na manutenção da residência.****PROBLEMA 02 – ACÚMULO DE UMIDADE NA PARTE INFERIOR DAS JANELAS**

RESIDÊNCIAS: 03B

POSSÍVEIS CAUSAS:

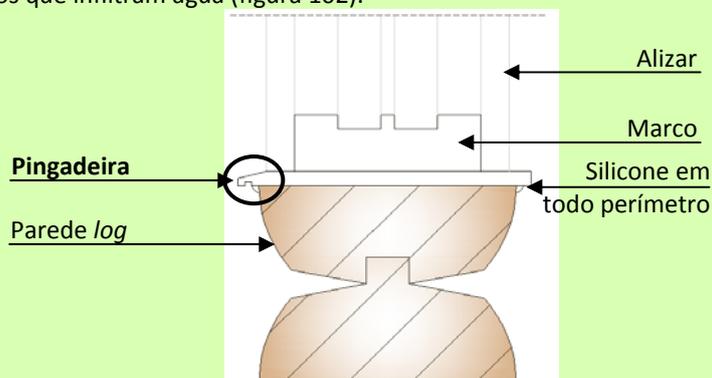
1. Problemas nas soluções de projeto (detalhes construtivos):

- O projeto não apresenta solução construtiva para esquadrias.

2. Problemas na execução:

- Falta de instalação de pingadeira.

SOLUÇÃO CONSTRUTIVA: Instalação de peitoril com pingadeira e como alternativa é a colocação de chapa de alumínio nos pontos que infiltram água (figura 102).

**Figura 102 – Detalhe de instalação de peitoril.**

Szücs (1992) cita que numa construção de madeira os locais mais expostos à degradação são: a parte baixa da construção (na qual a madeira encontra-se em contato direto com o solo ou muito próximo dele) e a parte externa da construção constantemente exposta às intempéries (portas, janelas, paredes externas e cobertura), na qual se aconselha evitar a execução de detalhes que facilitem a infiltração ou o acúmulo de água.

**Quadro 13 – Descrição problema 02: acúmulo de umidade na parte inferior das janelas.****PROBLEMA 03 – OXIDAÇÃO DE PARAFUSOS**

RESIDÊNCIAS: 03B

POSSÍVEIS CAUSAS:

1. Problemas nas soluções de projeto (detalhes construtivos):

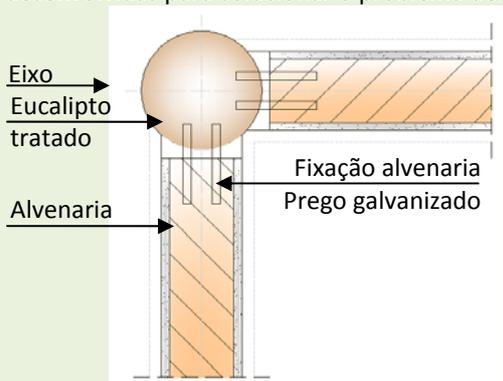
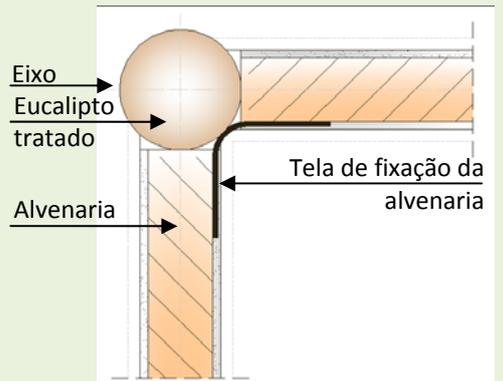
- O projeto não apresenta especificação adequada dos materiais

2. Problemas na execução:

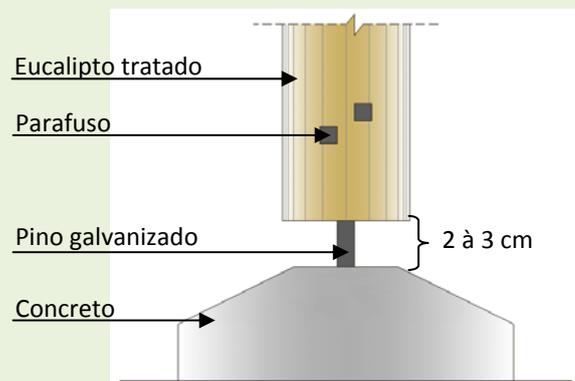
- Falta de instalação de proteção para os parafusos.

SOLUÇÃO: Instalar tampões de borracha nos parafusos para que sejam protegidos das intempéries e do acúmulo de água e utilizar materiais galvanizados.

**Quadro 14 - Descrição problema 03: oxidação de parafusos.**

PROBLEMA 04 – FRESTA NO ENCONTRO MADEIRA E ALVENARIA	
RESIDÊNCIAS: 02A e 01B	
POSSÍVEIS CAUSAS:	
1. Problemas nas soluções de projeto (detalhes construtivos):	
- O projeto não apresenta solução construtiva para a união de dois materiais diferentes	
2. Problemas na execução:	
- Falta de comunicação entre executor e projetista	
SOLUÇÃO: A ligação entre a vedação em alvenaria e a estrutura em madeira influencia diretamente no desempenho da edificação devido à importância na rigidez e durabilidade da obra, sendo assim, é extremamente importante o correto desempenho da mesma. As figuras 103 e 104 apresentam as propostas desenvolvidas para solucionar o problema detectado.	
	
<b>Figura 103 – Ligação entre estrutura e alvenaria com prego galvanizado.</b>	<b>Figura 104 – Ligação entre estrutura e alvenaria com tela de fixação.</b>

**Quadro 15 – Descrição do problema 04: fresta no encontro da madeira e alvenaria.**

PROBLEMA 05 – PILAR COM INDÍCIOS DE DEGRADAÇÃO NA BASE	
RESIDÊNCIAS: 03A, 01B e 03B	
POSSÍVEIS CAUSAS:	
1. Problemas nas soluções de projeto (detalhes construtivos):	
- O projeto arquitetônico não prevê qualquer afastamento entre a peça de madeira e o piso	
2. Problemas na execução:	
- Inexistência de afastamento do pilar em relação ao piso	
- Ausência de acabamentos que garantam maior proteção da peça	
3. Problemas na manutenção:	
- Ausência de manutenção periódica e repintura;	
- Falta de retirada da água acumulada na base dos pilares	
SOLUÇÃO: Segundo Campos (2002) o detalhe construtivo deve evitar o contato direto entre a madeira e o piso ou base de concreto, para que não ocorra a ação capilar, previna o ataque da madeira em relação aos insetos e a incompatibilidade entre os materiais pelas condições de uso (figura 105).	
	
<b>Figura 105 – Detalhe construtivo de afastamento do pilar da base de concreto, baseado em Ino (1997).</b>	

**Quadro 16 – Descrição problema 05: pilar com indícios de degradação na base.**

**PROBLEMA 06 – ACÚMULO DE UMIDADE NAS PEÇAS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA DO TELhado**

RESIDÊNCIAS: 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B

**POSSÍVEIS CAUSAS:****1. Problemas nas soluções de projeto (detalhes construtivos):**

- O projeto não prevê a coleta das águas pluviais (como conduzir as águas de chuva);
- O projeto não prevê fixadores metálicos como afastadores entre a madeira e as tubulações.

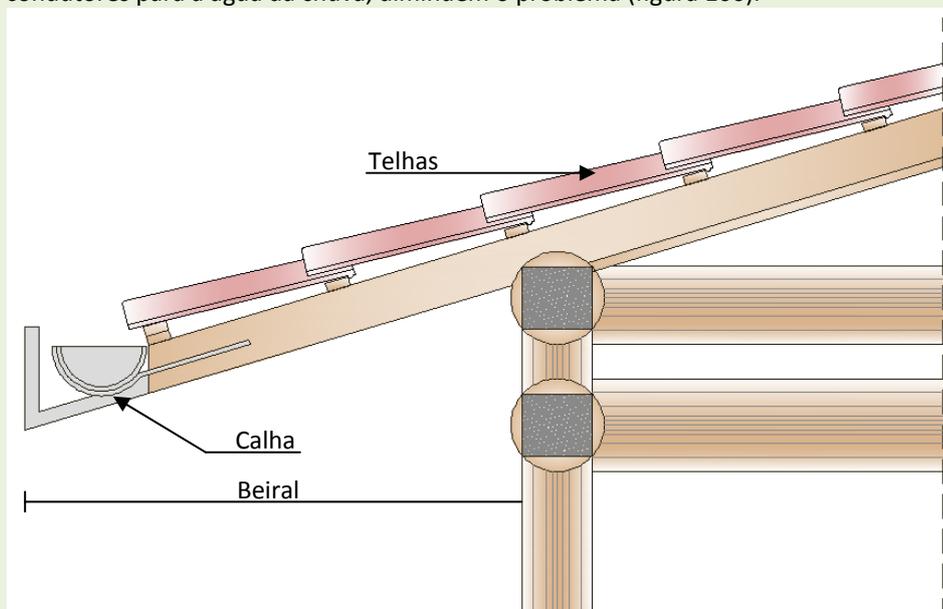
**2. Problemas de execução:**

- As tubulações foram deixadas em contato direto com as peças de madeira;
- Ausência das calhas coletoras das águas pluviais e proteção dos caibros.

**3. Problemas na manutenção:**

- Acúmulo de detritos (folhas, papel, etc.) junto às calhas coletoras das águas, causando entupimento;
- Falta de verificação e tratamento das peças de madeira do telhado;
- Ausência de acabamento que garanta maior proteção da madeira exposta.

**SOLUÇÃO:** Em relação à durabilidade da estrutura do telhado, os topos das peças são os pontos mais vulneráveis a proliferação de microorganismos e insetos. Isso ocorre pois, além da alta absorção de umidade, exposta a ação do sol e da chuva, a madeira entra num processo de envelhecimento natural, o qual acarreta rachaduras, que propiciam o desenvolvimento de fungos em situações ideais de umidade e temperatura. O sombreamento, a utilização de dispositivos metálicos fixos nas áreas mais críticas de exposição e a instalação de calhas e condutores para a água da chuva, diminuem o problema (figura 106).

**Figura 106 – Detalhe de instalação da calha.**

**Quadro 17 – Descrição problema 06: acúmulo de umidade nas peças que compõem a estrutura do telhado.**

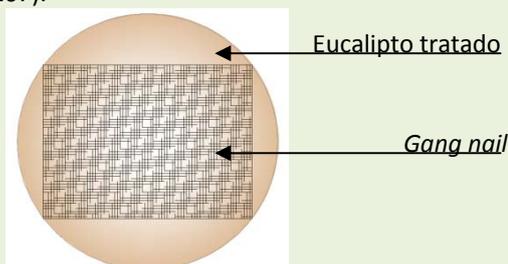
**PROBLEMA 07 – PEÇAS DE MADEIRA COM FRESTAS**

RESIDÊNCIAS: 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B

POSSÍVEIS CAUSAS:

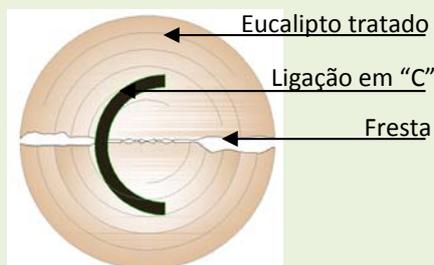
1. Problemas nas soluções de projeto (detalhes construtivos):
  - O projeto não especifica complementos de proteção para a madeira, como a chapa metálica.
2. Problemas na execução:
  - Falta de instalação de dispositivos metálicos nos topos das peças (*gang nail*).
3. Problemas no planejamento:
  - Espécie inadequada para a construção civil;
  - Teor de umidade incompatível com o necessário para a utilização.

SOLUÇÃO: Utilizar espécies específicas para o uso com até 18% de umidade e a instalação de chapa metálica (*gan nail*) no topo da peça durante o seu preparo para a execução da edificação, para que não ocorressem frestas conseqüentes de retração (figura 107).

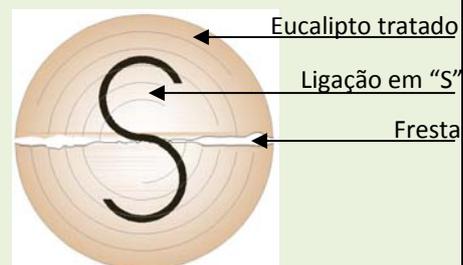


**Figura 107 – Representação gráfica de uma tora com chapa metálica no topo.**

Quando não é instalado o dispositivo, outro procedimento para manter a fresta fechada é preenchê-la com uma mistura da própria serragem da madeira de eucalipto. E para impedir que as aberturas se alastrem deve-se instalar uma peça de união metálica em forma de "C" ou "S" e parafusos ao longo da tora (figuras 108, 109 e 110).



**Figura 108 – Peça de madeira com união metálica em "C". Fonte: Estuque Filho (2006).**



**Figura 109 – Peça de madeira com união metálica em "S". Fonte: Estuque Filho (2006).**



**Figura 110 – Exemplo de instalação de parafuso ao longo da peça de madeira. Fonte: Estuque Filho (2006).**

Segundo Estuque Filho (2006), esses elementos metálicos usados na reparação são calculados para uma determinada pressão de serviço entre a madeira e os parafusos e esses reforços (os parafusos) são importantes, pois protegem contra a penetração de água nas fendas expostas e em caso de impactos, esses se concentram nos elementos isolados em vez de ser absorvidos pelo conjunto da obra. Em relação às espécies de eucalipto utilizadas Oliveira e Hellmeister (1998) citam que o *E. Tereticornis* deve ser utilizado em locais onde a evidência de ataque por cupins seja pequena; o *E. Grandis* é indicado para aplicações onde a estabilidade dimensional não seja importante e, também, em locais com baixa incidência de cupins; o *E. Citriodora* pode ter função estrutural por possuir excelente valor anisotrópico; e o *E. Cloeziana* necessita da aplicação de preservantes devido a porcentagem de alburno.

Continua

Conclusão
<b>PROBLEMA 07 – PEÇAS DE MADEIRA COM FRESTAS</b>
RESIDÊNCIAS: 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B
Para evitar frestas entre as peças no sistema <i>log</i> , é necessário que cada uma delas seja ligeiramente aplanada, e o encaixe entre elas seja perfeito para travar o conjunto e não influenciar a função estrutural das paredes. Sendo assim, o tronco deve ser cortado conforme o tamanho e o formato da tora sobre a qual será assentado e o acabamento complementado com uma mistura de pó de serra e cola para madeira a fim de corrigir pequenas falhas que possam aparecer (CUNHA, 2004).

**Quadro 18 - Descrição problema 07: peças de madeira com frestas.**

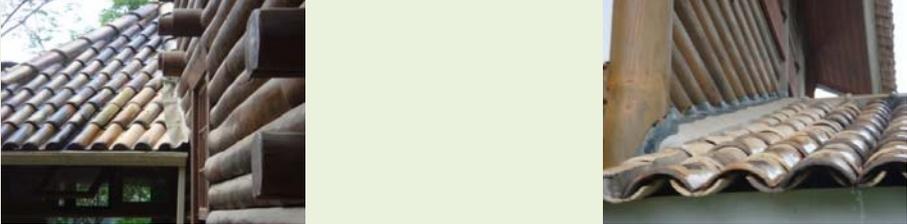
Além das propostas de detalhes construtivos relacionados às edificações avaliadas, algumas diretrizes gerais importantes para a execução de uma edificação em madeira, ressaltando que os aspectos abordados podem ser considerados nas regiões de um modo geral, mas, como cada área possui peculiaridades, alguns lugares requerem cuidados especiais em certos itens.

- ✓ O ideal é que o profissional responsável pelo projeto acompanhe todas as etapas da obra, da implantação à execução dos subsistemas, pois essas possuem diretrizes específicas;
- ✓ Para a implantação de um edifício, independente do tipo de material utilizado, é necessário o conhecimento dos condicionantes locais, os fatores geográficos - localização geográfica, solo, topografia e vegetação existente - e os fatores climáticos, tais como chuva, insolação, temperatura, orientação do sol e dos ventos dominantes. E a água deve ser drenada nas áreas de construção, para prevenir os agentes biológicos (BENEVENTE, 1995);
- ✓ A utilização da madeira na fundação não é recomendada mas, quando usada, deve-se tomar alguns cuidados como efetuar tratamento preservativo contra fungos e insetos e as intervenções (entalhes, furos, recortes, etc.) devem ser realizadas antes do tratamento da madeira;
- ✓ Contra insetos, além do envenenamento do solo ao redor do elemento é recomendada a utilização de escudos metálicos, que funcionam como barreiras físicas;
- ✓ Benevente (1995) cita que como resultado da inclinação dos planos do telhado existe os desvãos e a sua ventilação auxilia numa maior durabilidade da cobertura, pois, se

bem planejada, possibilita a retirada da umidade proveniente do interior da edificação e facilita a secagem de eventuais umedecimentos da madeira;

- ✓ A utilização de beirais com larguras ideais aos condicionantes locais propicia uma redução do fluxo de água na fachada e da exposição da edificação ao sol, com isso, a umidade incidirá menos, e conseqüentemente, possibilitará um melhor desempenho das peças expostas diminuindo a probabilidade da deterioração por fungos e do envelhecimento natural da madeira, contribuindo para menores custos de manutenção;
- ✓ Outro elemento importante para amenizar a deterioração da madeira é a utilização de testeiras colocadas nos telhados, também denominadas de madeiras de sacrifício, muito utilizadas pelos japoneses. A intenção é que essas peças fiquem sujeitas ao intemperismo e que sejam substituídas freqüentemente, enquanto que a estrutura principal fica preservada. Então, desempenham um papel estético de arremate e também protegem os componentes expostos da estrutura (MIOTTO, 2000).

Com o objetivo de facilitar a identificação das diretrizes projetuais avaliadas, o quadro 19 apresenta um resumo dos pontos positivos observados nas residências em questão que também são considerados detalhes construtivos adequados à edificação em madeira.

PONTOS POSITIVOS IDENTIFICADOS NAS RESIDÊNCIAS AVALIADAS	
<p><b>Espécie adequada ao uso</b> A etapa de indicação do material a ser utilizado é de extrema importância para o correto desempenho da edificação, visto que esse deve satisfazer as condições estéticas e estruturais, de execução, de disponibilidade, de custo e de durabilidade natural em relação ao uso previsto (BENEVENTE, 1995).</p>	
<p><b>Tratamento preservativo em autoclave</b> Segundo Ino (1997) o tratamento preservativo realizado em autoclave permite uma impregnação profunda da peça de madeira permeável e um maior controle do preservativo absorvido, proporcionando uma proteção mais eficaz e econômica em relação ao produto.</p>	
<p><b>Ausência de peças de madeira em ambientes com possíveis fontes de calor</b> O fato de não utilizar peças de madeira em ambientes com possíveis fontes de calor permite que a edificação aumente o fator de segurança em relação ao risco de incêndio e, na eventual ocorrência, que tenha uma maior possibilidade de controle da expansão do fogo.</p>	
<p><b>Ausência de peças de madeira em ambientes úmidos</b> Locais com umidade permanente, como os banheiros, facilitam o ataque da madeira por agentes degradadores, dessa forma, recomenda-se especial atenção nesses ambientes e o estudo de viabilidade de mescla de materiais – como a alvenaria, por exemplo – ao sistema de toras de madeira.</p>	
<p><b>Afastamento das peças de madeira do solo</b> É necessária a elaboração de detalhes construtivos que considerem os problemas patológicos do material utilizado oriundos das características do local, como a umidade do solo, a ação das chuvas, a eficiência do sistema de drenagem, etc. Para isso, sempre que possível deve-se adotar o afastamento da peça de madeira do contato com o solo, visto que essa é a mais tradicional e necessária medida para se impedir a ação capilar, ou seja, a transferência da água do local mais úmido para o mais seco (CRUZEIRO, 1998). A figura 111 apresenta detalhes utilizados em algumas residências avaliadas. À esquerda a edificação está locada sobre uma caixa de bloco, a qual possibilita uma distância de aproximadamente 40 cm do solo; ao centro, exemplo de afastamento através da criação de um vigamento em pedra para posterior apoio das peças de madeira; e à direita o vigamento foi executado em concreto e revestido por cerâmica.</p>	
	
<p><b>Figura 111 – Possíveis medidas construtivas para afastar as peças de madeira do solo.</b></p>	
<p><b>Proteção das esquadrias</b> As esquadrias são locais propícios ao acúmulo de água quando expostos à ação da chuva. Sendo assim, a sua proteção torna-se medida desejável para o bom desempenho do subsistema (figura 112).</p>	
<p><b>Figura 112 – Proteção das janelas com coberturas exclusivas.</b></p>	
<p><b>Sistema de drenagem na cobertura</b> A utilização de dispositivos para a captação da água de chuva, como calhas e rufos, auxilia no correto desempenho do subsistema (cobertura) e facilita a proteção das peças de madeira que o compõe em relação ao acúmulo de umidade (figura 113).</p>	
	
<p><b>Figura 113 – Sistema de drenagem de águas pluviais utilizados em algumas residências avaliadas.</b></p>	

**Quadro 19 – Pontos positivos identificados nas residências avaliadas.**

## **9. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização da madeira na construção civil no Estado do Espírito Santo ainda é pouco aceita, devido à falta de informações técnicas referentes ao seu uso e em relação à durabilidade quando comparada a outros materiais construtivos e, certamente, pelo seu alto custo. A divulgação de dados referentes à madeira para a construção civil pode ser realizada através da avaliação de desempenho das edificações existentes, de linhas de crédito para financiamento de construções pré-fabricadas em madeira e pela implementação de pesquisas no sentido de viabilizar a utilização da madeira de reflorestamento na construção habitacional.

É perceptível que os usuários das habitações influenciam significativamente sobre a qualidade dos produtos oferecidos no mercado. As exigências por um produto de melhor desempenho, de acordo com os problemas identificados, determinam melhorias nas etapas da cadeia produtiva da edificação em toras de eucalipto, desde a plantação florestal até o tratamento preservativo utilizado. Nessa situação coloca-se a importância da divulgação de informações acessíveis e atuais, organizadas pelos profissionais envolvidos nessa área, capacitando o usuário para o julgamento da eficiência dos materiais de construção.

A pesquisa técnica relatou que o padrão tecnológico utilizado pelas empresas avaliadas é considerado como BOM, mas acredita-se na necessidade de um estudo para a seleção adequada da espécie de eucalipto a ser utilizada e no aprimoramento das soluções construtivas, para que contribuam no aumento da vida útil da madeira, e conseqüentemente, no uso correto de preservativos químicos. Isso ocorre devido à utilização de soluções de projeto individuais caracterizada pela inexistência de um detalhamento construtivo padrão.

Entende-se que a garantia da durabilidade em uma edificação satisfaz a todos os itens relacionados ao desempenho, por está razão a pesquisa evidenciou a importância do projeto para o desenvolvimento de residências em madeira e a durabilidade da mesma, como aspecto mais importante a ser analisado entre os itens da ISO 6241: 1984.

Através da avaliação técnica foi possível identificar os pontos que necessitam de maiores cuidados na edificação para assim, propor diretrizes projetuais viáveis às empresas. Cabe

ressaltar que novas alternativas de projeto só contribuirão significativamente na melhoria da produção caso as empresas e os profissionais da indústria madeireira mudem a sua atitude com relação às etapas de projeto, uso e manutenção. A pesquisa desenvolvida relatou os seguintes problemas:

- Inexistência de projeto ou adaptação do mesmo para a madeira;
- Execução incorreta do projeto executado;
- Espécie de eucalipto inadequada para a construção civil;
- Falta de planejamento e racionalização no processo construtivo, em alguns casos;
- Busca de aumento da durabilidade da edificação através do tratamento preservativo e não pelo detalhamento construtivo;
- Não atendimento de todas as exigências dos usuários;
- Dificuldade do usuário na manutenção, devido à falta de manual; e
- Inexistência da cultura de manutenção.

Considerando que as principais decisões relacionadas ao desenvolvimento de uma construção são tomadas durante o projeto, a maioria desses problemas pode ser resolvida nessa etapa, principalmente para edificações em madeira, pois nessa fase é que se previne a sua biodeterioração. Considerando a complexidade do assunto e a diversidade de profissionais envolvidos, como sugestões para o desenvolvimento de outras pesquisas são citadas:

- Avaliação minuciosa de segurança ao fogo;
- Avaliação pós-ocupação;
- Avaliação da relação dos aspectos de durabilidade e custo;
- Verificação da transferência de conhecimentos relacionados à tecnologia para construtores; e
- Desenvolvimento de um modelo de manual de uso e manutenção.

Cabe ressaltar a importância do desenvolvimento de novas pesquisas para que os critérios adotados sejam revisados e os conhecimentos que compõem o processo projetual redefinidos, na busca do aperfeiçoamento de métodos e alternativas que contribuam para o aumento da qualidade das edificações em madeira.

## 10. REFERÊNCIAS

- 1 AFLALO, Marcelo *et al.* **Madeira como estrutura: a história da ITA.** São Paulo: Paralaxe, 2005.
- 2 AGUILERA, Camila Garcia. **Uma contribuição para a formulação de diretrizes para elaboração do manual do usuário de edifícios.** 2005. 216 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.
- 3 ARACRUZ Celulose. Disponível em: [www.aracruzcelulose.com.br](http://www.aracruzcelulose.com.br). Acesso em: 07 jan. 2007.
- 4 ARAÚJO, Marcelo Granato. Condicionantes sócio-econômicos-culturais do ciclo de vida de edificações urbanas. In: WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1997, São Leopoldo. **Anais...** São Leopoldo, RS: UNISINOS/ANTAC, 1997. p. 175-184.
- 5 ARAKAKI, Elizabeth Mie. **Avaliação de Durabilidade em sistema construtivo pré-fabricado com madeira de rejeito comercial.** 2000. 243 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia do Ambiente Construído da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2000.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190:** projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- 7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.037:** manual de operação, uso e manutenção das edificações – conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro, 1998.
- 8 BECKER, Alcione Carvalho *et al.* Proposta metodológica para a elaboração do projeto em nível conceitual para a melhoria da qualidade: aplicação na infra-estrutura do CETEC/UPF. **Revista da Associação Nacional do Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 35-52, 2006. Disponível em: <http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc125161.pdf>. Acesso em: 11 set. 2008.
- 9 BENEVENTE, Varlete Aparecida. **Durabilidade em construção de madeira:** uma questão de projeto. 1995. 231 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1995.
- 10 BERTEZINI, Ana Luisa; MELHADO, Silvio Burrattino. Mecanismos de avaliação do processo de projeto de arquitetura: estudo de caso. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 20 fev. 2009.
- 11 Berto, Antônio Fernando. **Medidas de proteção contra incêndio:** aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios. 1991. 351p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós - Graduação em Arquitetura

- e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- 12 BITTENCOURT, Rosa Maria. **Concepção arquitetônica da habitação em madeira**. 1995. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
  - 13 BRAGA, Maria Angela. A importância da adequação de sistemas construtivos a contextos específicos: método de avaliação de projetos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: ANTAC, 1998.
  - 14 BRASIL. Decreto-lei nº 4.797, de 20 de outubro de 1965. Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas concessionárias de serviços públicos em empregar madeiras preservadas e dar outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 out. 1965. Disponível em: [www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=115996](http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=115996). Acesso em: 08 mar. 2009.
  - 15 BRASIL. Decreto-lei nº 5.106, de 2 de setembro de 1966. Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 set. 1966. Disponível em: [www.senadofederal.gov.br/legislaçao/listapublicacoesaction?id=116684](http://www.senadofederal.gov.br/legislaçao/listapublicacoesaction?id=116684). Acesso em: 05 jan. 2007.
  - 16 BUCHANAN, A. H. Burning issues in timber engineering. In: PACIFIC TIMBER ENGINEERING CONFERENCE, 1999, Rotorua. **Anais...** Rotorua: New Zealand Forest Research Institute, 1999, v.3, p.1-11.
  - 17 BUSSATO, Luiz; FAE, Maria Inês; MUNIZ, Maria Izabel Perini. **Imigração italiana no Espírito Santo: uma aventura colonizadora**. Vitória: UFES, 1998.
  - 18 CAMPOS, Janaina Anadia Ortiz de. **Método para avaliação da durabilidade e da reabilitação da madeira de estruturas em serviço**. 2002. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação na Área Interunidades, Faculdade de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002.
  - 19 CARRASCO, Edgar V. Mantilla. A casa de madeira: uma avaliação de métodos construtivos e de conforto visando sua aplicação na região de Belo Horizonte. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: UFSC/IBRAMEM, 1998. p. 39-48.
  - 20 CASER, Karla do Carmo. Panorama da taipa de mão no Espírito Santo. In: ENCONTRO NACIONAL, E ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2 e 1, 2001, Canela. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 15 dez. 2008.
  - 21 CASER, Karla do Carmo; INO, Akemi. Avaliação de desempenho do protótipo “moradia ecológica” em taipa de mão. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 15 dez. 2008.
  - 22 CONSELHO Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em:

- www.cnpq.br. Acesso em: 05 mar. 2007.
- 23 CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre**: recomendações para projeto, execução e manutenção. 1988. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.
- 24 CREMONINI, Ruy Alberto; JOHN, Vanderley M. Avaliação de durabilidade por levantamento de campo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO: DURABILIDADE DOS MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1988, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1988.
- 25 CRUZEIRO, Eloá de Castro. **Produção e construção de casas de madeira de reflorestamento**: sistema IF. 1998. 283 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1998.
- 26 CUNHA, Rita D. Araujo. O eucalipto roliço na arquitetura Brasileira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9., 2004, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFMT, 2004.
- 27 DEMARZO, Mauro Augusto; SGAJ, Rosemary Diogo. Estudo dos fatores que afetam a preservação de madeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: EESC/USP, 2000.
- 28 DÉRIBÉRE, Maurice. **El color en las actividades humanas**. Madri: Tecnos S. A, 1964.
- 29 ESPIRITO Santo (Estado). Disponível em: [www.es.gov.br](http://www.es.gov.br). Acesso em: 07 jan. 2007.
- 30 ESTRUTURAS de madeira. Disponível em: <http://estruturasdemadeira.blogspot.com/2007/02/julius-natterer-parte-2-expodach-in.html>. Acesso em: 17 mar. 2009.
- 31 ESTUQUI FILHO, Carlos Adalberto. **A durabilidade da Madeira na arquitetura sob a ação dos fatores naturais**: estudo de casos em Brasília. 2006. 148 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- 32 FERREIRA, Simone Raquel Batista. **Da fartura à escassez**: a agroindústria de celulose e o fim dos territórios comunais no Extremo Norte do Espírito Santo. 2002. 167p. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- 33 FLAUZINO, Vanderley Dias; UEMOTO, Kai Loh. Durabilidade de materiais e componentes das edificações. In: SIMPÓSIO LATINO LATINO-AMERICANO DE RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E SUA APLICAÇÃO ÀS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, 1981, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 11 set. 2008.
- 34 FOLIENTE, Greg C. *et al.* Durability design for wood construction. **Forest Products Journal**, Madison, E.U.A, p. 10-19, jan. 2002.

- 35 GALDOLFI JUNIOR, Aldo; VIDAL, Jackson Marcelo. Tendências internacionais na preservação de madeiras. **Revista da indústria da madeira e do móvel**. n. 85, p. 102-103, 2008.
- 36 GALVÃO, A. Paulo M. **Processo prático para preservar a madeira**. São Paulo: ESALQ/USP, 1975.
- 37 GERSON Castelo Branco. Disponível em:  
<http://www.gersoncastelobranco.com.br/portifolio.htm>. Acesso em: 08 mar. 2009.
- 38 GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- 39 GORNIAC, Elianice; MATOS, Jorge Luis Monteiro. Métodos não destrutivos para determinação e avaliação de propriedades da madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: EESC/USP, 2000.
- 40 GUERRA, Abílio; RIBEIRO, Alessandro Castroviejo. **Casas brasileiras do século XX**. 2006. Disponível em: [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq074/arq074\\_01.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq074/arq074_01.asp). Acesso em: 17mar. 2009.
- 41 HEINECK, Luiz Fernando; PETRUCCI, Helena Cabeda. Influência do projeto arquitetônico na manutenção e durabilidade dos edifícios. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1989, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 10 dez. 2008.
- 42 *HOME Life Chiliwack*. Disponível em:  
<http://www.homelifechiliwack.com/ghl/pics/properties/bc/h2900717.jpg>. Acesso em: 17 mar. 2009.
- 43 HUTHWAITE, Bart. **Concurrent Engineering user's guide: guidelines for concurrent product development**. Michigan: Institute for Competitive Design, 1992.
- 44 INO, Akemi. Princípios básicos para garantir a durabilidade de uma construção em madeira. In: WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1997, São Leopoldo. **Anais...** Rio Grande do Sul, 1997. p. 1-8.
- 45 INO, Akemi. **Sistema estrutural modular em eucalipto roliço para habitação**. 1992. 212 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.
- 46 INO, Akemi. Princípios básicos para garantir a durabilidade de uma construção em madeira. In: WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1997, São Leopoldo. **Anais...** Rio Grande do Sul, 1997. p. 1-8.
- 47 INO, Akemi *et al.* Construção em toras de eucalipto: experiência de construção de unidades de alojamento na Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., 1992, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: LaMEM/EESC/USP, 1992. p. 143-162.

- 48 INO, Akemi; SHIMBO, Ioshiaqui. Uma alternativa em toras de eucalipto, experiência do Centro de Vivência do Horto Florestal de Ecoporanga - ES. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., 1992, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: LaMEM/EESC/USP, 1992. p. 39-53.
- 49 *International Organization for Standardization: ISO 6241: normalização e desempenho dos edifícios - princípios de sua preparação e fatores a serem considerados*, 1984.
- 50 INSTITUTO de pesquisa tecnológica do Estado de São Paulo. **Formulação de critérios para avaliação de desempenho de habitações**. São Paulo, 1986.
- 51 INSTITUTO de pesquisa tecnológica do Estado de São Paulo. **Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas de interesse social**. São Paulo, 1998.
- 52 JOHN, Vanderley Moacyr. **Avaliação da durabilidade de materiais, componentes e edificações**. 1987. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.
- 53 JOHN, Vanderley Moacyr *et al.* Conclusões. In: WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1997, São Leopoldo. **Anais...** Rio Grande do Sul, 1997. p. 7-11.
- 54 JOHN, Vanderley M.; SATO, Neide Matiko Nakata. Durabilidade de componentes da construção. In: SATTler, Miguel Aloysio; PEREIRA, Fernando Oscar R. **Construção e Meio Ambiente**, v.7. Porto Alegre: ANTAC, 2006. p. 20-57.
- 55 JUNTA del acuerdo de cartagena. **Manual de diseño para maderas del grupo andino**. Lima: PADT/REFORT/JUNAC, 1984.
- 56 KROPF, François W. Durabilidade e detalhes de projeto: o resultado de 15 anos de contínua implementação. **Madeira: arquitetura e engenharia**. São Carlos, ano 1, n.1, 2000.
- 57 LABORATÓRIO de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo. **Avaliação da implantação da nova ECASPSP**. Vitória. 2006.
- 58 LAKATOS, Eva M.; MARCONI, Marina A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1991.
- 59 LAROCA, Christine. **Desenvolvimento de protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento e avaliação do desempenho termo-acústico**. 2007. 313 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- 60 LEPAGE, S. E *et al.* **Manual de preservação das madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - Divisão de Madeiras, 1986.
- 61 LEMOS, Carlos. A. C. **Arquitetura Brasileira**. São Paulo: Melhoramentos, 1979.
- 62 LIMA, Lupércio Barros. **Construir e viver com a madeira: avanços e necessidades do século XXI**. 2004. Disponível em: <http://www.odocumento.com.br/articulista.php?id=484>. Acesso em: 09 mar. 2009.

- 63 LISTA de produtos registrados no Ibama. Disponível em: [www.ibama.gov.br/qualidadeambiental/madeira](http://www.ibama.gov.br/qualidadeambiental/madeira). Acesso em: 20 jun. 2008.
- 64 MAGALHÃES, Aracelly M.; CHAHUD, Eduardo. Patologias em estruturas de madeira devido às ligações: um estudo de caso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 10., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNESP/IBRAMEM, 2006.
- 65 MEIRELLES, Célia Regina Moretti *et al.* **Considerações sobre o uso da madeira no Brasil em construções**. Trabalho apresentado no III Fórum de Pesquisa FAU Mackenzie, São Paulo, 2007. Disponível em: [http://www4.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FAU/Publicacoes/PDF\\_IIIForum\\_a/MA CK\\_III\\_FORUM\\_CELIA\\_REGINA.pdf](http://www4.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FAU/Publicacoes/PDF_IIIForum_a/MA CK_III_FORUM_CELIA_REGINA.pdf). Acesso em: 08 março 2009.
- 66 MELHADO, Silvio Burrattino. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- 67 MELHADO, Silvio Burrattino; AGOPYAN, Vahan. **O conceito de projeto na construção de edifícios**: diretrizes para a sua elaboração e controle. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1995.
- 68 MELHADO, Silvio Burrattino; VIOLANI, M. A. F. **A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios**. São Paulo: Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1992.
- 69 MIOTTO, José Luiz. **Disposições construtivas e durabilidade em estruturas de madeira**. 2000. 39 p. Monografia (Especialização em Estruturas) – Programa de Pós-Graduação, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.
- 70 MONTANA química. **Biodeterioração e preservação de madeiras**. São Paulo, 2000.
- 71 MÜLLER, Dominique Gauzin. Introdução. In: AFLALO, Marcelo *et al.* **Madeira como estrutura**: a história da ITA. São Paulo: Paralaxe, 2005. P. 7-32.
- 72 MÜLLER, Cláudia Mara. **A arquitetura da imigração alemã em Santa Maria de Jetibá**: em busca das raízes. 1991. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- 73 MURILLO, Sandra Viviana. **Construir con Madera**: alternativa para Resolver Necesidades Habitacionales. Disponível em: <http://www.revista-mm.com/rev42/art5.htm>. Acesso em: 18 mar. 2009.
- 74 NEVES, Juliana de Oliveira. **A obra de Severiano Porto na Amazônia: uma produção regional e uma contribuição para a arquitetura nacional**. Niterói, 2006. Disponível em: [www.docomomo.org.br/seminario](http://www.docomomo.org.br/seminario). Acesso em: 28 jul. 2008.
- 75 NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida. **Janelas x ventilação**: modelo de apoio à escolha de janelas para edificações multifamiliares em Vitória, ES. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

- 76 OLIVEIRA, Carine Nath de. Alternativas para o uso mais sustentável da madeira tratada com preservantes. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE ARQUITETURA E TECNOLOGIAS PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTAVEL, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2008.
- 77 OLIVEIRA, Cristiano Fontes de. **Autoconstrução em madeira**. 2003. 211 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- 78 OLIVEIRA, Roberto de. **Qualidade do projeto**. Trabalho apresentado no VII Workshop Brasileiro da Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Curitiba, 2007. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-28.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2008.
- 79 OLIVEIRA, Roberto de; WAGNER, Flávio Segundo; GROHMANN, Sandra Zampieri. A madeira como alternativa racional para habitação. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTAVEIS, 1., 1997, Canela. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 15 jun. 2008.
- 80 OLIVEIRA, José Tarcisio da Silva; HELLMEISTER, João César. **Caracterização da Madeira de Eucalipto para a Construção Civil**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.
- 81 PAOLIELLO, Márcia Andrade. **Edificações pré-fabricadas em madeiras de plantios florestais: uma discussão sobre sustentabilidade e desempenho como base para recomendações de projeto**. 2005. 196 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- 82 PARTEL, Priscila Maria Penalva. **Sistemas estruturais e construtivos utilizando madeira roliça de reflorestamento**. 1999. 166 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- 83 PEREIRA, Agnes Cristina Winter. **Diretrizes para implantação de sistemas construtivos abertos na habitação de interesse social através da modulação**. 2005. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- 84 PINHEIRO, Roberto V.; ROCCO LAHR, Francisco Antonio. Patologia em estrutura de madeira. In: ENCONTRO NACIONAL BRASILEIRO DE MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 1998, Florianópolis. **Anais...** Santa Catarina, 1998.
- 85 PINTO, Edna Moura. **Proteção contra incêndio para habitações em madeira**. 2001. 143 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- 86 PINTO, Edna Moura *et al.* Considerações sobre a proteção contra incêndio para habitações em madeira: normas e códigos. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRAS E

- EM ESTRUTURAS EM MADEIRA, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2000.
- 87 PROENÇA, Graça. **História da Arte**. São Paulo: Ática S.A., 1989.
- 88 PRUDENCIO, Walmor J. A durabilidade da construção é fator de custo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 10 jun. 2008.
- 89 RODRIGUES, Waldemir; SALES, Almir. Determinação do teor de umidade da madeira por meio de medidores elétricos. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 7., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2000.
- 90 ROMANO, Fabiane Vieira; BACK, Nelson; OLIVEIRA, Roberto de. A importância da modelagem do processo de projeto para o desenvolvimento integrado de edificações. Trabalho apresentado no I Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, São Carlos, 2001. Disponível em: [http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/A\\_IMPORTANCIA\\_DA\\_MODELAGEM\\_DO\\_PROCESSO\\_DE\\_PROJETO.pdf](http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/A_IMPORTANCIA_DA_MODELAGEM_DO_PROCESSO_DE_PROJETO.pdf). Acesso em: 11 set. 2008.
- 91 SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1989.
- 92 SASHCO. Disponível em: <http://www.sashco.com/Log/Default.aspx>. Acesso em: 17 mar. 2009.
- 93 SHIMBO, Ioshiaqui; INO, Akemi. A madeira de reflorestamento como alternativa sustentável para produção de habitação social. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADE SUSTENTÁVEIS, 1., 1997, Canela. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 10 jun. 2008.
- 94 SILVA, Ricardo Dias. **Análise de sistemas construtivos de madeira na região de Londrina**: aplicação de requisitos de habitabilidade e de projeto. 2000. 233 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- 95 SILVA, Ricardo Dias; BASSO, Admir. Análise de desempenho de habitações de interesse social em madeira: estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL E I ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., 2001, Canela. **Anais...** Rio Grande do Sul, 2001.
- 96 *SITKA log homes*. Disponível em: [http://www.sitkaloghomes.com/blog/uploaded\\_images/homeshow5-754238.jpg](http://www.sitkaloghomes.com/blog/uploaded_images/homeshow5-754238.jpg). Acesso em: 17 mar. 2009.
- 97 SOUZA, Ana Lucia Rocha de; MACIEL, Luciana Leone; MELHADO, Silvio Burrattino. O processo de projeto dos edifícios. In: WORKSHOP TENDÊNCIAS RELATIVAS À GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1997, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 10 jun. 2008.

- 98 SOUZA, Roberto de. A avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitação. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E SUA APLICAÇÃO ÀS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, 1981, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.infohab.org.br/biblioteca\\_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx). Acesso em: 10 jun. 2008.
- 99 SOUZA, Roberto de. **A contribuição do conceito de desempenho para a avaliação do edifício e suas partes:** aplicação às janelas de uso habitacional. 1983. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.
- 100 SOUZA, Roberto de; MITIDIÉRI FILHO, Cláudio Vicente. **Avaliação de desempenho de sistemas construtivos destinados à habitação popular:** conceituação e metodologia. São Paulo: Instituto de pesquisa tecnológica do estado de São Paulo - Tecnologia de edificações, 1988.
- 101 SZÜCS, Carolina Palermo. **Autoconstrução em madeira.** Florianópolis, 1992. Disponível em: [www.arq.ufsc.br/arq5661/madeiras/historia.html](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/madeiras/historia.html). Acesso em: 15 jan. 2007.
- 102 SUPPA, Christiana; TORRES, Rosane; ARAÚJO, Paulo de. **Mago da Madeira.** 2003. Disponível em: [http://www2.correioweb.com.br/cw/EDICAO\\_20030518/sup\\_rvd\\_180503\\_198.htm](http://www2.correioweb.com.br/cw/EDICAO_20030518/sup_rvd_180503_198.htm). Acesso em: 17 mar. 2009.
- 103 YUBA, Andréa Naguissa. **Cadeia produtiva de madeira serrada de eucalipto para produção sustentável de habitações.** 2001. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- 104 YUBA, Andréa Naguissa. **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais.** 2005. 227 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- 105 VASCONCELLOS, Sylvio de. **Arquitetura no Brasil:** sistemas construtivos. Belo Horizonte: Roma, 1979.

**APÊNDICE I – QUADRO REFERENCIAL PARA ELABORAÇÃO DOS ROTEIROS DE PESQUISA**

**DIRETRIZ / OBJETIVOS / PERGUNTA**

**ENTREVISTA USUÁRIO**

**Identificação do usuário:** identificar o nível de conhecimento técnico do proprietário em relação ao material.

*O que influenciou na sua escolha em relação à madeira como material construtivo?*  
4 - Bom material construtivo; 3 - Rápida execução; 2- Consciência ambiental; 1- Estética.  
*Qual é a vantagem da madeira como material construtivo?* 4 – Durabilidade; 3 - Fácil manutenção; 2 – Estética; 1 – Nenhuma.

*Qual é a desvantagem da madeira como material construtivo?* 4 – Nenhuma; 3 – Estética; 2 - Difícil manutenção; 1 - Degradação acelerada.  
*Como você considera a durabilidade da sua residência?* 4 – Excelente; 3 – Bom; 2 – Ruim; 1 – Péssimo.

**Manutenção:** reconhecer se o usuário é informado de como manter a edificação em madeira.

*Você possui o manual de uso e manutenção da edificação?* 4 – Sim; 1 – Não.  
*A manutenção do edifício é própria para a madeira?* 4 – Sim; 1 – Não.

*Qual é a frequência de inspeção?* 4 – 6 meses; 3 – 6 e 12 meses; 2 - 12 meses; 1 – Não é feita.  
*Alguma peça foi substituída por estar degradada?* 4 – Não; 3 – 1 peça; 2 – até 4 peças; 1 – mais de 4 peças.

**EXIGÊNCIAS DO USUÁRIO:** avaliar a opinião do usuário em relação às suas exigências.

*A casa é ventilada?* 4 – Sim; 1 – Não.  
*A residência é segura em relação à entrada de animais?* 4 – Sim; 3 – Sim com restrições; 2 – Ruim para animais pequenos; 1 – Não.

*Ocorre a penetração de água?* 4 – Não; 3 – Em 1 ambiente; 2 – Em 2 ambientes; Em mais de 2 ambientes.

**ENTREVISTA EMPRESA**

**Projeto:** analisar o projeto em relação às particularidades do material madeira.

*O projeto foi desenvolvido considerando a madeira como o material construtivo ou foi adaptado?* 4 – Madeira; 1 – Adaptado.  
*Possui memorial descritivo?* 4 – Sim; 1 – Não.  
*A espécie de eucalipto utilizada é adequada para a construção civil?* 4 – Sim; 3 – Sim com restrições; 1 – Não.

*A madeira recebeu tratamento preservativo adequado?* 4 – Sim; 3 – Sim com restrições; 1 – Não.  
*A madeira recebeu tratamento ignífogo?* 4 – Sim; 1 – Não.

**Manutenção:** avaliar o apoio que a empresa disponibiliza ao usuário em relação à manutenção do edifício.

*A empresa apresentou uma previsão de custo para a manutenção da edificação?* 4 – Sim; 1 – Não.

**AVALIAÇÃO TÉCNICA**

**Projeto:** avaliar se o projeto contribui para a ampliação da durabilidade da edificação.

*O projeto possui detalhes construtivos voltados, especificamente, para ampliar a durabilidade da edificação?* 4 – Suficientes; 2 – Insuficientes; 1 – Não possui.  
*Os desenhos dos detalhes construtivos são suficientes para a execução da edificação?* 4 – Suficientes; 2 – Insuficientes; 1 – Não possui.  
*A madeira está protegida dos ambientes fontes de calor?* 4 – Sim; 1 – Não.

*Ocorreu o seguimento dos fatores climáticos?* 4 – Sim; 1 – Não.  
*Os fatores geográficos foram respeitados?* 4 – Sim; 1 – Não.  
*A drenagem do terreno é adequada?* 4 – Sim; 2 – Sim com restrições; 1 – Não ocorre.  
*O afastamento entre as edificações é adequado?* 4 – Sim; 1 – Não.

Continua

## APÊNDICE I – QUADRO REFERENCIAL PARA ELABORAÇÃO DOS ROTEIROS DE PESQUISA

## DIRETRIZ / OBJETIVOS / PERGUNTA

## AVALIAÇÃO TÉCNICA

**Subsistemas:** analisar a situação atual dos subsistemas.

**FUNDAÇÃO**

*Possui elementos de madeira?* 4 – Sim; 1 – Não.

*Qual é a distância das peças de madeira do solo ou piso?* 4 - + de 30 cm; 3 - 30 cm; 2 - Menos de 30 cm; 1 - Contato direto.

*Os pilares apresentam recalque?* 4 - Não apresenta; 3 - 1 pilar; 2 - Até 3 pilares; 1 - Em 4 pilares ou mais.

*A viga baldrame apresenta partes quebradas?* 4 - Não apresenta; 3 - 1 viga em 1 ponto; 2 – 1 viga em mais de 1 ponto; 1 - Em mais de uma viga.

*A viga baldrame apresenta manchas de umidade?* 4 - Não apresenta; 3 - 1 viga em 1 ponto; 2 – 1 viga em mais de 1 ponto; 1 - Em mais de uma viga.

**ESTRUTURA**

*A madeira apresenta partes apodrecidas?* 4 - Não apresenta; 3 - 1 pilar; 2 - Até 3 pilares; 1 - Em 4 pilares ou mais.

*A madeira apresenta algum defeito?* 4 - Não apresenta; 3 - 1 pilar; 2 - Até 3 pilares; 1 - Em 4 pilares ou mais.

**VEDAÇÃO - FACHADA**

*Apresenta frestas/peças quebradas?* 4 – Não apresenta; 3 – 1 parede em 1 ponto; 2 – 1 parede em mais de 1 ponto; 1 – mais de 1 parede.

*Apresenta frestas/peças desencaixadas?* 4 – Não apresenta; 3 – 1 parede em 1 ponto; 2 – 1 parede em mais de 1 ponto; 1 – mais de 1 parede.

*Apresenta manchas superficiais?* 4 – Não apresenta; 3 – 1 parede em 1 ponto; 2 – 1 parede em mais de 1 ponto; 1 – mais de 1 parede.

*Apresenta partes apodrecidas?* 4 – Não apresenta; 3 – 1 parede em 1 ponto; 2 – 1 parede em mais de 1 ponto; 1 – mais de 1 parede.

**ÁREAS ÚMIDAS**

*Quando utilizada em áreas úmidas, foi revestida adequadamente?* 4 – Não existe peça de madeira; 3 – Revestimento adequado; 2 – Revestimento inadequado; 1 – Sem revestimento.

*Apresenta fresta no encontro folha x pingadeira?* 4 – Não; 3 – Em 1 pingadeira; 2 – Até 3 pingadeiras; 1 – Em mais de 3 pingadeiras.

*A pingadeira apresenta defeito no funcionamento?* 4 – Não; 3 – Em 1 pingadeira; 2 – Até 3 pingadeiras; 1 – Em mais de 3 pingadeiras.

*A pingadeira possui defeito no posicionamento?*

4 – Não; 3 – Em 1 pingadeira; 2 – Até 3 pingadeiras; 1 – Em mais de 3 pingadeiras.

*A pingadeira possui partes apodrecidas?* 4 – Não; 3 – Em 1 pingadeira; 2 – Até 3 pingadeiras; 1 – Em mais de 3 pingadeiras.

**PORTAS**

*Apresenta defeito no funcionamento?* 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 porta; 2 - Em 2 portas; 1 - Em mais de 2 portas.

*Apresenta partes apodrecidas?* 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 porta; 2 - Em 2 portas; 1 - Em mais de 2 portas.

*Apresenta frestas no painel?* 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 porta; 2 - Em 2 portas; 1 - Em mais de 2 portas.

*Apresenta frestas folha x batedor?* 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 porta; 2 - Em 2 portas; 1 - Em mais de 2 portas.

**COBERTURA - TESOURA**

*A madeira apresenta defeito?* 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 tesoura em 1 ponto; 2 - Em 1 tesoura em mais de 1 ponto; 1 - Em mais de 1 tesoura.

*Apresenta partes apodrecidas?* 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 tesoura em 1 ponto; 2 - Em 1 tesoura em mais de 1 ponto; 1 - Em mais de 1 tesoura.

*Apresenta defeito nas ligações?* 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 tesoura em 1 ponto; 2 - Em 1 tesoura em mais de 1 ponto; 1 - Em mais de 1 tesoura.

**ESTRUTURA DO TELHADO**

*Apresenta peças com defeito?* 4 – Não apresenta; 3 – Em 1 ambiente; 2 – Em 2 ambientes; 1 – Em mais de 2 ambientes.

*Apresenta partes apodrecidas?* 4 – Não apresenta; 3 – Em 1 ambiente; 2 – Em 2 ambientes; 1 – Em mais de 2 ambientes.

		Conclusão
APÊNDICE I – QUADRO REFERENCIAL PARA ELABORAÇÃO DOS ROTEIROS DE PESQUISA		
DIRETRIZ / OBJETIVOS / PERGUNTA		
AVALIAÇÃO TÉCNICA		
<p><b>ESQUADRIAS - JANELAS</b></p> <p><i>Apresenta empenamento do conjunto?</i> 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 janela; 2 - Em 2 janelas; 1 - Em mais de 2 janelas.</p> <p><i>Apresenta defeito no funcionamento?</i> 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 janela; 2 - Em 2 janelas; 1 - Em mais de 2 janelas.</p> <p><i>Apresenta partes apodrecidas?</i> 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 janela; 2 - Em 2 janelas; 1 - Em mais de 2 janelas.</p> <p><i>Apresenta frestas no painel?</i> 4 - Não apresenta; 3 - Em 1 janela; 2 - Em 2 janelas; 1 - Em mais de 2 janelas.</p> <p><i>Possui pingadeira?</i> 4 – Todas as janelas; 3 – Somente nas descobertas; 1 – Em nenhuma janela.</p>	<p><b>TELHADO</b></p> <p><i>Apresenta telha quebrada?</i> 4 – Não apresenta; 3 – Em 1 ambiente; 2 – Em 2 ambientes; 1 – Em mais de 2 ambientes.</p> <p><i>Apresenta telha fora do lugar?</i> 4 – Não apresenta; 3 – Em 1 ambiente; 2 – Em 2 ambientes; 1 – Em mais de 2 ambientes.</p> <p><i>Apresenta defeito no plano do telhado?</i> 4 – Não apresenta; 3 – Em 1 ambiente; 2 – Em 2 ambientes; 1 – Em mais de 2 ambientes.</p> <p><i>Qual é o tamanho do beiral?</i> 4 – Maior que 70 cm; 3 – 70 cm; 2 – Menor que 70 cm; 1 – Não tem beiral.</p> <p><i>Ocorre a drenagem de águas pluviais?</i> 4 – Suficiente; 2 – Insuficiente; 1 – Não possui</p>	
<p><b>Manutenção:</b> avaliar o apoio que a empresa disponibiliza ao usuário em relação à manutenção do edifício.</p>		
<p><i>O manual proporciona ao usuário informações técnicas de como proceder durante a limpeza, como garantir a impermeabilidade, etc.?</i> 4 – Suficiente; 2 – Insuficiente; 1 – Não possui.</p>	<p><i>Qual é o grau de deteriorização da edificação?</i></p> <p>4 – Não apresenta; 3 – Pouco deteriorada; 1 – Deteriorada.</p>	

**Quadro 20 – Quadro referencial para a elaboração dos roteiros de pesquisa.**

**APÊNDICE II – ORIENTAÇÕES DOS ITENS DE PESQUISA**

<b>ITEM DE PESQUISA</b>	<b>ORIENTAÇÃO SOBRE O ITEM</b>
<b>IDENTIFICAÇÃO DO PROPRIETÁRIO</b>	
Escolha da madeira como material construtivo	Auxiliar na identificação do nível de conhecimento do proprietário sobre o material.
Vantagens e desvantagens do uso da madeira	
Como considera a durabilidade da casa	
<b>MANUTENÇÃO</b>	
Manual de uso e manutenção do edifício	O proprietário deve possuir um manual, cedido pela empresa responsável, que o oriente em relação à manutenção da edificação, visto que, a limpeza de um edifício em madeira não deve proceder como em um edifício convencional.
Frequência de inspeção e substituição de peça por degradação	É necessária a realização de inspeções de manutenção, para que defeitos ou indícios de degradação surgidos no decorrer da utilização sejam corrigidos, já que, a peça de madeira quando em estado crítico de degradação não possibilita recuperação.
Previsão de custo de manutenção	A empresa responsável pela edificação deve apresentar uma estimativa de custo de manutenção para o proprietário, pois, a edificação em madeira exige mais cuidados que uma edificação em material construtivo convencional.
Deterioração da edificação	A situação atual da edificação esclarece a manutenção disponibilizada para a mesma.
<b>PROJETO</b>	
Desenvolvimento, nível de detalhamento e memorial descritivo	O projeto deve atender as peculiaridades da madeira através de detalhes construtivos e ser auxiliado pelo memorial descritivo, o qual facilita a correta execução da edificação.
Espécie de eucalipto utilizada, tratamento preservativo e ao fogo	A espécie de eucalipto utilizada deve ser adequada ao uso e possuir tratamento preservativo e ignífugo para que auxilie numa maior durabilidade da edificação.
<b>IMPLANTAÇÃO</b>	
Proteção dos ambientes fontes de calor	Os ambientes considerados como prováveis fontes de calor (cozinha), devem ser protegidos através da distribuição arquitetônica.
Seguimento dos fatores climáticos e geográficos	Os fatores climáticos (chuva, insolação, temperatura, orientação do sol e dos ventos dominantes) devem ser estudados para que ocorra a proteção das peças de madeira em relação à ação do sol e da chuva e também, porque influenciam no conforto ambiental da edificação. Já os fatores geográficos (localização geográfica, solo, topografia e vegetação existente) interferem nas questões básicas como ventilação externa e interna, drenagem do solo e a conseqüente presença de umidade.
Continua	

Continuação

**APÊNDICE II – ORIENTAÇÕES DOS ITENS DE PESQUISA**

<b>ITEM DE PESQUISA</b>	<b>ORIENTAÇÃO SOBRE O ITEM</b>
Drenagem da água no terreno	A drenagem do solo é de extrema necessidade para a durabilidade da edificação, pois, evita o acúmulo de umidade no entorno da mesma e, conseqüentemente, o efeito capilar.
Afastamento das outras edificações	As edificações devem ser implantadas no lote com afastamentos mínimos recomendados pela legislação, para que evite a propagação do fogo em caso de incêndio.
<b>EXIGÊNCIAS USUÁRIOS</b>	
Ventilação	Além do conforto térmico, a ventilação, evita o acúmulo de umidade.
Segurança e estanqueidade	O ideal é que a edificação não possua fretas ou desencaixes que facilitem a entrada de água e animais no seu interior.
<b>SUBSISTEMAS</b>	
<b>FUNDAÇÃO</b>	
Material	Elementos de madeira para a fundação devem ser evitados, pois é difícil garantir sua durabilidade ao longo do tempo, devido à facilidade de ataques por cupins subterrâneos, e as inspeções periódicas serem praticamente impossíveis. Além disso, o ideal é que a fundação possibilite o afastamento da estrutura em madeira do contato com o solo para evitar o efeito de capilaridade (BENEVENTE, 1995).
Situação atual	A presença de recalque nos pilares denota o comprometimento estrutural da edificação, pois possivelmente terá ocorrido o deslocamento do pilar e o destacamento da base de concreto. Partes quebradas na viga baldrame facilitam a penetração de umidade, a qual é identificada pela presença de manchas no subsistema (ARAKAKI, 2000).
<b>ESTRUTURA</b>	
Situação atual	A base do pilar é considerada o ponto mais vulnerável para o ataque por fungos devido à facilidade de acúmulo de água nas bases, sendo assim, a inspeção é de extrema importância para a garantia da durabilidade da edificação (ARAKAKI, 2000).
<b>VEDAÇÃO</b>	
<b>Fachada</b>	
Situação atual	A presença de frestas que permitem a passagem de luz para o interior da edificação interfere na estanqueidade da mesma (ARAKAKI, 2000).
<b>Áreas úmidas</b>	
Material	O ideal é que não seja utilizada madeira em áreas úmidas, caso ocorra deve ser revestida adequadamente ao uso.
<b>ESQUADRIAS</b>	
<b>Janelas e portas</b>	
Situação atual	O empenamento do conjunto e o defeito no funcionamento pode ser conseqüência da falta de estabilidade estrutural da edificação, a presença de frestas que ocasionam a entrada de luz e água no interior da habitação interfere na estanqueidade da mesma (ARAKAKI, 2000) e, a ausência de pingadeira ou o funcionamento incorreto da mesma permite o acúmulo de umidade nas janelas.

Continuação

		Conclusão
APÊNDICE II – ORIENTAÇÕES DOS ITENS DE PESQUISA		
ITEM DE PESQUISA	ORIENTAÇÃO SOBRE O ITEM	
<b>COBERTURA</b>		
Situação atual	<p>Defeitos na madeira (rachaduras, arestas quebradas e perfurações) e nas ligações influenciam na segurança estrutural do conjunto (ARAKAKI, 2000), telha quebrada, solta ou defeito no plano do telhado interferem diretamente na estanqueidade da edificação, o beiral deve possuir tamanho suficiente para proteger a parte superior das paredes da ação direta do sol e da chuva (BENEVENTE, 1995) e recomenda-se a instalação de calhas nas pontas dos beirais, para evitar que a água caia do telhado e respingue nas paredes da casa (BENEVENTE, 1995).</p>	

**Quadro 21 – Orientações dos itens de pesquisa.**