

**ESQUADRIAS RESIDENCIAIS EM MADEIRA:
CONTEXTUALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS PARA
OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS**

Alexandre Guella Fernandes

Porto Alegre

maio 2004

ALEXANDRE GUELLA FERNANDES

**ESQUADRIAS RESIDENCIAIS EM MADEIRA:
CONTEXTUALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS PARA
OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola da Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia na modalidade profissionalizante

Porto Alegre
maio 2004

ALEXANDRE GUELLA FERNANDES

**ESQUADRIAS RESIDENCIAIS EM MADEIRA:
CONTEXTUALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS PARA
OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS**

Este trabalho de conclusão foi julgado adequado para a obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA** e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 1 de novembro de 2004

Prof. Miguel Aloysio Sattler
PhD pela University of Sheffield, UK
Orientador

Prof.a Helena Beatriz Cybis
Coordenadora do Mestrado Profissionalizante
EE/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof.a Carin Maria Schmitt
(PPGEC/UFRGS)
Dra. pela UFRGS

Prof. Ioshiaqui Shimbo
(DECiv/UFSCar)
Dr. pela USP

Prof.a Lia Buarque de Macedo Guimarães
(PPGEP/UFRGS)
PhD pela Universidade de Toronto, Canadá

Prof. Luis Carlos Bonin
(DECIV/UFRGS)
MSc. Pela UFRGS

Primeiramente, dedico este trabalho à Santíssima Trindade - Deus Pai, Deus Filho e Espírito Santo - razão de minhas vitórias, suporte nos momentos de fracasso. Nenhum trabalho intelectual humano pode ser atribuído exclusivamente a um único indivíduo. Dependemos de princípios e valores nobres para nossa formação espiritual, moral, social, cultural, econômica e científica, necessários para vivermos em sociedade, como seres humanos. Dedico este trabalho a todos os meus familiares, em especial a minha esposa Ana Lúcia e a minha filha Daniella. Atribuo uma homenagem especial ao meu primeiro cliente, Sr. Plínio Froener (1940-2000), artesão e conhecedor de madeira, pois teve como ofício, a arte de trabalhar na construção de barcos e iates, empregando essa fantástica matéria-prima.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Miguel Aloysio Sattler, orientador deste trabalho, pela nobre causa defendida, pela liberdade e pela sabedoria transmitida nos momentos de decisão.

Agradeço aos demais professores e colegas do NORIE pela postura ética e profissional no fortalecimento do ensino-aprendizagem.

Agradeço a todos os entrevistados, principalmente aos fabricantes de esquadrias em madeira, pela contribuição de diversas informações baseadas em suas experiências profissionais.

Agradeço aos bibliotecários da CIENTEC, Faculdade Ritter dos Reis e Faculdades de Arquitetura e Engenharia da UFRGS, pela atenção recebida durante a pesquisa bibliográfica.

Agradeço aos responsáveis pelas revistas: Finestra / Brasil, Técnica, Contramarco & Cia e Revista da Madeira, pelo excelente nível técnico de seus artigos sobre esquadrias.

Agradeço a todos os demais profissionais, responsáveis pela produção e divulgação do conhecimento científico, na área da construção civil.

RESUMO

FERNANDES, A. G. **Esquadrias residenciais em madeira**: contextualização de variáveis para otimização de projetos. 2004. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) - Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

O presente trabalho está inserido num contexto de estudos relativos à caracterização e otimização de esquadrias residenciais em madeira. A contextualização dos estudos considera: o meio ambiente, com suas variáveis climáticas e locais; a constituição física e tecnológica de materiais, sistemas e componentes da esquadria; o perfil de desempenho técnico, funcional e utilitário, propiciado pela esquadria; e os processos técnicos de projeto, produção e instalação. Os instrumentos metodológicos aplicados no presente estudo são: entrevistas, levantamento dimensional, representação gráfica e observações para análise de processos de projeto, produção e instalação. O resultado principal está na análise comparativa e reformulação do projeto das esquadrias de um protótipo de habitação sustentável edificado no Campus da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, em Porto Alegre. Como resultados complementares citam-se: o mapeamento das características físicas e mecânicas de madeiras, passíveis de serem empregadas na produção de esquadrias, e um estudo de informações que deveriam constar nas especificações técnicas e representações gráficas dos projetos de esquadrias residenciais em madeira.

Palavras-chave: esquadrias; madeira; projeto de esquadrias.

ABSTRACT

FERNANDES, A. G. **Esquadrias residenciais em madeira**: contextualização de variáveis para otimização de projetos. 2004. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) - Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

The context of this research is related with the improvement of residential windows and doors, manufactured on wood. Many aspects that interfere in a choice of functional characteristics are described as environmental content; physical content; behavioral content; and technical content. The analysis of the design, production and installation process used the following methodological instruments: interviews, dimensional survey, drawings and observation. The principal result is a new design for seven windows and five doors of a more sustainable dwelling, built in the University Campus of UFRGS, in Porto Alegre. The other results are: the physical and mechanical characteristics of native woods, that can be used to manufacture windows and doors, and some important information that should be contained in windows and doors design.

Key-words: windows; doors; wood; windows design; doors design.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
1 INTRODUÇÃO	15
2 METODOLOGIA DA PESQUISA	17
2.1 ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2.2 OBJETIVOS	18
2.3 LIMITAÇÕES	18
2.4 PRESSUPOSTOS	19
2.5 ESTRATÉGIAS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA PESQUISA	19
3 CONTEXTUALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DE ESQUADRIAS RESIDENCIAIS EM MADEIRA	22
3.1 ESQUADRIA	22
3.1.1 Portas	22
3.1.2 Janelas	23
3.2 MAPA CONTEXTUAL DE VARIÁVEIS	24
3.2.1 Conteúdo de ordem ambiental	27
3.2.2 Conteúdo de ordem física	28
3.2.3 Conteúdo de ordem comportamental e utilitário	29
3.2.4 Conteúdo de ordem técnica	30
4 ESTUDO DE CASO: ESQUADRIAS DO PROTÓTIPO DE HABITAÇÃO SUSTENTÁVEL	31
4.1 CONTEXTO DA HABITAÇÃO SUSTENTÁVEL	31
4.1.1 Descrição da concepção arquitetônica	33
4.1.2 Técnica construtiva, materiais e componentes	35
4.2 ESQUADRIAS DO PROTÓTIPO	35
5 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS DAS ESQUADRIAS	38
5.1 MEIO AMBIENTE	39
5.2 CLIMA	40
5.2.1 Orientação solar	40
5.2.2 Radiação solar	41
5.2.3 Ventos dominantes	42
5.2.4 Umidade relativa do ar	43
5.2.5 Variação da temperatura	43
5.2.6 Incidência de chuva	44

5.3 AGENTES AGRESSIVOS	44
5.3.1 Poluição do ar e sonora	45
5.3.2 Condensação e umidade	46
5.3.3 Gordura	46
5.4 TIPO DE EDIFICAÇÃO: HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL	47
5.4.1 Área mínima para uma habitação	47
5.4.2 Dependências da habitação	47
5.5 OCUPAÇÃO DE ESPAÇO AO FUNCIONAR	49
6 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICAS DAS ESQUADRIAS	51
6.1 MADEIRA: MATÉRIA-PRIMA DA ESTRUTURA DAS ESQUADRIAS	52
6.2 DETALHES CONSTRUTIVOS E SISTEMAS DE MONTAGEM	66
6.2.1 Sistemas de emendas	67
6.2.1.1 Materiais para emendas	68
6.2.2 Sistemas de drenagem	70
6.2.3 Sistemas de vedação de juntas	71
6.2.3.1 Gaxetas de borracha	71
6.2.3.2 Escovas de vedação	72
6.2.3.3 Selantes	72
6.3 ACESSÓRIOS, FERRAGENS E FECHADURAS	73
6.4 COMPLEMENTOS	76
6.4.1 Vidro	76
6.4.1.1 Vidros múltiplos	79
6.4.1.2 Envidraçamento	80
6.4.2 Complementos de proteção	82
6.4.2.1 Veneziana	83
6.4.2.2 Grade	85
6.4.2.3 Tela mosquiteiro	85
6.5 PINTURA DE ACABAMENTO	86
7 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS COMPORTAMENTAL E UTILITÁRIAS DAS ESQUADRIAS	91
7.1 RESISTÊNCIA	92
7.1.1 Durabilidade	92
7.1.2 Resistência estrutural à deformação	92
7.1.3 Resistência estrutural à carga de vento	93
7.1.4 Resistência estrutural ao esforço de uso	94

7.1.5 Resistência estrutural contra roubo, impacto ou vandalismo	95
7.1.6 Resistência ao fogo	96
7.2 TÉCNICO-FUNCIONAL E HABITABILIDADE	97
7.2.1 Funcionalidade	97
7.2.2 Iluminação natural	99
7.2.3 Ventilação natural	101
7.2.4 Isolamento térmico	104
7.2.5 Isolamento acústico	105
7.3 EXIGÊNCIAS DE ESTANQUEIDADE	106
7.3.1 Estanqueidade à água de chuva	106
7.3.2 Estanqueidade ao ar e poeira	108
7.3.3 Estanqueidade a insetos	109
7.4 EXIGÊNCIAS DE ACESSIBILIDADE E ERGONOMIA	109
7.5 DESEMPENHO ESTÉTICO	111
7.6 DESEMPENHO ECONÔMICO (MANUTENÇÃO)	113
7.7 EXIGÊNCIAS DE INTERESSE ECOLÓGICO	113
8 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS TÉCNICAS DAS ESQUADRIAS	114
8.1 LEGISLAÇÃO	114
8.1.1 Código de edificações	115
8.1.2 Normas técnicas	116
8.2 PROCESSO DE PROJETO	116
8.2.1 Dimensionamento	118
8.2.2 Representação gráfica	120
8.2.3 Memorial descritivo	121
8.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO	122
8.3.1 Custo de produção	123
8.3.2 Controle de qualidade	124
8.3.3 Resíduos	125
8.3.4 Transporte e armazenagem	125
8.3.5 Embalagem contendo etiquetas e manuais	126
8.4 PROCESSO DE INSTALAÇÃO	127
9 REPROJETO DAS ESQUADRIAS DO PROTÓTIPO	129
9.1 DIRETRIZES DO REPROJETO DAS JANELAS	129
9.2 DIRETRIZES DO REPROJETO DAS PORTAS	131

9.3 MEMORIAIS DESCRITIVOS E JUSTIFICATIVAS DO REPROJETO	134
9.3.1 Memorial descritivo e justificativas relacionados ao conteúdo de ordem ambiental	134
9.3.2 Memorial descritivo e justificativas relacionados ao conteúdo de ordem física .	137
9.3.3 Memorial descritivo e justificativas relacionados ao conteúdo de ordem comportamental e utilitário	145
9.3.4 Memorial descritivo e justificativas relacionados ao conteúdo de ordem técnica	148
9.4 DOCUMENTOS AUXILIARES DO REPROJETO	150
9.4.1 Dados gerais da obra	151
9.4.2 Memorial descritivo individual	152
10 CONSTATAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS	153
11 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	155
11.1 CONCLUSÕES	155
11.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	157
11.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	158
REFERÊNCIAS	159
APÊNDICE A – DETALHES E PERFIS DAS PORTAS E JANELAS, EM MADEIRA, DO REPROJETO	164
APÊNDICE B – TERMINOLOGIA ADOTADA PARA AS PARTES E COMPONENTES DAS PORTAS E JANELAS	167
APÊNDICE C – CONSTATAÇÕES E ANÁLISE DIMENSIONAL DE JANELAS DE CORRER, MAXIM-AR E VENEZIANA	170
ANEXO A – CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRAS BRASILEIRAS ADEQUADAS À PRODUÇÃO DE ESQUADRIAS	173
ANEXO B – ESPECIFICAÇÃO DOS VIDROS PARA ESQUADRIAS EM MADEIRA	176
GLOSSÁRIO	178

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: relação de entrevistados e respectivas contribuições	21
Figura 2: vista nordeste do protótipo de habitação mais sustentável	21
Figura 3: aspectos físicos, econômicos, psicofísicos e artísticos das janelas	23
Figura 4: mapa contextual de variáveis inerentes à escolha de uma esquadria	26
Figura 5: relação entre variáveis do conteúdo de ordem ambiental com o projeto de esquadrias	27
Figura 6: relação entre variáveis do conteúdo de ordem física com o projeto de esquadrias	28
Figura 7: relação entre variáveis do conteúdo de ordem comportamental e utilitário com o projeto de esquadrias	29
Figura 8: relação entre variáveis do conteúdo de ordem técnica com o projeto de esquadrias	30
Figura 9: vista norte do protótipo de habitação mais sustentável	32
Figura 10: síntese de princípios, diretrizes e pressupostos para desenvolvimento de um projeto de edificação sustentável	32
Figura 11: vista noroeste do protótipo	33
Figura 12: planta baixa do protótipo – Habitação Sustentável – CETHS	34
Figura 13: portas do protótipo	36
Figura 14: janelas do protótipo	37
Figura 15: variáveis ambientais que influenciam na escolha de uma esquadria	38
Figura 16: área necessária das dependências, com respectivos equipamentos	48
Figura 17: observações sobre as dependências com respectivas esquadrias	48
Figura 18: vista externa da janela J3, com as folhas abertas	50
Figura 19: variáveis físicas dos materiais e sistemas construtivos que influenciam na escolha de uma esquadria	51
Figura 20: classificação das madeiras	52
Figura 21: composição dos caules das árvores: identificação das partes	54
Figura 22: identificação das partes da estrutura microscópica do lenho	54
Figura 23: características diversas das madeiras	55
Figura 24: características físicas da madeira	56
Figura 25: comportamento físico e mecânico das madeiras: retratilidade e umidade .	56
Figura 26: propriedades físicas das madeiras brasileiras indicadas para esquadrias ...	57
Figura 27: propriedades mecânicas de madeiras brasileiras indicadas para esquadrias	57
Figura 28: teor de umidade de equilíbrio da madeira para cidades brasileiras	58

Figura 29: vantagens da madeira	59
Figura 30: desvantagens da madeira	59
Figura 31: defeitos e anomalias das madeiras	60
Figura 32: principais defeitos das madeiras e suas possíveis causas	60
Figura 33: agentes agressivos da madeira	61
Figura 34: secagem da madeira: vantagens e processos	62
Figura 35: tratamento da madeira: processos e produtos	63
Figura 36: volume e peso de madeira das janelas do protótipo	65
Figura 37: volume e peso de madeira das portas do protótipo	65
Figura 38: detalhe do sistema de emenda através de espiga na porta P1	68
Figura 39: adesivos empregados em colagem de madeira	69
Figura 40: relação de ferragens e acessórios para as esquadrias do protótipo	76
Figura 41: propriedades físicas e mecânicas dos vidros	77
Figura 42: comparação entre a transmissão relativa das radiações através dos vidros	77
Figura 43: dimensões máximas de chapa de vidro recozido	78
Figura 44: dimensões e preço dos vidros das janelas do protótipo	79
Figura 45: exemplos de palhetas de venezianas	83
Figura 46: fração de energia solar incidente e tipos de proteção	84
Figura 47: produtos de pintura em madeira	86
Figura 48: sistemas de pintura em madeira	87
Figura 49: superfícies para pintura das janelas do protótipo	90
Figura 50: superfícies para pintura das portas do protótipo	90
Figura 51: variáveis que intervêm no perfil de desempenho técnico e funcional de uma esquadria	91
Figura 52: variações das dimensões e dos desvios de forma das folhas de porta sob a ação da umidade	93
Figura 53: conversão da velocidade do vento em pressão dinâmica	94
Figura 54: comportamento das folhas de porta submetidas a manobras anormais	95
Figura 55: comportamento das folhas de porta sob a ação de impactos	96
Figura 56: descrição funcional das esquadrias do protótipo	98
Figura 57: confronto entre as janelas do protótipo e as exigências da legislação municipal sobre iluminação natural	100
Figura 58: confronto entre a área efetiva de iluminação natural das janelas do protótipo e a legislação municipal	101
Figura 59: área efetiva de iluminação das janelas do protótipo para folhas sem pinázio	101

Figura 60: ventilação mínima necessária	102
Figura 61: confronto entre as janelas do protótipo e as exigências da legislação municipal sobre ventilação natural	103
Figura 62: confronto entre a área efetiva de ventilação natural das janelas do protótipo com a legislação municipal	103
Figura 63: propriedades térmicas de alguns materiais	104
Figura 64: isolamento sonoro de algumas janelas	105
Figura 65: índice de isolamento acústico em função da espessura do vidro	105
Figura 66: pressão de ensaio de estanqueidade à água	107
Figura 67: comparação entre o comprimento dos baguetes das janelas do protótipo e as folhas sem pinázio	107
Figura 68: posicionamento dos comandos das esquadrias do protótipo	111
Figura 69: variáveis estéticas de um produto	112
Figura 70: variáveis técnicas que intervêm na escolha de uma esquadria	114
Figura 71: exigências da legislação para projeto de janelas e portas residenciais	115
Figura 72: exigências legais em comparação com as portas do protótipo	115
Figura 73: requisitos para elaboração de produto	117
Figura 74: tolerâncias dimensionais e desvios de forma admitidos para folhas de porta	119
Figura 75: relação de preços das esquadrias do protótipo	124
Figura 76: métodos de instalação de esquadrias	127
Figura 77: determinação da quantidade de pontos de ancoragem para as esquadrias .	128
Figura 78: dimensões dos vãos para instalação das esquadrias	128
Figura 79: reprojeto gráfico das janelas	130
Figura 80: reprojeto gráfico das portas	133
Figura 81: memorial descritivo do reprojeto das esquadrias relacionado ao conteúdo de ordem ambiental	134
Figura 82: vista interna da janela J5*	136
Figura 83: memorial descritivo do reprojeto das esquadrias relacionado ao conteúdo de ordem física	137
Figura 84: volume e peso estimado das madeiras empregadas nas janelas do reprojeto	138
Figura 85: volume e peso estimado das madeiras empregadas nas portas do reprojeto	138
Figura 86: detalhe da borracha de EPDM da janela J5*	139
Figura 87: relação de ferragens e acessórios para as janelas do reprojeto	140
Figura 88: relação de ferragens e acessórios para as portas do reprojeto	141

Figura 89: vidros das janelas do reprojeto	141
Figura 90: comprimento dos baguetes das janelas do reprojeto	142
Figura 91: superfície para pintura dos perfis das janelas do reprojeto	143
Figura 92: superfície para pintura dos perfis das portas do reprojeto	143
Figura 93: vista externa da janela J5*	144
Figura 94: memorial descritivo do reprojeto das esquadrias relacionado ao conteúdo de ordem comportamental e utilitário	145
Figura 95: descrição funcional das esquadrias do reprojeto	146
Figura 96: área efetiva de iluminação e ventilação natural das janelas do reprojeto segundo a legislação municipal	147
Figura 97: posicionamento dos comandos das esquadrias do reprojeto	147
Figura 98: memorial descritivo do reprojeto das esquadrias relacionado ao conteúdo de ordem técnica	148
Figura 99: exigências da legislação relacionadas com as janelas do reprojeto	149
Figura 100: exigências da legislação relacionadas com as portas do reprojeto	149
Figura 101: dimensões dos vãos brutos das esquadrias do reprojeto	150
Figura 102: dados gerais da obra e responsáveis técnicos para o reprojeto das esquadrias	151
Figura 103: memorial descritivo individual de cada esquadria (modelo)	152
Figura 104: relação entre a área efetiva de iluminação e ventilação das janelas do reprojeto com as do protótipo	154
Figura 105: detalhes do reprojeto das portas e janelas	165
Figura 106: perfis das janelas e portas do reprojeto	166
Figura 107: terminologia adotada para as partes das portas	168
Figura 108: terminologia adotada para as partes das janelas	169
Figura 109: constatações e análise dimensional de janelas de correr, maxim-ar e venezianas	171
Figura 110: área de perda de vidro em janelas maxim-ar e de correr	172
Figura 111: caracterização de madeiras brasileiras adequadas à produção de esquadrias	174
Figura 112: especificação dos vidros para esquadrias em madeira	177

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população brasileira e mundial, com suas diferenças sociais, culturais e econômicas, associado ao crescimento do consumo de produtos, que geram gastos excessivos de energia e resíduos de difícil reciclagem, pode ser algumas das principais causas da deterioração ininterrupta do meio ambiente, pois geram impactos à saúde e sobrevivência humana (AGENDA 21, 2001). Entretanto, faz-se necessário mudar os padrões insustentáveis de produção, utilizando matérias-primas e processos de fabricação, que propiciem a redução do uso de recursos finitos, pois o ser humano, que faz parte de um contexto ambiental, pode ser o agente responsável pelo projeto de produtos, prédios e cidades mais harmônicas com a natureza (LOMARDO, 1997).

De acordo com Scardoelli et al. (1994), no Brasil, a Indústria da Construção Civil detém um papel social e econômico de elevada importância. Objetivamente, é o setor básico para gerar mais de 9 milhões de empregos diretos e indiretos, em toda a economia nacional e para atender a uma demanda habitacional de, aproximadamente, 6,6 milhões de unidades (BAHIA; CRUZ, 2003). Conforme Silva (1982), a necessidade de construção de habitações econômicas pode conduzir à busca de materiais e processos construtivos, que reduzam o custo unitário da obra, ou simplesmente a diminuição do tamanho da moradia. Geralmente, somam-se as duas tendências, o que resulta em habitações menores e de acabamento inferior.

As novas tecnologias construtivas, para habitações de interesse social, visam inovar, principalmente os componentes estáticos, definidos por Lamberts et al. (1997), como opacos, sendo eles: a estrutura, os elementos de vedação ou alvenarias, telhados, revestimentos em geral, etc. Entretanto, em uma habitação, a esquadria pode ser considerada como o componente que apresenta maior número de funções e o seu estudo, em muitos casos, não recebe atenção semelhante. O custo deste componente da edificação residencial é, relativamente, significativo, variando de 5 a 14% do custo total, mas pode ser aumentado quando projetado, produzido ou instalado sem eficácia, tornando-se um elemento gerador de desconforto do espaço construído. Em muitos casos, a especificação de esquadrias padronizadas é adotada de forma indiscriminada para qualquer região do país. Como resultado

pode ocorrer a incompatibilidade entre esses componentes e variáveis, tais como o meio ambiente, o clima, os acessórios, as ferragens, a legislação, o usuário, etc.

Considerando-se que, para cada habitação de interesse social com dois dormitórios, a demanda de esquadrias pode ser de cinco portas e cinco janelas, conclui-se que, somente para a Região Metropolitana de Porto Alegre, que apresenta um déficit habitacional de 116 mil habitações (BAHIA; CRUZ, 2003), o déficit de esquadrias pode ser de 1,16 milhões de unidades.

A madeira tem um valor incomparável com as demais fontes de matéria-prima, por ser uma fonte natural de recursos em que o homem é capaz de interferir na sua renovação (JOHNSON, 1994). Entretanto, em Porto Alegre, a partir das três últimas décadas do século XX, as esquadrias externas em madeira deixaram de ser empregadas nas habitações de interesse social, em função do custo inicial elevado desses componentes, em relação às esquadrias em aço. Porém a definição da matéria-prima depende de diversos fatores econômicos a médio e longo prazo, além de fatores culturais e tecnológicos.

A maioria das fábricas de esquadrias em madeira, com uma cultura voltada à qualidade dos produtos, está desenvolvendo aperfeiçoamentos, principalmente, nos sistemas de vedação e de funcionalidade, propiciando melhor estanqueidade, leveza e segurança. Existem diversas lacunas de informação entre projetistas, construtores e fabricantes de esquadrias em madeira. Esta deficiência pode gerar prejuízos econômicos de construção, produção e manutenção. Uma proposta de minimização desta deficiência poderá ser alcançada, através da elaboração de projetos de esquadrias mais completos, elaborados antes da execução da obra e atendendo aos requisitos ambientais, físicos e de desempenho técnico.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Antes de discorrer sobre a metodologia adotada neste trabalho de conclusão sobre esquadrias residenciais em madeira, faz-se necessário esclarecer a sua forma organizacional.

2.1 ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em onze capítulos. O primeiro capítulo foi destinado à introdução, contextualizando o tema proposto. O segundo capítulo refere-se aos métodos, técnicas e instrumentos de pesquisa, citando os objetivos, limitações e pressupostos. O terceiro capítulo mostra uma síntese da contextualização de variáveis, que intervêm na otimização do projeto e na escolha de uma determinada esquadria, através de um esquema demonstrativo, denominado **mapa contextual de variáveis**. O quarto capítulo caracteriza 12 esquadrias de um protótipo de habitação de interesse social, edificado no Campus da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Do quinto ao oitavo capítulo é feita a análise destas esquadrias, com base na bibliografia sobre as variáveis descritas no mapa contextual. Acrescentam-se à fundamentação teórica, experiências e informações empíricas de fabricantes de esquadrias em madeira. O nono capítulo apresenta uma alternativa de solução para o reprojeto das esquadrias do estudo de caso, visando a sua otimização. As referências bibliográficas, nesta etapa, estão sendo utilizadas como suporte para justificar as decisões de projeto. No décimo capítulo é feita a comparação, através de análises quantitativas e qualitativas, entre as esquadrias do estudo de caso e do reprojeto, São confrontadas as variáveis de iluminação e ventilação natural, características funcionais e composição de materiais, com as exigências da legislação vigente e norma técnica sobre acessibilidade. O último capítulo resume as principais conclusões e considerações finais da pesquisa.

2.2 OBJETIVOS

O **objetivo principal** desta pesquisa é a apresentação do projeto reformulado das doze esquadrias do protótipo de habitação mais sustentável, do projeto CETHS/ NORIE/ UFRGS.

A pesquisa apresenta alguns **objetivos secundários** relacionados ao tema, tais como:

- a) identificação e análise das diversas variáveis, que podem intervir na otimização dos projetos de esquadrias;
- b) elaboração de um esquema demonstrativo (mapa), que ilustre a contextualização das variáveis para um determinado ambiente;
- c) verificação do desempenho das 12 esquadrias da habitação sustentável, do estudo de caso, principalmente em relação à legislação, normas de acessibilidade e quantificação de iluminação natural, ventilação natural e de matéria-prima em volume e superfície;
- d) identificação das principais características físicas e mecânicas de madeiras brasileiras apropriadas à produção de esquadrias.

2.3 LIMITAÇÕES

A elaboração de um projeto completo para qualquer produto pressupõe a adoção de ensaios técnicos em laboratório, testes de mercado, elaboração do processo de produção, análise de impacto ambiental, análise econômica, etc. Resultados obtidos nesses procedimentos poderiam fornecer subsídios para o aperfeiçoamento das soluções propostas, antes de se iniciar a sua produção, porém não farão parte desta pesquisa. A pesquisa estará limitada à elaboração de um reprojeto básico das 12 esquadrias do protótipo de habitação sustentável, com informações suficientes para a compreensão das diretrizes adotadas.

A utilização de *softwares*, que utilizam como ferramenta, as três dimensões, poderiam oferecer maior quantidade e qualidade de informação, porém, nesta pesquisa, em função de ser um projeto básico, será adotada a representação gráfica tradicional, com planta baixa, cortes e vistas internas e externas.

Como a construção é recente e possui moradores, se torna questionável a execução de uma análise pós-ocupação, que poderia identificar patologias geradas pelo uso indevido, pela falta de manutenção, durabilidade dos materiais, ergonomia, etc. O estudo de caso da pesquisa

estará limitado à análise quantitativa das esquadrias do protótipo de habitação sustentável, relacionada à legislação, normas de acessibilidade, iluminação, ventilação natural, volume e superfície da matéria-prima, materiais e sistemas construtivos e serão efetuadas algumas análises qualitativas de forma subjetiva.

2.4 PRESSUPOSTOS

Pelo extenso conteúdo dos intervenientes relacionados ao tema, **esquadrias residenciais em madeira**, pressupõe-se que todas as informações contidas nos quadros desta pesquisa servirão como referência e suporte para a definição das diretrizes do reprojeto das esquadrias. Os produtos, incluindo acessórios, ferragens e fechaduras e respectivas marcas mencionadas ou especificadas, também serão adotados como referência. Resultados de todos os dados estatísticos, fornecidos por diversos órgãos governamentais ou privados, também farão parte referencial desta pesquisa.

2.5 ESTRATÉGIAS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA PESQUISA

A atividade de projeto é caracterizada pela participação de vários intervenientes com formações diferenciadas (SCARDOELLI et al., 1994). A seqüência de passos adotados para a elaboração da pesquisa, pode ser dividida em cinco etapas. São elas:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) organização das variáveis;
- c) entrevistas;
- d) estudo de caso;
- e) reprojeto das esquadrias.

Durante a primeira etapa da pesquisa foi feito um levantamento de informações, através de normas técnicas nacionais, manuais, anais de congressos e seminários, livros, revistas e catálogos de produtos, com a finalidade de conhecer as variáveis, que poderiam intervir no desenvolvimento de um projeto de esquadrias em madeira. Destacam-se assuntos relativos à

madeira, à acessibilidade, ao projeto de desenvolvimento de produto e ao processo de produção de esquadrias em madeira.

As dificuldades para priorizar os assuntos relacionados ao tema exigiram, como solução, a elaboração de um esquema demonstrativo ou mapa. A segunda etapa da pesquisa caracterizou-se pela elaboração deste mapa, como auxílio na organização e sistematização das variáveis envolvidas.

A terceira etapa da pesquisa caracterizou-se pela busca de informações sobre esquadrias residenciais em madeira, através de entrevistas com alguns profissionais e fabricantes de esquadrias. Todos os dados obtidos, através de questionários, entrevistas gravadas e visitas, foram selecionados e adicionados à pesquisa, como suporte de análise do estudo de caso ou como justificativa do reprojeto. Os entrevistados estão identificados por cognomes de instrumentos musicais confeccionados com madeira, conforme quadro da figura 1.

A quarta etapa da pesquisa caracterizou-se pela descrição e análise das esquadrias de um protótipo de habitação mais sustentável, como estudo de caso. Este protótipo, ilustrado na figura 2, empregou esquadrias em eucalipto. As características específicas de cada esquadria foram registradas com fotografias, observação visual e levantamento dimensional *in loco*. Como instrumentos para o levantamento, foram empregados: trena metálica, paquímetro, fio de prumo, nível de bolha em alumínio, esquadro metálico, escadas e máquina fotográfica. A coleta de dados visou basicamente quantificar os materiais empregados (perfis, vidros, grades, acessórios e ferragens), verificar as características funcionais e de instalação, constatar patologias e, principalmente, elaborar o desenho técnico *as built* de cada esquadria.

A quinta e última etapa da pesquisa caracterizou-se pelo desenvolvimento do reprojeto das 12 esquadrias para o protótipo. Os resultados desta etapa incluem a definição das principais diretrizes de projeto, a representação gráfica e caracterização de cada esquadria, os memoriais descritivos gerais, em forma de quadro, as justificativas das opções de projeto e a análise comparativa deste reprojeto com as esquadrias do protótipo.

ENTREVISTADOS DA PESQUISA		
COGNOME, Ano da entrevista	ENTREVISTADO	
	Atividade profissional – experiência (anos)	Descrição das informações
CAVAQUINHO, 2001	Entomologista – (35 anos)	Cupins e outros agentes biológicos que utilizam a madeira
PANDEIRO, 2002	Fabricante de móveis e esquadrias em madeira – (28 anos)	46 respostas a perguntas sobre madeira, projeto de esquadrias, dimensionamento, processo e máquinas de produção, instalação e demais assuntos que envolvem este produto
OBOÉ, 2002	Fabricante de esquadrias em madeira – (22 anos)	
HARPA, 2002	Fabricante de esquadrias em madeira – (26 anos)	
PIANO, 2002	Fabricante de esquadrias em madeira – (25 anos)	
VIOLA, 2002	Arquiteto – (2 anos)	Características das esquadrias especificadas nos projetos de habitações de interesse social, do Departamento Municipal de Habitação de Porto Alegre (DEM HAB)
VIOLINO, 2002	Engenheiro – (27 anos)	
VIOLONCELO, 2002	Arquiteto projetista e construtor – (22 anos)	Definições para projetos de esquadrias residenciais em madeira
FLAUTA, 2003	Marceneiro fabricante de iates em madeira – (33 anos)	Materiais e técnicas de pintura, que melhor resistem à maresia e radiação solar
BANJO, 2003	Engenheiro - Organizador e responsável pelo projeto do protótipo do estudo de caso	Os processos de projeto e construção, agentes envolvidos e preço dos produtos e serviços
CLARINETA, 2003	Fabricante de esquadrias em madeira (15 anos)	Responsável pela produção e instalação das esquadrias do protótipo
MARIMBA, 2003	Arquiteto (aluno mestrado)	Responsável pela aplicação do produto de proteção das esquadrias
ALAÚDE, 2003	Vidraceiro	Responsável pelo fornecimento e envidraçamento do protótipo

Figura 1: relação dos entrevistados com respectivas contribuições



Figura 2: vista nordeste do protótipo de habitação mais sustentável

3 CONTEXTUALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DE ESQUADRIAS RESIDENCIAIS EM MADEIRA

3.1 ESQUADRIA

No início da civilização humana, a moradia, em seu primeiro estágio, caracterizava-se por possuir uma pequena abertura, preenchido por um elemento, em madeira, denominado de porta, que propiciava a entrada e saída de seus moradores. No segundo estágio de moradia do ser humano - cabanas ou choças – as habitações apresenta o surgimento de uma pequena abertura para entrada de luz, caracterizando as primeiras janelas. Nos demais estágios de habitação, as esquadrias consolidaram-se como componentes básicos das edificações residenciais (D'ÁVILA, 2000). Segundo Santiago (1996), as esquadrias são componentes das edificações, que ligam e integram os espaços e as pessoas. Cada ambiente de uma edificação possui uma função que, conseqüentemente, exige diferenciadas tipologias de esquadrias. Para habitações de interesse social, estima-se que este componente representa um custo que varia de 5 a 10% do custo total da edificação, adquirindo um papel econômico de grande importância. Por outro lado, Mascaró (1985) afirma que o custo das esquadrias internas e externas de uma edificação residencial de padrão médio pode representar até 14% do custo total. Entretanto, Vera Hachich (1994 apud FRIAS, 1994), estima que o custo deste componente de padrão médio representa em média 11% do custo da edificação.

3.1.1 Portas

As principais funções das portas são a de permitir a entrada ou saída de pessoas e proteger o ambiente interno de agentes naturais agressivos. Em algumas épocas da história, as portas de entrada das edificações, com dimensões maiores e desenhos rebuscados, apresentavam-se como símbolo de riqueza (HAMLIN, 1952). Em outros casos, encontram-se registros de vãos de porta com dimensões incompatíveis com a estatura do homem, como é o caso de habitações indígenas. As portas residenciais, compostas, basicamente, de marco, folha e

alizer, podem ser denominadas pelas características do material de constituição das folhas, pelo seu formato, pelas características funcionais ou uso específico e pela quantidade de folhas.

3.1.2 Janelas

As janelas das edificações residenciais mantêm as funções de ventilação e iluminação natural, proteção do interior dos ambientes, seja do calor ou frio, ruídos, chuva ou vento. Conforme quadro da figura 3, podem ser atribuídas outras funções às janelas.

Aspectos físicos, econômicos, psicofísicos e artísticos das janelas		
Aspecto	Função	
Físico	Permitir a renovação e circulação natural do ar	Preservar a saúde dos usuários; evitar a degradação de componentes; prover conforto higrométrico e térmico.
	Agilizar e equilibrar as trocas térmicas	Regular trânsito e emissão de radiações térmicas; atuar na estabilidade de trocas condutivas dos fechamentos opacos; regular trocas convectivas; prover conforto térmico.
	Proporcionar passagem de luz	Garantir quantidade de luz natural; filtrar a luz; prover conforto visual.
	Promover isolamento sonora	
	Promover Segurança	Resistir estruturalmente; vedar ambientes; evitar acesso de intrusos.
	Proporcionar combate ao fogo	Restringir a propagação de fogo; servir como rota de fuga removendo pessoas.
	Garantir estanqueidade à água	
Econômico	Minimizar investimentos para climatização	
	Otimizar gastos operacionais com a climatização	
	Minimizar investimentos para iluminação artificial diurna	
	Otimizar gastos operacionais com iluminação artificial diurna	
Psicofísico	Manter contato visual com o mundo exterior	Estimular sistema visual, proporcionando variações na focalização visual e fornecendo informações primárias de condições de tempo, hora, dia e do céu; evitar a monotonia.
	Gerar atmosfera de sossego e conforto	Prover privacidade e evocar libertação de sentimentos
Artístico	Agregar volume ao ambiente interno	
	Caracterizar fachada	Harmonizar aparência da edificação; diferenciar fachada, indicando a condição social; imprimir volume à fachada.
	Compor-se com vizinhança externa e interna	Associar e integrar materiais

Figura 3: aspectos físicos, econômicos, psicofísicos e artísticos das janelas (baseado em TIBIRIÇA, 1997)

O desempenho de uma janela depende, entre outros, das características intrínsecas deste componente, do sistema de juntas e acessórios, da altura a ser instalada na edificação, da posição na fachada, do meio ambiente onde estará inserida (condições externas) e outras situações definidas pelo projeto arquitetônico da edificação (ABCI, 1991). Para viabilizar este desempenho a NBR 10821 (ABNT, 2000) especifica exigências de permeabilidade ao ar, estanqueidade à água, resistência às cargas uniformemente distribuídas, resistências às operações de manuseio e atenuação sonora.

3.2 MAPA CONTEXTUAL DE VARIÁVEIS

A esquadria residencial pode ser considerada, como o componente da edificação, que apresenta maior número de funções. Além do aspecto funcional, as portas e janelas adaptam-se a soluções técnicas compatíveis com cada edificação, atendendo às exigências ambientais, climáticas, da legislação e das próprias limitações da matéria-prima. Estas e outras variáveis intervêm no desenvolvimento de um projeto otimizado de esquadrias, que visa qualificar tecnicamente esses componentes, isto é, apresentar um perfil de desempenho, que garanta a satisfação humana no ambiente construído, com um custo adequado.

Para a sistematização do processo de projeto das esquadrias, elaborou-se um esquema demonstrativo, que recebeu a denominação de **mapa contextual de variáveis, que intervêm no projeto das esquadrias residenciais em madeira**, conforme figura 4. Neste mapa, constam diversas variáveis organizadas em quatro grupos distintos, enfatizando: o ambiente onde serão instaladas as esquadrias; os elementos físicos que compõem cada esquadria; os aspectos funcionais e comportamentais e as questões técnicas, dos processos de desenvolvimento de qualquer produto para a construção civil. A variável econômica faz parte de diversas variáveis. Pode estar presente nos componentes da esquadria, nas suas dimensões, no processo de produção, que envolve o manejo florestal, corte, desdobro e nas demais variáveis deste processo, no processo de instalação, etc. Por isso, optou-se por não colocar um conteúdo de ordem econômica isolado. Os projetos de esquadrias mais otimizados, provavelmente serão aqueles que visaram atender a compatibilização e exigências de um maior número de variáveis, porém com soluções mais econômicas, incluindo todos os processos envolvidos.

A principal função deste mapa é relacionar as variáveis de forma organizada, para facilitar a busca de conhecimento das potencialidades e limitações de cada variável, com seu respectivo valor dentro de um contexto, e assim, justificar as decisões adotadas no projeto. Entre outras funções, este mapa contextual poderá auxiliar:

- a) na sistematização para análise de esquadrias, em avaliações pós-ocupação;
- b) no desenvolvimento de projetos de esquadrias residenciais, incluindo representação gráfica, memoriais descritivos e especificações técnicas;
- c) na visualização das principais variáveis que intervêm na escolha de uma determinada tipologia funcional;
- d) como suporte para reformulação de legislação (código de edificações) e normas técnicas.

Para a utilização deste mapa contextual, em projetos de esquadrias confeccionadas com outras matérias-primas (aço, alumínio e PVC), seria necessário adequar os itens dos quatro conteúdos, pois estes materiais apresentam sistemas diferenciados de instalação, emendas, drenagem, pintura de proteção, maquinaria, etc. Estas matérias-primas industrializadas apresentam menor quantidade de perfis diferenciados e as dimensões das esquadrias são resultantes de menores perdas de matéria-prima, pois os perfis apresentam comprimentos padrão (geralmente com 3,00 m ou 6,00 m).

A contextualização das esquadrias residenciais em madeira foi organizada de forma a abranger, basicamente, quatro grandes aspectos, descritos como conteúdos de ordem ambiental, física, comportamental e utilitário e técnico.

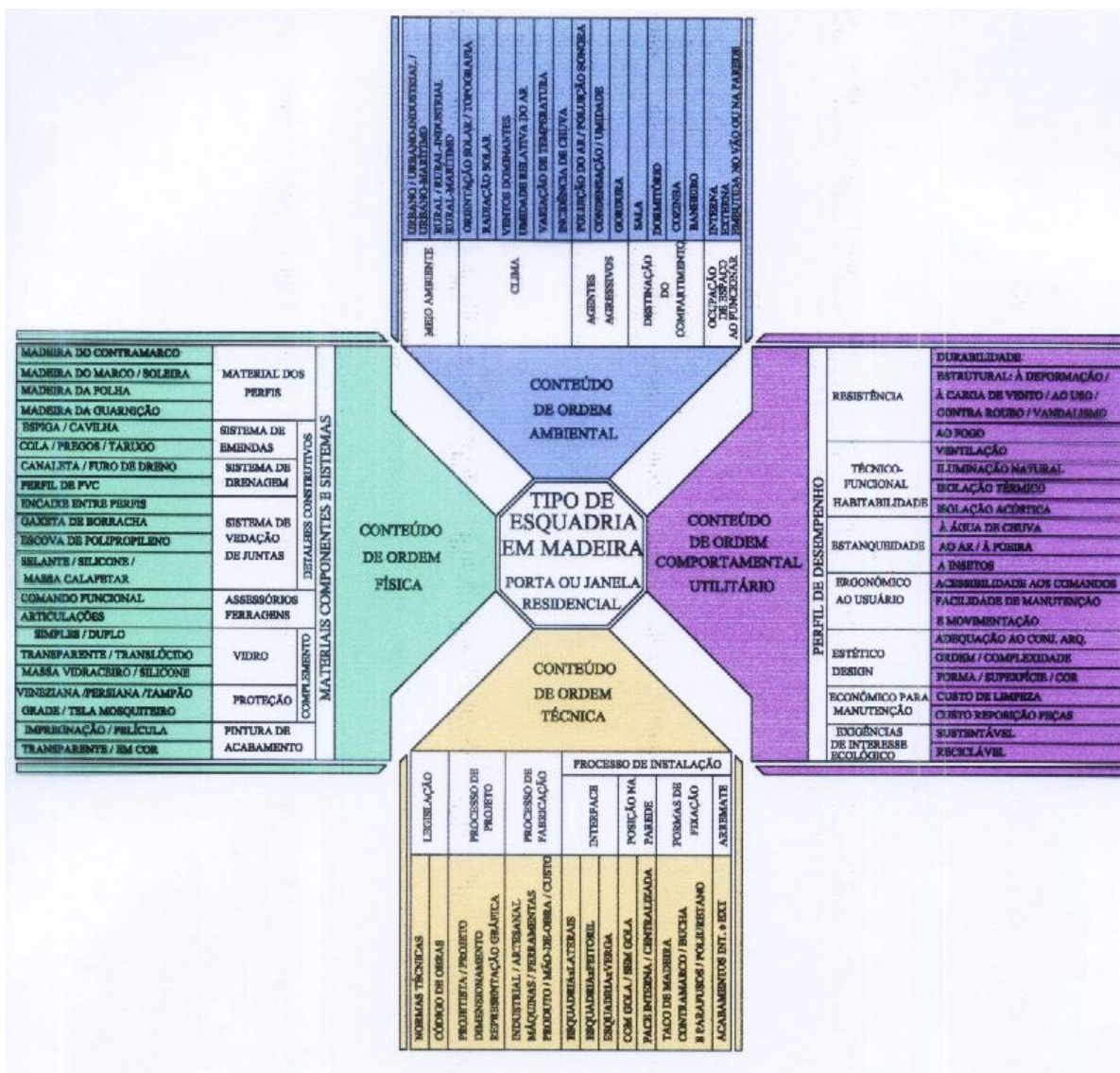


Figura 4: mapa contextual de variáveis inerentes à escolha de uma esquadria¹

¹ CONTEÚDO DE ORDEM: AMBIENTAL, detalhado na figura 15; FÍSICA, detalhado na figura 19; COMPORTAMENTAL UTILITÁRIO, detalhado na figura 51; TÉCNICA, detalhado na figura 70.

3.2.1 Conteúdo de ordem ambiental

Neste aspecto é enfocada a região onde está situada a edificação, caracterizando o ambiente externo e a edificação e suas dependências, caracterizando o ambiente interno. As principais variáveis ambientais externas, que intervêm nas esquadrias, são o meio ambiente, com suas características climáticas e agentes agressivos. As principais variáveis ambientais internas estão relacionadas com o tipo de dependência onde será instalada a esquadria, as suas influências espaciais de ocupação e com os agentes agressivos gerados internamente. A importância do conhecimento das variáveis ambientais pode auxiliar na definição dos materiais necessários a serem empregados, com suas respectivas proteções. Verifica-se, através do quadro da figura 5, que ocorrem interações entre as variáveis do conteúdo de ordem ambiental e o projeto das esquadrias.

CONTEÚDO DE ORDEM AMBIENTAL X PROJETO DAS ESQUADRIAS	
VARIÁVEIS (conhecer:)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para:)
Meio ambiente (urbano, marítimo, rural, industrial, etc.)	Escolha dos materiais e acabamentos das ferragens Escolha do acabamento superficial (pintura) Escolha da funcionalidade relacionada à manutenção
Clima (ventos, umidade, radiação solar, etc.)	Escolha dos acessórios de vedação (borrachas, escovas, selantes) Escolha do acabamento superficial (pintura) Escolha dos complementos e tipo de vidro
Agentes agressivos internos (condensação, gordura, etc.)	Relacionado com o sistema de drenagem Escolha dos materiais de acabamento Orientação para o desenho da esquadria
Destino do compartimento (sala, dormitório, cozinha, banheiro, etc.)	Escolha da funcionalidade mais adequada Escolha dos complementos (veneziana, grade, persiana, tela mosquiteiro) Escolha do tipo de vidro Dimensionamento das esquadrias relacionado com a iluminação e ventilação, para atender à legislação
Ocupação de espaço ao funcionar	Adequação aos equipamentos e mobiliário Verificação da possibilidade de gerar acidente com os usuários Verificação de interação com os complementos

Figura 5: relação entre as variáveis do conteúdo de ordem ambiental com o projeto de esquadrias

3.2.2 Conteúdo de ordem física

As principais variáveis físicas, que intervêm nas esquadrias em madeira, são as características da matéria-prima, com sistemas construtivos e acabamento superficial, acessórios, ferragens e complementos, tais como vidro, venezianas, grades, etc. A importância do conhecimento das variáveis sobre os materiais e componentes pode resultar na melhor adequação da esquadria ao perfil de desempenho e redução de custo para produção e, conseqüente, preço final do produto. Verifica-se, através do quadro da figura 6, que ocorrem interações entre as variáveis do conteúdo de ordem física e o projeto das esquadrias.

CONTEÚDO DE ORDEM FÍSICA X PROJETO DAS ESQUADRIAS	
VARIÁVEIS (conhecer:)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para:)
Matéria-prima (madeira)	Especificação da espécie de madeira mais adequada à função (marco, folha, alizar) Determinação do custo final
Detalhes construtivos (sistemas de emendas, drenagem e vedação)	Especificação da funcionalidade Aumento da eficiência da esquadria, reduzindo infiltrações de ar e água Orientação para o desenho da esquadria Determinação do custo final
Acessórios e ferragens	Posicionamento adequado dos comandos atendendo à acessibilidade Facilitar a movimentação e manutenção Determinação do custo final
Complementos (veneziana, persiana, grade, tela mosquiteiro)	Qualificar e proteger o ambiente interno Adequação ao compartimento e interação com a funcionalidade Determinação do custo final
Vidros	Dimensionar a espessura dos perfis Habitabilidade interna Determinação da área de iluminação natural (exigências da legislação) com redução de gasto com energia elétrica Determinação do custo final
Pintura (acabamento superficial)	Proteção e aumento na durabilidade da matéria-prima Reduzir períodos de manutenção Determinação do custo final

Figura 6: relação entre as variáveis do conteúdo de ordem física com o projeto de esquadrias

3.2.3 Conteúdo de ordem comportamental e utilitário

As principais variáveis de desempenho técnico e funcional, que intervêm nas esquadrias, são a durabilidade, a resistência estrutural, as características de iluminação, ventilação, isolamento térmico, acústico e acessibilidade gerada pela funcionalidade, a estanqueidade ao ar e à água e as exigências econômicas e de interesse ecológico. A importância do conhecimento destas variáveis, que intervêm no perfil de desempenho das esquadrias, pode resultar num maior conforto dos usuários, gerado pelas funções básicas de ventilação, iluminação e proteção do ambiente construído. Verifica-se, através do quadro da figura 7, que ocorrem interações entre as variáveis do conteúdo de ordem comportamental e utilitário e o projeto das esquadrias.

CONTEÚDO DE ORDEM COMPORTAMENTAL E UTILITÁRIO X PROJETO DAS ESQUADRIAS	
VARIÁVEIS (conhecer:)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para:)
Resistência (durabilidade, estrutural, ao fogo)	Atender as exigências ambientais, climáticas e da legislação Dimensionar os perfis
Técnico-funcional e habitabilidade (funcionalidade, iluminação, ventilação, isolamento térmico e acústico)	Propiciar habitabilidade e conforto interno Gerar economia ao usuário Atender exigências da legislação
Estanqueidade (à água, ao ar, a insetos)	Propiciar conforto e proteção do ambiente interno Adotar sistemas de vedação e drenagem Especificar acessórios
Acessibilidade e ergonomia	Propiciar conforto e segurança Optar por determinada funcionalidade Definir posição dos comandos funcionais Atender exigências da legislação e norma técnica
Estético	Escolher o acabamento superficial Adequação ao conjunto arquitetônico
Econômico para manutenção	Posicionamento da esquadria na parede Escolha da funcionalidade Verificar custo a médio prazo
Interesse ecológico	Definir os processos de tratamento da matéria-prima menos agressivos Definir os processos de produção com menores desperdícios de energia elétrica Atender tecnologia menos complexa para utilizar mão-de-obra local.

Figura 7: relação entre as variáveis do conteúdo de ordem comportamental e utilitário com o projeto de esquadrias

3.2.4 Conteúdo de ordem técnica

As principais variáveis técnicas, que intervêm nas esquadrias, são a legislação vigente, o processo de elaboração do projeto das esquadrias, o processo de produção e os procedimentos e técnicas de instalação. A importância do conhecimento das variáveis técnicas pode resultar em atendimento às exigências da legislação, que exige dimensões e condições mínimas, e conseqüentemente, ao conforto dos usuários. Verifica-se, através do quadro da figura 8, que ocorrem interações entre as variáveis do conteúdo de ordem técnica e o projeto das esquadrias.

CONTEÚDO DE ORDEM TÉCNICA X PROJETO DAS ESQUADRIAS	
VARIÁVEIS (conhecer:)	Principais interações com o projeto das esquadrias (para:)
Legislação (normas técnicas, códigos de edificação)	Definir dimensões mínimas das esquadrias Adequar os comandos e funcionalidade à acessibilidade
Processo de projeto (representação gráfica, memorial descritivo)	Facilitar a representação gráfica ideal Dimensionar adequadamente a esquadria Definir diretrizes do produto (simplicidade, padronização, modularização, etc.) Facilitar instalação Determinação do custo final
Processo de fabricação	Evitar projetos inviáveis Determinação do custo final
Processo de instalação	Definir o sistema mais seguro e econômico Adequação às técnicas construtivas e de gerência da obra Determinação do custo final

Figura 8: relação entre as variáveis do conteúdo de ordem técnica com o projeto de esquadrias

O processo de fabricação de esquadrias em madeira será abordado a partir da madeira cortada em pranchas e depositada nas fábricas, apesar deste processo ser influenciado pelo o plantio da matéria-prima, manejo florestas, corte nas serrarias, transporte, etc.

4 ESTUDO DE CASO: ESQUADRIAS DO PROTÓTIPO DE HABITAÇÃO SUSTENTÁVEL

O estudo de caso teve como finalidade verificar, a partir de um exemplo prático, a sistematização do mapa contextual e fornecer subsídios para a otimização do reprojeto das esquadrias. A escolha deste protótipo de habitação mais sustentável, para estudo de caso, com suas respectivas esquadrias, ocorreu pelos seguintes motivos:

- a) concepção arquitetônica diferenciada dos atuais modelos de habitação de interesse social construídos em Porto Alegre;
- b) as esquadrias deste protótipo foram confeccionadas com matéria-prima renovável, em madeira de reflorestamento;
- c) o uso de técnica construtiva e materiais de construção tradicionais e regionais (tijolos maciços, telha cerâmica, etc.);
- d) a possibilidade de obter maior quantidade de informações, visto que a sua conclusão ocorreu no mês de fevereiro de 2003.

4.1 CONTEXTO DA HABITAÇÃO SUSTENTÁVEL

Esta construção, com concepção baseada em diretrizes e conceitos de sustentabilidade, foi idealizada pela equipe de projeto do Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS), do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE).

Tanto a concepção arquitetônica, ilustrada através da figura 9, quanto a escolha dos materiais, seguem padrões de sustentabilidade, com princípios, diretrizes e pressupostos, citados por Sattler et al. (1999), conforme quadro da figura 10.



Figura 9: vista norte do protótipo de habitação mais sustentável

Princípios, diretrizes e pressupostos para o desenvolvimento de um projeto de edificação mais sustentável	
ASSUNTO	DESCRIÇÃO
Princípios Sachs (1993) apud SATTLER et al., 1999)	Fluxos de materiais e energia, utilizando os recursos específicos de cada região.
	Mudanças tecnológicas compatíveis com os objetivos sociais, econômicos e ecológicos, satisfazendo às necessidades da comunidade envolvida.
	Potencializar ações na busca da reeducação formal e informal.
Diretrizes	Incluir no projeto relações espaciais que permitam a utilização da habitação por pessoas portadoras de deficiência física.
	Utilizar os recursos da arquitetura bioclimática.
	Utilizar tecnologias de fácil apropriação pelos usuários da habitação.
Pressupostos	Especificar no projeto materiais compatíveis com o princípio da sustentabilidade e com os valores culturais da população.
	Integração da habitação e seu entorno com o ambiente natural.
	Otimização da capacidade funcional e melhoraria das condições do ambiente.
	Compatibilização da proposta com a realidade econômica.
	Utilização de fontes naturais e energéticas renováveis.
Redução de resíduos.	
Redução de perdas no processo de construção da habitação.	

Figura 10: síntese de princípios, diretrizes e pressupostos para desenvolvimento de um projeto de edificação sustentável (baseado em SATTLER et al., 1999)

4.1.1 Descrição da concepção arquitetônica

A edificação, conforme figura 11, foi concebida com formato, em planta baixa, praticamente de um quadrado. Está subdividida internamente em quatro dependências, sendo uma sala com cozinha conjugada, dois dormitórios e um banheiro. No perímetro da edificação existem duas reentrâncias sendo uma coberta, destinada à área de serviço e outra parcialmente coberta, com pérgolas, junto à entrada principal da habitação. O terreno, onde foi construída a habitação, pode ser considerado plano, atendendo orientação solar, conforme indicado em planta baixa (figura 12). Constata-se a opção pelo emprego predominante da face rústica dos tijolos para as fachadas e conseqüentemente, a face lisa para o interior da edificação. Internamente, o forro inclinado acompanha o caimento do telhado, aumentando o volume de ar interno das dependências.

Os vãos destinados à instalação das janelas foram confeccionados através de moldura em tijolo ap p arente, perpendicular às paredes. Verifica-se a presença de uma janela e uma porta orientadas para fachada leste, quatro janelas voltadas para o norte e duas janelas e uma porta para o oeste. A fachada sul não possui esquadrias ou vãos, entretanto no beiral constata-se a presença de aberturas para ventilação do telhado. Na fachada oeste destaca-se três faixas verticais rebocadas, com função de refletir a radiação solar.



Figura 11: vista noroeste do protótipo de habitação mais sustentável

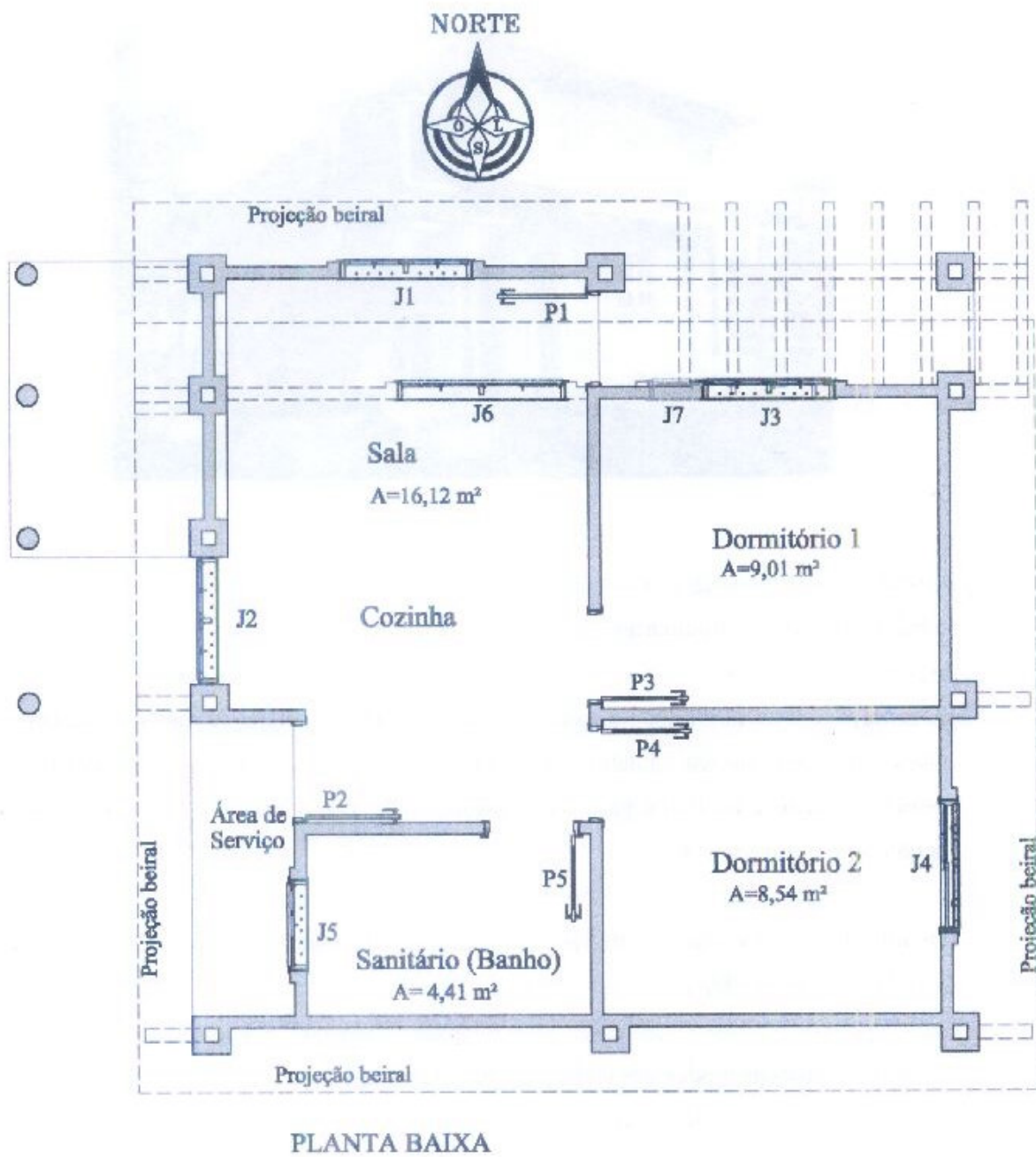


Figura 12: planta baixa do protótipo - Habitação Sustentável - CETHS

4.1.2 Técnica construtiva, materiais e componentes

A concepção estrutural adotada é de alvenaria portante de tijolo maciço comum, utilizando vigas, em concreto armado, para apoio do madeiramento do telhado. A alvenaria, em meio tijolo, possui reforço estrutural através de pilares em tijolo aparente, locados nos encontros de paredes, propiciando saliências nos planos das fachadas.

As vergas das esquadrias foram executadas com barras em aço de construção, embutidas na argamassa de assentamento dos tijolos. Podem ser atribuídas duas funções técnicas à moldura dos vãos das janelas: atender à espessura dos marcos das janelas; e, a parte inferior da moldura, servir como pingadeira.

Os materiais de construção empregados no protótipo são tradicionais, tais como o tijolo maciço comum, telha cerâmica, pisos em cerâmica natural, beirais, forros e esquadrias em madeira e peças em madeira roliça, como estrutura para o reservatório e pérgolas. A maioria das paredes internas são em tijolo aparente, exceto no sanitário e uma face da parede do dormitório 1, que faz divisa com o dormitório 2.

4.2 ESQUADRIAS DO PROTÓTIPO

As esquadrias do protótipo, em madeira de eucalipto, atenderam aos padrões da fábrica, porém com dimensões e alguns detalhes específicos. Foram empregadas cinco portas, conforme figura 13, sendo duas (P1 e P2) consideradas portas maciças, subdivididas em travessas centrais, pinázios e almofadas, porém com desenhos diferenciados, e três (P3, P4 e P5), com couceiras e travessa superior e inferior, em madeira maciça, e parte central preenchida com lambris, colocados em diagonal.

Foram empregadas nesta habitação sete janelas, conforme figura 14, sendo concebidas com folhas envidraçadas subdivididas com pinázios, especificadas como caixilho quadriculado, pelo fabricante.

Para sistematizar a análise das esquadrias do protótipo descrito neste capítulo, será obedecida a seqüência de conteúdos ambiental, físico, comportamental e técnico.

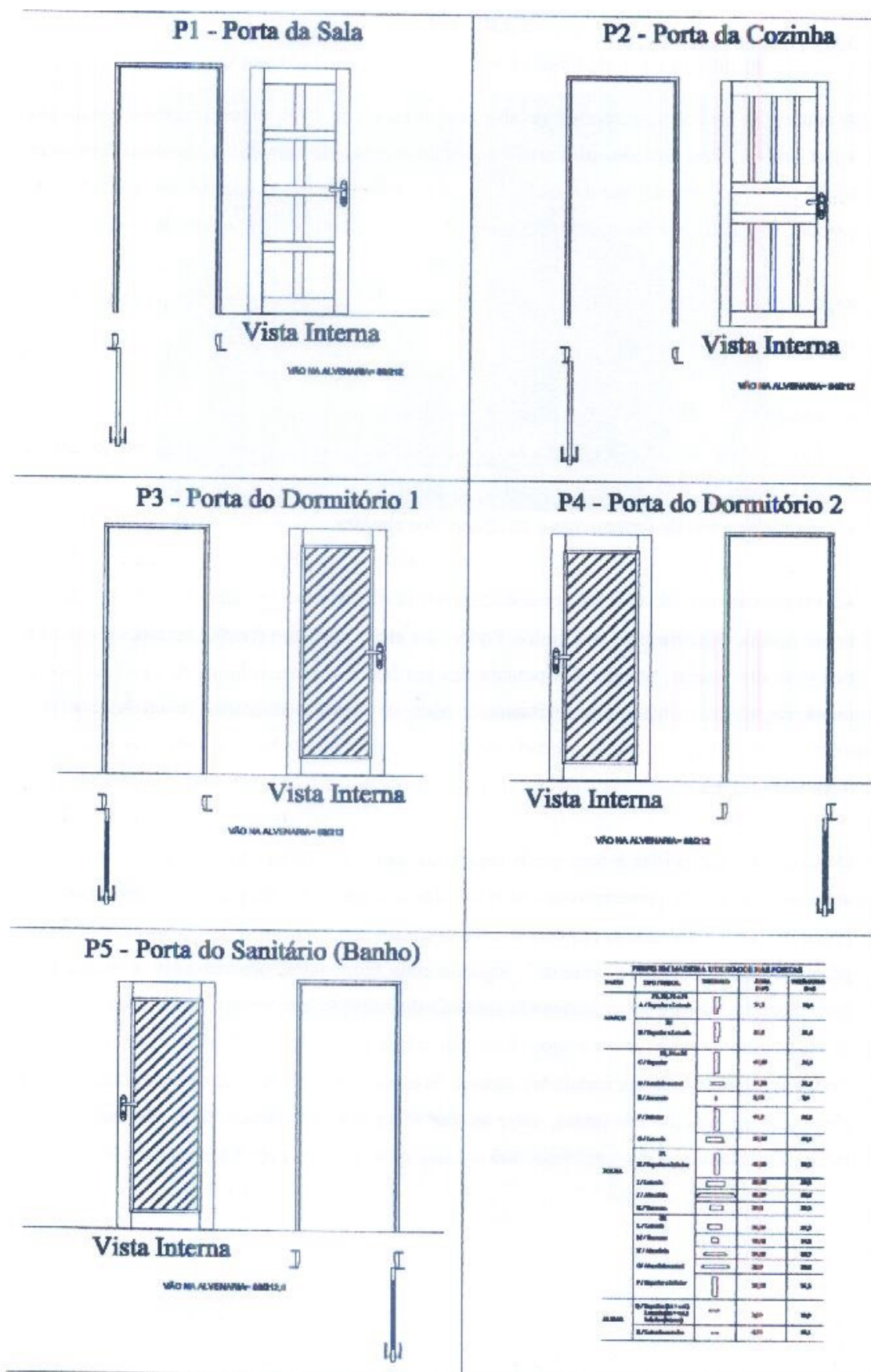


Figura 13: portas do protótipo

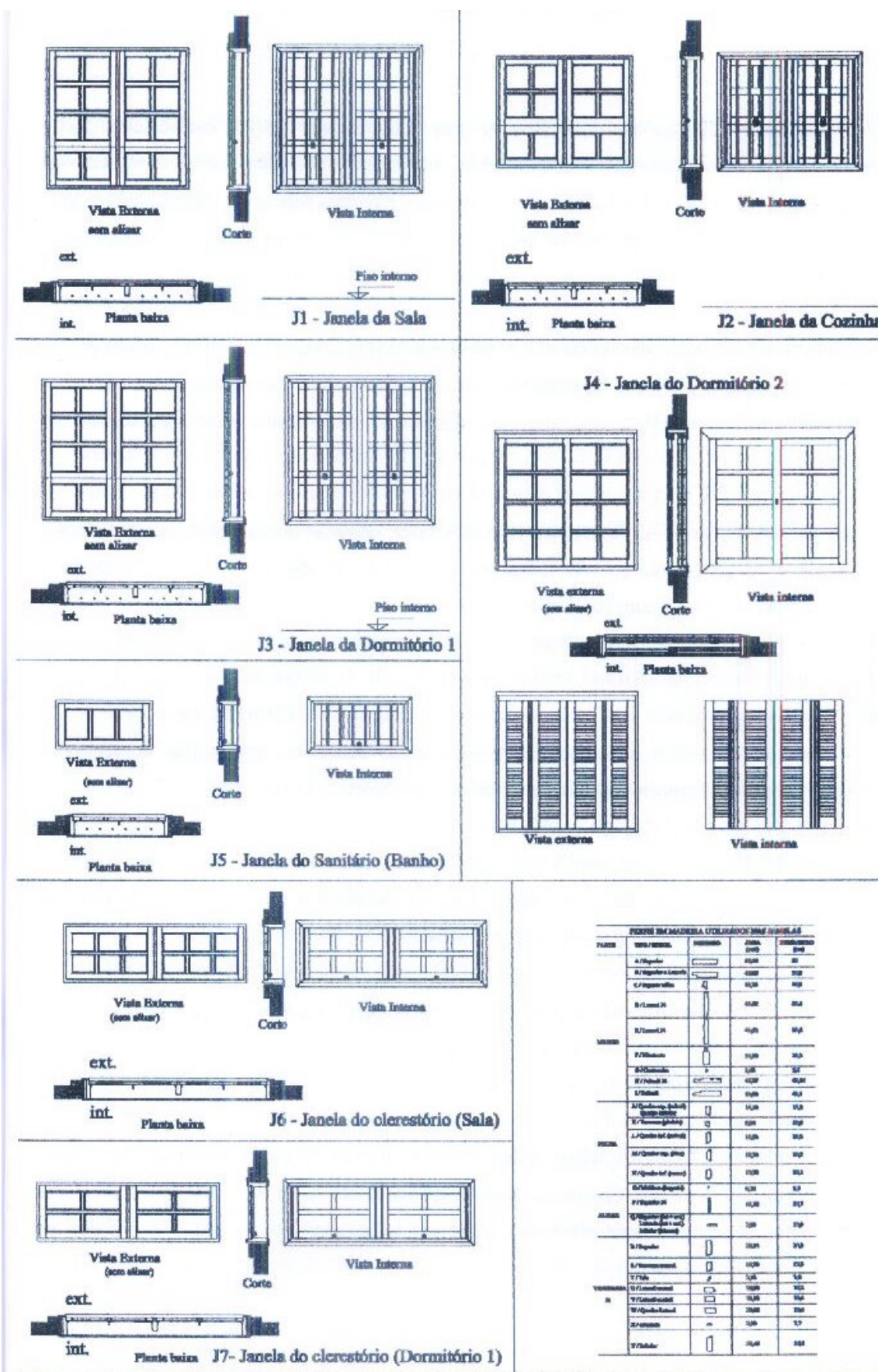


Figura 14: janelas do protótipo

5 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS DAS ESQUADRIAS

Algumas das principais finalidades da edificação pode ser a proteção e a adaptação do homem ao meio ambiente (LOMARDO, 1997). Segundo Silva (1982), para que ocorra uma adaptação efetiva, o condicionamento ambiental da edificação depende da adequação dos materiais e das técnicas construtivas adotadas, devendo responder às características climáticas de cada região. Entretanto, Löbach (2001) ressalta que devem ser analisadas as ações que qualquer produto exerce sobre o meio ambiente, pois poderão gerar poluição e impacto ambiental. De acordo com o mapa contextual de variáveis (figura 4), as principais variáveis ambientais, que intervêm nas esquadrias, estão descritas no quadro da figura 15.

CONTEÚDO DE ORDEM	VARIÁVEIS AMBIENTAIS	DESCRIÇÃO
AMBIENTAL	MEIO AMBIENTE	Urbano / urbano-industrial / urbano-marítimo
		Rural / rural-industrial / rural-marítimo
	CLIMA	Orientação solar
		Radiação solar
		Topografia
		Ventos Dominantes
		Umidade relativa do ar
		Variação de temperatura
		Incidência de chuva
	AGENTES AGRESSIVOS	Poluição do ar / poluição sonora
		Condensação / umidade
		Gordura
	DESTINAÇÃO DO COMPARTIMENTO	Sala
		Cozinha
		Dormitório
		Banheiro
		Área de serviço
OCUPAÇÃO ESPACIAL AO FUNCIONAR	Interna / externa / embutida no vão / junto à parede	

Figura 15: variáveis ambientais que influenciam na escolha de uma esquadria

5.1 MEIO AMBIENTE

O Brasil está sujeito a uma grande diversidade de climas, devido a suas dimensões continentais. O próprio estado do Rio Grande do Sul, segundo Machado (1950, apud SATTLER, 1989), foi caracterizado em várias regiões climáticas, com marcantes diferenças. Segundo o IPT (1998), com relação as edificações, o meio ambiente pode ser classificado em:

- a) rural: ambiente com baixa agressividade, com umidade e intemperismo;
- b) urbano: ambiente com presença de dióxido de enxofre (SO_2), intemperismo, material em partículas e dióxido de carbono (CO_2);
- c) industrial: ambiente com grande concentração industrial, contaminado por dióxido de enxofre (SO_2), gases como H_2S , NO_2 , NO_3 , HCl e intemperismo;
- d) marítimo: ambiente com presença de névoa salina, principalmente junto à orla.

Entretanto, segundo o mesmo autor, existem regiões com mais de uma característica ambiental, podendo ser classificado em marítimo-industrial, urbano-industrial, urbano-marítimo e rural-marítimo. Os elementos naturais e construídos do entorno da edificação podem gerar barreiras para a iluminação, ventilação, radiação solar e privacidade, intervindo nas funções básicas das esquadrias, principalmente das janelas. Por isso, Grandjean (1998) sugere, por exemplo, que a distância entre prédios deva ser igual ao dobro da altura do prédio vizinho.

Em função do protótipo localizado-se em ambiente mais rural do que urbano, as esquadrias do protótipo atendem satisfatoriamente às condições deste meio ambiente rural. Porém, se este protótipo for construído em ambiente urbano ou industrial, será necessário rever os tipos de acabamento superficial das esquadrias e das ferragens, especificando, por exemplo, quatro demãos de pintura da esquadria ou a camada de 21 a 25 micras, para anodização dos componentes em alumínio. Mas caso o protótipo seja construído em ambiente marítimo, a matéria-prima das ferragens das esquadrias deverá ser alterada para latão, aço inoxidável ou alumínio, com pintura eletrostática.

5.2 CLIMA

De acordo com Sattler (1989) o clima do Rio Grande do Sul pode ser classificado como sendo chuvoso, constantemente úmido, com invernos suaves e com temperatura média acima de 22°C, no mês mais quente. No caso específico da cidade de Porto Alegre, Lamberts et al. (1997), através da carta bioclimática, concluem que, em 22,5% das horas do ano haverá conforto térmico em Porto Alegre, enquanto, no restante das horas (77,5%), o desconforto se divide em 25,9%, provocado pelo calor, e 51,6%, pelo frio.

Como soluções de minimização deste desconforto são sugeridas, pelos mesmos autores: utilizar no projeto arquitetônico a massa térmica para aquecimento; explorar o calor solar, para resolver o problema de desconforto por frio; e, em alguns casos (6% das horas do ano), o aquecimento artificial será necessário. Nos períodos quentes, a ventilação é a estratégia mais adequada. Entretanto, estas duas estratégias - massa térmica e ventilação - são antagônicas. Sendo assim, os mesmos autores recomendam o estudo de sistemas de aberturas que possam cumprir duas finalidades: ventilar a edificação no verão e ser passíveis de isolamento térmico no inverno, evitando perdas de calor.

As condições de exposição da edificação ao clima são caracterizadas pelos valores: da temperatura, da umidade relativa do ar, da radiação solar global e pela velocidade média dos ventos predominantes (IPT, 1998).

5.2.1 Orientação solar

Segundo Lamberts et al. (1997), uma adequada localização das aberturas, com relação a orientação solar, pode melhorar a ventilação de um ambiente, no verão, ou favorecer o ganho de calor, no inverno.

Em função da orientação solar do protótipo, com fachadas perpendiculares às orientações norte, sul, leste e oeste, constata-se que todas as esquadrias externas recebem radiação solar direta, visto que a fachada sul não possui esquadrias. A sala, com cozinha integrada, possui três janelas e uma porta em paredes adjacentes, o que possibilita ventilação cruzada, radiação solar favorecendo o aquecimento da dependência, no inverno, e a intensidade de iluminação natural, praticamente constante durante todo o dia.

5.2.2 Radiação solar

A radiação solar é a principal fonte de energia para o planeta, contribuindo para o ganho térmico em edifícios, sendo variável segundo a sua orientação, latitude do local do projeto e a época do ano (LAMBERTS et al., 1997). As proporções aproximadas de radiação solar que atravessam a atmosfera e atingem a superfície terrestre são: 1% a 5% de ultravioleta (com comprimentos de onda de 290 a 380 nm); 41% a 45% de visível (de 380 a 780 nm); e 52% a 60% de infravermelho (780 a 2500 nm). Entretanto, a incidência da radiação solar produz, além dos efeitos visuais, efeitos biológicos e físicos distintos (CARAM et al., 1997), tais como:

- a) ultravioleta: causa desbotamento ou descoloração de carpetes, roupas, quadros; tem efeito bactericida; melhora a produção de vitamina D, sendo responsável pela formação de eritemas, bronzeamento ou pigmentação da pele;
- b) visível: está associada à intensidade de luz branca transmitida, influenciando diretamente no grau de iluminação de um ambiente;
- c) infravermelho: interfere diretamente nas condições internas de conforto ambiental, através do ganho de calor, pois representa praticamente metade do espectro solar.

Nas edificações, a radiação solar de onda curta, que entra por uma esquadria através do vidro, incide nos corpos, que se aquecem e emitem radiação de onda longa. O vidro, sendo praticamente opaco à radiação de onda longa, não permite que o calor retorne ao exterior, superaquecendo o ambiente interno (LAMBERTS et al., 1997). Sendo assim, verifica-se a importância de se dimensionar e posicionar adequadamente uma esquadria com vidro, bem como especificar adequadamente este vidro, para que seja mais eficiente, para atender as exigências da variável radiação solar. Outro aspecto importante da incidência da radiação solar nas esquadrias é o fato de que, as madeiras pesadas e muito pesadas, isto é, com densidade maior que $0,76 \text{ g/cm}^3$ (IPT, 1989), quando expostas ao sol, estão mais suscetíveis às rachaduras e empenamentos², constatando-se estas patologias, principalmente, em palhetas de veneziana com espessura menor que 1 cm.

² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PANDEIRO (figura 1).

Como as diversas espécies de madeira de eucalipto, utilizadas nas venezianas e alizares externos das esquadrias do protótipo, apresentam densidades acima de $0,78 \text{ g/cm}^3$ (CARVALHO, 1968), a sua proteção, com pintura em cor clara, poderá ser uma das alternativas para minimizar futuras patologias.

Para Porto Alegre, o número total anual normal de horas de insolação é de 2445 horas, sendo o mês de dezembro (fim da primavera e início do verão) com maior radiação solar e o mês de junho (fim do outono e início do inverno) o mês com menor insolação (SATTLER, 1989).

No protótipo, as janelas J4, J6 e J7 são as que recebem radiação solar em praticamente toda a superfície externa, visto que o término dos beirais está localizado muito acima das vergas. No verão, as janelas J1 e J3, com orientação norte, recebem menos radiação solar, que no inverno, em função da menor inclinação do sol com relação ao plano vertical das esquadrias. Por outro lado, as portas, P1 e P2, e a janela J5, apresentam-se parcialmente protegidas da radiação solar, em função da existência dos beirais e pérgolas.

5.2.3 Ventos dominantes

Montenegro (1984) afirma que o ar move-se naturalmente por dois motivos: diferença de pressão e diferenças de temperatura. Lamberts et al. (1997) acrescentam que as variações de direção e de velocidade do movimento do ar ocorrem pelo deslocamento da área de maior pressão (ar mais frio e pesado) para a área de menor pressão (ar quente e leve). O conhecimento dos ventos dominantes de cada região pode auxiliar na definição da dimensão e posicionamento das esquadrias, bem como, nas especificações das características funcionais. De acordo com Sattler (1989), para Porto Alegre, os ventos dominantes de inverno, são frio e seco, quando oriundos do Oeste – denominados genericamente de vento Minuano -, ou ventos frio e úmido quando provenientes do Sudeste ou do su-sueste. Nos meses de junho e julho a direção do vento é variável e no mês de agosto, o vento dominante é predominantemente Nordeste. Nos meses de agosto, setembro e outubro, os ventos são mais fortes. Durante o verão e demais meses do ano, os ventos predominantes, com características de ar fresco do oceano, são provenientes da direção Leste, sendo os meses de março, abril e maio, os que apresentam ventos mais brandos.

A janela do protótipo, de orientação Leste (J4), favorece a ventilação através dos ventos dominantes de verão. As janelas de orientação Norte (J1, J3, J6 e J7) auxiliam na ventilação predominantemente Nordeste, no mês de agosto. Entretanto, as janelas J6 e J7, dos clerestórios, favorecem a retirada do ar quente do interior da edificação. No dormitório 1, para melhor atender às variáveis de radiação solar e ventos dominantes, a janela J3 poderia ter sua localização alterada para a fachada Leste e manter a mesma posição da janela do clerestório J7. As janelas J2 e J5, voltadas para Oeste, podem ser afetadas, no inverno, pelo vento Minuano. Estas duas janelas poderiam apresentar acessórios, que garantissem uma maior estanqueidade ao ar, adotando gaxetas de borracha, escovas de vedação e silicone, para o envidraçamento.

5.2.4 Umidade relativa do ar

Porto Alegre, em função de enormes massas de água na região, apresenta umidade relativa média anual de 75,9%, ocorrendo, as médias mensais mais elevadas durante o inverno e as mais baixas durante o verão (SATTLER, 1989). A umidade relativa do ar faz com que a madeira altere suas propriedades mecânicas (ZENID, 2002), propiciando, em alguns casos, o travamento das esquadrias. Portanto, as juntas ou folgas necessárias entre as folhas e marcos das esquadrias deverá variar entre 3 mm e 4 mm³. Caso a produção das esquadrias ocorra em período úmido, no outono ou inverno, deixam-se menos folgas, e se a produção ocorrer em período seco, na primavera ou verão, deixam-se mais folgas⁴.

5.2.5 Variação de temperatura

A temperatura média anual em Porto Alegre é de 19,5 °C. A média das máximas, durante os meses de verão é de 30,1 °C, sendo registrado extremo de 40,7 °C, e a média das mínimas, durante os meses de inverno, é de 10,6 °C, sendo registrado temperatura de -2,4 °C (SATTLER, 1989).

³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

O conhecimento da variação de temperatura local se faz necessário para dimensionar e localizar as esquadrias, propor elementos de proteção, tais como, beirais, varandas, etc. e especificar os acessórios e vidros mais adequados. Quando a temperatura se mantém alta, durante o ano todo, como é o caso de muitas regiões do Nordeste brasileiro, provavelmente o projeto arquitetônico de uma edificação buscará soluções de proteção e sombreamento das esquadrias, que poderão ter funcionalidades, que propiciem maiores áreas de ventilação e, em alguns casos, permanente.

5.2.6 Incidência de chuva

A incidência de água de chuva nas esquadrias, influenciada pelos ventos dominantes com variações no ângulo de queda, é uma das variáveis climáticas que deve ser estudada, para se evitar infiltrações na edificação. Dependendo das características funcionais adotadas nas esquadrias, pode-se optar por determinados acessórios e sistemas de drenagem. Entretanto, o projeto arquitetônico de uma edificação pode minimizar a incidência de chuva nas esquadrias, prevendo elementos construtivos de proteção, tais como varandas, beirais, quebra-sol e toldos, além de intervir com detalhes construtivos nas interfaces, como desníveis, declividade do piso, soleiras, peitoris com pingadeira, etc.

Para as janelas J1, J2, J3, J5, J6 e J7 do protótipo, a incidência de chuva com pouco vento não prejudica a funcionalidade do tipo maxim-ar, podendo ser mantidas parcialmente abertas. Para a janela J4 permanecer aberta em período de chuva, é necessário fechar uma parte das folhas com veneziana e deslocar as folhas envidraçadas para o lado oposto, a fim de propiciar parcialmente ventilação e iluminação natural. A moldura ao redor dos vãos das janelas e a presença de beirais na edificação, auxiliam na redução da incidência de chuva e escoamento das águas pluviais.

5.3 AGENTES AGRESSIVOS

O ser humano, quando intervém no meio externo ou interno das edificações, pode gerar diversos agentes agressivos às esquadrias, gerando patologias nesses componentes e desconforto aos usuários. O IPT (1998) classifica os compartimentos das edificações

residenciais, estabelecendo quatro classes de serviços, conforme as condições de exposição das dependências. São elas:

- a) muito severa: condições de alta agressividade ou exposição freqüente à alta umidade e riscos de danos mecânicos;
- b) severa: exposição à condensação, transpiração, exposição ocasional a chuvas e produtos de limpeza;
- c) moderada: exposição a ambientes externos sujeitos a condensações ocasionais, desgastes e abrasão;
- d) branda: exposição a ambientes internos onde a condensação, abrasão e desgaste são raros.

5.3.1 Poluição do ar e sonora

O nível máximo de ruído tolerável para o ser humano é de 65 decibéis (dB), conforme prescreve a Organização Mundial de Saúde, sendo que, acima deste valor, podem ocorrer repercussões negativas no sistema psíquico, neurovegetativo e auditivo das pessoas (POL, 1996). Segundo Hakas (1988 apud ICE, 1988b), os valores de ruído nos entornos urbanos podem variar de 50 dB a 80 dB, durante o dia, e de 43 dB a 68 dB, durante a noite. Para minimizar estes ruídos externos, a norma NBR 10821 (ABNT, 2000), fixa os níveis de ruído em dB(A), para conforto acústico nos diversos ambientes residenciais, como por exemplo, entre 35 dB(A) e 45 dB(A), para dormitórios e entre 40 dB(A) e 50 dB(A), para salas de estar.

A poluição do ar, produzida pela ação do ser humano, se torna mais evidente junto aos parques industriais e nos centros urbanos, constatando-se a presença de diversos gases agressivos aos materiais das esquadrias.

O protótipo está situado a, aproximadamente, 500 m de distância de uma rodovia de tráfego intenso, constatando-se barreiras como árvores, vegetação rasteira e muro, entre a edificação e rodovia. Por este motivo e, em função da inexistência de indústrias nas proximidades desta habitação, pode-se caracterizar o ambiente como de baixa agressividade para a poluição do ar e branda para a poluição sonora.

5.3.2 Condensação e umidade

Segundo o ICE (1988a), no interior das edificações existem fontes de produção de vapor, que devem ser verificadas nos projetos. São elas: a produzida pela respiração do homem e a evaporação de transpiração de sua pele; a que se obtém como produto da combustão, tais como fogões, lareiras e estufas; e a alta porcentagem de umidade gerada em função da redução significativa de ventilação natural. A umidade contida nas porções de ar, em contato com as superfícies frias, condensa e se deposita nas superfícies, em forma de pequenas gotas de água. Em geral, este fenômeno se manifesta em locais onde se produz vapor, como a cozinha e o banheiro. A condensação pode gerar descoloração de superfícies, corrosão de metais, o aparecimento de manchas e eflorescências, que podem causar a deterioração dos materiais de construção, a diminuição da resistência térmica dos materiais e provocar a deterioração dos pertences dos moradores (MIMBACAS, 1998).

As janelas do protótipo não apresentam dispositivos para captação da água de condensação, entretanto, segundo Pol (1996), pela inexistência de acessórios, que garantam uma vedação hermética, estas esquadrias permitem a troca de ar com o exterior, o que pode minimizar os problemas de condensação, mofo e microorganismos, nocivos à saúde humana. Nas portas internas do protótipo, os lambris inclinados favorecem o escoamento e acúmulo da água de condensação junto a couceira, podendo, nestes pontos, ocorrer efeitos patogênicos, principalmente, no tardós da porta P5, do banheiro.

5.3.3 Gordura

A gordura, produzida através de frituras ou do próprio usuário, pode afetar o acabamento dos componentes e superfícies das esquadrias. O contato da mão do usuário com as fechaduras, fechos e vidros, gera pontos de aderência de partículas de sujeira e pó. Esse tipo de agente agressivo exige procedimentos de higiene e limpeza doméstica, porém, antes de se efetuar uma pintura de manutenção, torna-se obrigatória a sua remoção, conforme recomendações e especificações dos fabricantes de tintas.

5.4 TIPO DE EDIFICAÇÃO: HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

A qualidade dos conjuntos habitacionais de interesse social no Brasil, nos últimos anos, apresenta níveis insatisfatórios, face à precariedade das construções, à necessidade constante de recuperação ou manutenção e à má localização dos conjuntos habitacionais, relacionados às variáveis topográficas e climáticas (YAZIGI, 1997). Paulo Helene (2000, apud THOMAZ, 2001), acrescenta que os proprietários de habitações de interesse social, aparentemente beneficiados pelos investimentos, em poucos anos, não encontram mais recursos para fazer frente a gastos precoces e excessivos de manutenção. Entretanto, de acordo com Silva (1982), a construção da habitação de interesse social deveria justificar, por sua utilidade e duração, o investimento nela realizado.

O protótipo de habitação sustentável, deste estudo de caso, foi idealizado para ser uma habitação de interesse social, com a finalidade de resgatar o valor humano, qualificando o ambiente construído, e adotar esquadrias e demais componentes com princípios e diretrizes relacionados à sustentabilidade.

5.4.1 Área mínima para uma habitação

Para a satisfação das exigências médias dos usuários de uma habitação de interesse social, a área útil por habitante, deve estar compreendida no intervalo entre 11 e 14 m². Entre 8 e 11 m²/habitante, pode ser considerada uma situação crítica, porém, abaixo de 8 m²/habitante, gera-se um contexto potencialmente patogênico (SILVA, 1982). O protótipo do estudo de caso possui área útil total igual a 38,08 m². Para quatro moradores, a área útil por habitante será igual a 9,52 m², caracterizando-se uma situação crítica, mas não patogênica.

5.4.2 Dependências da habitação

Para cada dependência de uma edificação residencial podem ser atribuídas diversas atividades e funções, que são subsídios para a definição de algumas características das esquadrias. Entretanto estas atividades exigem espaço físico para equipamentos e circulações, como descreve o quadro da figura 16.

Dependência	Equipamentos e mobiliários	Área útil (m ²)
Sala de estar e jantar	1 sofá-cama p/ 3 pessoas, 1 ou 2 poltronas; 1 mesa de refeição para 4 pessoas; 1 estante; 1 mesa auxiliar de centro ou canto	10,5 a 13,05
Cozinha	1 balcão com pia; 1 refrigerador; 1 fogão; 1 armário suspenso; 1 balcão auxiliar ou mesa de trabalho. - solução ideal: 6,03 m ² (2,60m x 2,70 m)	3,57 a 6,03
Dormitório de casal	1 cama de casal; 2 mesas de cabeceira; um roupeiro de 3 ou 4 portas; uma cômoda penteadeira - opção (1 cama infantil ou máquina de costura); - solução satisfatória: 9,92 m ² (3,10 m x 3,20m)	7,75 a 10,5
Dormitório dos filhos	1 filho 1 cama; 1 roupeiro de 2 portas	5,00 a 7,50
	2 ou 3 filhos 2 camas ou beliche; 1 mesa de cabeceira; 1 roupeiro de 3 portas; 1 mesa de estudo c/ cadeira	8,00 a 9,00
Sanitário	1 lavatório; 1 vaso sanitário; 1 chuveiro	2,4 a 3,50
Área de serviço	1 tanque; 1 máquina de lavar roupa; opção (1 secadora de roupa e 1 balcão ou mesa c/ prancha de passar roupa. - solução ótima: 3,36 m ² (2,10 m x 1,60 m)	2,1 a 3,6

Figura 16: área necessária das dependências, com respectivos equipamentos (baseado em SILVA, 1982)

Sobre este aspecto, salienta-se a importância da execução do projeto de *layout*, que poderá gerar, no projeto arquitetônico, alterações de dimensões das esquadrias e ajustes de posição na parede, conforme descrevem algumas observações do quadro da figura 17.

OBSERVAÇÕES
A implantação do equipamento não deverá dificultar o acesso e/ou funcionamento da janela, que deverá ser atingível, através de uma passagem com largura não inferior a 55 cm, tolerando-se a largura de 40 cm em situação crítica. Deve ser garantido o acesso a toda largura da janela ou, como solução precária, a pelo menos 60% desta.
O dormitório de casal exige privacidade visual e sonora.
O maior problema da moradia de interesse social não é exatamente a funcionalidade, mas talvez a insuficiência de espaço para a acomodação de víveres e guarda de utensílios domésticos, como louça, panelas e material de limpeza.
A cozinha - uma indústria em sua menor expressão física - deve ser ativada por um ou dois operadores.
A área de serviço é um espaço adicional na moradia, possibilitando, eventualmente, a realização de tarefas que não sejam simplesmente a lavagem de roupas.
O custo por metro quadrado de construção de banheiro é significativamente mais elevado que o de salas e dormitórios, devido a instalação sanitária e aos revestimentos exigidos pela higiene, entretanto as janelas são de dimensões menores.
Dependendo do posicionamento da porta e da janela, em uma dependência, pode oferecer otimização minimizando as circulações, para o uso dos equipamentos domésticos.

Figura 17: observações sobre as dependências, com respectivas esquadrias (baseado em SILVA, 1982)

A área do piso e o destino da dependência relacionam-se com a área das janelas. Como orientação geral, Grandjean (1998) sugere que a área da janela seja igual a 1/5 da área do piso em ambientes de trabalho, e que a distância entre a janela e o local de trabalho não deve ser maior que o dobro da altura da verga da janela.

As esquadrias do protótipo podem ser consideradas adequadas às funções das dependências, exceto a janela J3, que não possui veneziana ou persiana externa, conforme exige a legislação municipal (PORTO ALEGRE, 1999). A área do sanitário, maior do que as de outras habitações semelhantes, atende satisfatoriamente as exigências da norma técnica sobre acessibilidade, porém, a janela J5 apresenta deficiências de operacionalidade. Como alternativa de aprimoramento, as dimensões do dormitório 2, destinado ao casal, poderiam ser alteradas para 3,20 m x 3,20 m. Este formato favorece a disposição dos móveis, sem prejudicar o acesso à janela.

5.5 OCUPAÇÃO DE ESPAÇO AO FUNCIONAR

Segundo Silva (1982), a otimização é um atributo do projeto imprescindível na concepção das habitações de interesse social. As esquadrias podem fazer parte desta otimização, adotando-se o seu correto posicionamento na parede (altura do peitoril, nível da verga, distância das paredes adjacentes) e verificando-se a área de ocupação das folhas (interna, externa, no próprio vão ou embutida na parede), de acordo com a funcionalidade desta esquadria. Estas variáveis podem ter implicações diretas no dimensionamento das dependências e na utilização dos espaços.

Para esquadrias que ocupam espaço externo (projetante, sanfonar, abrir, maxim-ar) deve ser observada a segurança do usuário ou transeunte, para não ocasionar acidente. Dependendo da característica funcional, a esquadria deve possuir dispositivos, que mantenham a(s) folha(s) aberta(s), mesmo com vento e garantir a acessibilidade e operacionalidade para abrir e fechar, sem comprometer a integridade do usuário.

As folhas das janelas do protótipo não ocupam área interna, o que pode ser considerado uma vantagem, pela reduzida área das dependências, porém as folhas da janela J3, conforme figura 18, ocupam parcialmente a área parcialmente coberta, podendo gerar acidentes aos usuários.



Figura 18: vista externa da janela J3, com as folhas abertas

Para as esquadrias que ocupam espaço interno (de tombar, de abrir) devem ser observadas as barreiras geradas na dependência, a segurança do morador, para não gerar acidente, e os sistemas de drenagem, para evitar a infiltração de água.

Para esquadrias que ocupam tanto a área externa quanto interna, como é o caso da funcionalidade pivotante, dependendo do tamanho das folhas, somam-se as observações anteriores.

Para as esquadrias cujas folhas ocupam espaço no próprio vão (de correr, guilhotina, basculante) devem ser observados: a redução de área para ventilação e dificuldade de limpeza nas faces externas. Entretanto para as esquadrias, cujas folhas (de correr) são embutidas nas paredes, devem ser observados: a necessidade de espaços laterais de parede para embutir a folha, aumento de custo, dificuldade de limpeza da face externa e, dependendo da situação, obrigatoriedade de fechamento da esquadria em dia de chuva com vento.

6 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICAS DAS ESQUADRIAS

Atualmente, no Brasil, o setor de esquadrias dispõe de quatro matérias-primas, sendo duas tradicionais, como a madeira e o aço, e duas recentes, como o alumínio e o PVC (RUMO, 1990). Independente da matéria-prima dos perfis, a facilidade de movimentação das esquadrias, com redução de ruídos e a estanqueidade estão diretamente relacionadas às técnicas de instalação e à qualidade dos acessórios, ferragens e materiais de vedação, como escovas, com felpas de polipropileno, selantes e gaxetas de borracha. As principais características dos materiais e sistemas, que constituem as esquadrias residenciais, estão descritas no quadro da figura 19.

CONTEÚDO DE ORDEM	VARIÁVEIS FÍSICAS	DESCRIÇÃO	
FÍSICA (MATERIAIS, COMPONENTES E SISTEMAS)	MATERIAL DOS PERFIS	Madeira do contramarco	
		Madeira do marco / peitoril / soleira	
		Madeira da folha	
		Madeira do alizar	
	DETALHES CONSTRUTIVOS	SISTEMA DE EMENDAS	Espiga / cavilha
			Cola / prego / tarugo de madeira
		SISTEMA DE DRENAGEM	Canaleta / furo de dreno
			Perfil de PVC
		SISTEMA DE VEDAÇÃO DE JUNTAS	Encaixe entre perfis
			Gaxeta de borracha
			Escova de polipropileno
	ACESSÓRIOS FERRAGENS	Selantes: silicone / massa de calafetar	
		Comando funcional	
	Complementos	VIDRO	Articulações
			Simples / múltiplo (duplo; triplo)
Transparente / translúcido			
PROTEÇÃO		Envidraçamento (massa de vidraceiro; silicone)	
		Veneziana / persiana / tampão	
		Grade	
PINTURA DE ACABAMENTO	Tela mosquiteiro		
	Impregnação / película		
		Transparente / colorido	

Figura 19: variáveis físicas dos materiais e sistemas construtivos que influenciam na escolha de uma esquadria

6.1 MADEIRA: MATÉRIA-PRIMA DA ESTRUTURA DAS ESQUADRIAS

A madeira é um recurso natural que proporcionou ao homem, desde os primórdios, combustível, ferramentas, alimentos e proteção (JOHNSON, 1994). Como material de construção é um dos poucos materiais renováveis, cujo processamento exige baixo consumo de energia. Apresenta uma maior resistência e rigidez em relação ao peso e uma facilidade de modelagem, pois exige ferramentas simples (MADEIRA, 2001). A madeira pode ser considerada a primeira matéria-prima utilizada na fabricação de esquadrias (ABCI, 1991).

A madeira é um material heterogêneo de estrutura anisotrópica (GONÇALVES, 2000), sendo constituída de células ou elementos que passaram por várias fases de desenvolvimento. A formação da madeira é um processo biológico, que ocorre dentro da árvore viva, enquanto a qualidade da madeira é uma avaliação arbitrária de uma peça isolada (QUALIDADE, 2001). As madeiras podem ser classificadas em gimnospermas e angiospermas, conforme quadro da figura 20.

CLASSIFICAÇÃO DAS MADEIRAS	
TIPO	DESCRIÇÃO – CARACTERÍSTICAS – EXEMPLOS
Gimnospermas	Coníferas; resinosas; ausência de poros; madeira de baixa densidade; <i>softwoods</i> ; exemplo: pinho do paraná, pinus, etc.
Angiospermas	Dicotiledôneas; folhosas; com poros; madeira de mdia e alta densidade; não tem traquedeos; <i>hardwoods</i> ; exemplo: peroba rosa, imbuía, ip, maçaranduba, cedro, etc.

Figura 20: classificao das madeiras (baseado em GONÇALVES, 2000)

Nas entrevistas realizadas com alguns fabricantes de esquadrias em madeira do Rio Grande do Sul, constatou-se a preferência pela utilizao de madeiras nativas, oriundas da Região Norte do Brasil, com características físicas e mecânicas adequadas  produo de esquadrias, como o freijó, itaba, cedro mara, ip, cumaru e o mogno, sendo que as fábricas não possuem dificuldades para a aquisio dessas madeiras. Entretanto, todos foram unânimes em demonstrar preocupao com o meio ambiente.

De acordo com o IPT (1989), entre 200 madeiras nativas brasileiras, 70 são apropriadas para a confeco de esquadrias, sendo estas descritas no quadro da figura, do anexo A. Entretanto o reflorestamento  uma alternativa viável a médio prazo, pois poderá gerar diversas vantagens, tais como: menor custo; aproveitamento racional da floresta; plano de corte mais adequado,

por ter um maior volume de madeira em menor área de campo; racionalização do corte na serraria, com menores perdas, pois pode-se partir de um padrão de árvore, adequados à necessidade; e diminuição do fluxo de transporte ⁵.

O reflorestamento de eucalipto possui diversas restrições de uso em esquadrias, tais como: a aceitação do mercado e a adequação das ferramentas, pois a maioria das espécies de eucalipto é classificada como madeira pesada, o que pode gerar problemas na trabalhabilidade. Entretanto, na confecção de qualquer parte das esquadrias, podem ser empregadas madeiras de espécies diferentes, desde que tenham características semelhantes de densidade ⁶.

As esquadrias do protótipo foram produzidas em eucalipto, que é classificada como uma conífera. Porém, constata-se o emprego de diversas espécies de eucalipto, em função da coloração, desenhos variados nos perfis e informação do próprio fabricante ⁷, salientando que a própria fábrica adquire a matéria-prima de pequenos reflorestadores, fazendo o corte, transporte e desdobro em pranchas. Segundo o mesmo autor, a fábrica utiliza, aproximadamente, 20 espécies de eucalipto para a produção de esquadrias.

A seção do tronco de uma árvore permite distinguir da casca para o miolo, as seguintes partes: casca (subdividida em ritidoma, cortiça e floema ou líber), câmbio, lenho (subdividido em albúrnio e cerne) e medula (URIARTT, 1999), sendo cada parte dotada de funções diversificadas, descritas no quadro da figura 21.

Todos os perfis das esquadrias do protótipo foram confeccionados utilizando o cerne da madeira ⁸, porém, como foram empregadas várias espécies de eucalipto, torna-se difícil a identificação da presença de albúrnio nestes perfis.

⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

COMPOSIÇÃO DO CAULE DAS ÁRVORES		
PARTE	SUBDIVISÃO	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS E FUNÇÕES
Casca	Ritidoma ou Casca externa	Tecido morto; proteção contra ressecção dos tecidos vivos, ataques de microorganismos, insetos e mudanças climáticas; proteção mecânica.
	Casca interna, Líber ou Floema	Fisiologicamente ativo; bastante delgado; coloração clara.
Câmbio ou Região Cambial		Situa-se entre a casca e albarno; responsável pela formação do xilema e do floema; origina os anéis de crescimento.
Lenho	Albarno ou Xilema	Coloração mais clara que o cerne; baixa resistência; região permeável; posteriormente se transforma em cerne.
	Cerne	Parte interna do tronco; coloração escura; baixa permeabilidade; propriedades mecânicas superiores, maior durabilidade natural e maior densidade que o albarno; maior aplicabilidade em peças duráveis.
Medula		Situa-se na região central do cerne; diâmetro pequeno; seção circular, poligonal ou estrelada; pouca importância como característica; quebradiço.

Figura 21: composição dos caules das árvores: identificação das partes (baseado em GONÇALVES, 2000)

A proporção volumétrica dos elementos microscópicos de constituição do lenho varia de acordo com a espécie, conforme quadro da figura 22, sendo que, a ocorrência de inclusões celulares - armazenamento de materiais de nutrição - pode ocorrer nos dois tipos de classificação das madeiras.

ESTRUTURA MICROSCÓPICA DO LENHO		
ESPÉCIE	TIPO	PROPORÇÃO VOLUMÉTRICA – CARACTERÍSTICAS
Coníferas	Traqueídeos	90% - células longa (2 a 10 mm)
	Raios medulares	7% - células curtas de paredes finas
	Canais resiníferos	0,4%
	Células de parênquima	1% - definem a identificação anatômica das espécies de madeira
Dicotiledôneas	Fibras	55% - solidez e resistência da madeira (PITA, 1976)
	Vasos ou poros	15% - aumenta a rigidez e resistência da madeira
	Raios medulares	15%
	Células de parênquima	12%
Coníferas ou Dicotiledôneas	Inclusões celulares	Tilas
		Cristais
		Células de óleo
		Gomas e resinas

Figura 22: identificação das partes da estrutura microscópica do lenho (baseado em GONÇALVES, 2000)

Os principais componentes químicos da madeira são a celulose (60% do volume) e a lignina (25% do volume). Os 15% restantes são destinados aos óleos, resinas, açúcares, amido, tanino, substâncias nitrogenadas, sais inorgânicos e ácidos orgânicos.

O eucalipto, utilizado como matéria-prima para a confecção das esquadrias do protótipo, apresenta uma elevada concentração de resinas e óleos, que podem prejudicar o lixamento das peças. Porém, após a secagem adequada, a madeira apresenta um melhor desempenho para esse procedimento.

As principais características das madeiras adequadas à produção de esquadrias são a cor, oleosidade, brilho, fácil trabalhabilidade, estabilidade (não propensa ao empenamento e não racham com facilidade), resistência a intempéries, resistência ao ataque de cupins, aceitação do mercado e preço do metro cúbico da madeira ⁹. Pita (1976), descreve algumas dessas características diferenciadas das madeiras, conforme quadro da figura 23.

CARACTERÍSTICA	DESCRIÇÃO
Cor	Variável; escurecem quando expostas à luz; auxiliam na identificação.
Odor	Diferenciado entre espécies; originado por óleos e resinas voláteis.
Desenho	Produzido pela disposição das células, por irregularidade de pigmentação, por variação no tamanho dos anéis e pela disposição e tamanho de seus raios lenhosos.
Brilho	Produz-se pela refração da luz nas paredes celulares; depende da intensidade de polimento e tipo de corte; varia conforme o ângulo em que se observa.

Figura 23: características diversas das madeiras (baseado em PITA, 1976)

As madeiras apresentam comportamento físico e mecânico heterogêneo e anisotrópico (URIARTT, 1999), densidade variável segundo a espécie, estando relacionada com a espessura e concentração dos anéis de crescimento (ICE, 1988a) e características físicas diferenciadas, conforme quadros das figuras 24 e 25.

⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA MADEIRA	
TIPO	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS E OBSERVAÇÕES
Condutibilidade elétrica	Excelente material isolante; elevada resistividade para madeira seca, porém condutora para madeira úmida; a determinação da resistividade permite uma avaliação indireta da umidade do material. Exemplo: 18 megaohms/cm para umidade = 15%
Condutibilidade térmica	Mau condutor de calor. Coeficiente de condutibilidade térmica = 0,1 Kcal/m ² h/m°C
Condutibilidade sonora	Contra-indicado para isolamento acústico, entretanto a madeira pode ser considerada como um bom material para tratamento de absorção acústica.
Resistência ao fogo	Não pode extinguir um incêndio; prende fogo espontaneamente em temperaturas na ordem de 275 °C (mantendo esta temperatura constante, o fogo interrompe quando a espessura da madeira atinge 10 mm); velocidade de combustão = 10 mm a cada 15 minutos; para peças com espessuras < 20 mm: é propagadora de incêndio; para peças com espessuras = 25 mm: a peça conserva certa solidez; para peças com espessura > 50 mm: em estrutura é menos perigosa que as metálicas; produz no máximo 800 cal/kg.

Figura 24: características físicas da madeira (baseado em URIARTT, 1999)

COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DAS MADEIRAS	
TIPO	DESCRIÇÃO – CARACTERÍSTICAS – OBSERVAÇÕES
Retratilidade (URIARTT, 1999)	Axial ≈ desprezível
	Tangencial ≈ 2 vezes a radial
	Volumétrica ≈ somatório axial + tangencial + radial
	Precauções para atenuação da retratilidade: - emprego de peças de madeira com teores de umidade compatível com o ambiente; - emprego de desdobro adequado; - impregnação de óleos e resinas impermeabilizantes
Umidade (ZENID, 2002)	Movimentação dimensional é menor em madeiras secas.
	Madeira verde (teor de umidade acima do ponto de saturação das fibras, ao redor de 30%).
	Teor de umidade da madeira seca ao ar: entre 13% e 17 %.

Figura 25: comportamento físico e mecânico das madeiras: retratilidade e umidade (baseado em URIARTT, 1999; ZENID, 2002)

Segundo os fabricantes de esquadrias em madeira, para a produção de qualquer componente das folhas e quadros das esquadrias, o ideal é a utilização de madeiras moderadamente pesadas, com densidade média, isto é, que varia entre 0,56 a 0,75 g/cm³.

Nos quadros das figuras 26 e 27, são descritas algumas propriedades físicas e mecânicas das madeiras, indicadas para produção de esquadrias, segundo o IPT (1989).

MADEIRAS INDICADAS PARA ESQUADRIAS	PROPRIEDADES FÍSICAS														
	Massa Específica apar. Densidade - 15% umid. g/cm ³			Contrações (%)											
				RADIAL			TANGENCIAL			VOLUMÉTRICA			Coeficiente de Retraibilidade Vol.		
	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
MUITO PESADA	0,96	1,01	1,13	2,3	4,945	10,4	5,9	8,427	12,5	10,5	14,93	24,5	0,49	0,649	0,89
PESADA	0,77	0,85	0,95	2,3	4,329	6,9	4,3	8,48	13,0	7,2	14,13	21,3	0,44	0,58	0,83
MODERADAMENTE PESADA	0,56	0,67	0,75	2,2	3,769	5,7	4,4	7,07	11,7	7,3	12,0	19,3	0,39	0,498	0,70
LEVE	0,50	0,525	0,55	2,1	3,05	4,0	4,7	6,25	7,8	7,7	10,45	13,2	0,34	0,43	0,52

Figura 26: propriedades físicas das madeiras brasileiras indicadas para esquadrias (baseado em IPT, 1989)

MADEIRAS INDICADAS PARA ESQUADRIAS	PROPRIEDADES MECÂNICAS																							
	Compressão (kgf/cm ²) madeira 15% umidade			Módulo de Elasticidade Compressão (Kgf/cm ²) madeira verde			Flexão estática (kgf/cm ²) madeira 15% umidade			Módulo de Elasticidade Flexão Estática (Kgf/cm ²) madeira verde			Cisalhamento (kgf/cm ²) madeira verde			Dureza Janga (kgf) madeira verde			Tração normal às fibras madeira verde			Fendilhamento (kgf/cm ²) madeira verde		
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
	MUITO PESADA	629	833	1025	142600	189824	221900	1191	1609	1947	125460	163980	216700	123	158	206	656	1021	1278	76	98	139	9,3	12,2
PESADA	463	637	842	109550	152163	202800	828	1245	1523	87800	128100	187300	87	132	184	314	734	1038	46	84	115	5,9	10	14
MODERADAMENTE PESADA	389	502	600	90000	127145	165600	784	958	1170	78900	101858	127300	64	100	138	355	480	658	27	58	71	5,6	7,08	8,9
LEVE	328	375	422	88300	113050	137800	694	783	873	74400	91850	109300	68	75,5	83	274	275	276	35	41,5	48	4,5	5,35	6,2

Figura 27: propriedades mecânicas das madeiras brasileiras indicadas para esquadrias (baseado em IPT, 1989)

O emprego de madeiras muito pesadas, com densidade acima de 0,96 g/cm³, geram desgaste de ferramenta, aumento no tempo de afiação e produção, dificuldades na montagem e

apresentam maior peso para manipulação ¹⁰. Outras deficiências no uso dessas madeiras estão relacionadas à colagem, colocação de parafusos e pregos e a tendência ao empenamento, quando expostas ao sol ¹¹. Por outro lado, as madeiras leves, com densidade menor que 0,55 g/cm³, geram problemas na qualidade final da esquadria, no acabamento e no lixamento ¹².

A madeira é constituída por fibras hidrófilas, sendo assim, apresentará o máximo de resistência mecânica quando completamente seca, o mínimo, quando completamente saturada e valores intermediários, para diferentes teores de umidade entre esses dois extremos (URIARTT, 1999). Entretanto, o teor de umidade de equilíbrio da madeira varia, entre outros fatores, de acordo com a umidade relativa do ar e a temperatura do local a que se destina, como está descrito no quadro da figura 28.

Teor de umidade de equilíbrio da madeira na base seca em função da umidade relativa e da temperatura			
Cidade	Umidade relativa do ar (%)	Temperatura (°C)	Teor de umidade de equilíbrio da madeira (%)
Porto Alegre	76,0	19,5	14,8
Florianópolis	82,2	20,3	16,8
Curitiba	80,2	16,5	16,2
São Paulo	78,4	19,3	15,5
Rio de Janeiro	79,1	23,7	15,6
Belo Horizonte	76,5	21,1	14,9
Vitória	81,1	24,2	16,2
Goiânia	65,7	23,2	12,0
Brasília	67,6	21,2	12,5
Salvador	79,5	25,2	15,6
Recife	81,2	25,5	16,2
Fortaleza	80,2	26,6	15,8
Belém	86,5	26,0	18,4
Manaus	83,1	26,7	16,9

Figura 28: teor de umidade de equilíbrio da madeira para cidades brasileiras (baseado em ZENID, 2002)

¹⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

¹¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PANDEIRO (figura 1).

¹² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

De acordo com o IPT (1998), a escolha e identificação da espécie de madeira a ser utilizada devem visar sua adequação ao uso e agressividade do meio onde será instalada. Para o emprego de madeira destinado a Porto Alegre, o teor de umidade de equilíbrio da madeira deveria ser, aproximadamente, 14,8%. Conforme estimativa do fabricante das esquadrias do protótipo ¹³, a umidade do eucalipto utilizado nas esquadrias variou entre 11 e 15%, pelo tempo de armazenagem das pranchas.

Como função biológica, as árvores têm vital função de suporte biológico a todos os seres vivos. Na condição de matéria-prima para esquadrias, as madeiras incorporam diversas vantagens descritas no quadro da figura 29, porém, a madeira apresenta algumas desvantagens, conforme quadro da figura 30, exigindo soluções para minimizar estas deficiências.

UTILIZAÇÃO	DESCRIÇÃO DAS VANTAGENS
Matéria-prima das esquadrias	Apresenta resistência mecânica tanto a esforços de compressão como aos esforços de tração na flexão.
	Boa resistência a substâncias químicas inorgânicas, ácidos, bases e sais, que somente atacam quando fortemente concentrados e sob ação prolongada.
	Excelente resistência a choques e esforços dinâmicos. Sua resiliência permite absorver impactos que romperiam ou estilhaçariam outros materiais.
	Apresenta boas características de isolamento térmico e absorção acústica.
	Tem facilidade de afeiçoamento e simplicidade de ligações, pois pode ser trabalhado com ferramentas simples.
	Tem custo reduzido de produção. As reservas que podem ser renovadas e, quando convenientemente preservado, perdura em vida útil prolongada à custa de insignificante manutenção.
	Em seu estado natural, apresenta uma infinidade de padrões estéticos e decorativos.

Figura 29: vantagens da madeira (baseado em URIARTT, 1999)

DESVANTAGENS NO USO DA MADEIRA
Degradação de suas propriedades e o surgimento de tensões internas, decorrente de alterações em sua umidade.
A marcante heterogeneidade e anisotropia próprias de sua constituição fibrosa orientada.
Limitação de suas dimensões.
Deterioração ou alteração de sua durabilidade quando em ambientes que favoreçam a proliferação dos principais agentes de deterioração: fungos, insetos.

Figura 30: desvantagens da madeira (baseado em URIARTT, 1999)

¹³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

Os defeitos intrínsecos das madeiras, conforme quadro da figura 31 têm a possibilidade de ocorrência na formação do tronco da árvore, no crescimento, no manejo florestal e nas características climáticas da região.

DEFEITOS E ANOMALIAS DA MADEIRA			
MOTIVO	TIPO – DESCRIÇÃO		
Defeitos de forma de tronco	Desalinhamento		
	Forquilha ou medula múltipla		
	Tronco cônico		
Defeitos estruturais da madeira	Dos anéis de crescimento	Largura irregular	
		Deslocado	
		Excêntrico	
		Deslocado	
	Revezamento das fibras		
	Bolsas de resinas		
	Falso cerne		
	Trepanamento		
	Duplo alburno		
	Presença de nós		
	Fendas	Por contração	
		Do cerne, da medula e dos raios lenhosos	
		De frio	
Por formação de anéis de crescimento de largura irregular			
De isolamento			

Figura 31: defeitos e anomalias das madeiras (baseado em GONÇALVES, 2000)

Os defeitos extrínsecos das madeiras, conforme quadro da figura 32, podem ocorrer nos procedimentos de corte, transporte, desdobro, secagem e fatores externos.

DEFEITOS	CAUSAS DOS DEFEITOS		
	DESDOBRO	SECAGEM	FATORES EXTERNOS
Rachadura de topo	X	X	
Rachadura de superfície		X	
Furo de insetos			X
Esmoído	X		
Empenamento	X	X	
Desbitolamento	X		
Podridão			X
Encruamento		X	
Colapso		X	

Figura 32: principais defeitos das madeiras e suas possíveis causas (baseado em CARACTERÍSTICAS, 2001)

A durabilidade das madeiras, que está associada à resistência do material frente aos agentes de alteração e destruição de seu tecido lenhoso, depende da própria natureza do material e também de fatores externos (URIARTT, 1999). A madeira sofre degradações biológicas e físico-químicas, conforme quadro da figura 33. Na degradação biológica tem-se o ataque de microorganismos (bactérias, bolores e fungos), de insetos (coleópteros e cupins) e de brocas marinhas (moluscos e crustáceos). A umidade, intemperismo, produtos químicos, poluição ambiental e fogo são os principais agentes da degradação físico-química (IPT, 1998).

AGENTES AGRESSIVOS DA MADEIRA			
DEGRADAÇÃO	AGENTE	TIPO	CARACTERÍSTICAS
Biológica	Microorganismos (URIARTT, 1999)	Bactérias	Ocasionam tumores que hipertrofiam os tecidos vivos; originam decomposição química por oxidação
		Fungos	Sobrevivência: temperatura ~ 20 °C e teor de umidade > 20% Fungos xilófagos: destroem a madeira Fungos cromógenos: causam manchas
	Insetos	Coleópteros	Carunchos; carcomas; besouros
		Isópteros (Cupins ou térmitas) <i>Nasutitermes</i> <i>Cryptotermes</i> <i>Coptotermes</i> <i>Kalotermes</i>	Mais de 2.000 espécies; sobrevivem em regiões tropicais e subtropicais; pouca resistência ao frio; 15% das espécies danificam a madeira; vivem em colônias; disseminação da espécie através de formas aladas (período de enxameagem); apresentam reis e rainhas de substituição; rainhas podem por mais de mil ovos por dia; controle biológico: através de fungos (<i>Metarhizium anisopliae</i> ou <i>Beauveria bassiana</i>) (FERNANDES, 1992)
		Brocas marinhas (URIARTT, 1999)	Moluscos Crustáceos
	Físico-química (IPT, 1998)	Umidade	
Intemperismo			
Produtos químicos			
Poluição ambiental			
Fogo			

Figura 33: agentes agressivos da madeira (baseado em IPT, 1998; URIARTT, 1999; FERNANDES, 1992)

A produção de madeiras inicia-se com o corte das árvores, em toras com dimensões adequadas ao transporte (URIARTT, 1999). Nas serrarias, desenvolve-se a falqueadura e o desdobro, onde é retirado o alburno, localizado na região mais externa da tora, procurando o recorte de um prisma que melhor aproveite o cerne, indicado para utilizações em esquadrias (ABCI, 1991). Estes procedimentos de manejo e processamento da madeira são precedidos de processos de beneficiamento, processos de preservação ou tratamento e a transformação do material.

Os principais processos de beneficiamento da madeira utilizados para manter sob controle os inconvenientes desse material são a execução de secagem natural ou artificial, conforme quadro da figura 34 (URIARTT, 1999). O processo de secagem das pranchas em madeira, utilizadas na confecção das esquadrias do protótipo, foi o natural, com armazenagem gradeada e secagem ao ar livre, com tempo estimado de armazenagem de 10 a 14 meses ¹⁴.

SECAGEM DAS MADEIRA	
Processo: evaporação superficial com transfusão interna de umidade do núcleo para periferia	
Velocidade: quanto mais densa e espessa for a madeira, mais lenta deve ser a secagem	
Vantagens: diminuição do peso do material, favorecendo o transporte; torna o material mais estável, apresentando menores valores de retração em suas dimensões; aumento progressivo da resistência mecânica e contra os agentes de deterioração do material, na medida em que a água de impregnação é eliminada; facilita a penetração dos produtos de impregnação nos processos de preservação das madeiras; permite eficazmente receber acabamento de pintura ou envernizamento.	
TIPO	DESCRIÇÃO
Secagem natural	Tempo maior que 4 meses, para peças com espessura maior que 25 mm;
	Processo lento; varia conforme espécie, densidade e condições do depósito;
	Processo mais adequado para fabricação de esquadrias ¹⁵
Secagem artificial	Em estufas
	Temperaturas crescentes com grau higrotérmicos decrescentes, mantendo equilíbrio higroscópico do material.
	Tempo: 18 a 21 dias (madeira densa); 10 dias (madeira de baixa densidade) (SECAGEM, 2001).

Figura 34: secagem da madeira: vantagens e processos (baseado em URIARTT, 1999; SECAGEM, 2001)

Segundo Cavalcante (1985), existem dois métodos de tratamento de madeira: o tratamento preventivo que é feito antes da utilização da madeira, prevenindo a deterioração em uso, e o tratamento curativo, que é feito para erradicar alguma deterioração em andamento. A madeira tratada apresenta diversas vantagens (PROCESSO, 2001), apresentando características, tais como:

- a) aumento da durabilidade de 4 a 6 vezes;
- b) proteção contra o ataque de fungos e insetos, como brocas e cupins;
- c) altamente resistente à lixiviação (o produto não escorre para o solo);

¹⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

¹⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissionais de cognome HARPA, PIANO e FLAUTA (figura 1).

- d) não tem alterada a condutibilidade elétrica;
- e) o tratamento não contribui para a corrosividade dos metais;
- f) a madeira adquire coloração esverdeada;
- g) aceita qualquer acabamento de pintura e proteção externa;
- h) pode ser colada ou revestida com adesivos e resinas.

As madeiras devem receber tratamento preservativo, como pode ser verificado no quadro da figura 35, caso não sejam naturalmente resistentes à degradação biológica (IPT, 1998).

TRATAMENTO DA MADEIRA			
PROCESSO	Impregnação superficial	Atinge no máximo 3 mm; para peças de madeira destinadas a ambientes cobertos	
	Sob pressão reduzida		
	Sob pressão elevada	Em autoclave; processo mais eficiente	
PRODUTOS IMUNIZANTES	Tóxicos; fungicidas; inseticidas ou antimoluscos; diluídos em solvente (água ou óleo de baixa viscosidade)		
	Classificação	Óleo preservativos	Creosoto
		Soluções alcalinas hidrossolúveis	CCB – cobre, cromo e boro
			CCA – cobre, cromo, arsênio ACA - arsênio, cobre, solução amoniacal
Soluções salinas solúveis em óleo	Pentaclorofenol		

Figura 35: tratamento da madeira: processos e produtos (baseado em URIARTT, 1999; DURABILIDADE, 2001)

Os processos de endurecimento das madeiras, através da utilização do CCA, são muito caros e podem trazer problemas ambientais ¹⁶. Por exigência do contratante dos serviços, para as esquadrias do protótipo não foram aplicados preservativos e produtos químicos na madeira destas 12 esquadrias ¹⁷. Porém, o tratamento superficial das esquadrias, com produtos de menores impactos ambientais, ocorreu após a instalação, ocasionando ausência de proteção, em diversas faces não aparentes.

¹⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

¹⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

Para aprimorar o projeto de esquadrias em madeira, pode-se especificar, além da espécie de madeira adequada à função (contramarco, marco, folha, alizar e veneziana), definir a espessura mínima de cada componente. Para as esquadrias do protótipo, as espessuras dos componentes foram definidas pela padronização da fábrica, sendo: 3,2 cm nos marcos; 2,7 cm a 3,2 cm nas folhas; 1,0 cm a 1,8 cm nos alizares; e 0,8 cm nas palhetas de veneziana¹⁸. Os alizares fixados externamente nas ombreiras e verga do marco das portas P1 e P2, e das janelas do protótipo foram utilizados como arremate, ocultando a espuma de poliuretano empregada na fixação das esquadrias.

O volume de madeira a ser utilizado em cada esquadria depende das características especificadas no projeto e do processo de produção. Segundo os fabricantes de esquadrias¹⁹, o volume de resíduos e perda de material representa, aproximadamente, 40%, para confecção de produtos desde que não necessitem uma seleção de perfis pela coloração e desenho, e 50%, para produtos classificados como produtos de primeira linha.

Para as esquadrias do protótipo, o volume, em toras de madeira, necessário para a fabricação das 7 janelas e 5 portas foi estimado em 1,81 m³ (10% da área total das esquadrias de 18,10 m²)²⁰. Porém, ao efetuar a quantificação do volume, conforme quadros das figuras 36 e 37, constatou-se um volume total de madeira de, aproximadamente, 0,6 m³. Estima-se, portanto, que o volume total de pranchas em madeira bruta, necessário para a produção das 5 portas e 7 janelas do protótipo, seja de 1,00 m³.

A quantificação do volume de madeira das esquadrias depende do seu desenho, de suas dimensões (comprimento, largura e espessura) e da quantidade de perfis. Em função disso, desenhou-se cada perfil, através de medição *in loco*, conforme figuras 1 e 2 do apêndice 1.

Considerando que, para a produção das doze esquadrias do protótipo, foi gasto, aproximadamente, 1 m³ de madeira em pranchas, pode-se concluir que é necessário cortar uma árvore de eucalipto, com rendimento equivalente a 1,5 m³/20 anos²¹, para suprir a produção das esquadrias deste protótipo.

¹⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

¹⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissionais de cognome PIANO, HARPA e PANDEIRO (figura 1).

^{20 e 21} Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1)

Dependência	Código da Janela	Volume de madeira das janelas			Volume Total (m³)	Peso (kg) (Densidade estimada: 900 kg/m³)
		Marco (m³)	Folha (m³)	Alizar (m³)		
Sala Cozinha	J1	0,0270	0,0154	0,0060	0,0484	43,56
	J2	0,0231	0,0124	0,0047	0,0402	36,18
	J6	0,0207	0,0084	0,0047	0,0338	30,42
Dormitório 1	J3	0,0270	0,0154	0,0060	0,0484	43,56
	J7	0,0207	0,0079	0,0047	0,0333	29,97
Dormitório 2	J4	0,0221	0,0434 (0,0158 f + 0,0276 v)	0,0074	0,0729	65,61
Sanitário	J5	0,0111	0,0035	0,0029	0,0175	15,75
TOTAL		0,1517	0,1064	0,0364	0,2945 m³	265,05 kg
%		51,5%	36,1%	12,4%	100%	*

Figura 36: volume e peso de madeira das janelas do protótipo

Conforme o quadro da figura 36, embora as janelas J1 e J4 apresentem áreas semelhantes, constata-se que a janela J4 (2 folhas envidraçadas de correr com veneziana) apresenta um volume de madeira (0,0729 m³) 50,6 % maior do que a janela J1 (0,0484 m³). Para a janela J1, 55,8% da madeira empregada está destinada ao marco, 31,8 % às folhas e 12,4 % aos alizares. Para a janela J4, 30,3 % da madeira está destinada ao marco, 59,5 % às folhas e 10,2 % aos alizares. O volume de madeira dos quadros com venezianas corresponde à 63,6 % de madeira das folhas, e com relação ao volume total de madeira empregado na janela, corresponde a 37,86 %. Como consequência da subdivisão das folhas das janelas do protótipo com pinázios, constatam-se aumentos na quantidade de matéria-prima, na mão-de-obra dos processos de instalação e produção; enfim, no preço final do produto.

Dependência	Código da Porta	Volume de madeira das portas			Volume Total (m³)	Peso (kg) (Densidade estimada: 900 kg/m³)
		Marco (m³)	Folha (m³)	Alizar (m³)		
Sala Cozinha	P1	0,0159	0,0473	0,0062	0,0694	62,46
	P2	0,0161	0,0419	0,0063	0,0643	57,87
Dormitório 1	P3	0,0158	0,0340	0,0072	0,057	51,30
Dormitório 2	P4	0,0159	0,0347	0,0067	0,0573	51,57
Sanitário	P5	0,0183	0,0338	0,0073	0,0594	53,46
TOTAL		0,082	0,1917	0,0337	0,3074 m³	276,66 kg
%		26,7%	62,4%	10,9%	100%	*

Figura 37: volume e peso de madeira das portas do protótipo

Comparando-se o volume de madeira empregado nas janelas com o volume de madeira empregado nas portas das esquadrias do protótipo, constata-se que o percentual de volume de madeira dos marcos das janelas (51,5 %) é praticamente o dobro das portas (26,7 %). Os prováveis motivos para a grande quantidade de madeira dos marcos das janelas são a largura exagerada (aproximadamente 16 cm, enquanto que nas portas é de 11 cm) e a inclusão dos mainéis, acrescidos no cálculo de volume do marco. O percentual de volume de madeira das folhas nas janelas (36,1 %) é praticamente a metade das portas (62,4 %) e para o volume de madeira dos alizares das janelas (12,4 %) é semelhante ao das portas (10,9 %). Cabe salientar que alguns alizares das portas P1, P2 e P4 foram cortados em função da inexistência de golas.

Em função da variedade de espécies de eucalipto, com suas respectivas densidades, empregados nas 12 esquadrias do protótipo, não é possível quantificar o peso total. Porém, ao estimar-se como densidade média de 900 kg/m³, obtém-se um peso total de 541 kg. A importância de se quantificar o peso de cada esquadria está relacionada com a carga total para transporte, através de rodovias, e o deslocamento manual em obra.

Nos reflorestamentos de eucalipto são plantadas 1.666 mudas por hectare. Se o déficit habitacional da Região Sul do Brasil é de, aproximadamente, 690 mil moradias (BAHIA; CRUZ, 2003), será necessário 415 hectares de área de reflorestamento para suprir a demanda de esquadrias em madeira. Pela extensão territorial da Região Sul do Brasil, esta área de reflorestamento se torna insignificante.

6.2 DETALHES CONSTRUTIVOS E SISTEMAS DE MONTAGEM

A durabilidade e resistência das esquadrias em madeira dependem, entre outros fatores, das características dos materiais e técnicas construtivas para montagem entre perfis. Os sistemas construtivos das esquadrias podem ser subdivididos em sistemas de emendas, drenagem e vedação.

6.2.1 Sistemas de emendas

Segundo Moliterno (1997), as emendas, para um mesmo perfil em madeira, podem ser do tipo: junta de topo (para peças fletidas e comprimidas), junta oblíqua (mais resistente à reação e de fácil aplicação) e emendas *finger joint* (em forma de ziguezague). Porém, estes procedimentos, raramente são adotados pelas fábricas de esquadrias em madeira, em função do tamanho reduzido do produto e pelo comprimento padrão das pranchas fornecidas pelas serrarias²². Nas esquadrias em madeira, as emendas ocorrem entre os perfis dos marcos e das folhas e nos encaixes entre peças, como é o caso das venezianas.

Para união dos perfis dos marcos, são feitos entalhes e encaixes pregados (AYUSO, 1990). Para a união de perfis do quadro das folhas, utiliza-se espiga de madeira colada e embutida à pressão. Em função da cola de base vinílica nas emendas de esquadrias externas, utilizava-se um tarugo de madeira transpassado no eixo da união. Porém hoje, em função da melhor qualidade da cola resorcina-formol, este procedimento foi descartado²³. O sistema de emendas através de cavilha pode ser empregado em esquadrias, porém este procedimento não é adotado pelas fábricas brasileiras de esquadrias em madeira²⁴.

Em esquadrias, não se utiliza o encaixe de meia-esquadria (45°) entre perfis dos marcos e do quadro das folhas, pois a espiga seria muito pequena, não absorvendo os esforços devido às variações climáticas²⁵. Entretanto, nos alizares e baguetes de fixação dos vidros, os encontros entre perfis ocorrem, preferencialmente, em meia-esquadria. Geralmente, estas peças são fixadas, nos marcos e quadros das folhas, através de pregos sem cabeça.

Nas esquadrias do protótipo, o sistema de emenda adotado entre os perfis das folhas das portas é do tipo espiga, porém as espigas das travessas, inferior e superior, transpassaram as couceiras, conforme figura 38 (detalhe da porta P1). Este procedimento pode ser considerado deficiente, pois exige serviços de acabamento destas superfícies, aumentando o custo de produção.

²² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

²³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

²⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissionais de cognome OBOÉ e HARPA (figura 1).

²⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PANDEIRO (figura 1).



Figura 38: detalhe do sistema de emenda através de espiga na porta P1

6.2.1.1 Materiais para emendas

A ligação ideal em peças de madeira, do ponto de vista de resistência, seria aquela em que a transmissão dos esforços se fizesse de peça para peça, sem que houvesse redução da seção resistente (URIARTT, 1999). Os materiais empregados para união entre perfis de madeira podem ser os adesivos ou colas, com reforço de tarugos, pregos e parafusos. Esses materiais podem acrescentar até 5% ao custo final das esquadrias²⁶.

A aderência é um fenômeno tixotrópico, de atração de forças, desenvolvida nas interfaces do material e do aglomerante, desde que ambos sejam quimicamente compatíveis. Por isso, as colas e aglomerantes de madeira devem ter resistência suficiente aos esforços, principalmente de cisalhamento, e apresentar durabilidade igual ou superior em relação à madeira, sendo resistente à ação da umidade, temperatura e microorganismos (URIARTT, 1999).

²⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

Segundo Ribeiro (1992), os adesivos utilizados em colagem de madeira, disponíveis no mercado brasileiro, pertencem a cinco tipos: adesivo tipo uréia-formol, fenol-formol, resorcina-formol, acetato de polivinila e adesivos à base de policloropreno, conforme quadro da figura 39.

COLAS EMPREGADAS EM MADEIRA	
TIPO DE ADESIVO	CARACTERÍSTICAS
Adesivos uréia-formol	Marca registrada Cascamite; aplicados na fabricação de aglomerados e compensados e indicados para uso interno.
Adesivos fenol-formol	Marca registrada Cascophen IV-80; são resinas alcalinas, utilizadas na fabricação de compensados à prova d'água, fôrmas de concreto e compensados revestidos com <i>tego-filme</i> .
Adesivos resorcina-formol	Marca Alba, Cascophen RS-216-M; são adesivos que proporcionam colagem com cura à temperatura ambiente.
Adesivos vinílicos	Marca Alba, Cascorez. Devido a sua alta flexibilidade, são utilizados em junções e montagens em geral, e não em colagens que requeiram alta estabilidade dimensional, como compensados. Estes adesivos não são indicados para uso externo.
Adesivos à base de policloropreno	Marca registrada Cascola; são adesivos à base de borracha sintética (policloropreno) e necessitam ser aplicados em ambas as faces a serem coladas (“de contato”). São utilizados na colagem de madeira com fórmica e folheados de aglomerados, em geral, sem o uso de prensa.

Figura 39: adesivos empregados em colagem de madeira (baseado em RIBEIRO, 1992)

Segundo Moliterno (1997), o consumo de cola varia de 250 a 300 g/m² e a pressão de colagem varia de 7 a 17 kgf/cm², aplicada, no máximo, 20 minutos após a aplicação da cola a frio.

Nas esquadrias do protótipo, a cola utilizada em todas as emendas entre os perfis dos quadros e travessas das folhas, foi com adesivo vinílico (referência Cascorez Extra)²⁷. Mas, segundo Ribeiro (1992), os adesivos vinílicos não são indicados para produtos externos, sujeitos às intempéries, pois podem descolar, caso não recebam proteção impermeabilizante.

Para fixação entre componentes ou para a fixação das ferragens podem ser utilizados pregos, parafusos ou tarugos em madeira.

²⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

Os tipos de parafusos utilizados na fixação entre componentes e entre ferragens e perfis são do tipo auto-atarraxante (referência Mittofix), com fendas simples ou fenda em cruz (Phillips)²⁸. Quando a fixação entre perfis ocorre perpendicular às fibras é melhor empregar parafusos e, se essa ocorrer paralela às fibras, os pregos são mais adequados²⁹, sendo este o motivo para adoção de pregos entre a verga do marco e as ombreiras.

O sistema de junção entre perfis, adotados nos marcos das esquadrias do protótipo, foi de rebaixo com encaixe, fixados com pregos³⁰. As junções entre os alizares e marcos das esquadrias foram feitas através de pregos que, ao oxidarem, produziram manchas escuras na madeira, principalmente nos alizares externos. Segundo o fabricante das esquadrias, a distância máxima usual entre pregos para a fixação dos alizares é de 30 cm, porém, nas esquadrias do protótipo constatam-se espaçamentos maiores que este valor. Outro aspecto de destaque está relacionado com a grande quantidade de pregos necessários para a fixação dos 332 baguetes das janelas do protótipo.

6.2.2 Sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem das janelas dependem da funcionalidade e da interface, podendo ser de várias formas. O sistema de drenagem modifica conforme o modelo da janela³¹. O sistema tradicional de drenagem para janela com folhas de correr, é a execução de alhetes no peitoril, com posterior furação ortogonal e inclinada³². Porém, este tipo de sistema tem que receber a colocação de um elemento que barre a pressão do vento no furo, que impede a saída da água acumulada na canaleta³³. Mas atualmente, algumas fábricas de esquadrias estão utilizando perfis em PVC, colocados abaixo da folha de correr, mais externa³⁴.

²⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome OBOÉ (figura 1).

²⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

³⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

³¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

³² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PANDEIRO (figura 1).

³³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome OBOÉ (figura 1).

³⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PANDEIRO (figura 1).

Nos peitoris dos marcos das janelas J1, J2, J3, J5 e J7 do protótipo foram feitos furos para escoamento d'água, desnecessários em janelas maxim-ar. O sistema de drenagem da janela J4 foi executado através de rasgos no peitoril com furos perpendiculares e inclinados, com diâmetro de 10 mm ³⁵, porém deve ser verificado se os dois furos são suficientes para escoamento d'água. Em função deste sistema de drenagem, e pela falta de estanqueidade total das esquadrias, desaconselha-se a lavagem das esquadrias em madeira, com jato d' água.

6.2.3 Sistemas de vedação de juntas

Para a instalação de uma esquadria no vão é necessário que existam folgas entre esses componentes. Estas folgas possuem dimensões adequadas para o seu preenchimento com material selante e podem ser denominadas de juntas cheias (fechadas ou seladas). Por outro lado, para que a esquadria tenha movimentação das folhas, sem desgaste dos materiais, é necessário que existam folgas entre as folhas e marcos. Essas folgas podem ser denominadas de juntas abertas. Nessa situação, a especificação da vedação depende da pressão de contato que a folha exerce contra o marco, da elasticidade da gaxeta de borracha e do paralelismo entre os elementos (ABCI, 1991). Nas esquadrias em madeira, para minimizar a infiltrações de ar ou água, são adotados encaixes entre os componentes, executando-se reentrâncias e saliências. Os principais componentes de vedação de juntas utilizados nas esquadrias residenciais em madeira são: a gaxeta de borracha, a escova com felpas de polipropileno e os silicones, como selantes.

6.2.3.1 Gaxetas de borracha

As gaxetas de borracha, em EPDM (etileno propileno), neoprene (policloropreno) ou borracha de silicone, e de PVC flexível são os tipos de guarnição utilizadas em cantos de envidraçamento, nos encontros entre partes móveis e fixas (TRIKEM, 2000). Magdiel Dertimati (1994 apud FRIAS, 1994) recomenda que as gaxetas para esquadrias devem ser em EPDM, pois resistem às intempéries, aos raios ultravioletas e mantêm a elasticidade.

³⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

6.2.3.2 Escovas de vedação

As escovas de vedação são constituídas de base rígida de polipropileno e de felpa com fios de polipropileno, à prova d' água e estabilizados contra raio ultravioleta. As bases apresentam larguras de 5, 7, 13, 14 e 20 mm e são indeformáveis com a variação da temperatura ambiente. A felpa apresenta resistência às intempéries, maresia, poluição industrial e é antiaderente ao pó. Quando submetida a qualquer tipo de pressão, a felpa é flexível, compensando a irregularidade das superfícies e absorvendo as vibrações dos componentes das esquadrias, propiciando uma redução acústica de até 7 dB. A altura dos fios de polipropileno varia de 2 a 12 mm, conforme espaçamento das juntas das esquadrias (ARAÚJO, 2003). Estes fios devem ser comprimidos entre 25 e 30%, para a escova ser mais eficiente como elemento de vedação. As escovas de vedação podem ser colocadas em uma das folhas móveis ou nas partes fixas (TRIKEM, 2000).

6.2.3.3 Selantes

Os tipos de selantes empregados na calafetação, isolação, no envidraçamento e entre os marcos e interfaces são: massa de vidraceiro e selantes butílico, acrílico, de polissulfeto, de poliuretano ou de silicone. O espaçamento das juntas deve ser bem estudado, pois quanto menor o espaçamento, maior a elasticidade que o material vedante deve apresentar (ABCI, 1991). Segundo o mesmo autor, os selantes apresentam diversas características necessárias para atender suas funções. As principais características estão descritas a seguir:

- a) ter capacidade de absorver movimentações resistindo aos movimentos normais e cíclicos, de alongamento e compressão de juntas, trabalhando em conjunto com os suportes, sem soltar-se;
- b) atender satisfatoriamente às solicitações de dilatação e contração dos materiais suportes, sem romper ou descolar;
- c) quanto maior a adesão aos suportes, maior a garantia e vedação do conjunto.

Segundo o mesmo autor, o módulo de deformação dos selantes pode ser: baixo (até 0,25 MPa); médio (próximo de 0,35 MPa); ou alto (mais de 0,50 MPa). Juntas de muita movimentação requerem selantes de baixos módulos de deformação. Juntas de pouca

movimentação exigem selantes de médio ou alto módulos de deformação. Quando a configuração química do selante é de bicomponente, a mistura dos componentes dificulta a aplicação e dosagem, enquanto que os selantes monocomponentes, através de bisnagas, cartuchos, baldes ou tambores, tem sua aplicação facilitada. Os selantes estão sujeitos a ataques dos mais variados agentes químicos, ultravioleta, ozônio, temperaturas altas e baixas e atritos mecânicos.

As portas e janelas do protótipo, não apresentam gaxetas de borracha, escovas ou selante como sistemas de vedação das juntas abertas. Entretanto, constata-se em todas as janelas maxim-ar, a presença de peças de arremate, a fim de minimizar frestas e melhorar a estanqueidade.

Para a vedação entre os componentes pregados e encaixados dos marcos, pode ser utilizada massa plástica para absorver as movimentações ³⁶.

6.3 ACESSÓRIOS, FERRAGENS E FECHADURAS

De acordo com a norma NBR 10820 (ABNT, 1989), os acessórios – componentes da esquadria destinados à fixação, manobra, travamento e/ou estanqueidade de suas partes fixas e móveis – incluem: bucha, grapa, chumbador, rebite, braço de articulação, pivô, dobradiça, roldana, alavanca, puxador, fecho, cremona, borboleta, etc. Esta norma técnica não sugere uma caracterização diferenciada dos acessórios, ferragens e fechaduras, entretanto, para facilitar a sua especificação nos projetos das esquadrias, optou-se por subdividi-los em:

- a) acessórios: para componentes plásticos ou metálicos, relacionados como complemento adicional à funcionalidade, tais como rodízios, roldanas, guias de PVC, puxador, aldrava, etc.;
- b) ferragens: para componentes principalmente metálicos relacionados como auxílio à mobilidade e funcionalidade, tais como trilhos, dobradiças, braço de articulação, pivô, borboleta, etc.;
- c) fechaduras: para componentes metálicos e plásticos relacionados com o fechamento das esquadrias, tais como tarjetas, fechaduras, cremona, fecho retrátil, tranca, etc.

³⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

Segundo Roberto Papaiz (1994 apud FRIAS, 1994), os acessórios, ferragens e fechaduras devem apresentar grande durabilidade, com funcionamento simples para que o usuário. Entretanto, alguns acessórios e ferragens podem oferecer dificuldades para sua substituição, exigindo desmontagem parcial da própria esquadria. Os acessórios, ferragens e fechaduras podem representar de 20 a 30% do custo final de uma esquadria (ABCI, 1991). Exemplificando, o custo das ferragens e acessórios de uma janela em madeira, com duas folhas de correr, pode atingir 22%, sendo 7% para os trilhos e perfis em alumínio, 5% para roldanas, 8% para o fecho retrátil, 1% para o perfil em PVC e 1% para vedações e borracha³⁷. Em contrapartida, alguns fabricantes afirmam, que o custo dos acessórios depende das características e dimensões das esquadrias e pode variar de 12 a 15% do custo final³⁸.

Os acessórios podem ser confeccionados em poliamida, náilon ou outro plástico de engenharia (TRIKEM, 2000). De acordo com a ABCI (1991), o náilon é utilizado em peças que entram em contato com o alumínio e o aço, como roldanas, bicos de fechos, freio de braços e detalhes estéticos.

As ferragens podem ser compostas por materiais, como o alumínio extrudado ou fundido, latão, aço inox, *zamak*, *chumbaloy*, náilon, poliacetal e aço 1020. O aço inox pode ser empregado quando se exige maior resistência aos agentes agressivos, sendo indicado para os componentes de manobra, comando e travamento, como trincos, lingüetas de fechos, contrafechos, parafusos e arruelas. Braços e articulações podem ser em alumínio anodizado ou latão cromado (ABCI, 1991). Segundo o IPT (1998), deve-se sempre evitar o contato de metais diferentes - cobre/ferro, cobre/alumínio, zinco/ferro, ferro/alumínio - em função da ocorrência de corrosão galvânica.

Para alguns fabricantes, o fecho retrátil é o tipo de ferragem, que exige maior preciosismo e cuidado para sua fixação, em uma esquadria³⁹. Entretanto, a ferragem da janela reversível (oscila-o-batente ou ribalta), além de não existir fabricação nacional, deve ter uma regulagem milimétrica, podendo ser considerada de instalação mais complexa⁴⁰.

³⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

³⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissionais de cognome OBOÉ e HARPA (figura 1).

³⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissionais de cognome PANDEIRO, OBOÉ e PIANO (figura 1).

⁴⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

O posicionamento e fixação das ferragens nas esquadrias são aspectos importantes para garantir o perfeito funcionamento das esquadrias.

Para atender à acessibilidade, segundo a norma NBR 9050 (ABNT, 1994) e Qualharini e Anjos (1997), os acessórios, ferragens e fechaduras das esquadrias devem apresentar algumas características específicas quanto ao posicionamento e formato, tais como:

- a) manter o posicionamento dentro da faixa de qualquer altura situada entre 40 cm e 135 cm;
- b) nas janelas, os dispositivos de acionamento devem estar posicionadas com alturas entre 40 cm e 115 cm do piso acabado;
- c) nas portas, a posição de maçaneta deve estar, no máximo, a 100 cm do piso;
- d) evitar o uso de maçanetas cilíndricas, por apresentarem dificuldades de manipulação e equilíbrio do usuário.
- e) as maçanetas deverão ser, preferencialmente, do tipo alavanca;
- f) as barras de apoio fixadas nas portas devem apresentar uma seção com diâmetro entre 3,5 cm e 4,5 cm, e espaçadas da porta de, no mínimo, 4 cm.
- g) se a barra de apoio for colocada na horizontal deve ter um espaço mínimo de 14 cm x 4 cm para a colocação da mão. Se a barra for colocada inclinada ou na vertical o espaço necessário para a colocação da mão deverá ser no mínimo de 30 cm x 4 cm;
- h) o eixo de colocação das barras de apoio deverá ficar situado entre 80 cm e 90 cm de altura do piso pronto.

Conforme quadro da figura 40, as portas do protótipo apresentam o mesmo tipo e quantidade de ferragens e fechaduras.

Nesta mesma figura, constata-se a semelhança na quantidade de ferragens das janelas J1, J2, J3, J6 e J7. Porém, na janela J4, devido a sua característica funcional diferenciada das demais, verifica-se um aumento significativo de acessórios e ferragens. As maçanetas são do tipo alavanca e atendem às prescrições de acessibilidade da norma NBR 9050 (ABNT, 1994).

TIPO	Código Das Esquadrias	Relação de ferragens e acessórios das esquadrias
		Dados: * J1, J2, J3 e J5 com grade de aço (diâmetro ½")
JANELA	J1; J2; J3	4 braços de reversão pantográficos em duralumínio c/ 16 parafusos; 2 fechos c/ 8 parafusos; 8 barras de aço (L=1,19 m); 128 pregos 16mm (6x7) ; 21 pregos 27mm (10x12)
	J6 e J7	4 braços de reversão pantográficos em duralumínio c/ 16 parafusos; 2 fechos c/ 8 parafusos; 96 pregos 16mm (6x7) ; 21 pregos 27mm (10x12)
	J4	1,13 m de perfil "H" em alumínio c/ 6 parafusos; 1,13 m de perfil "J" c/ 4 parafusos; 2 roldanas com rodízios em aço; 8 dobradiças de 3" c/ 48 parafusos; 2 cremonas c/ 16 parafusos e vareta de 1,10 m; 4 roldanas com rodízio em náilon; 1 pino-bola c/ 4 parafusos; 128 pregos 16 mm (6x7); 12 pregos (17x27); 21 pregos 27mm (10x12)
	J5	2 braços de reversão pantográficos em duralumínio c/ 8 parafusos; 1 fecho c/ 4 parafusos; 6 barras de aço (L=0,41 m); 24 pregos 16 mm (6x7) ; 21 pregos 27 mm (10x12)
PORTA	P1; P2; P3; P4; P5	Fechadura com maçaneta de alavanca completa, referência: colonial Soprano; 4 dobradiças 3"x3" c/ 24 parafusos; 4 pregos 17x27 (marcos); 22 pregos 27 mm (10x12)

Figura 40: relação de ferragens e acessórios para as esquadrias do protótipo

6.4 COMPLEMENTOS

As principais variáveis que podem alterar o aporte de calor pela abertura em uma edificação são, além da orientação e tamanho da abertura, o tipo de vidro e o uso de proteções solares internas e externas (LAMBERTS et al., 1997).

6.4.1 Vidros

O nível de conforto ambiental das edificações depende, entre outros fatores, da correta especificação do vidro. Entretanto, os autores Lamberts et al. (1997) e Caram et al. (1997), citam que não existe ainda no mercado, um tipo de vidro que atenda todas as condições climáticas.

As propriedades físicas e mecânicas dos vidros, descritas no quadro da figura 41, dependem de suas características estruturais, condicionadas, principalmente, pela composição química e, em menor escala, pela relação dos diferentes estados térmicos.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS VIDROS	
Massa específica	2.500 (\pm 50) kg/m ³ (NBR 7199/88)
Módulo de elasticidade	E= 75.000 (\pm 5.000) MPa (NBR 7199/88)
Coefficiente de Poisson	0,22 (NBR 7199/88)
Dureza	Entre 6 e 7 na escala de Mohs (NBR 7199/88)
Coefficiente de dilatação linear entre 20°C e 220°C:	$\alpha = 9 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (NBR 7199/88)
Coefficiente de condutibilidade térmica a 20°C (vidro incolor)	K= 0,8 a 1 kcal/m.h°C (NBR 7199/88)
Calor específico entre 20°C e 100°C	c= 0,19 kcal/kg°C (NBR 7199/88)
Tensão de ruptura à flexão	40 (\pm 5) MPa (NBR 7199/88)
Tensão admissível de flexão	s = 13 (+ 2) MPa (NBR 7199/88)
Resistência a compressão do vidro	10.000 kg/cm ² (ICE, 1988b)
Resistência a flexão do vidro comum	350 – 550 kg/cm ² (ICE, 1988b)
Resistência a tração do vidro	300 – 700 kg/cm ² (ICE, 1988b)

Figura 41: propriedades físicas e mecânicas dos vidros (baseado em ABNT, 1988 e ICE, 1988b)

De acordo com Lamberts et al. (1997), os vidros têm, geralmente, alta transmitância térmica, ou seja, são bons condutores de calor. Os vidros simples são altamente transparentes à radiação de ondas curtas, propiciando boa visibilidade, porém com alta transmissibilidade da radiação solar para o interior e são opacos a ondas longas, o que pode propiciar o efeito estufa nas edificações. Por outro lado, segundo Caram et al. (1997), o vidro verde comum, por apresentar significativa transmissão na região do visível e baixa transmissão, para o infravermelho, destaca-se como importante opção, quando a questão é evitar a entrada de calor nos ambientes, conforme demonstra o quadro da figura 42.

<i>Float</i>	Transmissão relativa ao intervalo característico (%)			Transmissão total da amostra (%)
	Ultravioleta	Visível	Infravermelho	
6 mm				
Incolor	38	86	70	72
Cinza	12	46	43	42
Bronze	11	49	54	52
Verde	16	68	40	45
OBSERVAÇÕES				
Ultravioleta: Quanto maior o valor, melhor para os efeitos bactericidas, mas pior quanto ao desbotamento e descoloração de tecidos.				
Visível: quanto maior o valor, melhor quanto ao grau de iluminação do ambiente.				
Infravermelho: quanto mais alto o valor, pior para o conforto térmico do ambiente.				

Figura 42: comparação entre a transmissão relativa das radiações através dos vidros (baseado em CARAM et al., 1997)

De acordo com a norma NBR 7199 (ABNT, 1988), o projeto de envidraçamento deve incluir elementos de cálculo (esforços solicitantes considerados e tensões admissíveis) e desenhos dos caixilhos. Referente aos vidros, além da quantidade e dimensões nominais das chapas a serem utilizadas, estes podem ser especificados conforme quadro da figura 112 do anexo B.

Para o cálculo da espessura de uma chapa de vidro, consideram-se os seguintes esforços: pressão do vento, peso próprio por unidade de área e pressão de cálculo. O quadro da figura 43 relaciona as dimensões máximas das chapas de vidro recozido relacionadas à espessura nominal.

Espessura nominal (mm)	Largura máxima: menor dimensão da chapa (m)	Comprimento máximo: maior dimensão da chapa (m)
2,2	0,30	0,50
3,0	0,60	1,30
4,0	1,00	1,80
5,0	1,40	2,30
6,0	1,80	2,80

Figura 43: dimensões máximas de chapa de vidro recozido (baseado em ABNT, 1988)

Apesar das dimensões dos vidros das janelas do protótipo terem dimensões, próximas de 0,20 m x 0,20 m, foram empregados vidros com espessura de 3 mm, atendendo exigência da norma NBR 7199 (ABNT, 1988), que determina, para pressão de cálculo acima de 1 kPa, espessura nominal mínima de vidro recozido igual a 3 mm, mesmo que os resultados da fórmula ou do quadro, indiquem espessura menor. A norma NBR 7210 (ABNT, 1988) tem como finalidade definir, entre outros, os termos técnicos relacionados com o vidro em chapa e com os defeitos comuns dos vidros.

Para o envidraçamento das 7 janelas, foram utilizadas 83 placas de vidro, sendo 80 de vidro transparente, com 3 mm de espessura, e 3 placas de vidro translúcido pontilhado, com 4 mm de espessura, para a janela do sanitário. Os vidros translúcidos, como o mini-boreal e o pontilhado, devem ser colocados nas esquadrias com a face lisa voltada para o exterior, a fim de evitar a impregnação excessiva de poeira ⁴¹.

⁴¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome ALAÚDE (figura 1).

O quadro da figura 44 demonstra uma diferença de 1,56 m² entre a área real dos vidros instalados, com a área orçada pela vidraçaria. Esta diferença pode ser considerada como uma perda econômica no processo de envidraçamento. O orçamento das vidraçarias, de qualquer placa de vidro transparente ou translúcido, considera as medidas múltiplas de 5 cm ⁴².

Dependência	Código da Janela	Quantificação e preço dos vidros das janelas do protótipo					
		Dados:					
		<ul style="list-style-type: none"> • Preço do vidro transparente 3mm = R\$ 41,12 / m² colocado • Preço do vidro pontilhado 3mm = R\$ 41,12 / m² colocado CUB/RS fev.2003 = R\$ 664,31 (Fonte: Jornal do CREA, nº 5, .2003)					
		Quantidade (pç)	Dimensões (m)	Área (m ²)	Vidraçaria		Preço CUB/RS
					Área (m ²)	Preço (R\$)	
Sala Cozinha	J1	12	0,213x0,213	0,746	5,35	220,00	0,331
		4	0,215x0,235				
	J2	8	0,213x0,223	0,576			
	4	0,215x0,229					
J6	12	0,191x0,157	0,360				
Dormitório 1	J3	12	0,213x0,213	0,746			
		4	0,215x0,235				
	J7	8	0,299x0,157	0,376			
Dormitório 2	J4	16	0,233x0,223	0,831			
Sanitário	J5	3	0,200x0,255	0,153			
TOTAL		83	*	3,788 m²	5,35 m ²	R\$ 220,00	0,331 CUB/RS

Figura 44: dimensões e preço dos vidros das janelas do protótipo

6.4.1.1 Vidros múltiplos

O eficiente desempenho térmico e acústico da tecnologia dos vidros múltiplos deve ser adotado, principalmente, em situações extremas do meio externo ou interno (THOMAZ, 2001). As janelas com envidraçamento duplo ou múltiplo são mais eficientes do ponto de vista da isolamento térmica. Isso se deve à presença da camada de ar entre as placas de vidro. Essa eficiência pode ser aumentada se o ar, entre elas, for substituído por gás, tais como o CO₂, SF₆, CCl₂F₂, SO₂ ou Kr, mas o vácuo pode ser considerado como a melhor solução. A resistência térmica desse espaço de ar varia com a emissividade das superfícies, com a distância entre vidros e a diferença de temperatura entre eles (ABCI, 1991).

⁴² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome ALAÚDE (figura 1).

Não existem dificuldades para confeccionar esquadrias com envidraçamento duplo, porém deve ser previsto o aumento da espessura dos perfis para no mínimo 40 mm⁴³. Em função da espessura dos perfis das janelas do protótipo, se torna inadequada a execução de envidraçamento duplo.

6.4.1.2 Envidraçamento

Para a fixação dos vidros, o emprego de material elástico é de grande importância para esquadrias em madeira, pois apresentam variação dimensional, na medida em que varia a umidade relativa do ar. Segundo a ABCI (1991), a massa de vidraceiro gera frestas, pois apresenta uma capacidade de movimento da junta muito pequena, variando de 2 a 3%, e a sua resistência ao envelhecimento, exposta às intempéries, é de 2 anos. Por outro lado, nos silicones, a capacidade de movimento varia de 12 a 50% e a resistência ao envelhecimento varia de 10 a 50 anos.

Para atender às prescrições da norma NBR 7199 (ABNT, 1988) e espessuras mínimas usuais dos fabricantes de esquadrias em madeira, a espessura mínima de qualquer perfil de folha envidraçada, com baguetes, deve ser de 27 mm, considerando o rebaixo com profundidade de 17 mm (vidro com espessura de 3 mm, baguete com 10 mm e 2 folgas laterais de 2 mm). Segundo a mesma norma, as folgas laterais devem ser maiores que 2 mm e a folga de borda, adotada entre o vidro e o rebaixo do perfil da janela, deve ser de 3 mm, porém nas janelas do protótipo esta folga foi de 2,5 mm⁴⁴.

O envidraçamento – procedimento de fixação de chapas de vidro em esquadrias – deve obedecer às disposições gerais descritas na norma NBR 7199 (ABNT, 1988), destacando-se as seguintes exigências:

- a) as chapas de vidro devem ser colocadas de tal modo que não sofram tensões (dilatação, contração ou deformação do caixilho, deformação ou recalque da obra) suscetíveis de quebrá-las;
- b) a fixação da chapa deve impedir o seu deslocamento em relação aos elementos de fixação;

⁴³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

⁴⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome ALAÚDE (figura 1).

- c) o envidraçamento deve apresentar estanqueidade à água e ao vento;
- d) todos os materiais utilizados no envidraçamento devem ser compatíveis entre si, com as chapas de vidro e com os materiais dos caixilhos;
- e) para caixilhos em madeira é admissível a colocação de uma demão de massa, em rebaixo aberto ou fechado, sem formar vazios e com superfície aparente lisa e regular, sendo protegida com pintura;
- f) após o envidraçamento, deve ser evitada a pintura das chapas com cal, alvaiade ou outros processos que danificam a superfície da chapa;
- g) as esquadrias em madeira devem receber uma camada de pintura de fundo em todos os rebaixos para envidraçamento. O rebaixo aberto só é admitido para vidros de até 4 mm, fixados com cordão de massa maior que 10 mm adicionando-se pregos ou cavilhas. O rebaixo fechado deve ser adotado nas vidraças exteriores, aplicando um colchão de fundo e junto à chapa de vidro, antes da colocação dos baguetes;
- h) os calços – material resistente, imputrescível e de dureza inferior à do vidro (madeira tratada, borracha sintética, plástico, chumbo, etc.)- em envidraçamento vertical, são utilizados quando a massa da chapa for superior a 4 kg ou quando uma das dimensões da chapa for maior que 1 m.

Os calços de envidraçamento têm a função de assegurar o posicionamento correto da chapa de vidro e transmitir os esforços solicitantes da chapa de vidro aos quadros ou pinázios das folhas, de maneira a não promover tensões inaceitáveis. Para chapas de vidro de 4 mm de espessura, por exemplo, a espessura dos calços deve ser igual a folga de borda (3 mm), largura de 8 mm e comprimento maior que 50 mm. Os calços são classificados conforme sua posição nas folgas laterais ou de borda, podendo ser calço: de bordo de apoio; de bordo complementar ou periférico; lateral anterior ou posterior; ou periférico de segurança (TRIKEM, 2000).

A fixação dos vidros nas janelas do protótipo foi através de massa de vidraceiro com baguetes em madeira, pregados. O serviço de colocação dos vidros foi efetuado por 1 funcionário, sendo o tempo total estimado, para a colocação das 83 peças de vidro, de aproximadamente 3 horas e 30 minutos, isto é, 210 minutos⁴⁵. Neste caso específico, constata-se um tempo médio de 2 minutos e 30 segundos para: retirada dos baguetes, colocação de massa de vidraceiro; colocação da placa de vidro; recolocação dos baguetes; e retirada do excesso de massa de vidraceiro.

⁴⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome ALAÚDE (figura 1).

Se as folhas das janelas do protótipo não possuísem subdivisões com pinázios, ocorreria uma redução de 92,9% na medida linear das juntas. Com isso, poderia ocorrer uma redução no consumo de selante. Segundo a ABCI (1991), o rendimento do tubo de silicone, com 300 ml, é de 33 m, para largura e espessura de junta igual a 3 mm. O rendimento de massa de vidraceiro é estimado, pelos vidraceiros, em 1 kg/m² de vidro.

6.4.2 Complementos de proteção

Segundo o ICE (1988b), além da proteção através de componentes da edificação (beirais, marquises, *brise-soleil*), as esquadrias são dotadas de elementos complementares de proteção, tais como: postigos, tampões ventilados, gelosias, esteiras, cortinas, persianas de enrolar e projetar e venezianas. Como exemplo de complemento de proteção externa de janelas residenciais, cita-se a persiana, que pode ser em PVC, alumínio ou em madeira. Esse complemento apresenta algumas vantagens em relação aos demais, pois possibilita o blecaute total, escurecendo totalmente a dependência, permite ser aberta sem abrir os caixilhos e permite a ventilação, sem perder a privacidade ⁴⁶. Se a persiana for em PVC, este complemento torna a esquadria mais econômica com relação à veneziana, mas para a persiana de madeira estima-se que fica de 10 a 20% mais cara em comparação com a veneziana. A opção pelo emprego de persianas exige preparação do vão em obra ⁴⁷.

Acrescentam-se aos complementos de proteção, grades e telas mosquito. Os complementos de proteção podem ser colocados na parte externa, interna ou entre vidros, permitindo o controle de luz, ocultação de visuais, acesso de intrusos, etc. A proteção, se colocada na esquadria, no lado interno, não evita o efeito estufa, pois recebe e absorve parcialmente a radiação solar e o calor, sendo uma parte irradiada ao interior do ambiente (LAMBERTS et al., 1997). De acordo com Grandjean (1998), a proteção com cortina de lâminas situada entre vidros também não evita o aquecimento dos ambientes. Porém, o complemento de proteção, situado na parte externa da esquadria, é mais eficiente contra o ofuscamento e aquecimento, principalmente se os dispositivos externos são reguláveis.

⁴⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

⁴⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

6.4.2.1 Veneziana

As venezianas, aplicadas na parte inferior das janelas, foram introduzidas, por volta de 1835, como complemento às janelas das edificações brasileiras (ABCI, 1991). A veneziana é um elemento da esquadria que exige mão-de-obra especializada, onde consome maior quantidade de madeira e acarreta uma grande perda ⁴⁸. As venezianas são constituídas geralmente de um quadro preenchido com palhetas, denominadas de "talas", por alguns fabricantes. A inclinação das palhetas, com aproximadamente 60° em relação à horizontal, pode ser definida pela espessura do perfil do quadro, pela largura das palhetas e pela máquina furadeira de veneziana, que abre os furos de aproximadamente 9 mm de profundidade, para encaixe. As espessuras das palhetas variam de 0,8 a 1,5 cm e as larguras variam de 3,2 a 4,2 cm. A distância entre as palhetas varia de 4 a 8 mm e o comprimento máximo de uma palheta não deve ultrapassar 60 cm ⁴⁹.

As palhetas tradicionais possuem as bordas arredondadas e são fixadas na face interna dos quadros. Entretanto, os desenhos das palhetas podem variar conforme a fábrica, conforme figura 45, como é o caso da veneziana "japonesa" (ou inglesa) e a veneziana "japonesinha" (chinesa ou portuguesa), que apresentam quinas retas no acabamento frontal. Porém, estes tipos de palheta podem aumentar o custo da veneziana de 10 a 20 %, no caso da veneziana do tipo chinesa, e de 20 a 30 %, no caso da veneziana do tipo japonesa ⁵⁰.

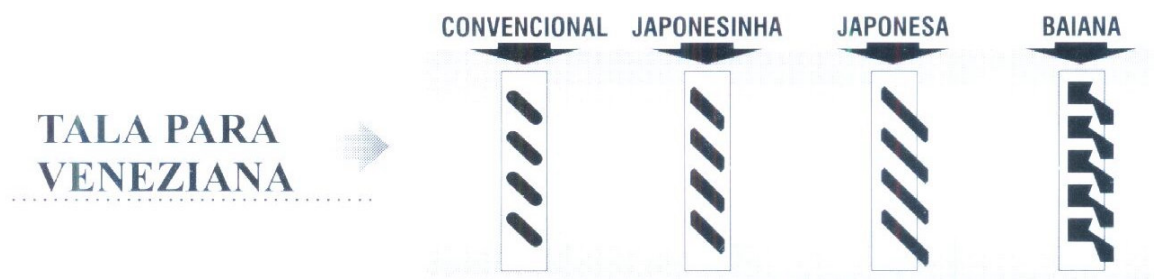


Figura 45: exemplos de palhetas de venezianas

⁴⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

⁴⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome FLAUTA (figura 1).

⁵⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

As palhetas de veneziana geralmente direcionam o ar para a parte superior da dependência, porém existem modelos de veneziana em que as palhetas são móveis e podem ser usadas para regular o direcionamento da ventilação. Segundo a maioria dos fabricantes de esquadrias em madeira, as esquadrias com veneziana custam o dobro das esquadrias sem este complemento. O preço de uma janela, por exemplo, com duas folhas de correr com vidro e quadros de venezianas de sanfona, com palheta tradicional, é o dobro em comparação com uma janela, com as mesmas dimensões, mas sem veneziana ⁵¹. Entretanto, o fabricante das esquadrias do protótipo, afirma que, o acréscimo no custo, de uma esquadria com veneziana, é de, aproximadamente, 40 % ⁵². A barreira de proteção gerada por uma veneziana depende do tipo de palheta, posição do dispositivo na esquadria e do coeficiente de reflexão do material, sendo muito mais eficiente se a mesma for colocada externamente à zona envidraçada (ICE, 1988b), conforme exemplos no quadro da figura 46.

Tipo e posição do dispositivo de proteção da janela	Fração de energia solar incidente que passa ao interior	
	Coeficiente de reflexão > 0,5	Coeficiente de reflexão < 0,1
Veneziana lâmina delgada interior	0,52	0,85
Veneziana lâmina delgada entre vidros	0,35	0,56
Veneziana lâmina delgada externa	0,16	0,14
Veneziana de madeira externa	0,15	0,10

Figura 46: fração de energia solar incidente e tipos de proteção (baseado em ICE, 1988b)

A legislação municipal (PORTO ALEGRE, 1999) determina, que as janelas dos dormitórios devem ser providas de proteção térmica e luminosa, tais como venezianas ou similares. No protótipo, somente a janela J4 do protótipo apresenta complemento externo de veneziana. Esta veneziana, com funcionalidade do tipo sanfona, não apresenta a mesma medida dos quatro quadros. Os dois quadros laterais são menores que os dois centrais, devido à característica da funcionalidade e posição das roldanas. As palhetas tradicionais, utilizadas nesta janela, medem 3,3 cm de largura e 0,8 cm de espessura, sendo de 4 mm a distância entre as palhetas, o que propicia pouca ventilação, quando a veneziana está fechada.

⁵¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PANDEIRO (figura 1).

⁵² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

6.4.2.2 Grade

O comprimento de fabricação das barras em aço é de 6,00 m, segundo lojas especializadas deste produto. Para se evitar desperdícios, as alturas das janelas e os cortes das barras deverão ser planejados de forma a se obter um melhor rendimento desses materiais. As barras de aço cortadas são colocadas após a montagem das janelas, furando-se os marcos e embutindo as barras de um extremo ao outro. O acréscimo no custo de uma esquadria, para a colocação de grade em aço, varia de 20 a 25%⁵³. Em alguns casos, a proteção da esquadria envidraçada pode ser atendida pela subdivisão dos vidros com pinázios, porém este complemento às esquadrias acrescenta, no mínimo, 10% no custo, além de aumentar a quantidade de baguetes e materiais de envidraçamento.

Nas janelas J1, J2, J3 e J5 do protótipo foram instaladas, internamente, como grade de proteção, barras de aço verticais, sem pintura. Para estas janelas foi necessário utilizar 5 barras inteiras de aço, resultando em 75 cm de sobra. Estas barras são de seção circular lisa, com diâmetro de ½” e estão espaçadas entre si de, aproximadamente, 10 cm, conferindo uma adequada proteção, pois estão adequadamente ajustadas aos marcos das janelas. Porém, na abertura total das janelas, estas barras geram barreiras para a manipulação dos comandos, assim como dificultam o fechamento da folha da janela.

6.4.2.3 Tela mosquiteiro

A tela mosquiteiro pode ser em náilon, fibra de vidro ou metálica. As malhas das telas são normalmente quadradas, medindo 2 x 2 mm. A tela mosquiteiro em náilon é mais econômica, porém em dois ou três anos pode apresentar problemas, sendo melhor a tela mosquiteiro em fibra de vidro⁵⁴. O acréscimo no custo de uma esquadria para colocação de tela mosquiteiro é de 18%⁵⁵, pois além da tela são adicionados os quadros em madeira e ferragens. As janelas e portas externas do protótipo não possuem telas do tipo mosquiteiro ou outros componentes de proteção, que barrem a entrada de insetos.

⁵³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

⁵⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

⁵⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1)

6.5 PINTURA DE ACABAMENTO

Geralmente as esquadrias em madeira são entregues nas obras *in natura*, sem qualquer proteção superficial (ABCI, 1991). Entretanto, de acordo com Zeh (1976), as esquadrias produzidas em série e com tamanhos normatizados, podem ser fornecidas com impregnação ou pintura de fundo. Conforme o IPT (1998), o bom desempenho do processo de pintura está baseado em cinco fatores: conhecimento do ambiente, seleção correta das tintas em função do meio, preparo da superfície, aplicação e controle de qualidade. De acordo com Zeh (1976), os produtos e o tratamento superficial da madeira são, geralmente, determinados pelas características da madeira e exigências relativas à superfície pronta, podendo ser transparente ou pigmentado, conforme quadro da figura 47. O acabamento transparente, por exemplo, é empregado em madeiras de poros abertos, para dar realce à estrutura das veias e desenhos, e o acabamento pigmentado, em madeiras de poros fechados, para o atendimento de necessidades específicas.

PRODUTO	DESCRIÇÃO E OBSERVAÇÕES
Produtos à base de nitrocelulose	Podem ser usados como pintura de fundo, pré-tratamento, efeito opalescente ou pintura de acabamento, aplicação mais simples, secagem mais rápida e uso mais universal.
Produtos catalisados	Empregados para superfícies sujeitas a fortes solicitações, apresentando boa resistência à tração, abrasão e efeitos químicos, além de serem dotados de boa elasticidade. Trata-se de composição de 2 componentes, catalisador e base, e também encontra aplicação como fundo nivelador e <i>tapa-poros</i> .
Produtos à base de poliuretano	Possibilitam a obtenção de superfícies com boas características de resistência; composições de 2 componentes.
Produtos à base de poliéster	Formam sobre a peça uma camada de revestimento isolante e de boa resistência. Este material possibilita que, com uma só demão, se consigam camadas de até 500 g/m ² .
Tintas alquídicas e oleosas	Usadas como pintura de pré-tratamento e acabamento de janelas. Contendo pequeno teor de secantes, estas tintas secam por oxidação, sob intensiva recirculação de ar, processada à baixa temperatura (máxima até 50 °C).

Figura 47: produtos de pintura em madeira (baseado em ZEH, 1976)

A norma CB 207 (ABNT, 1991) classifica os produtos empregados para pintura, descrevendo os tipos de tintas e complementos, com suas composições genéricas, características e usos. Alguns desses produtos e tintas são indicados para aplicação em madeiras, como segue:

- a) fundos (*primers* e seladores): à base de resina sintética; à base de solução nitrocelulose; e pigmentado para madeira à base de resinas de óleos secativos;

- b) acabamento pigmentado: sintético brilhante; óleo brilhante; sintético semibrilho ou acetinado; sintético acetinado ou fosco;
- c) vernizes: sintético filtrosolar (brilhante, acetinado ou fosco); sintético alto brilho; sintético brilhante, acetinado ou fosco; poliuretano alto brilho dois componentes; nitrocelulósico; acrílico; epóxi;
- d) massas e complementos: massa niveladora e de enchimento (à base de óleos secativos e resinas sintéticas; à base de epóxi dois componentes); aditivo anticupim; tingidores (composição variada de anilinas); removedores de pinturas (à base de solventes ativos); diluentes.

Para um melhor desempenho, o processo de pintura deve considerar a compatibilidade entre as tintas que compõem o fundo, a demão intermediária e o acabamento (IPT, 1998). O acabamento em poliuretano, por exemplo, é compatível com fundos ou camadas intermediárias epoxídicas e incompatível com produtos alquídicos, de borracha clorada ou betuminosa.

Da mesma forma, é de grande importância empregar técnicas adequadas de pintura, com sistemas industrializados, para aumentar a durabilidade do componente em madeira. Os procedimentos de pintura de madeira podem ser elaborados através de algumas técnicas com sistemas e equipamentos, tais como: pintura com pistola; pintura por imersão e aspersão; pintura com máquinas de rolos, de cortina ou com espátulas; reprodução de desenhos e veias; e pintura eletrostática (ZEH, 1976).

Segundo o mesmo autor, para pintura de janelas é mais eficiente a aplicação de impregnação e pré-tratamento através de zonas de aspersão e para as portas recomenda-se a introdução de pintura automatizada. Alguns sistemas complementares de pintura em madeira estão descritos no quadro da figura 48.

SISTEMAS COMPLEMENTARES DE PINTURA EM MADEIRA	
SISTEMA	DESCRIÇÃO
Impregnação e isolação	Trata-se de processos básicos, que possibilitam a posterior pintura ou tratamento da madeira, servindo como selo isolante para o fechamento dos poros, impedindo, assim, que o sangramento das resinas prejudique a pintura.
Alvejamento	Processo usado para clarear e uniformizar as superfícies de madeira.
Infusão	Processo empregado para determinados tingimentos e para realçar as veias e desenhos naturais da madeira.

Figura 48: sistemas de pintura em madeira (baseado em ZEH, 1976)

Por outro lado, a pintura das esquadrias em madeira, no canteiro de obra, adota um sistema artesanal, geralmente utilizando rolos de espuma ou de lã ou pincéis com fios de seda. Esse sistema pode lhe conferir deficiências devido ao menor controle de qualidade durante o processo de pintura. Independente do sistema adotado para pintura, as condições das superfícies como, por exemplo, a umidade da madeira entre 8 e 14% (ZEH, 1976), e a sua preparação são fatores de grande importância para uma melhor aderência da tinta ao substrato.

Para elaborar um processo eficiente de pintura, as peças devem apresentar um formato simples, a fim de evitar excessivos retoques manuais. Para a pintura dos componentes em madeira, a camada de tinta tem a sua densidade variável entre 15 e 500 g/m², aplicável em uma ou várias demãos (ZEH, 1976). No processo de pintura em várias demãos, cada tipo de tinta exige um determinado tempo para secagem. Segundo IPT (1998), o processo de secagem das tintas pode ocorrer de três formas distintas, sendo a secagem por evaporação do solvente, a cura por oxigenação e a cura por polimerização à temperatura ambiente. Porém, Zeh (1976) sugere antes da pintura, aquecer previamente até 60 °C, o objeto a ser pintado, pois com este procedimento, consegue-se reduzir o tempo de secagem, melhorar a aderência da camada de tinta, bem como manter constantes as condições de secagem de todas as peças. O acabamento superficial mais durável para esquadrias externas em madeira é a tinta esmalte sintético pigmentado ⁵⁶. Porém há necessidade de se verificar cientificamente a durabilidade com relação ao custo.

Os procedimentos e produtos empregados na proteção da madeira das esquadrias do protótipo foram sugeridos pelo fabricante das esquadrias ⁵⁷. Os materiais empregados ⁵⁸ na proteção das esquadrias do protótipo são:

- a) emX Multiuso - composição: aditivo bioquímico; fabricante: Oxigênio da Amazônia; conteúdo: 100 ml; preço: R\$ 7,50 (fev. 2003); quantidade: 2 tubos (sobrou aproximadamente 50 ml);
- b) TEDOX - óleo de linhaça; fabricante: I. B. Schild; conteúdo: 900 ml; preço: R\$ 12,88 (fev. 2003);
- c) CLARIM – óleo de linhaça; fabricante: Klein; conteúdo: 900 ml;

⁵⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissionais de cognome OBOÉ, HARPA e PIANO (figura 1).

⁵⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome BANJO (figura 1).

⁵⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome MARIMBA (figura 1).

- d) AGUARRÁS – essência de terebintina; fabricante: Farma Química; conteúdo: 1000 ml;
- e) borrifador de jardim; pincel; estopa; balde; escada.

Os procedimentos adotados no tratamento superficial das esquadrias do protótipo ocorreram de duas formas:

a) 1ª mistura: diluição de 6 tampas do produto emX Multiuso em 500 ml de água; aplicação da primeira demão, através de borrifador de jardim; após aguardado o tempo de absorção da madeira foi aplicado a segunda demão desta mistura;

b) 2ª mistura: diluição do óleo de linhaça (900 ml) em 330 ml de essência de terebintina; tentativa de aplicação da mistura com saco de linhagem e estopa – procedimento descartado; aplicação de uma primeira demão com pincel; após a madeira absorver a primeira demão, foi aplicada a última demão.

Este tratamento superficial das esquadrias do protótipo ainda não pode ser considerado como pintura de acabamento eficiente, pois seria necessário verificar a durabilidade e comportamento deste tratamento frente às intempéries e agentes naturais agressivos, o custo final do tratamento, a toxicidade do produto terebintina, o nível de impermeabilização gerado pelo produto e os materiais de limpeza adequados ao produto.

A ABCI (1991) sugere que, antes de instalar a esquadria, seja aplicada uma demão de verniz fosco, para proteger a madeira contra possíveis ataques do cimento e cal, e a pintura de acabamento deve ser feita após a instalação.

O tratamento superficial ocorreu com as esquadrias instaladas, sem desmontá-las e sem lixamento após a primeira demão⁵⁹. Entretanto, para a execução de uma pintura completa de esquadrias em madeira, no canteiro de obras, deveria se proceder à sua desmontagem total, pois praticamente todos os tipos de esquadria apresentam pontos críticos onde o pintor não consegue atingir, deixando a esquadria desprotegida aos agentes agressivos. Por exemplo, se a folha de uma porta não for desmontada, provavelmente esta folha não receberá pintura na borda inferior, em função da proximidade com o piso.

⁵⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome MARIMBA (figura 1).

A soma das áreas das superfícies destinadas à pintura ou tratamento das esquadrias do protótipo é de 48,74 m², sendo, aproximadamente, 50 % para as portas e 50 % para as janelas conforme indicam os quadros das figuras 49 e 50. As folhas das portas e janelas são responsáveis por mais de 50% da superfície total destinados à pintura, sendo destacada, em relação às demais janelas, a quantidade maior de área de pintura para as folhas da janela J4, pelo acréscimo de venezianas.

Dependência	Código da Janela	Superfície para pintura das janelas			Superfície Total (m ²)
		Marco (m ²)	Folha (m ²)	Alizar (m ²)	
Sala Cozinha	J1	1,316	1,786	0,679	3,781
	J2	1,040	1,772	0,456	3,268
	J6	0,756	1,312	0,473	2,541
Dormitório 1	J3	1,316	1,786	0,679	3,781
	J7	0,756	1,289	0,473	2,518
Dormitório 2	J4	1,055	5,627	0,704	7,386
Sanitário	J5	0,411	0,434	0,339	1,184
TOTAL		6,650	14,006	3,803	24,459 m²
%		27,2%	57,3%	13,4%	100%

Figura 49: superfícies para pintura das janelas do protótipo

Dependência	Código da Porta	Superfície para pintura das portas			Superfície Total (m ²)
		Marco (m ²)	Folha (m ²)	Alizar (m ²)	
Sala Cozinha	P1	0,621	3,586	0,575	4,782
	P2	0,622	3,732	0,594	4,948
Dormitório 1	P3	0,618	3,496	0,711	4,825
Dormitório 2	P4	0,621	3,592	0,654	4,867
Sanitário	P5	0,691	3,462	0,711	4,864
TOTAL (m²)		3,173	17,868	3,245	24,286 m²
%		13%	73,6%	13,4%	100%

Figura 50: superfícies para pintura das portas do protótipo

7 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS COMPORTAMENTAL E UTILITÁRIA DAS ESQUADRIAS

O principal objetivo da definição do perfil de desempenho de uma esquadria é o de sistematizar a análise das diversas exigências funcionais, sem hierarquia de importância. Esta análise de desempenho apresenta dificuldades devido à simultaneidade de funções que as esquadrias apresentam (ABCI, 1991).

As principais variáveis de desempenho que afetam a qualificação de uma esquadria estão descritas no quadro da figura 51.

CONTEÚDO DE ORDEM	VARIÁVEIS DE DESEMPENHO	DESCRIÇÃO
COMPORTAMENTAL E UTILITÁRIO (PERFIL DE DESEMPENHO)	RESISTÊNCIA	Durabilidade
		Estrutural: à deformação / à carga de vento / ao uso / contra roubo e vandalismo
		Ao fogo
	TÉCNICO-FUNCIONAL HABITABILIDADE	Funcionalidade
		Iluminação natural
		Ventilação natural
		Isolamento térmico
		Isolamento acústico
	ESTANQUEIDADE	À água de chuva
		Ao ar / à poeira
		A insetos
	ACESSIBILIDADE E ERGONÔMICO	Acessibilidade aos comandos
		Facilidade de movimentação e manutenção
	ESTÉTICO	Adequação ao conjunto arquitetônico
		Ordem / complexidade
		Forma / superfície / cor
	ECONÔMICO (MANUTENÇÃO)	Custo de limpeza
		Custo de reposição de peças
		Economia de energia elétrica
		Economia de uso de inseticidas
EXIGÊNCIAS DE INTERESSE ECOLÓGICO	Sustentável	
	Reciclável	

Figura 51: variáveis que intervêm no perfil de desempenho técnico e funcional de uma esquadria

7.1 RESISTÊNCIA

Do ponto de vista do comportamento mecânico, uma esquadria deve resistir aos agentes atmosféricos, às vibrações, aos esforços introduzidos pelos demais componentes do edifício, provenientes da movimentação ao longo do tempo, e aos esforços devidos ao uso (TRIKEM, 2000). Para atender estas solicitações, a NBR 10821 (ABNT, 2000) especifica: resistência ao esforço de torção; resistência ao esforço vertical no plano da folha (deformação diagonal); resistência ao arrancamento das articulações; comportamento sob ações repetidas de abertura e fechamento; resistência ao esforço horizontal no plano da folha; resistência à flexão e resistência do sistema de travamento da folha.

7.1.1 Durabilidade

A durabilidade das esquadrias pode ser expressa pela habilidade de desempenhar suas funções durante um período de tempo e sob a influência de vários agentes, dependendo do desempenho de todos os materiais e de diversas variáveis. A vida útil estimada desses componentes será ditada pela qualidade dos materiais utilizados e pelo padrão da mão-de-obra de sua construção e manutenção (IPT, 1998). A durabilidade da madeira é diretamente proporcional à quantidade de substâncias anti-sépticas e a sua densidade (ICE, 1988a).

7.1.2 Resistência estrutural à deformação

De acordo com a norma NBR 10821 (ABNT, 2000), com relação a resistência às cargas uniformemente distribuídas, as janelas instaladas em edificação de classe normal, no Rio Grande do Sul, não devem apresentar:

- a) ruptura, colapso total ou parcial de componentes e vidros;
- b) permeabilidade ao ar acima de 20% do máximo previsto;
- c) deflexão máxima instantânea dos perfis L de $[(\text{comprimento do perfil})/175 \text{ do vão}]$, e, em nenhum caso, superior a 2 cm;
- d) deformação residual superior a 0,4% do vão;

O modo e disposição dos elementos de fixação de uma esquadria deverão ser de tal modo que os assentamentos, flechas e dilatações previsíveis e normais, que podem ocorrer na edificação, não influenciem o seu comportamento e funcionalidade. Qualquer perfil utilizado em uma esquadria deverá ter dimensões de seção e forma calculadas para não gerarem flecha máxima superior a 1/125 e a deflexão deve ser menor que 15 mm (ICE, 1988b).

As esquadrias do protótipo não apresentam deformações visíveis, pois utilizam matéria-prima resistente e espessuras tradicionais dos perfis. Nas janelas maxim-ar, a colocação de mainel, é estruturalmente benéfica, pois impede a flexão da verga do marco. Os alizares externos das janelas J1, J2, J3, J6 e J7 poderão apresentar deformações devido ao número reduzido de pontos de fixação nos marcos, pela falta de proteção superficial impermeável e pela incidência de radiação solar. O alizar externo superior, da janela J4, poderá apresentar deformações, devido à largura (9,5 cm) e pequena espessura (1,2 cm).

Os limites de resistência à umidade para as folhas das portas podem ser verificados no quadro da figura 52.

Variações das dimensões e dos desvios de forma sob ação da umidade		Limites dimensionais máximos (mm)
Variações dimensionais	Altura	5
	Largura	2
	Espessura	1
Variações dos desvios de forma	Esquadro	1
	Curvatura borda vertical	3
	Curvatura borda horizontal	2
	Empeno	5
	Encanoamento	2,5
	Abaulamento	6
	Torção do vértice	3

Figura 52: variações das dimensões e dos desvios de forma das folhas de porta sob ação da umidade (baseado em ABNT, 1986)

7.1.3 Resistência estrutural à carga de vento

O vento pode ser considerado uma das solicitações mecânicas mais importante na análise de qualidade das esquadrias. Quando submetida às pressões do vento, as esquadrias não devem apresentar problemas de funcionamento ou estanqueidade, nem sofrer deformações

instantâneas ou residuais excessivas. Para o cálculo de resistência da esquadria à carga de vento é necessário verificar a sua posição em relação ao entorno do edifício, a altura em relação ao solo e a sua localização topográfica e regional, para atender a velocidade básica do vento estimada pela norma NBR 10821 (ABNT, 2000), adotando-se, como suporte, o quadro da figura 53, para fins de cálculo da pressão dinâmica (TRIKEM, 2000).

CONVERSÃO DA VELOCIDADE DO VENTO EM PRESSÃO DINÂMICA	
VELOCIDADE DO VENTO (km/h)	PRESSÃO DINÂMICA (kg/m²)
30	4,3
40	7,8
50	12,0
60	17,5
70	23,5
80	31,0
90	39,0
100	48,0
110	57,5
120	69,0

Figura 53: conversão da velocidade do vento em pressão dinâmica (fonte: ICE, 1988b)

Apesar da edificação estar localizada no Rio Grande do Sul, onde as cargas de vento estão entre as mais altas do Brasil, as esquadrias do protótipo não apresentaram deformações residuais visíveis.

7.1.4 Resistência estrutural ao esforço de uso

Os vários tipos de esquadrias devem resistir aos diferentes esforços ocasionados pelas manobras, sem apresentar deformação, que possa afetar seu funcionamento (ICE, 1988b). De acordo com a norma NBR 10821 (ABNT, 2000), a resistência às operações de manuseio para uma janela é variável, de acordo com seu tipo, porém deve suportar 10.000 ciclos completos de abertura e fechamento das folhas. Deve resistir aos ensaios de arrancamento das articulações e resistência ao esforço torsor, à flexão, etc.

Segundo a mesma norma, as janelas tipo maxim-ar, com área superior a 0,64 m², utilizadas nas classes melhorada, reforçada ou excepcional, devem possuir dispositivos (braços ou

limitadores) que restrinjam a abertura das folhas e as janelas do tipo guilhotina e sanfona vertical devem possuir um sistema de segurança que impeça a queda livre da folha.

Com relação às portas, a norma NBR 8542 (ABNT, 1986) estabelece limites de resistência da folha de porta submetida a manobras anormais, conforme quadro da figura 54.

Comportamento das folhas de porta submetidas a manobras anormais		Descrição dos limites
Ação de esforço torsor	Deflexão lateral sob carga	Valor máximo admitido = 50 mm
	Deflexão lateral residual	Valor máximo admitido = 5 mm
	Ocorrência de danos	Não devem ocorrer rupturas, destacamentos ou prejuízos à abertura e ao fechamento.
Fechamento com obstrução	Reaperto dos parafusos de dobradiça inferior	Após cada carregamento, deve ser possível o reaperto dos parafusos de fixação da dobradiça.
	Prejuízos às manobras de abertura e fechamento	Não devem ocorrer rupturas, destacamentos ou prejuízos à abertura e ao fechamento.

Figura 54: comportamento das folhas de porta submetidas a manobras anormais (baseado em ABNT, 1986)

As esquadrias do protótipo não foram avaliadas quanto à resistência ao esforço de uso, porém não foi constatada dificuldade para abrir ou fechar as folhas das portas e janelas, pois as ferragens estavam adequadamente fixadas nos marcos e folhas.

7.1.5 Resistência estrutural contra roubo, impacto ou vandalismo

A resistência da esquadria contra roubo, invasão ou vandalismo está diretamente relacionada com o destino do local, qualidade dos acessórios, fechaduras e complementos, tais como grades internas ou externas. Entretanto, é importante equacionar estes complementos de forma que não provoquem obstáculos para a evacuação do local, em caso de incêndio (ICE, 1988b).

Com o uso diário da edificação, o vento, os usuários ou moradores e os animais domésticos podem ser os principais agentes geradores de impacto nas esquadrias. A norma NBR 8542 (ABNT, 1986) estabelece limites de resistência a impacto para as folhas de portas, conforme quadro da figura 55.

Comportamento das folhas de porta sob ação de impactos		Descrição dos limites
Impacto de corpo duro	Ocorrência de danos sob impactos de 2,5 J	Não deverá ocorrer nenhum dano
	Máxima profundidade de moessa sob impactos de 2,5 J	Não devem ocorrer mossas com profundidade superior a 1 mm
	Máxima extensão de fissura sob impactos de 3,75 J	Não devem ocorrer fissuras com extensão superior a 15 mm
	Ocorrência de ruptura sob impactos de até 5 J	Não deve ocorrer ruptura de qualquer parte da folha de porta
Impacto de corpo mole	Ocorrência de danos sob ação de impactos com energia de 120 J e 240 J	Não devem ocorrer rupturas, fendilhamentos, destacamentos, deformações ou quaisquer danos que prejudiquem as manobras normais de abertura e fechamento.

Figura 55: comportamento das folhas de porta sob ação de impactos (baseado em ABNT, 1986)

As portas internas P3, P4 e P5, do protótipo apresentam menor resistência a impactos em comparação com as portas externas, pois as primeiras não apresentam reforços de travessas centrais, além dos lambris inclinados terem espessura igual a 16 mm. Já as portas externas apresentam maior resistência a impactos ou vandalismo. As folhas das janelas do protótipo apresentam boa resistência estrutural ao vandalismo, em função das subdivisões com pinázios e pela dimensão dos quadros e perfis, além das grades de proteção.

7.1.6 Resistência ao fogo

Para uma esquadria ser resistente ao fogo, deverá conservar as suas características funcionais, mantendo a estabilidade ou impedindo a passagem do fogo de um ambiente para outro, num determinado período de tempo. A segurança ao fogo de uma esquadria está limitada ao risco de início de incêndio, ao risco de propagação do incêndio e a garantia de segurança do usuário, em função da área e dimensões das aberturas. De acordo com o IPT (1998), para garantir a segurança do usuário, é fundamental que as esquadrias atendam às seguintes recomendações:

- a) toda habitação com mais de 40 m² de área de piso deve ser dotada de duas portas para o exterior, com largura livre mínima de 70 cm, dispostas em fachadas distintas;

- b) todos os cômodos, exceto o banheiro, devem possuir pelo menos duas saídas, uma das quais pode ser uma janela que possa ser aberta pelo interior da habitação sem o auxílio de ferramentas;
- c) para evitar a propagação da fumaça devem ser instaladas portas entre todos os cômodos da habitação, principalmente na cozinha e nos dormitórios;
- d) o peitoril das janelas devem estar, no máximo, 1,20 m acima do nível do piso interno. A janela deve possuir, no mínimo, área de 0,5 m² de abertura livre e nenhuma dimensão menor que 55 cm.

A ignição espontânea da madeira só ocorre para intensidades de radiação incidente, superiores a 0,8 cal/m²s (3,3 W/cm²) (URIARTT, 1999). Os perfis das esquadrias em madeira do protótipo apresentam espessuras maiores que 2,5 cm, o que garante uma certa resistência ao fogo, porém a presença de grades internas fixas, principalmente na janela J3, pode ser considerada uma barreira, em caso de incêndio.

7.2 TÉCNICO-FUNCIONAL E HABITABILIDADE

Segundo Pol (1996), isolar bem e ventilar corretamente sintetizam o desempenho de conforto ambiental que um edifício moderno deve oferecer. O controle de temperatura, quando corretamente praticado pela abertura ou fechamento de uma janela, contribui tanto no sentido de melhorar as condições de conforto térmico, quanto para a redução de consumo energético, decorrente do uso de sistemas de ventilação forçada nos ambientes (ABCI, 1991).

7.2.1 Funcionalidade

Do ponto de vista funcional, qualquer produto deve buscar tecnologias e materiais que adequem custos à satisfação dos atributos importantes (ACAR FILHO, 1997). Nas esquadrias residenciais estes atributos estão relacionados ao tipo de movimentação, forma e posição dos comandos, segurança e praticidade funcional. A funcionalidade de uma esquadria está diretamente relacionada com as ferragens utilizadas para atender as seguintes variáveis: tipo de dependência da edificação; posição de instalação na parede; área de ocupação ao abrir; área de ventilação exigida; acessibilidade aos comandos; acessórios necessários para facilitar a movimentação; facilidade de manutenção e sistemas construtivos.

De acordo com a norma técnica NBR 8037 (ABNT, 1983), as portas são classificadas segundo o modo de abrir em porta basculante, de bater, de contrapeso, de correr, de sanfona, de vaivém, direita, esquerda, giratória e pivotante. Para as janelas, a norma NBR 10820 (ABNT, 1989) as classifica, quanto ao tipo de movimento das folhas, em janela de folha fixa, de abrir, de eixo vertical, projetante, de tombar, pivotante, basculante, de correr, guilhotina, projetante-deslizante (maxim-ar), sanfona (camarão), reversível e especiais (janelas formadas pela combinação de dois ou vários tipos de janelas citados anteriormente).

As funcionalidades das esquadrias do protótipo estão descritas no quadro da figura 56. Todas as cinco portas do protótipo são de bater – movimentadas mediante a rotação em torno de eixo vertical fixo, coincidente com a lateral das folhas. A funcionalidade adotada para seis janelas é projetante-deslizante (maxim-ar), sendo as janelas J1, J2 e J3 acrescidas de partes fixas. A funcionalidade da janela J4 é de duas folhas de correr com veneziana em quatro folhas de sanfonar.

Dependência	Esquadria	Código Da Esquadria	Descrição funcional das esquadrias
			Dados: * folhas das janelas subdivididas em pinázios; * J1, J2, J3 e J5 com grade de aço (diâmetro ½")
Sala Cozinha	JANELA	J1	2 folhas inferior fixas + 2 folhas superior maxim-ar
		J2	2 folhas inferior fixas + 2 folhas superior maxim-ar
		J6	2 folhas maxim-ar
Dormitório 1		J3	2 folhas inferior fixas + 2 folhas superior maxim-ar
		J7	2 folhas maxim-ar
Dormitório 2		J4	2 folhas de correr + 4 folhas com veneziana de sanfonar
Sanitário		J5	1 folha maxim-ar
Sala Cozinha	PORTA	P1	1 folha de abrir direita, almofadada
		P2	1 folha de abrir direita, almofadada
		P3	1 folha de abrir direita, com lambris central em diagonal
		P4	1 folha de abrir esquerda, com lambris central em diagonal
		P5	1 folha de abrir esquerda, com lambris central em diagonal

Figura 56: descrição funcional das esquadrias do protótipo

As janelas J2 e J5 do protótipo, em função da funcionalidade tipo maxim-ar e da largura do marco, poderão ser utilizadas como suporte de produtos de limpeza, higiene ou de adornos.

7.2.2 Iluminação natural

A luz solar ilumina uma superfície normal aos raios solares, com 60.000 a 100.000 lux. O efeito luminoso dos raios solares pode ser considerado, qualitativamente, superior à luz artificial e possui valores psicológicos, que não podem ser desconsiderados pelo projeto das esquadrias, principalmente das janelas. A luz natural direta introduz menor quantidade de calor por lúmen, que a maioria das lâmpadas. Por isso, pode ser considerada uma estratégia para reduzir a carga de resfriamento das edificações e gerar economia de energia elétrica, diminuindo a iluminação artificial diurna (LAMBERTS et al., 1997). Entretanto, a luz solar pode gerar desconfortos, tais como: altos contrastes de luz e sombra, dificultando a modelagem dos objetos; oscilações rápidas e violentas na intensidade da luz, originadas por nuvens; e alteração constante na luminosidade dos ambientes, pelo movimento do sol (ICE, 1988b).

De acordo com Lamberts et al. (1997), a iluminação suficiente, com boa distribuição nas dependências e com ausência de ofuscamentos, é um dos requisitos necessários para ocorrência de conforto do processo visual. A quantidade de luz natural deve ser suficiente para a realização de algumas atividades humanas, em diferentes posições dos ocupantes no ambiente. A forma da janela e sua posição na parede afetam a distribuição de seus valores na profundidade do ambiente. A posição da janela deve permitir o correto modelamento de sólidos, com a distribuição de iluminância no campo visual sem provocar sombreamento. As janelas altas, por exemplo, permitem aumentar a intensidade de iluminação nas zonas afastadas da janela, uniformizando a distribuição da iluminação. Entretanto, qualquer visão do céu não deve provocar desconforto visual aos ocupantes dentro do ambiente. Além da função de iluminação, a janela deve permitir o escurecimento necessário ao sono e outras atividades que requeiram ausência de luz.

O nível de iluminação necessário para cada dependência varia conforme as tarefas que são desenvolvidas. Para tarefas normais de uma habitação, este nível varia de 100 a 500 lux (LAMBERTS et al., 1997). As principais variáveis que influenciam na iluminação natural estão relacionadas às características intrínsecas das janelas e do ambiente, tais como: características ópticas e área do material transparente ou translúcido em relação à área do piso da dependência; formas e posicionamento das janelas no recinto; orientação solar das janelas e refletância do acabamento interno das paredes, piso e teto (ABCI, 1991). As construções vizinhas, o porte da vegetação circundante, o efeito de cortinas e proteções (beirais) são

algumas variáveis externas, que influenciam na distribuição da luz natural, no interior da edificação (ICE, 1988b).

Nos projetos arquitetônicos, as janelas são dimensionadas considerando as dimensões totais externas. Diversos códigos de edificações, para satisfazer a área mínima de iluminação natural, exigem que a dimensão das janelas atenda a uma fração da área de cada dependência, além de desconsiderar a necessidade de iluminação natural nos sanitários.

Nas esquadrias do protótipo, a área mínima para iluminação, propiciada pelas janelas, é confrontada com as exigências da legislação municipal (PORTO ALEGRE, 1999), conforme demonstra o quadro da figura 57. Consta-se que o somatório das áreas das janelas, de cada dependência, atende a legislação. Com relação à área das dependências, prevista no projeto, constatou-se que a área útil total da edificação aumentou 1,13 m², distribuído entre as dependências, porém este aspecto não afetou diretamente o dimensionamento das janelas.

Dependência		Janelas do protótipo					Previsto na legislação LC n°284	
Descrição	Área (m ²)	Código	Dimensões (marco incluído)		Área		Fração área do piso	Área mínima (m ²)
			Largura (m)	Altura (m)	Parcial (m ²)	Total (m ²)		
Sala Cozinha	16,12	J1	1,194	1,184	1,414	3,224	1/6 ilum.	2,686
		J2	1,144	0,934	1,068			
		J6	1,534	0,484	0,742			
Dormitório 1 (filhos)	9,01	J3	1,194	1,184	1,414	2,156	1/6 ilum.	1,501
		J7	1,534	0,484	0,742			
Dormitório 2	8,54	J4	1,196	1,19	1,423	1,423	1/6 ilum.	1,423
Sanitário	4,41	J5	0,814	0,404	0,329	0,329	Zero	0,0
TOTAL (m²)	38,08	*				7,132	Iluminação	5,61

Figura 57: confronto entre as janelas do protótipo e as exigências da legislação municipal sobre iluminação natural

Por outro lado, considerando-se a área efetiva de iluminação, propiciada pelos vidros das janelas e desconsiderando os marcos, quadros das folhas, mainel e pinázios, conforme demonstra o quadro da figura 58, supõe-se que todas as dependências (exceto sanitário) não estariam suficientemente iluminadas.

Dependências		Janelas do protótipo			Previsto na Legislação LC nº 284 Área de iluminação (m ²)
		Código	Área efetiva de Iluminação Natural (m ²)		
Descrição	Área (m ²)			Parcial	Total
Sala Cozinha	16,23	J1	0,646	1,446	2,705
		J2	0,500		
		J6	0,300		
Dormitório 1	8,10	J3	0,646	0,969	1,35
		J7	0,323		
Dormitório 2	8,10	J4	0,725	0,725	1,35
Sanitário	4,52	J5	0,133	0,133	0
TOTAL (m²)	36,95	*	*	3,273	5,405

Figura 58: confronto entre a área efetiva de iluminação natural das janelas do protótipo e a legislação municipal

Supondo que as folhas das janelas do protótipo não fossem subdivididas com pinázios, a área efetiva de iluminação natural aumentaria, aproximadamente, 20%, conforme quadro da figura 59.

Código da Janela	Área de iluminação efetiva (m ²)	Suposição: Área de iluminação para folha das janelas sem pinázios (m ²)
J1	0,646	0,786
J2	0,500	0,531
J3	0,646	0,786
J4	0,725	0,901
J5	0,133	0,154
J6	0,300	0,384
J7	0,323	0,384
TOTAL	3,273 m²	3,926 m²
%	100%	~ 20% a mais de iluminação

Figura 59: área efetiva de iluminação das janelas do protótipo para folhas sem pinázios

7.2.3 Ventilação natural

Dentre os vários objetivos da ventilação nas habitações, destaca-se a substituição do ar impuro ou viciado, por outro limpo e fresco e promover a ventilação natural, como recurso

para o controle da temperatura dos ambientes (ABCI, 1991). Para isso, as esquadrias, principalmente janelas, devem propiciar uma ventilação que atenda as exigências humanas, que variam de 8 a 25 m³ por hora para uma pessoa, em condições de repouso ou de atividade leve (POL, 1996). O quadro da figura 60 delimita a ventilação necessária por pessoa para algumas situações relacionadas ao espaço interno.

VENTILAÇÃO MÍNIMA NECESSÁRIA			
Espaço disponível por pessoa (m ³)	Ar requerido por pessoa (m ³ /h)		
	Mínimo	Valores recomendados	
		Sem fumar	Fumando
3	40,7	61,2	81,4
6	25,6	38,5	51,1
9	18,7	28,1	37,4
12	14,4	21,6	28,8

Figura 60: ventilação mínima necessária (baseado em ICE, 1988b)

Diversas variáveis do projeto podem intervir na ventilação natural, desde a presença de marquises, a posição da janela em relação à largura da parede da fachada, que influi na direção que pode tomar a massa de ar no interior da edificação, e a posição da janela com relação à altura de entrada e saída do ar, que influencia na zona de ventilação do interior. A relação entre a superfície de entrada e saída de ar influencia no aumento ou diminuição da velocidade do ar no interior da edificação. Além do que, a tipologia funcional pode influenciar na quantidade e direção da movimentação do ar, no interior da edificação (ICE, 1988b). Externamente, a vegetação também pode influenciar na direção, quantidade e velocidade do vento, no interior da edificação.

Os códigos de edificação exigem uma área mínima de ventilação para as janelas residenciais, de acordo com uma fração da área do piso das dependências, embora esta represente 50% do previsto para a iluminação. O quadro da figura 61 relaciona as janelas do protótipo com as exigências da legislação. Consta-se que a área de ventilação, propiciada pelas janelas do protótipo, atende plenamente às exigências da legislação, exceto no banheiro, que a legislação prevê, independente da área, um mínimo de 0,40 m².

Dependência		Janelas do protótipo					Previsto na legislação LC nº284	
Descrição	Área (m ²)	Código	Dimensões (marco incluído)		Área		Fração área do piso	Área mínima de ventilação (m ²)
			Largura (m)	Altura (m)	Parcial (m ²)	Total (m ²)		
Sala Cozinha	16,12	J1	1,194	1,184	1,414	3,224	1/12	1,343 vent.
		J2	1,144	0,934	1,068			
		J6	1,534	0,484	0,742			
Dormitório (1) (filhos)	9,01	J3	1,194	1,184	1,414	2,156	1/12	0,75 vent.
		J7	1,534	0,484	0,742			
Dormitório (2)	8,54	J4	1,196	1,19	1,423	1,423	1/12	0,711 vent.
Sanitário	4,41	J5	0,814	0,404	0,329	0,329	1/12	0,367 vent. Obs.: mín>0,4
TOTAL (m²)	38,08	*				7,132	Ventilação	3,204

Figura 61: confronto entre as janelas do protótipo e as exigências da legislação municipal sobre ventilação natural

Por outro lado, considerando-se a área efetiva para ventilação natural das dependências, conforme demonstra o quadro da figura 62, somente as janelas da sala/cozinha e do dormitório (1) atenderiam a legislação. Consta-se então, que a área efetiva de ventilação é insuficiente nas janelas do dormitório (2) e sanitário. Outro aspecto a salientar é sobre comparação entre as janelas J1 e J4, apesar de terem praticamente a mesma área, a primeira propicia 58% a mais de ventilação, em função da característica funcional.

Dependência		Janelas do protótipo			Previsto na Legislação LC nº 284 Ventilação (m ²)
Descrição	Área (m ²)	Código	Área efetiva de Ventilação Natural (m ²)		
			Parcial	Total	
Sala Cozinha	16,23	J1	0,796	1,856	1,3525
		J2	0,507		
		J6	0,553		
Dormitório (1)	8,10	J3	0,796	1,349	0,675
		J7	0,553		
Dormitório (2)	8,10	J4	0,503	0,503	0,675
Sanitário	4,52	J5	0,232	0,232	0,40
TOTAL (m²)	36,95	*	*	3,940	3,1025

Figura 62: confronto entre a área efetiva de ventilação natural das janelas do protótipo com a legislação municipal

7.2.4 Isolamento térmico

O isolamento térmico das esquadrias é uma variável que está relacionada aos sistemas de vedação, características dos vidros, orientação solar da abertura, temperatura ambiente, etc. A exigência de isolamento térmico deve ocorrer, principalmente, quando há possibilidade de perdas de calor, no inverno. As principais causas da perda de calor dos ambientes, são devido à troca de ar, tanto manual (por abrir uma janela), à infiltração de ar através do perímetro das folhas das portas ou janelas, pela transparência às radiações nos materiais que não sejam opacos, como os vidros das janelas (ICE, 1988b).

Conforme exemplifica o quadro da figura 63, a intensidade do fluxo de calor pelos materiais depende da condutividade térmica, que é uma propriedade que depende da densidade do material e representa sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. Isto é, quanto maior for o valor da condutividade térmica, tanto maior será a quantidade de calor transferido entre as superfícies. A condutividade térmica da madeira de eucalipto, utilizada nas esquadrias do protótipo, deve ser de aproximadamente $0,20 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Este valor baixo, garante aos perfis das esquadrias um excelente isolamento térmico. Quanto menor o coeficiente global de transmissão de calor da janela, maior a capacidade de isolamento térmico da janela (TRIKEM, 2000). A janela J2, orientada para Oeste, adotou vidros transparentes incolor de 3 mm de espessura, o que lhe confere, segundo o mesmo autor, um coeficiente global de transmissão igual a $6,9 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, no verão. Caso fosse adotado envidraçamento duplo, este valor reduziria, em praticamente, 50%.

PROPRIEDADES TÉRMICAS DE ALGUNS MATERIAIS			
MATERIAL	DENSIDADE (kg/m³)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/m^{°C})	CALOR ESPECÍFICO (kJ/kg^{°C})
MADEIRA	200	0,064	1,34
	400	0,11	1,34
	600	0,15	1,34
	800	0,19	1,34
ALUMÍNIO	2700	230,00	0,88
AÇO	7800	47,00	0,46
VIDRO	2600	1,20	0,84

Figura 63: propriedades térmicas de alguns materiais
(fonte: ICE, 1988b)

7.2.5 Isolamento acústico

O isolamento acústico é uma variável determinada pelo ambiente e entorno urbano onde está construída a edificação. Este isolamento depende das características do selante entre o marco e a alvenaria e do material de envidraçamento, das folgas entre as folhas, do tipo de vidro e material que constitui a esquadria (TRIKEM, 2000). As vibrações, que os sons induzem nos vidros e nos perfis das janelas, alteram sua intensidade e depois são transmitidos ao ambiente interno (ABCI, 1991). De acordo com a NBR 10821 (ABNT, 2000), a atenuação sonora de uma janela, é determinada pelas suas características e condições de uso. Para uma janela de dormitório, com burburinho urbano, por exemplo, esta norma recomenda o valor da classe de transmissão sonora (CTS) entre 10 e 20. Quanto maior o valor de CTS, maior a atenuação sonora e menor a quantidade de ruídos ou sons externos que adentrem ao ambiente. O quadro da figura 64 ilustra algumas tipologias de janela e seus respectivos isolamentos acústicos.

ISOLAMENTO SONORO DE ALGUNS TIPOS DE JANELAS		
TIPO DE JANELA		ISOLAMENTO SONORO (dB)
Qualquer janela aberta		5 a 10
Janela comum, qualquer vidro, sem borracha		15 a 20
Janela fixa	Vedada com borracha, vidro de 3 a 4 mm	23
	Vedada com borracha, vidro de 6 mm	27
	Vedada com borracha, vidro de 12 mm	31
Janela dupla, 4 + 200 + 4 mm, com abertura de ventilação parcial		27

Figura 64: isolamento sonoro de algumas janelas (baseado em ICE, 1988b)

A espessura do vidro não é a variável mais importante para determinar o isolamento acústico de uma esquadria. O isolamento sonoro aumenta de forma desigual em relação ao aumento da espessura do vidro, como pode ser constatado no quadro da figura 65.

Índice de isolamento acústico em função da espessura do vidro simples	
Espessura do vidro (mm)	Isolamento acústico (dB)
2,8	25
4	27
6	29
10	31

Figura 65: índice de isolamento acústico em função da espessura do vidro (baseado em TRIKEM, 2000)

As esquadrias do protótipo não apresentam acessórios ou elementos de vedação, entre as folhas e marcos, para atenuação sonora. Em função das folhas das janelas serem subdivididas em pinázios, há maior probabilidade de apresentar frestas e, conseqüentemente, prejudicar o isolamento sonoro.

7.3 EXIGÊNCIAS DE ESTANQUEIDADE

A estanqueidade das esquadrias é uma variável, que pode estar relacionada com as condições ambientais, características da edificação, dos sistemas construtivos e funcionais e com os elementos de vedação. A penetração de água ou ar ocorre, sobretudo, pela pressão do vento, fluindo através de frestas ou juntas mal vedadas (TRIKEM, 2000). Os pontos vulneráveis das esquadrias podem ocorrer nas juntas do marco da esquadria com o vão da alvenaria, nas juntas do marco com a folha móvel, entre o pano de vidro e as travessas e montantes da folha da janela e pelas frestas entre perfis do marco e o material de interface (ABCI, 1991). Para uma maior estanqueidade das esquadrias, com as interfaces, deve-se adotar ancoragens resistentes, para evitar movimentos produzidos por pressões de vento e aplicar um selador perimetral no contorno da abertura, que evite as infiltrações (ICE, 1988b).

7.3.1 Estanqueidade à água de chuva

A variável estanqueidade à água de chuva da esquadria está diretamente relacionada ao sistema de drenagem, aos elementos de vedação e materiais utilizados no envidraçamento. A estanqueidade à água é de fundamental importância para a saúde dos usuários e durabilidade não só da esquadria como da própria edificação. Evita-se que a umidade possa propiciar fissuras, desagregações, lixiviação, corrosão de metais das ferragens, apodrecimento de madeiras, desenvolvimento de fungos, etc. (IPT, 1998). Para minimizar os riscos de infiltração de água de chuva pode-se controlar os fluxos que se acumulam na superfície das fachadas, através do posicionamento recuado das janelas com relação à face das fachadas. Outros recursos construtivos podem ser previstos nos projetos, tais como beirais, pingadeiras, pequenas saliências, ressaltos, etc. (THOMAZ, 2001). Por isso, há importância do projetista obter informação sobre a precipitação combinada com direção e velocidade dos ventos, para

que especifique adequadamente as características das esquadrias, adequando-as às condições climáticas da região à qual se destinam (SATTLER, 1989).

De acordo com a norma NBR 10821 (ABNT, 2000), uma janela não deve apresentar vazamentos, que provoquem escoamento de água pelas paredes ou componentes, quando submetida à vazão mínima de água de 4 l/min x m² e à pressão de ensaio de 120 Pa para classe normal e 180 Pa para classe melhorada. Esta mesma norma determina os valores de pressão de ensaio de estanqueidade à água, para as diversas regiões do Brasil, a serem adotados pelas fábricas, conforme descreve o quadro da figura 66.

CONDIÇÃO DE ESTANQUEIDADE À ÁGUA		
Classe de utilização	Região do país	Pressão de ensaio de estanqueidade à água (Pa)
Residencial unifamiliar ou comercial simples – até 2 pavimentos – Normal	I	45
	II	60
	III	80
	IV	100
	V	125

Figura 66: pressão de ensaio de estanqueidade à água (baseado em ABNT, 2000)

As folhas das janelas do protótipo, por serem subdivididas com pinázios, têm maior probabilidade de apresentar frestas, em comparação com as folhas simples. Conforme descreve o quadro da figura 67, as janelas teriam, aproximadamente, 50% menos de juntas de envidraçamento.

Código da Janela	Comprimento dos baguetes <i>as built</i> (m)	Comprimento dos baguetes para folhas sem pinázios (m)
J1	13,52	7,26
J2	10,22	6,04
J3	13,52	7,26
J4	14,27	5,84
J5	2,67	1,80
J6	7,98	3,84
J7	7,04	3,84
TOTAL	69,22 m	35,88 m

Figura 67: comparação entre o comprimento dos baguetes das janelas do protótipo e as folhas sem pinázios

7.3.2 Estanqueidade ao ar e à poeira

A variável estanqueidade ao ar e à poeira está relacionada principalmente com os elementos de vedação, dimensões das juntas para funcionalidade das folhas e com os ventos dominantes. Não é recomendável se obter uma estanqueidade total ao ar, já que certa permeabilidade pode ser útil para a renovação do ar, diminuindo o risco de produção de condensação e colabora com a satisfação das exigências higiênicas e de habitabilidade do local. Entretanto a permeabilidade ao ar deve ser limitada, com a finalidade de não se ter perdas de calor excessivas e não produzir corrente de ar prejudiciais ao conforto interno (ICE, 1988b), pois o critério de avaliação da permeabilidade ao ar é mais importante em regiões de clima frio (TRIKEM, 2000). Um dos aspectos negativos da infiltração de ar é a penetração de pó, como pode ser detectado, em portas externas, janelas de abrir para dentro e venezianas, colocadas ao nível do piso, que permitem a entrada de poeira e detritos para o interior da habitação (MONTENEGRO, 1984).

De acordo com a norma NBR 10821 (ABNT, 2000), o limite de permeabilidade ao ar, é admitido considerando a velocidade do ar medido a uma distância de 2 cm da janela. Para edificação não climatizada, classe normal (residencial até 2 pavimentos) ou melhorada (residencial até 4 pavimentos) no Rio Grande do Sul, a velocidade do ar no interior dos recintos não deve ser superior a 0,5 m/s, quando submetida a uma pressão de 30 Pa.

Os ventos de inverno poderão afetar o conforto interno do protótipo, pois se constata, que as janelas J2 e J5, não apresentam elementos de vedação, como gaxetas de borracha, o que pode gerar deficiências de estanqueidade ao ar. Entretanto, segundo a ABCI (1991), as janelas com funcionalidade projetante-deslizante (maxim-ar) apresentam boa estanqueidade, pois a pressão do vento sobre a folha pressiona-a contra o marco. Por outro lado, a porta P2, que não possui elemento de vedação com gaxeta de borracha, junto ao batente do marco e entre a borda inferior da folha e o piso, também poderá gerar infiltração de ar. Nesse caso, como providências alternativas, coloca-se rodapé automático ou a varredura - peça flexível de borracha, presa na parte inferior da porta (CHING, 1999).

7.3.3 Estanqueidade a insetos

A estanqueidade a insetos é uma variável que está relacionada com o meio ambiente e com os complementos de proteção associados à funcionalidade da esquadria. Geralmente os insetos entram nas edificações, quando as folhas das esquadrias estão abertas para ventilar. A presença de insetos – moscas, baratas, cupins, mosquitos, etc. - nas edificações não se deve à existência de esquadrias, mas dos atrativos básicos para sua sobrevivência. O uso de telas, inseticidas e, especialmente, limpezas periódicas podem reduzir (sem extinguir) esses insetos (MONTENEGRO, 1984). As janelas do protótipo não possuem tela mosquiteiro e as portas externas, P1 e P2 não foram dotadas de varredura ou outro dispositivo entre a borda inferior da folha e o piso, que pudessem evitar a entrada de insetos. As esquadrias do protótipo não oferecem uma vedação eficiente no perímetro de interface, que poderá propiciar a entrada de insetos pelas juntas rebaixadas dos tijolos.

7.4 EXIGÊNCIAS DE ACESSIBILIDADE E ERGONOMIA

As variáveis ergonômicas e de acessibilidade universal para as esquadrias, estão associadas, principalmente, às suas dimensões das folhas, aos acessórios e ferragens, à facilidade de movimentação e ao posicionamento dos comandos. Estas variáveis não estão vinculadas somente ao usuário final, mas a todos os indivíduos envolvidos nos processos de produção, instalação, pintura, venda, etc. Mas, neste universo de usuários, constatam-se pessoas com mobilidade reduzida, em cadeira de rodas, deficientes sensoriais (visuais e auditivos) e com deficiências temporárias ou permanentes, tais como idosos, gestantes, obesos, além dos indivíduos excessivamente altos ou baixos (QUALHARINI; ANJOS, 1997). Para um projeto de esquadrias ser adequado a maioria dos usuários, será necessário atender às exigências da norma NBR 9050 (ABNT, 1994), sobre acessibilidade. Para os projetos de portas, esta norma e Qualharini e Anjos (1997) descrevem diversas situações que deverão ser observadas. São elas:

- a) a largura mínima do vão das portas deve ser de 80 cm;
- b) o esforço de abertura e fechamento de uma porta não deve exceder a 35,6 N;
- c) as portas devem permitir a abertura com um único movimento, utilizando, preferencialmente, comandos tipo alavanca;

- d) as portas de banheiros devem possuir uma barra horizontal, a fim de facilitar seu fechamento: deve ser colocado, na parte inferior da porta, um revestimento resistente a impactos ou arranhões (provocados por bengalas, muletas ou cadeiras de rodas). Esse revestimento deve ser aplicado em ambas as faces da folha, a partir da extremidade inferior da porta até a altura de 40 cm;
- e) a largura mínima do vão para portas pantográficas, quando abertas, deve ser de 90 cm;
- f) os trilhos ou guias inferiores de portas de correr não devem formar ressaltos acima do piso, para que não se tornem obstáculos ao deslocamento, resultando em tropeções de pessoas idosas e usuários de muletas, além de trepidações ao deslocamento de cadeiras de rodas;
- g) a diferença usual de nível de soleira nas portas também é uma barreira, sendo que, quando superior a 1,5 cm, torna-se um obstáculo, que pode conduzir a acidentes;
- h) nas portas-balcão em duas folhas de correr, com largura menor que 130 cm pode resultar em vão estreito, com largura útil igual a 60 cm. Nesse caso, haverá dificuldade de acesso dos usuários de cadeira de rodas.

De acordo com a norma NBR 9050 (ABNT, 1994), o nível dos olhos de um usuário de cadeira de rodas encontra-se, em média, a 1,15 m de altura. Por isso, deve-se posicionar os peitoris das janelas em nível inferior a esta altura, de forma a permitir uma melhor visualização do exterior. Por outro lado, o posicionamento dos comandos deve estar no máximo a 1,35 m do piso, para evitar que estes fiquem em posição superior à faixa de alcance manual de um usuário de cadeira de rodas.

A posição dos comandos das esquadrias do protótipo apresenta divergências em relação ao preconizado pela norma NBR 9050 (ABNT, 1994). O quadro da figura 68 descreve estas informações de forma comparativa, constatando-se que:

- a) todas as maçanetas das portas estão posicionadas aproximadamente 5 cm acima do prescrito pela norma;
- b) a posição dos comandos das janelas J2, J4, J5, J6 e J7, não atendem às prescrições da norma;
- c) as janelas J6 e J7 do clerestório da sala e dormitório 1 só poderão ser acessadas mediante a colocação de escada ou executando-se um mezanino;
- d) a altura máxima dos peitoris das janelas, segundo a norma, é atendido nas janelas J1, J3 e J4;

- e) o peitoril da janela J5 (1,71 m) gera dificuldade e desconforto para sua abertura e fechamento.

Dependência	Acessibilidade das janelas do protótipo			Acessibilidade das portas do protótipo	
	Código	Peitoril (m)	Posição do comando ao piso (m)	Código	Posição do Comando ao piso (m)
Sala Cozinha	J1	0,925	1,31	P1	1,055
	J2	1,18	1,57		
	J6	3,37	3,42	P2	1,055
Dormitório (1)	J3	0,925	1,31	P3	1,05
	J7	3,37	3,42		
Dormitório (2)	J4	0,925	1,50	P4	1,05
Sanitário	J5	1,71	1,76	P5	1,05
Previsto na NBR 9050	< 1,15 m	Entre 0,40 e 1,35 m	*	1,00 m	
Preferencialmente, segundo Qualharini e Anjos (1997)	Entre 0,80 e 1,00 m	Entre 0,40 e 1,20 m	*	Entre 0,80 e 0,90 m	

Figura 68: posicionamento dos comandos das esquadrias do protótipo

7.5 DESEMPENHO ESTÉTICO

A satisfação estética pode ocorrer, quando o homem reconhece, no entorno material, princípios que regem o seu próprio corpo e na relação do sistema horizontal-vertical. Estes princípios estão fundamentados no ritmo, no movimento e no ordenamento que se repetem de forma uniforme (LÖBACH, 2001). Este autor acrescenta que todo o processo de *design* é, tanto um processo criativo, como um processo de solução de problemas. Com isso, além da fabricação econômica e o emprego econômico de determinados materiais, as preferências estéticas dos usuários podem ser fatores imprescindíveis para a configuração dos produtos.

Para esquadrias, a variável estética pode estar associada a suas dimensões e proporções, a sua adequação ao conjunto arquitetônico e aos acabamentos superficiais, tanto nas questões de textura quanto de cor. A utilidade das cores não se restringe à aparência, mas adentra os conceitos físicos de controle térmico e visual. A pintura de cores claras nas superfícies aumenta a reflexão à radiação solar, reduzindo os ganhos de calor. No interior das edificações, cores claras refletem mais luz, podendo ser empregadas em conjunto com sistemas de iluminação natural ou artificial (LAMBERTS et al., 1997). De acordo com Löbach (2001), os

principais aspectos estéticos de um produto, descritos no quadro da figura 69, são: a ordem, a complexidade, a forma, a superfície e a cor.

VARIÁVEIS ESTÉTICAS DE UM PRODUTO	
TIPO	DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO
Ordem	Determinada pelo número de elementos de configuração e pela quantidade de características de ordenação. Quanto menor o esforço perceptivo, tanto maior o grau de ordem, mas também a impressão de monotonia. Ordem elevada significa uma oferta de percepção com baixo conteúdo de informação, isto é, tem um baixo valor na captação da atenção e são compreendidos rapidamente, com pouco esforço perceptivo. O princípio de ordenação ocorre no quadro horizontal-vertical, na simetria, na imagem refletida e na uniformidade. A simetria de um produto pode ser horizontal ou vertical, mas os produtos simétricos horizontalmente são preferidos aos simétricos verticalmente.
Complexidade	Determinada pelo número de elementos de configuração e pela quantidade de características de ordenamento. Alta complexidade significa um produto com grande conteúdo de informação. Por exemplo: os desvios da relação horizontal-vertical (diagonais, formas livres) aumentam a complexidade do produto, transformando a figura estática em dinâmica e em desequilíbrio. Os contrastes são adequados para elevar a complexidade de um produto. Esses podem ser produzidos mediante o emprego simultâneo de formas grandes e pequenas, superfícies lisas e rugosas, cores ativas e passivas, etc.
Forma	A forma pode ser espacial (forma tridimensional de um produto) ou plana (obtida pela projeção de um produto sobre um plano sendo determinada pelo seu contorno).
Superfície	A natureza da superfície depende da escolha dos materiais. Pode ser brilhante, fosca, polida ou rugosa e pode produzir sensações de limpeza, calor, frio, etc. Por exemplo, os produtos industriais com superfície polidas, reluzentes e sem falhas, lhes sugere ordem, limpeza e perfeição das suas características de uso.
Cor	Elemento essencial de um produto, sendo empregada para criar contrastes e indicada para atingir a psique do usuário do produto.

Figura 69: variáveis estéticas de um produto (baseado em LÖBACH, 2001)

As esquadrias do protótipo se apresentam com coloração variável, incluindo tons amarelados, avermelhados, castanho claro e tons de marrom, através da matéria-prima, e superfície fosca. As portas P1 e P2 apresentam abundância de informação, pela variedade e quantidade de almofadas e as portas internas P3, P4 e P5 apresentam complexidade pelos elementos em diagonal. Apesar das portas P3 e P4, dos dormitórios, apresentarem sentidos opostos de abertura (direita e esquerda), os lambris centrais, em diagonal, foram dispostos no mesmo sentido, constatando-se uma homogeneidade aparente. Por outro lado, todas as janelas do protótipo apresentam alta complexidade em função do elevado número de componentes, tais como pinázios, vidros, grades e folhas. Entretanto, a simetria das janelas resulta em maior ordenação horizontal-vertical e, conseqüentemente, menor esforço perceptivo.

7.6 DESEMPENHO ECONÔMICO (MANUTENÇÃO)

As variáveis econômicas para manutenção das esquadrias estão associadas ao custo de limpeza e reposição de peças. Para as janelas, o custo de limpeza interna e externa pode estar relacionado ao tempo necessário para a manutenção, à quantidade e dimensão dos panos de vidro e à posição da janela na parede. Por outro lado, quanto menor a quantidade de componentes e ferragens, mais econômica será a manutenção e a reposição de peças. As esquadrias com sistemas funcionais muito complexos podem exigir mão-de-obra especializada, para sua manutenção preventiva, o que pode ocasionar custos elevados para manutenção corretiva.

Tanto as portas como as janelas do protótipo são dotadas de ferragens simples, o que pode amenizar o custo de manutenção, para reposição de peças. Porém, pelo elevado número de componentes e vidros das janelas, o custo de manutenção, para conservação e limpeza, poderá ser maior em comparação com janelas com menos folhas e quadros sem pinázios.

7.7 EXIGÊNCIAS DE INTERESSE ECOLÓGICO

As variáveis de interesse ecológico estão vinculadas à matéria-prima e materiais menos impactantes. Ampliando esta ótica, o projeto das esquadrias, pode ter com diretriz, a busca de soluções técnicas e funcionais mais sustentáveis, visando economia de energia elétrica, transporte, mão-de-obra local, etc.

As esquadrias em madeira do protótipo podem ser consideradas como produtos elaborados com matéria-prima sustentável, pois o eucalipto é oriundo de reflorestamento. O tipo de secagem natural da madeira gerou economia de energia elétrica. Assim como a inexistência de preservativos químicos e tratamento superficial de proteção, com produtos menos impactantes, agregaram valor ecológico a estas esquadrias. A fábrica que confeccionou as esquadrias está situada a menos de 100 km, da obra, e utilizou mão-de-obra local, o que complementa a caracterização social de sustentabilidade.

8 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS TÉCNICAS DAS ESQUADRIAS

As principais variáveis técnicas, diretamente relacionadas com a qualidade de uma esquadria, estão descritas no quadro da figura 70.

CONTEÚDO DE ORDEM	VARIÁVEIS TÉCNICAS		DESCRIÇÃO
TÉCNICA	LEGISLAÇÃO Regras de dimensionamento		Código de obra
			Normas técnicas
	PROCESSO DE PROJETO		Projetista / <i>designer</i>
			Procedimentos de projeto
			Representação gráfica / descritiva / protótipo
	PROCESSO DE FABRICAÇÃO		Padronizado / sob medida
			Máquinas / ferramentas
			Controle de qualidade
			Mão-de-obra
			Custo
	PROCESSO DE INSTALAÇÃO	INTERFACE	Esquadria x laterais
			Esquadria x peitoril
			Esquadria x verga
		POSIÇÃO NA PAREDE	Com ou sem gola
			Face interna / centralizada / igual espessura parede
		FORMAS DE FIXAÇÃO	Taco de madeira com parafuso
			Contramarco com parafuso
Bucha e parafuso			
Poliuretano expansível			
ARREMATE		Acabamentos internos e externos / limpeza	

Figura 70: variáveis técnicas que intervêm na escolha de uma esquadria

8.1 LEGISLAÇÃO

Os instrumentos legais, que incidem sobre o projeto das edificações especificam dimensões e requisitos mínimos, como parâmetros de segurança e habitabilidade (SILVA, 1982). Estes instrumentos, através de códigos de edificações e normas técnicas, solidificam a qualificação das edificações, pois disciplinam regras gerais e específicas a serem obedecidas nos projetos, nas construções, na utilização e manutenção das edificações (YAZIGI, 1997).

8.1.1 Código de edificações

Algumas exigências legais da legislação municipal (PORTO ALEGRE, 1999), sobre janelas e portas, podem ser verificadas no quadro da figura 71.

Esquadria	Descrição das exigências
Janelas	Permitir a renovação do ar, em pelo menos 50% da área mínima exigida.
	Ter área para ventilação, superior a 0,40 m ² , em qualquer compartimento.
	Ter área total das janelas dos compartimentos principais superior à fração de 1/6 da área do piso para iluminação e, conseqüentemente, de 1/12 para ventilação.
	Ter as vergas das janelas posicionadas acima de 2,20 m do piso.
	Ter entradas de ar localizadas, no máximo, a 0,30 m do piso, em compartimentos que tiverem janelas com peitoril superior a 3,00 m.
	Ter proteção térmica e luminosa externa, como venezianas, persianas ou similares nas janelas de dormitório.
Portas	Porta de entrada deve ter largura mínima de 90 cm.
	Porta de dormitórios deve ter largura mínima de 80 cm.
	Porta de sanitário deve ter largura mínima de 60 cm.
	Qualquer porta deve Ter altura mínima de 2,00 m.

Figura 71: exigências da legislação para projeto de janelas e portas residenciais (baseado em PORTO ALEGRE, 1999)

Uma avaliação legal das portas do protótipo está descrita no quadro da figura 72, que sintetiza algumas exigências da legislação municipal e norma sobre acessibilidade, comparando com os dados obtidos, constatando-se que somente a porta P1 não atende às exigências da legislação que determina para porta principal, largura mínima de 90 cm. Na porta P3, faltou 1 cm na largura do vão (79 cm), para atender a legislação e na porta P5 o vão livre atende à legislação municipal, porém apresenta-se 2 cm menor com relação ao estabelecido na norma.

Dependência	Portas do protótipo			Previsto no Código de Edificações LC nº 284		NBR 9050 (ABNT, 1994) Requisitos mín.
	Código	Dimensões (vão entre marcos)		Dimensões (vão entre marcos)		
		Largura (m)	Altura (m)	Largura (m)	Altura (m)	
Sala	P1	0,81	2,07	0,90	2,00	0,80
Cozinha	P2	0,86	2,07	0,80	2,00	0,80
Dormitório 1	P3	0,79	2,07	0,80	2,00	0,80
Dormitório 2	P4	0,81	2,07	0,80	2,00	0,80
Sanitário	P5	0,78	2,07	0,60	2,00	0,80

Figura 72: exigências legais em comparação com as portas do protótipo

8.1.2 Normas técnicas

As exigências das normas técnicas sobre esquadrias dão suporte a diversas necessidades de projetistas e fabricantes. Os parâmetros, definidos pela norma NBR 10821 (ABNT, 2000), por exemplo, garantem que as funções básicas de resistência mecânica, durabilidade, estanqueidade à água, controle de luz e ventilação de uma janela, sejam obtidas independente da matéria-prima. A norma técnica NBR 9050 (ABNT, 1994) determina parâmetros que devem ser utilizados nos projetos de portas e janelas para atender a acessibilidade de usuários portadores de deficiências. Porém, ainda não existem normas para todas as variáveis que intervêm num projeto de esquadria, como, por exemplo, normas sobre vedação e acessórios.

As esquadrias do protótipo atendem parcialmente às exigências das normas técnicas brasileiras e da legislação municipal de Porto Alegre, provavelmente pela inexistência de um projeto específico e detalhado das esquadrias, em função do contato com o fabricante ocorrer após a colocação do telhado, isto é, os vãos já estavam definidos e pela deficiência na troca de informações cliente-fabricante ou vice-versa.

8.2 PROCESSO DE PROJETO

Projeto pode ser considerado uma atividade que produz uma descrição de algo que ainda não existe, porém capaz de viabilizar a construção desse artefato em criação. Porém, a maioria dos projetos não tem conteúdo inovador, são pequenas melhorias, que vão se agregando aos produtos (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001). Segundo os mesmos autores, as atividades de projetar são realizadas exigindo do profissional, além da especialidade, conhecimentos sobre ergonomia, forma geométrica, materiais, custos, processo produtivo, simulação, dimensionamento e testes. Exigem também, uma visão mais abrangente, incorporando fatores como o ciclo de vida, manutenção, confiança e qualidade do produto.

Um projeto de esquadrias residenciais em madeira pode ocorrer em duas situações distintas. Na primeira situação (objeto desta pesquisa), o projeto de esquadrias pode ser considerado externo à fábrica, pois está relacionada com as informações do projetista da edificação ao fabricante. Este projeto pode ser constituído de desenhos (representação gráfica) e informações escritas (memoriais descritivos). A segunda situação está relacionada com as informações do setor de projetos da fábrica destinado à produção. O projeto para produção

pode ser constituído de desenhos individualizados dos perfis e dos conjuntos (quadro, marco, alizar) separadamente. Este tipo de projeto geralmente é utilizado quando se pretende produzir esquadrias padronizadas e em série. Para que ocorra uma padronização no processo de produção, o setor de projetos das fábricas observa alguns requisitos, descritos no quadro da figura 73.

REQUISITOS PARA ELABORAÇÃO DE PRODUTO		
POSSIBILITAR	FACILITAR	CONSIDERAR
Fabricação em série	Intercâmbio de elementos	Possibilidades de armazenagem
Fabricação simples	Transporte e despacho	Custos dos materiais
Montagem fácil	Capacidade de manobra	Custos de fabricação
Colocação de acessórios		Condições de higiene
Redução dos ruídos de regulagem		Cores adequadas
Simplicidade de limpeza		Funções mais evidentes
Construção estável		Acessórios que estorvem
Diminuição do peso total		Segurança de funcionamento

Figura 73: requisitos para elaboração de produto (baseado em LÖBACH, 2001)

Difícilmente os profissionais das edificações elaboram projetos de esquadrias com todas as informações necessárias para a produção ⁶⁰. As principais deficiências de informação estão relacionadas às características do projeto arquitetônico (orientação solar, beirais, dependências), aos detalhes da obra (dimensionamento de vãos em osso cotados, se terá contramarco, características dos materiais de interface e sistemas de fixação) e as características das esquadrias (dimensionamento, funcionamento, quantidade, largura e espessura dos perfis, se terá tela, grade, etc.) ⁶¹. Os principais erros de informação dos projetos podem estar relacionados com as características da esquadria (dimensionamento de peças; tipo de madeira inadequado, para o local de instalação; folhas com dimensões muito acima do ideal, etc.), e com a obra (vãos com dimensões acima do ideal; vãos estreitos; definição tardia sobre o uso de persiana; pouca espessura de alvenaria; falta de gola; espessura do contrapiso insuficiente para a soleira; pouca diferença de nível entre o piso interno e o piso externo nas sacadas; caimento errado no piso das sacadas; etc.) ⁶².

⁶⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PANDEIRO (figura 1).

⁶¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissionais de cognome OBOÉ, HARPA e PIANO (figura 1).

⁶² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissionais de cognome OBOÉ, HARPA e PIANO (figura 1).

Estes erros muitas vezes ocorrem pela falta de projeto específico para obra e para fabricação, pois, como por exemplo: para uma porta o arquiteto dimensiona o vão luz 80 x 210 cm; o fabricante lê 86 x 213 cm; e o mestre-de-obras executa 90 x 215 cm ⁶³. Muitas dessas deficiências poderiam ser sanadas se o profissional executasse consultas com os fabricantes, antes de concluir o projeto, podendo assim, reduzir o custo final para o cliente.

De acordo com o responsável pelo protótipo foi elaborada a representação gráfica somente do dimensionamento dos vãos, entretanto não foi elaborado um projeto de detalhamento das esquadrias, embora existissem memoriais descritivos de outros projetos semelhantes (Projeto Alvorada e Projeto Nova Hartz) ⁶⁴. O projeto de produção das esquadrias do protótipo e seus perfis seguiram os padrões específicos da fábrica, atendendo às requisições do contratante, tais como a matéria-prima com isenção de preservativos, as funcionalidades e a instalação de grades internas ⁶⁵.

8.2.1 Dimensionamento

O dimensionamento das esquadrias é uma variável do projeto que deve atender exigências legais, construtivas e de produção. No que se refere às exigências legais, o projeto deve atender ao código de edificações, principalmente, relacionadas à iluminação e ventilação. Cabe salientar que, a porcentagem real de iluminação e ventilação se reduz significativamente para esquadrias menores, uma vez que o somatório entre juntas e espessuras dos perfis é praticamente constante (LUCINI, 2001).

De acordo com Della Noce et al. (1998), as esquadrias em madeira têm consumido um grande volume de madeira, devido ao exagero no dimensionamento das peças, à falta de padronização dimensional na oferta de madeira bruta e ao baixo rendimento que estas apresentam no seu processamento. Porém, qualquer redução na dimensão tradicional dos perfis, deve ser precedida de cálculo e ensaios.

⁶³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

⁶⁴ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome BANJO (figura 1).

⁶⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

Para se minimizar o desperdício de matéria-prima e atender às exigências construtivas, o dimensionamento dos perfis pode ser definido através de cálculos, levando-se em conta a pressão do vento, o peso do vidro e o peso da folha sobre o batente (ICE, 1988b).

As espessuras dos perfis utilizados na produção de esquadrias são de 33 mm, visto que a bitola comercial das pranchas de madeira bruta é de 40 mm ⁶⁶. Entretanto, em casos especiais, como o uso do fecho retrátil, emprega-se perfil com 43 mm de espessura. A espessura do perfil deve ser maior que 42 mm para vidro duplo, 35 mm para o quadro de veneziana, 15 mm para a tala de persiana e 35 mm para couceiras e travessas de porta. A largura máxima adotada, nos perfis das folhas das janelas, é de 10 cm, adotando-se usualmente 7 cm. Nas couceiras das portas a largura varia de 11 a 15 cm ⁶⁷. A norma NBR 8542 (ABNT, 1986) indica as dimensões nominais do marco das portas, em madeira, sendo determinado 35 mm de espessura e 13 x 37 mm para os rebaixos (batentes). Entretanto, as tolerâncias dimensionais admissíveis para folhas de porta variam de acordo com as dimensões e desvios de forma, conforme quadro da figura 74.

Dimensões e desvios		Tolerâncias máximas (mm)
Dimensões médias	Altura	+3,0; - 3,0
	Largura	+2,0 ; - 2,0
	Espessura	+ 0,5 ; -1,5
Desvios de forma	Esquadro	0,8
	Curvatura borda vertical	2,0
	Curvatura borda horizontal	1,0
	Empeno	2,5
	Encanoamento	1,5
	Abaulamento	3,0
	Torção do vértice	2,0
Irregularidades de superfície		0,4

Figura 74: tolerâncias dimensionais e desvios de forma admitidos para folhas de porta (baseado em ABNT, 1986)

A dimensão das juntas entre folhas e marcos pode variar de acordo com o fabricante da esquadria, os métodos de instalação e as características do produto (LUCINI, 2001).

⁶⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PANDEIRO (figura 1).

⁶⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

Os fabricantes de esquadrias recomendam folga de 3 a 4 mm entre perfis. Entretanto, esta folga depende da época e das condições de umidade relativa do ar. Nas esquadrias do protótipo, a folga entre folhas e marco, adotados pela fábrica, variou de 3 a 4 mm

Apesar do projeto arquitetônico do protótipo prever todas as portas com vão luz de 80 cm, constatou-se que as larguras das folhas das portas apresentaram dimensões diferentes, em função das larguras variadas dos vãos. As larguras dos marcos das portas apresentam dimensões iguais, exceto o marco da porta (P5) que é mais largo, em função do revestimento interno de azulejo do sanitário. A padronização dimensional das janelas pode ser verificada nos vãos adotados para as janelas J1, J3 e J4 e entre as janelas J6 e J7.

8.2.2 Representação gráfica

Uma das linguagens utilizadas para representar os aspectos particulares do projeto das esquadrias é a gráfica, isto é, os esboços, desenhos em perspectiva e desenhos técnicos (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001). Segundo Borges (2001), as representações gráficas são baseadas no conceito de projetividade, que pressupõe a existência de três elementos: o centro de projeção, que representa a posição ou o ponto de vista do observador, o objeto a ser representado e um plano, onde se realiza a projeção.

A representação gráfica é uma variável do projeto de esquadrias em madeira, que pode trazer informações necessárias à compreensão dos elementos da esquadria. Deveria conter vista interna, vista externa, planta baixa, cortes e detalhes especiais. O sentido de movimento poderá ser demonstrado através de linha contínua, se a esquadria estiver desenhada na vista interna, e em linha tracejada, se a esquadria estiver desenhada na vista externa (ICE, 1988a). Os desenhos deveriam ser elaborados com detalhamento das dimensões dos vãos, apresentadas com o restante do projeto, visando à facilidade de utilização pelos fabricantes (LUCINI, 2001). Entretanto, os desenhos não devem conter referência de produtos, tais como marcas, códigos de fabricação e outras informações particulares. Estas informações poderão estar descritas nos memoriais. Este procedimento facilita às alterações, evita o retrabalho de conferência e correção de todos os desenhos e evita gastos com cópia dos desenhos, que são geralmente mais onerosos.

Uma forma de representação gráfica de um projeto de esquadrias poderia ser através de uma planilha. Segundo Santiago (1996), esta planilha poderia auxiliar o construtor e o fabricante, contendo informações, tais como: numeração (código) da esquadria; quantidade de cada tipo de esquadria; local onde a esquadria será colocada; características funcionais da esquadria; características dos materiais de interface com a esquadria (pingadeira, soleira); características do vidro ou material transparente; características do marco e guarnições; características do caixilho; tipo da madeira; características das ferragens com referências; acabamento da esquadria; desenho da esquadria.

Como complementação dessa planilha poderiam ser fornecidos, ao fabricante das esquadrias, alguns documentos, que podem auxiliar na compreensão das características da edificação. Podem ser: planta baixa; cortes; fachadas; perspectivas; fotografias; etc. A planta baixa da edificação pode ser esquemática e em escala reduzida (1:100; 1:150; 1:200), desde que as informações sejam legíveis. Mas é importante indicar o código de localização das esquadrias (por exemplo, P1, P2, J1, J2, etc.); orientação solar (norte); projeção do beiral; descrição das dependências; área das dependências; esquadrias em projeção (quando houver esquadrias acima do nível de corte da planta baixa); e demais informações que sejam necessárias à produção e instalação.

8.2.3 Memorial descritivo

Outra linguagem utilizada para representar os aspectos particulares do projeto das esquadrias é a semântica, isto é, a descrição verbal ou textual do objeto (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001). Esta variável do projeto pode ser representada através de planilhas de memoriais descritivos, contendo informações sucintas e objetivas. Deve permitir a especificação dos materiais, com suas características consideradas importantes, para a produção e instalação das esquadrias.

Complementando a representação gráfica, o memorial descritivo, descreve, além das características da esquadria, informações sobre as características técnicas da edificação, onde será fixada a esquadria, as dimensões dos vãos existentes na obra sem os acabamentos, materiais internos e externos de interface, tais como pingadeira, revestimentos e vergas, o tipo de acabamento superficial previsto para a esquadria. A importância da informação escrita no projeto é tão primordial quanto o projeto gráfico (SCARDOELLI et al., 1994). A fábrica, que

confeccionou as esquadrias do protótipo, não solicitou nem recebeu qualquer documento escrito, que descrevesse as características da obra e das esquadrias.

8.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

As principais variáveis do processo de fabricação das esquadrias estão relacionadas ao processo de produção, incluindo máquinas, mão-de-obra e tempo para produção de cada tipo de esquadria, ao controle de qualidade, às perdas de material e ao custo de produção. Após a retirada do depósito de armazenagem, a prancha de madeira, bruta e seca, segue o processo de produção artesanal e pode ser dividido em quatro etapas básicas⁶⁸. São elas:

- a) máquinas I (corte, desempenho e aplainamento), resultando em madeira aparelhada;
- b) máquinas II (rebaixos, espigas, furos, rasgos), resultando em perfis lixados e prontos;
- c) pré-montagem (colagem, prensa), resulta em componentes prontos;
- d) montagem (execução dos marcos, colocação das ferragens, montagem geral), resulta na esquadria pronta.

Após a montagem, a esquadria é testada e recebe o travamento dos marcos e folhas, para a armazenagem e transporte. O processo de produção artesanal, adotado pela fábrica que confeccionou as esquadrias do protótipo, teve as seguintes etapas: desdobro em pranchas; secagem da madeira; pré-corte; corte final; desempenamento; aplainamento; fresamento; furação; lixamento; pré-montagem; colocação de ferragens; montagem; travamento; e inspeção⁶⁹.

Independente dos modelos ou características funcionais das esquadrias em madeira, para sua produção são empregados, no mínimo, 11 máquinas diferentes⁷⁰.

⁶⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

⁶⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

⁷⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

Porém, o tempo de produção, varia conforme as características de cada esquadria. Para as esquadrias do protótipo, o tempo de produção não foi quantificado, porém, a estimativa de tempo pode ser determinada em função da área de esquadria por homem, variando de 2,5 a 3,5 m²/h, para um dia de trabalho ⁷¹.

8.3.1 Custo de produção

De acordo com Della Noce et al. (1998), as etapas de produção das esquadrias em madeira representam 50% do custo total; a matéria-prima representa 29%; e as ferragens, os acessórios e outros custos representam 21%. Mas este percentual varia conforme o tipo, dimensões e desenho da esquadria. Por exemplo, o acréscimo no custo de produção de esquadria, com folha subdividida com pinázios (quadriculado), pode atingir de 10 a 25 %, em comparação com as de folhas simples (somente o quadro) ⁷².

A fábrica efetuou o orçamento de 10 esquadrias e após a execução destas, confeccionou mais duas, totalizando 5 portas e 7 janelas. O orçamento, após visita ao local da obra, incluiu ferragens e instalação, conforme os padrões da fábrica ⁷³. O quadro da figura 75 descreve o preço de cada esquadria, porém são constatadas algumas divergências e questões relativas ao preço, tais como:

- a) ocorreu diferença de preço entre as janelas J1 e J3 (idênticas), porém contratadas separadamente;
- b) o preço menor da janela J4 em comparação com a janela J1, embora a primeira apresente maior quantidade de matéria-prima e ferragens;
- c) o preço total das 7 janelas (1,697 CUB/RS), correspondeu a 61% do preço total das esquadrias, enquanto que o preço das 5 portas correspondeu a 39%;
- d) o preço total das esquadrias (2,77 CUB/RS), apresentou-se 20% menor que o orçamento elaborado no Projeto Alvorada (3,46 CUB/RS) (SATTLER et al., 1999).

⁷¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

⁷² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PANDEIRO (figura 1).

⁷³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

Dependência	Preço das janelas do protótipo			Preço das portas do protótipo		
	Código	R\$	CUB/RS (jan.)	Código	R\$	CUB/RS (jan.)
Sala Cozinha	J1	203,83	0,3116	P1	156,55	0,2393
	J2	159,60	0,2440			
	J6	100,28	0,1533	P2	122,60	0,1874
Dormitório (1)	J3	248,83	0,3804	P3	142,26	0,2175
	J7	144,54	0,2210			
Dormitório (2)	J4	180,83	0,2764	P4	142,26	0,2175
Sanitário	J5	72,57	0,1109	P5	142,26	0,2175
TOTAL		R\$ 1.110,48	1,697 CUB/RS	TOTAL	R\$ 705,93	1,079 CUB/RS
TOTAL GERAL: R\$ 1.816,41 = ~ 2,77 CUB/RS						

Figura 75: relação de preços das esquadrias do protótipo ⁷⁴

8.3.2 Controle de qualidade

O controle da qualidade nas fábricas de esquadrias é uma variável, do processo de produção, que deve ocorrer sistematicamente (ABCI, 1991). Os tipos de controle de qualidade adotados na produção das esquadrias e após a instalação, são visual e de funcionamento ⁷⁵. O primeiro controle ocorre na chegada da madeira, onde são separadas as peças brutas em largura, comprimento, espessura e tonalidade, para permanecerem em estoque, durante 6 meses. Outro controle ocorre quando a madeira bruta vai para a plaina moldureira, que é onde se consegue ver as quatro faces da peça. Em cada etapa no processo de produção existe um controle de qualidade ⁷⁶. Entretanto, o controle de qualidade depende da qualificação da mão-de-obra, pois a falha humana pode acontecer em qualquer etapa do processo. A mão-de-obra que trabalha com esquadrias artesanais em madeira necessita, no mínimo, 8 anos de experiência, para minimizar erros de produção e possibilidades de acidente ⁷⁷.

⁷⁴ Dados: obtidos através da nota fiscal; 1,00 CUB/RS jan. 2003 = R\$ 654,01 (fonte: Jornal do CREA-RS Ano XXIX nº 5 set. 2003).

⁷⁵ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

⁷⁶ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome HARPA (figura 1).

⁷⁷ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

O controle de qualidade adotado na produção das esquadrias do protótipo foi visual, com medição através de trena. A qualificação da mão-de-obra pode ser considerada uma das únicas deficiências na produção de esquadrias em madeira ⁷⁸.

8.3.3 Resíduos

As perdas com resíduos, na produção das esquadrias em madeira, variam de 40 a 50%, o que praticamente duplica o custo da matéria-prima adquirida em pranchas brutas ⁷⁹. A geração de resíduos de material ocorre no corte e aplainamento das pranchas. A serragem é vendida para as olarias ou doada para produtores de aves. Entretanto, os retalhos curtos, finos ou estreitos podem ser aproveitados como baguete, palheta de veneziana ou miolo para porta semioca ⁸⁰.

8.3.4 Transporte e armazenagem

Para o transporte das esquadrias em madeira, as folhas devem ser travadas e os fechos protegidos. Devem ser estocadas na vertical, sobre piso nivelado, em ambientes protegidos das intempéries, sem proximidade de fontes de calor ou de outros materiais de construção, que possam prejudicar o acabamento final da madeira, tais como óleos, cimento, cal, tintas e outros materiais comumente encontrados nas obras (ABCI, 1991). Ohnuma et al. (1998) acrescentam ainda, que as janelas não devem permanecer por muito tempo nas obras e que seja aplicada uma demão de verniz fosco (dependendo da espécie da madeira), para proteger a madeira e, para uma maior proteção e durabilidade das esquadrias, estas devem estar embaladas.

As esquadrias do protótipo foram transportadas por aproximadamente 80 km e instaladas no mesmo dia ⁸¹, não permanecendo estocadas na obra.

⁷⁸ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

⁷⁹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome FLAUTA (figura 1).

⁸⁰ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2002, com profissional de cognome PIANO (figura 1).

⁸¹ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

8.3.5 Embalagem contendo etiquetas e manuais

As principais características de uma embalagem, segundo Acar Filho (1997), são a de proteger adequadamente o produto, ser econômicas e não agredir o meio ambiente, quando de seu descarte. As embalagens devem seguir as normas construtivas do país ou do mercado a que se destinam, nos aspectos relativos à segurança, manuseio e empilhamento (MORAES, 1999). De acordo com a norma NBR 10821 (ABNT, 2000), cabe ao fabricante de esquadrias informar, através de catálogos ou etiquetas (fixadas no caixilho), o número da Norma, a pressão máxima de carga de vento que o caixilho resiste e as classes de utilização de estanqueidade à água e ao ar. Ohnuma et al. (1998) acrescentam que as etiquetas podem conter informações sobre o tipo, modelo, acabamento, medidas, data de fabricação e altura (em pavimentos) máxima de instalação no prédio.

Por outro lado, as garantias e manuais de uso e manutenção das esquadrias devem estar disponíveis aos usuários, estabelecendo critérios para inspeção dos materiais. Esses documentos complementares devem ser desenvolvidos com base nas normas técnicas, na bibliografia pertinente ao assunto e na experiência dos fabricantes (SOUZA; MEKBEKIAN, 1996). A fábrica das esquadrias do protótipo não forneceu manuais de uso e manutenção, porém a garantia de funcionalidade e instalação é de 5 anos⁸².

O procedimento de contratação da produção das esquadrias do protótipo ocorreu durante a execução da obra, buscando-se no mercado, fabricantes de esquadrias que utilizassem, como matéria-prima, madeira de eucalipto. Contatou-se apenas uma fábrica para que fosse feito o orçamento das esquadrias, de acordo com seus padrões de produção, considerando: a utilização de madeira sem tratamento com preservativos, a funcionalidade das portas, conforme planta baixa e maxim-ar para as janelas, com a colocação de grade interna⁸³.

Pode ser acrescentado à etapa final de um projeto para produção, a representação física, através da execução de protótipos. Esse protótipo auxilia na verificação de todos os componentes, antes da execução em grande escala, porém este procedimento se torna inviável para produção em pequena escala, como pode ser o caso das esquadrias do protótipo.

⁸² Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome CLARINETA (figura 1).

⁸³ Informação oral obtida em entrevista realizada em 2003, com profissional de cognome BANJO (figura 1).

8.4 PROCESSO DE INSTALAÇÃO

Os procedimentos corretos de instalação de esquadrias são fundamentais para se atingir o bom funcionamento destes componentes, com nível de desempenho adequado (ABCI, 1991). De acordo com Iizuka e Hachich (2002), os processos de instalação das esquadrias continuam vinculados aos métodos construtivos tradicionais, mas a técnica correta de instalação das esquadrias exige: o correto posicionamento e alinhamento da esquadria; a garantia dimensional do vão na alvenaria para a instalação da esquadria; a qualidade da fixação e vedação na interface da esquadria e alvenaria; e a preservação funcional e estética da esquadria, no decorrer da obra. Os principais métodos de instalação das esquadrias em madeira, identificados nos canteiros de obra, estão descritos no quadro da figura 76.

SISTEMA DE FIXAÇÃO	DESCRIÇÃO
Com parafusos e buchas	Parafusos que são fixados na alvenaria através das ombreiras, peitoril e verga dos marcos, e posteriormente, o vão entre de interface recebe um enchimento de argamassa com traço 1:3 (OHNUMA et al., 1998). Os mesmos autores recomendam a adoção de folgas de 2 cm em todo o vão.
Com pregos	Pregos que são fixados nas faces externas dos marcos, deixando-se um vão com folgas maiores (se comparado com o sistema de fixação com parafusos), e posteriormente preenchidas com argamassa (1:3) e algumas vezes com tijolos (OHNUMA et al., 1998).
Com tacos e parafusos	Consiste basicamente em embutir um taco de madeira na alvenaria, o qual receberá os parafusos, que fixarão os marcos (OHNUMA et al., 1998).
Com parafusos, buchas e poliuretano expandido	Os parafusos fazem a ancoragem estrutural e transmitem os esforços da esquadria para a alvenaria, impedindo que ela tombe para o lado interno do ambiente e mantendo o posicionamento da esquadria até o momento da aplicação da espuma de poliuretano expansível. Os parafusos não devem ser completamente apertados, para que se permita o ajuste natural do prumo, quando da aplicação da espuma (IIZUKA; HACHICH, 2002).
Com parafusos em contramarco	Consiste na colocação de quadro em madeira, no vão destinado à instalação da esquadria, antes de executar os revestimentos, propiciando vantagens tais como: delimitar o vão e garantir medidas; definir melhor o plano da parede; melhorar o andamento da obra; preservar a esquadria; evitar o empenamento do marco pela umidade da argamassa de enchimento. Nenhuma desvantagem, exceto o custo (SHEID, 2001).

Figura 76: métodos de instalação de esquadrias em madeira (baseado em vários autores)

A quantidade necessária de pontos de fixação ou de ancoragem, de uma esquadria nos elementos de interface, depende das características dimensionais e funcionais da esquadria, e das características dos materiais dos marcos, interface e ancoragem. A distância máxima entre pontos de fixação, com parafuso, deve ser inferior a 80 cm, iniciando a 20 cm dos cantos da

esquadria (ICE, 1988b). No quadro da figura 77 é especificado a quantidade e o posicionamento dos pontos de ancoragem, de acordo com as dimensões das esquadrias.

ALTURA DA ESQUADRIA	LARGURA DA ESQUADRIA			
	0,5 a 0,79 m	0,80 a 1,09 m	1,10 a 1,29 m	1,30 a 2,00 m
1,00 a 1,29 m	4 pontos de ancoragem (0 sup. + 0 inf. + 2 lado esq. + 2 lado dir.)	6 pontos de ancoragem (1 sup.+ 1 inf. + 2 lado esq. +2 lado dir.)	8 pontos de ancoragem (2 sup. + 2 inf.+2 lado esq. + 2 lado dir.)	10 pontos de ancoragem (3 sup. + 3 inf. + 2 lado esq. + 2 lado dir.)
1,30 a 2,09 m	6 pontos de ancoragem (0 sup. + 0 inf. + 3 lado esq. + 3 lado dir.)	8 pontos de ancoragem (1 sup. + 1 inf. + 3 lado esq. + 3 lado dir.)	10 pontos de ancoragem (2 sup. + 2 inf. + 3 lado esq. + 3 lado dir.)	12 pontos de ancoragem (3 sup. + 3 inf. + 3 lado esq. + 3 lado dir.)

Figura 77: determinação da quantidade de pontos de ancoragem para as esquadrias (baseado em ICE, 1988b)

No projeto arquitetônico, incluir as golas de alvenaria, como interface das esquadrias, melhora o acabamento e pode evitar ajustes dos alizares laterais. A inexistência de gola nas portas P1, P2 e P4 do protótipo, propiciou o recorte longitudinal nos alizares laterais. Os vãos destinados à instalação das esquadrias do protótipo apresentaram diferenças de dimensões, conforme quadro da figura 78, além de ângulos internos não ortogonais.

Dependência	Janelas do protótipo			Portas do protótipo		
	Código	Dimensões dos vãos		Código	Dimensões dos vãos	
		Largura (m)	Altura (m)		Largura (m)	Altura (m)
Sala Cozinha	J1	1,225	1,22	P1	0,895	2,125
	J2	1,16	0,95			
	J6	1,55	52,5			
Dormitório 1	J3	1,23	1,225	P3	0,88	2,125
	J7	1,555	0,505			
Dormitório 2	J4	1,23	1,235	P4	0,88	2,125
Sanitário	J5	0,845	0,44	P5	0,88	2,125

Figura 78: dimensão dos vãos para instalação das esquadrias

O sistema de instalação das esquadrias do protótipo, por opção do fabricante, foi o uso de espuma de poliuretano, sem parafusos. Porém, a inexistência de parafusos, neste sistema de instalação, poderá ocasionar o emperramento das folhas das portas junto ao piso, devido ao peso das folhas e pela movimentação das ombreiras dos marcos e das folhas da janela J4, visto que, a verga do marco não foi fixada com parafusos.

9 REPROJETO DAS ESQUADRIAS DO PROTÓTIPO

O reprojeto das esquadrias pode ser subdividido em duas partes. A primeira parte, são descritas as principais diretrizes de projeto, incluindo justificativas e a representação gráfica de cada esquadria. Na segunda parte, as informações são descritas objetivamente através de memoriais descritivos em forma de quadros. Juntamente com as justificativas das opções de projeto, foram acrescentados alguns quadros com informações quantitativas, enfocando variáveis como iluminação natural, ventilação, materiais empregados, compatibilidade com a legislação e acessibilidade, etc. Para o desenvolvimento do reprojeto das 12 esquadrias do protótipo foram adotadas diretrizes semelhantes para as janelas e portas.

9.1 DIRETRIZES DO REPROJETO DAS JANELAS

A representação gráfica do reprojeto das 7 janelas, representada através da figura 79, tem como principais diretrizes:

- a) adotar mais de uma possibilidade de característica funcional nas janelas;
- b) dimensionar as janelas, tendo como referência inicial, as placas de vidro subdivididas das chapas;
- c) aumentar as áreas de iluminação natural, adotando vidros fixos sem quadro e eliminando os pinázios;
- d) adotar venezianas fixadas nos marcos e mainéis, eliminando os quadros;
- e) empregar sistema de proteção contra insetos em, pelo menos, uma janela por dependência;
- f) adotar sistema de pintura mais resistente na janela do banheiro;
- g) substituir o emprego de pregos por parafusos, na fixação dos alizares e baguetes;
- h) padronizar, na medida do possível, o desenho dos perfis e dimensão das peças.

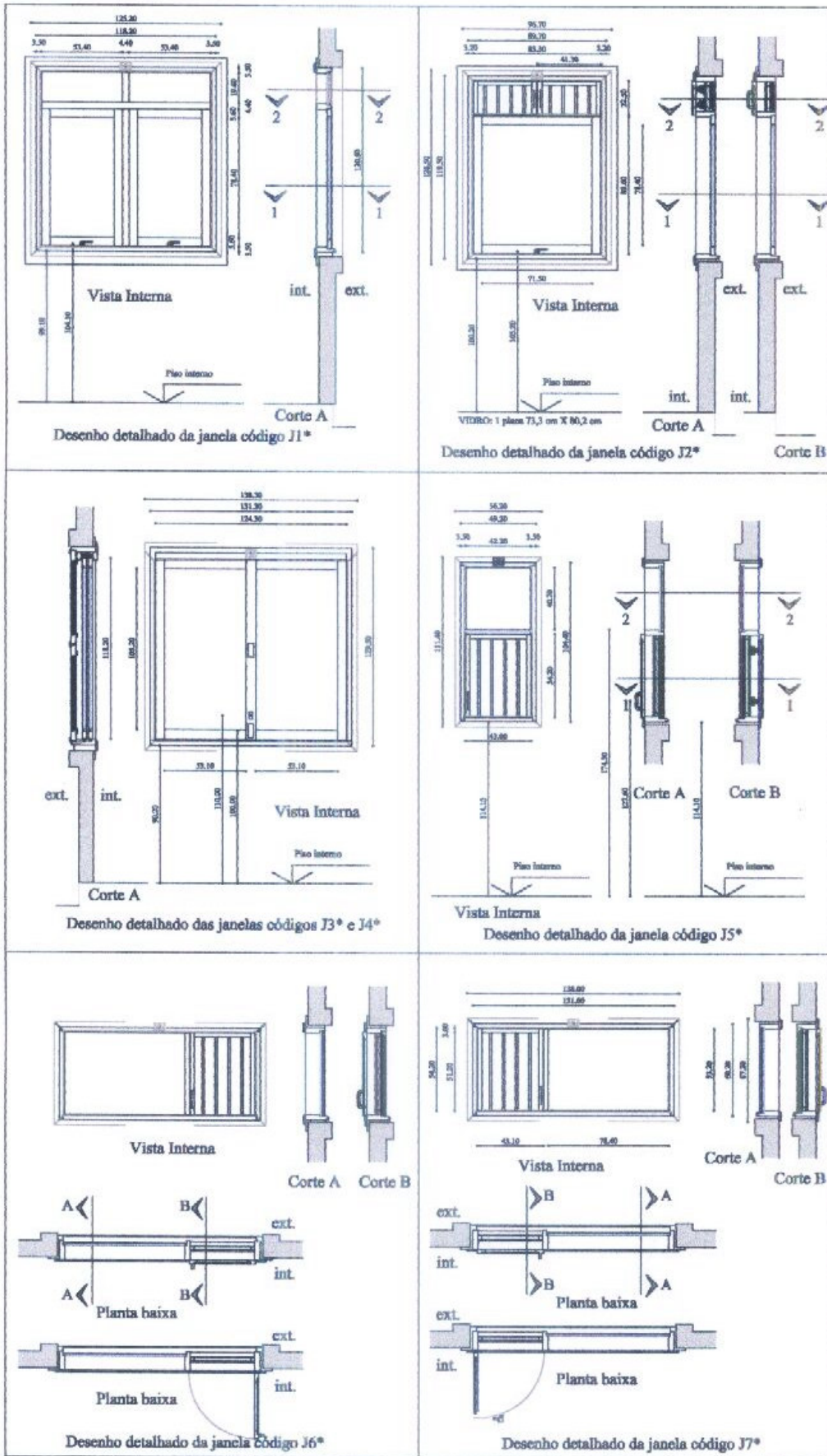


Figura 79: reprojeto gráfico das janelas

Considera-se que todas as tipologias funcionais apresentam vantagens e desvantagens, sendo escolhida a que apresenta melhor adequação a cada local específico da edificação residencial. Entretanto, a possibilidade de se adotar janelas com múltiplas funcionalidades e composições pode resultar em ganhos de flexibilidade e eficiência desse componente. A possibilidade de se manter uma janela ventilando um determinado compartimento, com proteção contra insetos e segurança contra intrusos, pode ser uma opção de projeto. Possibilitar que as janelas dos clerestórios, sanitário e cozinha possam permanecer ventilando os ambientes sem restrições de segurança. As janelas com funcionalidade do tipo projetante-deslizante (maxim-ar), apresentam: ferragens de baixo custo; boa estanqueidade; possibilidades de controle de ventilação e demais vantagens a ela associada, sendo uma opção plausível, para a janela da sala.

Alguns detalhes construtivos fazem parte das diretrizes. Os alhetes da janela de correr, por exemplo, deverão ter profundidades diferentes, sendo o mais interno com 10 mm de profundidade e o segundo, com profundidade de 15 mm, a fim de atender o furo inclinado de drenagem. Adotar dobradiças de pressão tipo Varimat (marca Hettich) – utilizada em móveis – nas portinholas de abrir, a fim de mantê-las abertas sem movimentar devido ao vento. Fixar manta de esponja, com 5 mm de espessura, na face superior das vergas dos marcos, caso a instalação não adote contramarco.

9.2 DIRETRIZES DO REPROJETO DAS PORTAS

A representação gráfica do reprojeto das cinco portas, ilustrada através da figura 80, teve como principais diretrizes:

- a) especificar madeira maciça para as portas externas e utilizar quadros preenchidos com lambris, para as portas internas;
- b) reduzir o número de dobradiças por porta. Fixar as folhas das portas nos marcos, através de três dobradiças de 3" x 3 ½";
- c) fixar os marcos na alvenaria através de parafusos com buchas plásticas, em três pontos de cada lado das ombreiras, utilizando três parafusos nas portas internas e dois parafusos nas portas externas;
- d) adotar a largura de 82,5 cm para o vão luz, entre as ombreiras do marco das portas, para se obter uma largura efetiva de 80 cm;

- e) utilizar marco ajustável para portas internas, proporcionando flexibilidade e melhor adaptação às espessuras variáveis das paredes;
- f) fixar manta de esponja, com 5 mm, na interface da verga dos marcos, para aprimorar a vedação;
- g) adotar tardós liso, com perfis predominantemente verticais, para não acumular água de condensação, principalmente na porta do sanitário;
- h) substituir o emprego de pregos por parafusos na fixação dos alizares;
- i) executar moldura rebocada com argamassa para arremate do alizar, a fim de impedir a entrada de insetos entre o alizar e as juntas rebaixadas dos tijolos à vista;
- j) adotar sistema de vedação na base das folhas das portas externas utilizando escova com felpas de polipropileno, para minimizar frestas e impossibilitar entrada de insetos;
- k) adotar gola em todas as portas, através de ajustes dimensionais no projeto de alvenaria. A gola da porta do banheiro deverá ser maior que 20 cm, em função da barra de apoio fixada no tardós da folha.

Preferencialmente as folhas das portas de entrada serão em madeira maciça, tipo calha (mexicana), visto que é um tipo de porta, que apresenta menor custo para produção. Quando as folhas das portas estão abertas, a largura livre (entre marco e quina da porta) reduz aproximadamente 2,3 cm. Considerando que na porta com vão de 80 cm, a mão do usuário pode machucar-se no marco ou na quina da folha e que a folga, para passagem da cadeira de rodas, fica efetivamente em 3,4 cm de cada lado, decidiu-se optar pela largura da folha igual a 84,5 cm (82 cm + 2,5 cm), aumentando o vão livre entre marcos igual para 82,5 cm. A proteção, exigida pela norma NBR 9050 (ABNT, 1994), será colocada na porta do sanitário, porém seria necessário quantificar o custo desse incremento às demais portas, ou pressupor que as cadeiras de rodas, bengalas, etc., sejam providas de elementos redutores de impacto.

Em função da variabilidade nas espessuras das alvenarias de uma edificação residencial, os marcos das portas internas são ajustados na própria obra, gerando perdas de produtividade e qualidade. A adoção de marcos bipartidos (batente ajustável) pode agregar valor à instalação deste componente. O sistema de instalação das portas será com parafusos e bucha, pois a parede em tijolo maciço aparente não favorece a adoção de taco de madeira tratado, com asfalto e areia, além de reduzir mais um processo na execução das alvenarias. Entretanto, os parafusos de fixação dos marcos não deverão ser apertados energicamente, para se evitar tensões contrárias à dilatação da madeira.

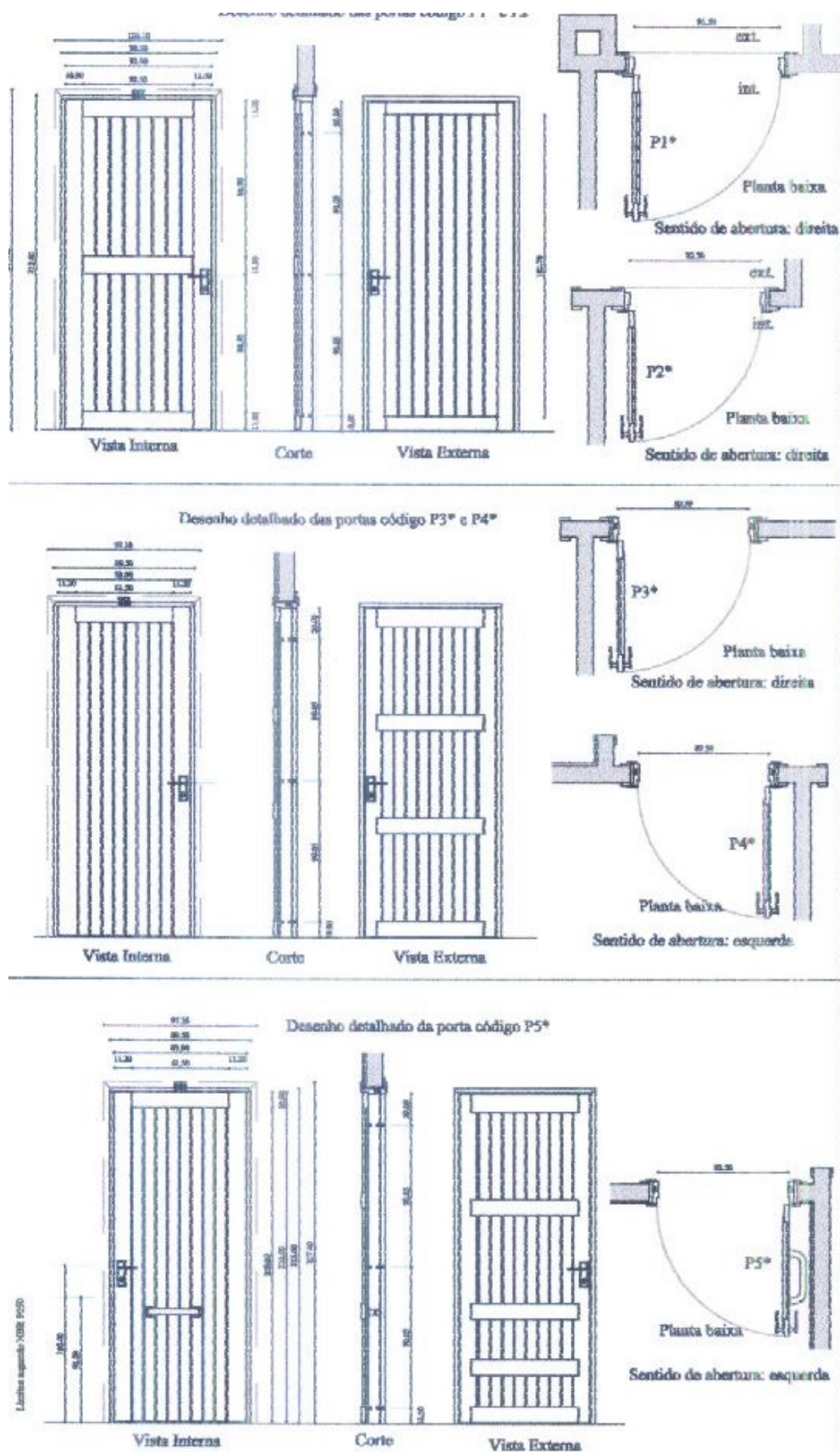


Figura 80: reprojeto gráfico das portas

9.3 MEMORIAIS DESCRITIVOS E JUSTIFICATIVAS DO REPROJETO

O memorial descritivo do reprojeto está subdividido em quatro quadros, conforme figuras 81, 83, 94 e 98, que sintetizam as informações relacionadas aos quatro conteúdos descritos no mapa contextual de variáveis. As justificativas do reprojeto reúnem informações de diversos autores e fabricantes de esquadrias, constatações do estudo de caso e diretrizes adotadas no reprojeto.

9.3.1 Memorial descritivo e justificativas relacionados ao conteúdo de ordem ambiental

O memorial descritivo (figura 81) sintetiza algumas características ambientais do local onde foi construído o protótipo.

Diretrizes e dados ambientais adotados no reprojeto das esquadrias			
Local	Tipo	Descrição de dados	
PORTO ALEGRE BRASIL	Latitude	30° 02' S *	
	Distância do oceano	Aproximadamente 100 Km *	
	Temperatura	Média anual: 19,5 °C *	
		Extremos de temperatura: - 2 °C e 40,7 °C *	
		Média no verão: 30,1 °C *	
		Média das mínimas de inverno: 10,6 °C *	
	Ventos	Predominante no verão: Leste *	
		Predominante no inverno	SE ou SSE – frio e úmido *
			Oeste – Minuano – frio e seco *
		Velocidade básica do vento: 45 a 60 m/s (NBR 10821/2000)	
	Umidade relativa média anual	75,9 % *	
	Insolação	Número total anual: 2445 horas *	
		Mês mais ensolarado: dezembro – 282 horas *	
		Mês menos ensolarado: junho – 114 horas *	
	Carta bioclimática	22,5 % das horas do ano com conforto **	
77,5 % das horas do ano com desconforto		25,9 % pelo calor **	
		51,6 % pelo frio **	
Soluções arquitetônicas	Para frio: massa térmica explorando o calor solar **		
	Para frio intenso: ganhos solares, isolamento térmico, aquecimento artificial **		
	Para calor: ventilação **		
Legenda dos dados: * (SATTLER, 1989) ** (LAMBERTS et al., 1997)			

Figura 81: memorial descritivo do reprojeto das esquadrias relacionado ao conteúdo de ordem ambiental

As principais variáveis ambientais e climáticas para Porto Alegre são: latitude da cidade; distância do oceano ou mar; temperaturas mínimas, médias e máximas; ventos predominantes e velocidade básica; umidade relativa do ar; e períodos de insolação. O reprojeto das esquadrias visou atender às características climáticas médias, pois atender às condições extremas, provavelmente exigiria a adoção de materiais e sistemas construtivos mais sofisticados, que as tornariam inviáveis economicamente.

A condensação foi um dos agentes agressivos de maior preocupação no reprojeto. Em função da água de condensação depositada nas esquadrias do banheiro, estas deverão ter uma proteção mais resistente, pois recebem uma agressão interna diária. O tardós da folha da porta do banheiro foi desenhado com lambris verticais até a borda inferior, eliminando-se a travessa inferior, que poderia acumular a água de condensação. Da mesma forma, a portinhola da janela J5* teve essa mesma estratégia de desenho. Caso contrário, haverá um aumento considerável de deterioração do material e ferragens, gerando gastos prematuros com manutenção.

A cozinha de uma habitação de interesse social possui pelo menos duas fontes de calor intenso, que são o fogão e a geladeira, e fontes complementares como lâmpadas, eletrodomésticos, além do usuário. A necessidade de ventilação natural da cozinha pode ser mais evidente, quando se deseja dissipar os odores da cocção dos alimentos. Durante o dia existe a possibilidade de entrada de moscas e, à noite, de mosquitos e outros insetos. Por isso, foram utilizados na parte superior, da janela J2*, da cozinha, três complementos (veneziana externa fixa e sem quadro, tela mosquiteiro e duas portinholas internas de abrir) que podem gerar ventilação higiênica permanente. A altura de 1,90 m da borda inferior da portinhola ao piso foi questionada na possibilidade de gerar acidente com os usuários, porém a presença de um balcão de pia junto a parede da janela pode garantir uma certa segurança. Por outro lado, uma janela de cozinha não deve estar posicionada atrás do fogão, pois a sua tampa poderá obstruir parte da janela, prejudicando a funcionalidade, além de impedir a colocação de equipamento depurador de ar.

No banheiro, a janela atual do protótipo está localizada dentro do box do chuveiro e, nesse caso, o peitoril da janela está posicionado, 1,70 m com relação ao piso, ocorrendo dificuldades para abri-la ou fechá-la. Outro aspecto a salientar é que, normalmente durante o banho do usuário, a janela permanece fechada, concentrando os vapores gerados pelo chuveiro, que serão depositados nas roupas, toalhas, papel higiênico, paredes, piso, forro e na porta e janela do banheiro. A umidade do ar elevada atrai principalmente mosquitos e outros insetos, sugerindo a adoção de tela mosquiteiro nestas janelas. A necessidade de ventilação adequada dos banheiros também está associada a odores gerados nestas dependências, que dotadas de exaustores mecânicos ou eólicos, poderiam auxiliar no processo de ventilação dos banheiros. Como a área de abertura da janela é menor que a área da porta. Ao abrir a porta ocorrerá circulação cruzada do ar com uma sucção dos odores e vapores para o interior da edificação. O reprojeto da janela J5* do banheiro, conforme figura 82, visou suprir estas deficiências adotando uma parte superior fixa, de vidro translúcido (mini-boreal), e sem quadro para aumentar a área de iluminação e a composição de veneziana fixa sem quadro, tela mosquiteiro e portinhola, na parte inferior. Outro aspecto está relacionado à posição mais acessível, menor que 1,35 m, do puxador da portinhola.



Figura 82: vista interna da janela J5*

9.3.2 Memorial descritivo e justificativas relacionados ao conteúdo de ordem física

O memorial descritivo (figura 83) sintetiza algumas características dos materiais das esquadrias do reprojeto.

Diretrizes e dados sobre os materiais das esquadrias adotados no reprojeto			
Sistemas	Tipo	Descrição de dados	
Perfis de Madeira	Espécie botânica	Eucalipto em várias espécies; sem tratamento preservativo; isenta de defeitos (nós, rachaduras, empenamentos, etc.).	
	Densidade das madeira (g/cm³)	Marco: acima de 0,76 <i>E. citriodora</i> ou <i>E. cloeziana</i>	
		Folha: 0,56 a 0,95 <i>E. urophylla</i> ou <i>E. dunnii</i>	
	Umidade da madeira	14,8 % - teor de umidade de equilíbrio da madeira para Porto Alegre, segundo ZENID (2002).	
Sistema de emendas	Nos marcos	Entalhe com encaixe, massa de calafetar e pregos 17x27.	
	Nas folhas	Espiga .	
	Cola	Portas internas	Adesivo vinílico (referência Cascorez extra). Adesivo uréia-formol (referência Cascamite)
		Portas e janelas externas:	Adesivo resorcina-formol (referência Cascophen .RS – 216 – M)
Sistema de drenagem	Alhete	Mínimo 10 x 10 mm.	
	Furo (saída)	Mínimo 2 (diâmetro 10 mm).	
Sistema de vedação	Gaxeta de borracha	Do tipo EPDM, fixada nos marcos, travessas e mainéis para vedar as juntas com as folhas móveis.	
	Escova	Felpa de polipropileno 5 x 5 – referência Schlegel.	
	Selante	Silicone.	
Acessórios; ferragens; fechaduras	Pregos	Galvanizados – qualidade marcenaria – referência Gerdau .	
	Parafusos	Rosca soberba, fenda “+” – referência Mittofix.	
	Perfis “U” e “J”	Alumínio anodizado classe A13 (agressividade média).	
	Roldanas	Rodízios em náilon.	
	Dobradiça	3”x 3 ½ ”.	
	Puxador	Em madeira fixado com parafuso.	
	Fecho	De alavanca.	
	Fechadura	Cromadas, com maçaneta tipo alavanca, referência Papaiz.	
Complementos	Vidro	Simplex; float; transparente, mini-boreal ou verde.	
		Envidraçamento: com silicone e baguetes parafusados.	
	Veneziana	Palheta tradicional 3,5 x 1,0 cm;	
		Inclinação 45°; Distância entre palhetas: 8 mm Espessura mínima dos perfis do quadro: 3,2 cm.	
	Tela	Tipo mosquiteiro, em fibra de vidro, malha 3 x 3 mm, cor branca.	
Adicionais	Prendedor de porta; varredura.		
Pintura de acabamento	Tinta	Esmalte sintético. Nas esquadrias do sanitário será aplicada uma camada de fibra de vidro e massa plástica, antes da pintura.	
	Cor	Branco levemente amarelado.	
	Demãos	3 demãos em local apropriado para pintura.	

Figura 83: memorial descritivo do reprojeto das esquadrias relacionado ao conteúdo de ordem física

A matéria-prima prevista no reprojeto das esquadrias é o eucalipto. O volume de madeira necessário para a produção de cada esquadria está definido nos quadros das figuras 84 e 85.

Dependência	Código da Janela	Volume de madeira das janelas			Volume Total (m ³)	Peso estimado(kg)		
		Marco (m ³)	Folha (m ³)	Alizar (m ³)		Marco	Folha + alizar	Total
						Dens. 0,9 g/cm ³	Dens. 0,7 g/cm ³	
Sala Cozinha	J1*	0,0233	0,0090	0,0034	0,0357	20,97	8,68	29,65
	J2*	0,0205	0,0105	0,0030	0,034	18,45	9,45	27,90
	J6*	0,0180	0,0083	0,0028	0,0291	16,20	7,77	23,97
Dormitório 1	J3*	0,0306	0,0459	0,0057	0,0822	27,54	36,12	63,66
	J7*	0,0180	0,0083	0,0028	0,0291	16,20	7,77	23,97
Dormitório 2	J4*	0,0306	0,0459	0,0057	0,0822	27,54	36,12	63,66
Sanitário	J5*	0,0138	0,0083	0,0023	0,0244	12,42	7,42	19,84
TOTAL		0,1548	0,1362	0,0257	0,3167	139,32	113,33	252,65
%		48,9%	43%	8,1%	100%	*		

Figura 84: volume e peso estimado das madeiras empregadas nas janelas do reprojeto

Dependência	Código da Porta	Volume de madeira das portas			Volume Total (m ³)	Peso estimado (kg)		
		Marco (m ³)	Folha (m ³)	Alizar (m ³)		Marco	Folha + alizar	Total
						Dens. 0,9 g/cm ³	Dens. 0,7 g/cm ³	
Sala Cozinha	P1*	0,0182	0,0472	0,0037	0,0691	16,38	35,63	52,01
	P2*	0,0179	0,0438	0,0037	0,0654	16,11	33,25	49,36
Dormitório 1	P3*	0,0228	0,0362	0,0074	0,0664	20,52	30,52	51,04
Dormitório 2	P4*	0,0228	0,0362	0,0074	0,0664	20,52	30,52	51,04
Sanitário	P5*	0,0228	0,0373	0,0074	0,0675	20,52	31,29	51,81
TOTAL		0,1045	0,2007	0,0296	0,3348	94,05	161,21	255,26
%		31,2%	59,9	8,9%	100%	*		

Figura 85: volume e peso estimado das madeiras empregadas nas portas do reprojeto

Para a emenda entre os perfis dos marcos das portas e janelas foi prevista a utilização de pregos, sem o uso de cola. Entretanto, pode-se utilizar massa plástica, para evitar a entrada de água pela junta. Geralmente, o encaixe da verga do marco e peitoril, isto é, as peças horizontais, são rebaixadas e recebem o encaixe das ombreiras, ou seja, as peças verticais, são fixadas por dentro. Para a união entre os perfis dos quadros das folhas está previsto o sistema de espiga que, segundo os fabricantes de esquadrias, propicia maior rigidez. Nas peças

verticais, do quadro, são feitos os furos e nas peças horizontais, entre os perfis verticais, são feitas as espigas.

O sistema de drenagem, com alhetes (canaletes) e furos para escoamento da água, está previsto somente nas janelas J3* e J4*, visto que as demais não necessitam de sistema de drenagem, em função de suas características funcionais. Está previsto a colocação de gaxetas de borracha tipo EPDM entre as folhas das janelas e os marcos para aumentar a vedação e estanqueidade, conforme exemplifica a figura 86.



Figura 86: detalhe da borracha de EPDM da janela J5*

Todas as esquadrias do reprojeto adotaram parafusos para a fixação dos alizares nos marcos, em substituição aos tradicionais pregos sem cabeça, que podem danificar os alizares, quando martelados. Da mesma forma, os parafusos substituíram os pregos na fixação dos baguetes dos vidros. Porém, foi necessário empregar peças plásticas (tapa-fenda), atualmente empregadas na indústria moveleira, para dissimular os pontos de fixação. Optar por uma ferragem de menor custo não significa, necessariamente, reduzir proporcionalmente o preço total da esquadria, pois a mão-de-obra, para a produção, e a madeira representam,

aproximadamente, 75 % do custo de uma esquadria em madeira. A quantidade de ferragens empregada em esquadrias, dentro de certos parâmetros dimensionais, poderá ser a mesma. Entretanto, as funcionalidades adotadas nas janelas do reprojeto estão diretamente vinculadas aos custos dos acessórios e ferragens empregados.

O custo das ferragens para janela maxim-ar (dois braços articulação e fecho) é de, aproximadamente, R\$ 16,00. O custo das ferragens das janelas J5*, J6* e J7* (duas dobradiças de pressão e um puxador em madeira), por exemplo, foi reduzido para, aproximadamente, R\$ 4,00. Neste caso, a redução no custo das ferragens foi significativa. Os quadros das figuras 87 e 88 descrevem as ferragens e acessórios das janelas e portas do reprojeto.

Código das Janelas	Relação de ferragens e acessórios das janelas do reprojeto
J1*	4 braços de reversão pantográficos em duralumínio c/ parafusos; 2 fechos tipo alavanca c/ 8 parafusos; 8 pregos 17x27; 20 parafusos 4x16 referência Mittofix (alizar) c/ 20 tapa-parafuso plástico referência Hettich; 16 parafusos 6x90 (ombreiras do marco), 16 buchas S-8, c/ 16 tapa-parafuso plástico, referência Hettich
J2*	2 braços de reversão pantográficos em duralumínio c/ parafusos; 1 fecho tipo alavanca c/ 4 parafusos; 2 puxadores de madeira c/ 4 parafusos; 4 dobradiças Varimat reta (Hettich) c/ 16 parafusos; 8 pregos 17x27; 20 parafusos 4x16 referência mittofix (alizar) c/ 20 tapa-parafuso plástico referência Hettich; 14 parafusos 6x90 (ombreiras do marco), 14 buchas S-8, c/ 14 tapa-parafuso plástico, referência Hettich; 0,18 m ² de tela em fibra de vidro tipo mosquito
J3*; J4*	1,24 m de perfil "H" em alumínio c/ 8 parafusos; 2 roldanas com rodízios em náilon; 8 dobradiças de 2 1/2" X 3" c/ 48 parafusos; 2 cremonas c/ 16 parafusos e vareta de 1,26 m; 1 pino-bola c/ 4 parafusos; 2 conchas c/ 4 parafusos, 8 pregos 17 x 27; 20 parafusos 4x16 referência mittofix (alizar) c/ 20 tapa-parafuso plástico referência Hettich; 20 parafusos 6x90 (ombreiras do marco), 20 buchas S-8, c/ 20 tapa-parafuso plástico, referência Hettich
J5*	1 puxador de madeira c/ 2 parafusos; 2 dobradiças Varimat reta (Hettich) c/ 8 parafusos; 8 pregos 17x27; 14 parafusos 4x16 referência mittofix (alizar) c/ 14 tapa-parafuso plástico referência Hettich; 8 parafusos 6x90 (ombreiras do marco), 8 buchas S-8, c/ 8 tapa-parafuso plástico, referência Hettich; 0,23 m ² de tela em fibra de vidro tipo mosquito
J6*; J7*	1 puxador de madeira c/ 2 parafusos; 2 dobradiças Varimat reta (Hettich) c/ 8 parafusos; 8 pregos 17x27; 16 parafusos 4x16 referência mittofix (alizar) c/ 16 tapa-parafuso plástico referência Hettich; 16 parafusos 6x90 (ombreiras do marco), 16 buchas S-8, c/ 16 tapa-parafuso plástico, referência Hettich; 0,23 m ² de tela em fibra de vidro tipo mosquito

Figura 87: relação de ferragens e acessórios para as janelas do reprojeto

Código das portas	Relação de ferragens e acessórios das portas do reprojeto
P1*; P2*	Fechadura com maçaneta de alavanca completa, externa, referência: cromo line (Papaiz); 3 dobradiças 3"x 3 1/2" c/ 18 parafusos; 4 pregos 17x27 (marcos); 20 parafusos 4x16 referência mittofix (alizar) c/ 20 tapa-parafuso plástico referência Hettich; 12 parafusos 6x90 (ombreiras do marco), 12 buchas S-8, c/ 12 tapa-parafuso plástico, referência Hettich
P3*; P4*	Fechadura com maçaneta de alavanca completa, interna, referência: cromo line (Papaiz); 3 dobradiças 3"x 3 1/2" c/ 18 parafusos; 4 pregos 17x27 (marcos); 40 parafusos 4x16 referência mittofix (alizar) c/ 40 tapa-parafuso plástico referência Hettich; 18 parafusos 6x90 (ombreiras do marco), 18 buchas S-8, c/ 18 tapa-parafuso plástico, referência Hettich
P5*	Fechadura com maçaneta de alavanca completa, interna, de banheiro, referência: cromo line (Papaiz); 3 dobradiças 3"x 3 1/2" c/ 18 parafusos; 4 pregos 17x27 (marcos); 40 parafusos 4x16 referência mittofix (alizar) c/ 40 tapa-parafuso plástico referência Hettich; 18 parafusos 6x90 (ombreiras do marco), 18 buchas S-8, c/ 18 tapa-parafuso plástico, referência Hettich; 1 barra de apoio em inox de 30 cm, diâmetro 40 mm, c/ 4 parafusos em inox 4 x 25

Figura 88: relação de ferragens e acessórios para as portas do reprojeto

Para uma mesma área de vidro, a forma mais próxima de um quadrado gera um perímetro menor e, conseqüentemente, menor quantidade de selante e baguete, para fixação do vidro. Além deste aspecto, as janelas do reprojeto visaram atender as dimensões de vidro, conforme o quadro da figura 89, cuja subdivisão da chapa, não gerasse perda. Na janela J2* da fachada oeste, especificou-se o vidro verde, pois, segundo Caram et al. (1997), a conjugação de vidros de baixa transmissão à luz visível com tamanhos maiores de aberturas pode ser uma boa solução, desde que sua transmissão ao infravermelho seja baixa, como é o caso do vidro verde. Na janela do banheiro J5* foi especificado um vidro translúcido e para as demais janelas especificou-se o vidro incolor.

Dependência	Código da Janela	Quantificação e dimensões dos vidros das janelas do reprojeto			
		Quantidade (pç)	Tipo	Dimensões (m)	Área (m ²)
Sala Cozinha	J1*	2	Incolor 3 mm	0,802 x 0,44	0,706
		2	Incolor 3 mm	0,55 x 0,214	0,234
	J2*	1	Verde 4mm	0,802 x 0,733	0,587
	J6*	1	Incolor 3 mm	0,802 x 0,55	0,441
Dormitório 1	J3*	2	Incolor 3 mm	1,07 x 0,55	1,177
	J7*	1	Incolor 3 mm	0,802 x 0,55	0,441
Dormitório 2	J4*	2	Incolor 3 mm	1,07 x 0,55	1,177
Sanitário	J5*	1	mini-boreal 3 a 4mm	0,44 x 0,425	0,187
TOTAL		12	*	*	4,95 m²

Figura 89: vidros das janelas do reprojeto

A utilização dos baguetes na fixação dos vidros é essencial para minimizar o consumo de selantes. A medição do comprimento dos baguetes, conforme quadro da figura 90, é primordial para se quantificar o volume necessário de selante. A massa de vidraceiro não foi especificada em função de suas restrições de durabilidade inferior a dois anos (ABCI, 1991), pois ao endurecer pode criar frestas. Por isso, e pela variação dimensional das esquadrias quando altera a umidade relativa do ar, o silicone foi especificado no envidraçamento das janelas do reprojeto.

Código da Janela	Comprimento dos baguetes (m)
J1*	7,74
J2*	3,00
J3*	6,33
J4*	6,33
J5*	1,65
J6*	2,63
J7*	2,63
TOTAL	30,31

Figura 90: comprimento dos baguetes das janelas do reprojeto

Para esquadrias em madeira, a execução de uma pintura completa, no canteiro de obras, deveria se proceder a sua desmontagem total, pois praticamente todos os tipos de esquadria apresentam pontos críticos, onde o pintor não consegue atingir, deixando a esquadria desprotegida aos agentes agressivos. Em função disso e pela precariedade dos serviços elaborados em ambiente inadequado, a pintura das esquadrias poderia ser elaborada nas fábricas. Mas, seria fundamental que o processo de pintura das esquadrias em madeira fosse executado com mão-de-obra especializada, em local adequado, com equipamentos apropriados para pintura e secagem, além de manter estoques de produtos afins. Uma alternativa que poderá trazer mais competitividade e qualidade de acabamento às esquadrias em madeira, evitando que cada fábrica tenha um setor de pintura, seria a criação de empresas especialistas em pintura de esquadrias em madeira, que poderiam, após a pintura em ambiente adequado, montá-las e protegê-las com embalagem apropriada.

A pintura da esquadria com tinta pigmentada pode ser vantajosa, pois caso alguns perfis apresentem colorações variadas ou pequenos defeitos, como furos de insetos, poderão receber tratamento com massas e posterior pintura, sem desvalorizar a esquadria e reduzir as perdas de seleção das madeiras. A quebra dos cantos vivos de alguns perfis em madeira propiciou

uma maior aderência da tinta à madeira, além de reduzir a quantidade de material. Como opção de pintura das esquadrias, o reprojeto especificou a utilização de tinta esmalte sintético em cor branco-amarelado, isto é, a cor resultante do processo de incidência da radiação solar sobre uma superfície de cor branca. Das tintas pigmentadas, a cor branca é a mais econômica, seguida das variações de tons amarelados. Porém cabe ressaltar a necessidade de se produzir tintas menos tóxicas. Para aumentar a resistência à condensação e a durabilidade da janela J5* e da porta P5*, do sanitário, especificou-se um tratamento superficial, utilizado na pintura de barcos em madeira, que consiste na aplicação de tela de fibra de vidro, com resina epóxi, antes da pintura de acabamento. A superfície necessária para pintura, de cada esquadria do reprojeto, está descrita nos quadros das figuras 91 e 92.

Dependência	Código da Janela	Superfície total para pintura das janelas			Superfície Total (m ²)
		Marco (m ²)	Folha (m ²)	Alizar (m ²)	
Sala Cozinha	J1*	1,949	1,361	0,693	4,003
	J2*	1,407	1,978	0,591	3,976
	J6*	1,518	1,562	0,56	3,64
Dormitório 1	J3*	2,668	7,381	0,963	11,012
	J7*	1,518	1,562	0,56	3,64
Dormitório 2	J4*	2,668	7,381	0,963	11,012
Sanitário	J5*	1,162	1,562	0,455	3,179
TOTAL		12,89	22,787	4,785	40,462
%		31,9%	56,3%	11,8%	100%

Figura 91: superfície para pintura dos perfis das janelas do reprojeto

Dependência	Código da Porta	Superfície para pintura das portas			Superfície Total (m ²)
		Marco (m ²)	Folha (m ²)	Alizar (m ²)	
Sala Cozinha	P1*	1,479	4,031	0,739	6,249
	P2*	1,457	3,712	0,728	5,897
Dormitório 1	P3*	2,703	3,712	1,456	7,871
Dormitório 2	P4*	2,703	3,712	1,456	7,871
Sanitário	P5*	2,703	3,712	1,456	7,871
TOTAL (m²)		11,045	18,879	5,835	35,759
%		30,9%	52,8%	16,3%	100%

Figura 92: superfície para pintura dos perfis das portas do reprojeto

A palheta tradicional (35 x 10 mm, com os cantos arredondados) é o tipo de palheta (tala) de veneziana de menor custo. Nas janelas J2*, J5*, J6* e J7*, do reprojeto, as palhetas das venezianas foram fixadas nas ombreiras dos marcos, eliminando-se os quadros, conforme figura 93, aumentando a área de ventilação e reduzindo a quantidade de madeira, cola e mão-de-obra.



Figura 93: vista externa da janela J5*

As telas mosquiteiro têm a função de barrar a entrada de moscas, baratas, cupins alados e mosquitos que podem ocasionar diversas doenças (febre amarela, dengue, etc.). A isenção desta proteção, colocada principalmente nas janelas, faz com que o morador adquira, constantemente, produtos inseticidas, afetando o orçamento doméstico e correndo o risco de comprometer a sua própria saúde. A possibilidade de manter as janelas abertas, ventilando, é outra vantagem deste complemento. Nas janelas do reprojeto, exceto na janela J1*, todas apresentam tela mosquiteiro fixadas internamente.

9.3.3 Memorial descritivo e justificativas relacionados ao conteúdo de ordem comportamental e utilitário

O memorial descritivo (figura 94) sintetiza algumas características dos materiais e desenho das esquadrias do reprojeto, relacionadas ao perfil de desempenho.

Diretrizes e dados de desempenho adotados no reprojeto das esquadrias		
Desempenho	Tipo	Descrição de dados
Resistência	Espessuras mínimas	Marco: 3,5 cm
		Folha das portas: 3,2 cm
		Folhas das janelas: 2,7 cm
		Palheta das venezianas: 1,0 cm
		Baguete: 1,0 cm
		Alizar: 1,2 cm
Funcional	Folga	Mínimo = 3 mm e Máximo 4 mm
	Ventilação / iluminação	Variável conforme as dimensões e modelo das janelas.
	Isolamento acústico e térmico	Diretamente relacionado aos materiais de vedação; dimensões e tipo de vidro.
Estanqueidade	Ao ar / à água / a insetos	Diretamente relacionado com os materiais de vedação e tela mosquiteiro
Ergonômico	Acessibilidade	Posição eixo das maçanetas das portas: 0,98 m na folha
		Posição eixo dos comandos das janelas: < 1,10 m
		Largura mínima dos vãos das portas: 0,825 m
		Faixa de proteção (40 cm) nas portas: borracha colada
		Altura do peitoril das janelas: 0,80 m
Estético	Ordem	Elevada
	Complexidade	Baixa
	Forma	Plana; regular
	Superfície	Brilhante; polida
	Cor	Clara (branco amarelada)
Econômico	Detalhe	Elemento em madeira natural envernizado, fixado no eixo do alizar superior de cada esquadria.
	Manutenção das esquadrias	Preventiva: 2 vezes ao ano (1ª em abril – antes do inverno; 2ª em outubro – antes do verão)
Impacto ambiental	Manutenção dos vidros	Mínimo 2 vezes por mês
	Ecológico	Optar por materiais e componentes mais sustentáveis e menos impactantes, porém analisando custo-benefício num prazo de 10 anos.

Figura 94: memorial descritivo do reprojeto das esquadrias relacionado ao conteúdo de ordem comportamental e utilitário

A resistência e estabilidade formal das esquadrias estão relacionadas às espessuras dos perfis. As espessuras dos perfis das esquadrias do reprojeto foram definidas pelas dimensões usuais de outras madeiras, pelo desdobro nas serrarias e por funções construtivas. Nos baguetes das janelas foram adotadas espessuras tradicionais, porém, a colocação de tapa-fenda exigiu aumentar a largura, para 2 cm.

As funcionalidades descritas no quadro da figura 95 visaram atender as características de estanqueidade, acessibilidade, iluminação, ventilação natural e processo de produção, deixando em segundo plano às questões do custo inicial reduzido de suas ferragens, acessórios e dimensões mínimas.

Esquadria	Código da Esquadria	Descrição funcional das esquadrias
JANELA	J1*	2 folhas maxim-ar + 2 bandeiras sem quadro fixas
	J2*	1 folha maxim-ar + 1 veneziana fixa com tela mosquiteiro e 2 portinholas de abrir
	J3*,J4*	2 folhas de correr com vidro + 2 conjuntos de 2 folhas de sanfona vertical com veneziana e tela mosquiteiro
	J5*	1 veneziana fixa com tela mosquiteiro e 1 portinhola de abrir + 1 parte superior fixa sem Quadro e com vidro
	J6*; J7*	1 parte fixa sem quadro e com vidro + 1 veneziana fixa com tela mosquiteiro e 1 portinhola de abrir
PORTA	P1*; P2	1 folha de abrir direita, com calha (espessura = 2 cm)
	P3*	1 folha de abrir direita, quadro com lambris verticais
	P4*	1 folha de abrir esquerda, Quadro com lambris verticais
	P5*	1 folha de abrir esquerda, Quadro com lambris verticais, reforço na base e barra de apoio no tardos

Figura 95: descrição funcional das esquadrias do reprojeto

Em função das características funcionais adotadas nas janelas do reprojeto, elaborou-se o quadro da figura 96, como forma de se verificar a área para iluminação e ventilação efetiva e compará-las com as exigências da legislação municipal (PORTO ALEGRE, 1999). Porém os códigos de edificação exigem as áreas das janelas incluindo os perfis. Constatou-se que o dormitório 1 e o banheiro estariam de acordo com a iluminação mínima exigida e somente a janela J5* não atenderia a ventilação mínima, como exigência deste código.

Dependência	Área no projeto (m ²)	Código da Janela	Área de Iluminação Natural (m ²)		Previsto na Legislação LC nº 284 Iluminação	Área de Ventilação Natural (m ²)		Previsto na Legislação LC nº 284 Ventilação
			Parcial	Total		Parcial	Total	
Sala Cozinha	16,23	J1*	0,871	1,848	2,705	0,957	1,79	1,3525
		J2*	0,560			0,774		
		J6*	0,417			0,059		
Dormitório 1	8,10	J3*	1,117	1,534	1,35	0,692	0,751	0,675
		J7*	0,417			0,059		
Dormitório 2	8,10	J4*	1,117	1,117	1,35	0,692	0,692	0,675
Sanitário	4,52	J5*	0,171	0,171	0	0,059	0,059	0,40

Figura 96: área efetiva de iluminação e ventilação natural das janelas do reprojeto segundo a legislação municipal

Para atender as recomendações na norma NBR 9050 (ABNT, 1994), o posicionamento dos comandos das esquadrias do reprojeto, foi atendido em quase todas as esquadrias, conforme demonstra no quadro da figura 97, exceto nas janelas J6* e J7* dos clerestórios, que estão posicionadas acima de 3,00 m do piso.

Dependência	Acessibilidade das janelas reformuladas			Acessibilidade das portas reformuladas	
	Código	Peitoril (m)	Posição do comando ao piso (m)	Código	Posição do Comando ao piso (m)
Sala Cozinha	J1*	0,99	1,04	P1*	0,98
	J2*	1,00	1,05		
	J6*	3,25	3,37	P2*	0,98
Dormitório 1	J3*	0,90	1,10	P3*	0,98
	J7*	3,25	3,37		
Dormitório 2	J4*	0,90	1,10	P4*	0,98
Sanitário	J5*	1,15	1,27	P5*	0,98
Previsto na NBR 9050		< 1,15 m	Entre 0,40 e 1,15 m	*	1,00 m

Figura 97: posicionamento dos comandos das esquadrias do reprojeto

Uma forma de agregar valor estético e identificação da matéria-prima, adotada nas esquadrias do reprojeto, foi a fixação de uma etiqueta em madeira envernizada, no eixo do alizar superior de todas as esquadrias. Nas habitações de interesse social, geralmente os moradores é que fazem a limpeza e manutenção da edificação, podendo não apresentar qualificação para estes serviços, como as empregadas domésticas ou faxineiras. Por isso, as janelas foram projetadas para possibilitar a execução da limpeza de forma prática e segura.

9.3.4 Memorial descritivo e justificativas relacionados ao conteúdo de ordem técnica

O memorial descritivo (figura 98) sintetiza alguns aspectos da legislação e demais processos de projeto, produção e instalação das esquadrias do reprojeto.

Diretrizes e dados dos processos técnicos de projeto, produção e instalação adotados no reprojeto das esquadrias		
Atividade	Tipo	Descrição de dados
Legislação	Legislação municipal	Código de edificações de Porto Alegre – LC 282/92
	Normas técnicas da ABNT	NBR 10821/2000 NBR 9050/1994
Processo de Projeto	Documentos	Memorial descritivo geral
		Memorial descritivo individual
		Representação gráfica das esquadrias
Processo de produção	Dados do fabricante	Nome, endereço, telefone, fax, e-mail, responsável, etc.
	Produtos	Menor número de perfis
		Menor Quantidade de matéria-prima
		Dimensionamento dos perfis suficiente e necessário
		Facilidade para produção
	Preço	Compatível a médio e longo prazo
		Incluindo: ferragens de articulação, pintura geral, travamento, sem vidro, com embalagem, instalação, etiqueta.
		Nota fiscal; prazo de entrega e manual de manutenção.
Garantia	10 anos (mínimo 5 anos)	
Embalagem / etiqueta	Proteção plástica total com plastibolha Etiqueta atendendo NBR 10821/2000	
Ensaio	Em casos especiais	
Instalação	Material de interface	Alvenaria: tijolo maciço comum
		Peitoril: tijolo maciço comum, de cutelo
		Verga: tijolo maciço comum com barras de aço
	Limpeza	Preparação dos vãos para receber as esquadrias
		Das esquadrias antes de testar o funcionamento
		Dos vidros
	Fixação dos marcos	Proteção com faixa impermeabilizante de toda a superfície do marco que entrará em contato direto com a argamassa
		Fixação com parafusos em bucha nº 8
		Ombreiras: 4 pontos de cada lado com 2 parafusos
		Verga do marco: 2 pontos com 2 parafusos cada
		Peitoril: 2 pontos com 2 parafusos cada
Fixação dos alizares	Parafusados a cada 30 cm	
Teste	De funcionalidade	

Figura 98: memorial descritivo do reprojeto das esquadrias relacionado ao conteúdo de ordem técnica

As exigências e prescrições da legislação vigente sobre esquadrias, através do código de edificações e normas técnicas, foram incluídas no desenvolvimento e análise do reprojeto, conforme demonstra os quadros das figuras 99 e 100. A orientação solar, a posição dos comandos e a localização das esquadrias nas paredes não são limitadas pelos códigos de edificação, mas o reprojeto visou buscar soluções adequadas para cada caso.

Dependência	Área (m ²)	Janelas do reprojeto					Previsto na legislação LC n° 284	
		Código	Dimensões		Área		Fração área do pisos	Área mínima (m ²)
			Largura (m)	Altura (m)	Parcial (m ²)	Total (m ²)		
Sala Cozinha	16,23	J1*	1,252	1,206	1,51	3,37	1/6 ilum. 1/12 vent.	2,705 1,3525
		J2*	0,897	1,195	1,072			
		J6*	1,31	0,602	0,788			
Dormitório 1 (filhos)	8,10	J3*	1,313	1,295	1,700	2,488	1/6 ilum. 1/12 vent.	1,35 0,675
		J7*	1,31	0,602	0,788			
Dormitório 2	8,10	J4*	1,313	1,295	1,700	1,700	1/6 ilum. 1/12 vent.	1,35 0,675
Sanitário	4,52	J5*	0,492	1,044	0,513	0,513	1/12 ventilação	0,376 Obs: mín>0,4
TOTAL (m²)	36,95	*				8,071	Iluminação	5,405
							Ventilação	3,10

Figura 99: exigências da legislação relacionadas com as janelas do reprojeto

Dependência	Portas do reprojeto			Previsto na legislação LC n° 284		NBR 9050 Requisitos mín.
	Código	Dimensões (vão entre marcos)		Dimensões (vão entre marcos)		Largura (m) (vão entre marcos)
		Largura (m)	Altura (m)	Largura (m)	Altura (m)	
Sala	P1*	0,90	2,098	0,90	2,00	0,80
Cozinha	P2*	0,825	2,098	0,80	2,00	0,80
Dormitório 1	P3*	0,825	2,098	0,80	2,00	0,80
Dormitório 2	P4*	0,825	2,098	0,80	2,00	0,80
Sanitário	P5*	0,825	2,098	0,60	2,00	0,80

Figura 100: exigências da legislação relacionadas com as portas do reprojeto

Para cada esquadria foi desenvolvida apenas uma alternativa de projeto, porém, para otimização efetiva das esquadrias do protótipo, será necessário desenvolver outras alternativas, considerando a complexidade de produção e perfil de desempenho.

Quanto menor o número de peças e elementos menor será o tempo de fabricação e mais econômica será a esquadria. Além desse aspecto, as esquadrias do reprojeto serão dotadas de embalagem e etiqueta informativa.

As faces do marco, que entrarão em contato com a argamassa de preenchimento do vazio, deverão receber tratamento com pintura, hidroasfalto ou cinta de impermeabilização. Na face superior das vergas dos marcos foi previsto a fixação de espuma com 5 mm de espessura para preencher as irregularidades da interface. O método de instalação das esquadrias do reprojeto é o sistema de fixação com parafusos e bucha, pois apresenta a vantagem da retirada da janela sem a necessidade da quebra da parede e também não oferece o risco do parafuso se soltar (OHNUMA et al., 1998). O quadro da figura 101 descreve as dimensões dos vãos necessários para a instalação das esquadrias do reprojeto.

Dependência	Janelas reformuladas			Portas reformuladas		
	Código	Dimensões dos vãos		Código	Dimensões dos vãos	
		Largura (m)	Altura (m)		Largura (m)	Altura (m)
Sala Cozinha	J1*	1,235	1,235	P1*	1,025	2,15
	J2*	0,955	1,22			
	J6*	1,375	0,635	P2*	0,935	2,15
Dormitório 1	J3*	1,375	1,335	P3*	0,935	2,15
	J7*	1,375	0,635			
Dormitório 2	J4*	1,375	1,335	P4*	0,935	2,15
Sanitário	J5*	0,535	1,075	P5*	0,935	2,15

Figura 101: dimensões dos vãos brutos das esquadrias do reprojeto

9.4 DOCUMENTOS AUXILIARES DO REPROJETO

Como complementação do reprojeto, foi acrescentado o quadro da figura 102, sobre os dados da obra e responsáveis técnicos pelos serviços, e o quadro da figura 103, contendo um modelo de memorial descritivo individual. Estes documentos são ilustrativos, porém enfatizam e concentram diversas informações necessárias, para a elaboração de um projeto de esquadrias.

9.4.1 Dados gerais da obra

Os dados gerais descritos no quadro da figura 102 devem evidenciar a localização e a caracterização da obra e atribuir responsabilidades. Os dados dos responsáveis podem conter além dos seus nomes, telefones ou outras formas para contato.

Dados gerais da obra e responsáveis técnicos necessários à reformulação do projeto das esquadrias			
Dados da obra	Endereço	Av. Bento Gonçalves, 9000 – Campus Universitário da UFRGS	
	Atividade	Residencial	
	Tipo de edificação	Habitação mais sustentável de interesse social	
	Área útil	38,08 m ²	
	Dependências internas	Sala/cozinha; 2 dormitórios; 1 sanitário de acessibilidade universal	
	Nº de pavimentos	1 (um) – edificação térrea	
	Topografia	Terreno aproximadamente plano	
	Plano Diretor Municipal	Divisão Territorial PDDUA – LC nº 434/99	Macrozona: 4 UEU: 014 Sub unidade: 1
		Regime Urbanístico PDDUA – LC nº 434/99	Densidade bruta: cód. 23 – área especial de interesse institucional; Atividade: cód. 17 – área de interesse institucional; Índice de aproveitamento: cód. 23 – regime urbanístico próprio a critério do SMGP; Volumetria das edificações: cód. 25 – regime urbanístico próprio
		Quantidade de portas	5 (cinco), sendo duas externas e três internas
	Quantidade de janelas	7 (sete)	
Dados dos Responsáveis Técnicos	Projeto arquitetônico e execução	(Nome; endereço; fone; fax; e-mail; etc.)	
	Projeto das esquadrias	(Nome; endereço; fone; fax; e-mail; etc.)	
	Mestre-de-obra da construção	(Nome; endereço; fone; fax; e-mail; etc.)	
	Pagamentos	(Nome; endereço; fone; fax; e-mail; etc.)	
	Fabricação das esquadrias	(Nome; endereço; fone; fax; e-mail; etc.)	
	Colocação dos vidros	(Nome; endereço; fone; fax; e-mail; etc.)	
	Fiscalização dos serviços	(Nome; endereço; fone; fax; e-mail; etc.)	

Figura 102: dados gerais da obra e responsáveis técnicos para o reprojeto

9.4.2 Memorial descritivo individual

As características diferenciadas de cada esquadria poderão ser identificadas no memorial descritivo individual, conforme sugestões do quadro da figura 103.

Diretrizes e dados específicos para cada esquadria			
Tipo de apresentação	Tipo de dado	Descrição dos dados	
Tabela	Informativo	Código da esquadria na planta baixa	
		Código de desenho do modelo (individual de cada profissional)	
		Dimensões totais da esquadria	
		Quantidade de esquadrias no mesmo padrão: (diferenciar sentidos de abertura e código na planta)	
		Funcionalidade:	
		Sentido de abertura: () direita; () esquerda; () direita reversa; () esquerda reversa	
		Dimensões do vão “em osso”: (prevendo nível do piso pronto)	
		Tipo e espessura dos materiais de interface:	
		Volume de madeira:	
		Área para pintura:	
		Área efetiva de ventilação:	
		Área efetiva de iluminação:	
		Quantificação e relação de acessórios, ferragens e fechaduras;	
		Dados específicos dos complementos: vidro, tela, grade, veneziana, persiana, tampão, etc.	
Desenho	Planta baixa	Cotas de dimensões: totais; vão; larguras; etc.	
		Ocupação espacial: () interno; () externo	
		Posição da folha no marco	
		Soleira ou peitoril	
		Parte das interfaces	
		Escala do desenho	
	Vista interna (tardós)	Indicação de detalhes e elementos	
		Cotas de dimensionamento	
		Posição dos comandos funcionais (eixo)	
		Alisar tracejado	
	Vista externa (face)		(Mesmos elementos da vista interna); Tracejar sentido de abertura
	Corte	Cotas de dimensões: totais; vão; larguras; etc.	
		Tracejar posição de abertura total da esquadria	
		Demais elementos descritos na planta baixa	
	Detalhes diversos	Perfis; desenhos especiais; etc.	
		Escala do desenho	
	Legenda	Elementos que aparecem freqüentemente nos desenhos	

Figura 103: memorial descritivo individual de cada esquadria (modelo)

10 CONSTATAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na confrontação de resultados, o reprojeto propiciou diversas melhorias, com algumas desvantagens. Houve uma significativa adequação das esquadrias às exigências da legislação municipal e da norma sobre acessibilidade, porém, ocorreu um aumento de 14 % na área total das janelas e as portas foram aumentadas na largura e na altura das folhas. A porta P1* teve sua largura aumentada para 90 cm, para atender às exigências da legislação. Como consequência, o aumento dos vãos deverá gerar a reformulação do projeto arquitetônico executivo.

As portas mantiveram a mesma funcionalidade e as janelas foram providas de venezianas fixas, telas mosquiteiro e portinholas, para atender mais de uma função.

O volume de madeira das janelas aumentou 7,5 %, porém a estimativa de peso apresentou redução de 4,7%, devido à redução de densidade estimada para folhas e alizares e eliminação do alizar externo. A quantidade maior de madeira das janelas corresponde à confecção dos marcos. Nas portas, o aumento no volume de madeira foi de 8,9% e a redução de peso em 7,7%. As folhas das portas representam a maior quantidade de madeira. Entretanto, o volume total de madeira para a confecção das novas esquadrias foi de 0,6515 m³, tendo um aumento de 8,24 %. O número total de perfis previstos para a confecção das portas é menor no reprojeto, mas para as janelas a quantidade de perfis diferenciados é maior.

A superfície de pintura das janelas foi aumentada em 65,4%, visto que o cálculo incluiu a pintura de todas as faces dos perfis e a adoção de portinholas e venezianas em quase todas as janelas. Da mesma forma, ocorreu um aumento de 47,2% na superfície de pintura das portas. A superfície total de pintura foi aumentada em 56,35%.

As ferragens e acessórios das janelas apresentam acréscimo de novos componentes, devido à adoção de mais de uma funcionalidade, à substituição dos pregos por parafusos, com elementos plásticos de tamponamento das fendas, e à inclusão de tela mosquiteiro e parafusos para a instalação. Entretanto, as grades de aço foram eliminadas e as ferragens das janelas J5*, J6* e J7* são mais econômicas. Para as ferragens das portas, o reprojeto reduziu a quantidade de dobradiças de quatro para três, optando-se por peças maiores e mais resistentes.

Foram substituídas as fechaduras por outras adequadas ao local da porta (externa, interna ou de banheiro). A fixação dos alizares através de parafusos e a colocação de uma barra de apoio, fixada no tardós da porta do sanitário, foram alternativas complementares do reprojeto.

Os vidros especificados pelo reprojeto representam um aumento de 30,7% na área total, porém com uma redução de 83 peças para 12 placas, dimensionadas a partir da subdivisão das chapas em peças iguais. O perímetro diminuiu mais de 50%, reduzindo a quantidade de selante e minimizando a possibilidade de infiltrações. Somente a espessura do vidro da janela J2* foi alterada para 4 mm, em função das dimensões máximas relacionadas com a espessura, preconizadas pela norma NBR 7199 (ABNT, 1988). A adoção de vidro verde poderá ser benéfica, pois minimiza a entrada dos raios infravermelhos, apesar de ter maior custo. O peso dessa placa de vidro de 6 kg, acima de 4 kg, conforme determina a mesma norma, exigirá a colocação de calços de envidraçamento. Para a análise da área efetiva de iluminação e ventilação natural, individualizada de cada janela, foi elaborado o quadro da figura 104.

Código da janela	ÁREA EFETIVA DE ILUMINAÇÃO NATURAL Percentual de diferenciação Aumento de:	ÁREA EFETIVA DE VENTILAÇÃO NATURAL Diferenciação
J1*	34,8%	Aumento de 20,2%
J2*	12 %	Aumento de 52,6 %
J3*	72,9%	Redução de 13,6%
J4*	54,0%	Aumento de 37,57%
J5*	28,5%	3,93 vezes menor
J6*	39,0%	9,37 vezes menor
J7*	39,1%	9,37 vezes menor

Figura 104: relação entre a área efetiva de iluminação e ventilação das janelas do reprojeto com as do protótipo

As janelas do reprojeto geraram um aumento médio de 42,68 % da área efetiva de iluminação natural e a redução na área efetiva nas janelas J3*, J5*, J6* e J7*. Entretanto, somente a janela J5* deverá ser reformulada, visando aumentar a área de ventilação, através de outra alternativa de desenho.

11 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do presente trabalho são registradas algumas conclusões e considerações sobre: o mapa contextual de variáveis, o estudo de caso e o reprojeto das esquadrias.

11.1 CONCLUSÕES

A elaboração do mapa contextual de variáveis, utilizado como suporte para a estruturação do trabalho, resultou em algumas constatações. São elas:

- a) o mapa descreveu uma síntese de variáveis, prejulgadas como as mais significativas. Por tanto, para cada variável descrita, existem outras que intervêm nos processos e, conseqüentemente, na otimização do projeto das esquadrias;
- b) ocorreu uma ampliação dos enfoques, comumente adotados nos projetos, bibliografias e códigos de edificações, específicos sobre esse tema, nos quais estabelecem diretrizes básicas funcionais, como ventilação, iluminação e dimensionamento;
- c) uma das dificuldades para a tomada de decisões, na otimização dos projetos de esquadrias, pode ser devido ao inter-relacionamento das variáveis, pois cada uma está vinculada a outros fatores e, conseqüentemente, aos diversos elementos das esquadrias;
- d) cada variável apresenta pesos diferenciados, para a tomada de decisões, não delimitando as opções de projeto. Entretanto, o conhecimento dessas variáveis é imprescindível para atender às exigências de cada projeto específico;
- e) este mapa elucidou o amplo conhecimento que projetistas devem considerar em seus projetos, podendo ser considerado como um suporte preliminar, mas básico para a otimização dos projetos de esquadrias residenciais em madeira;
- f) o mapa, redesenhado através de quadros, facilitou a sistematização de análise do estudo de caso e favoreceu a elaboração dos memoriais descritivos, que também adotaram a forma de quadro, contendo informações claras e objetivas.

O estudo de caso, utilizado como uma amostra para exemplificação da pesquisa, teve uma função primordial na verificação das variáveis consideradas e, conseqüentemente, avaliar as deficiências e vantagens adotadas na produção das esquadrias.

Para propor soluções e detectar dificuldades no reprojeto das esquadrias, foi necessário adotar algumas diretrizes e optar por alternativas de forma unilateral, resultando em soluções de projeto, que necessitam ser aperfeiçoadas. As alternativas de aprimoramento podem estar vinculadas ao emprego de esquadrias com mais de uma característica funcional e obter áreas adequadas de iluminação e ventilação, com segurança e proteção contra insetos, porém com baixo custo e reduzido número de perfis. A redução do número de perfis das esquadrias, para reduzir o custo de produção, não ocorre quando se adota mais de uma funcionalidade, para uma mesma esquadria.

O custo inicial mais baixo de acessórios, ferragens, pinturas, componentes e dimensões mínimas das esquadrias, podem não ser a melhor alternativa de projeto, pois é necessário analisar a economia gerada em médio prazo, confrontando gastos com energia elétrica e manutenções preventiva e corretiva. Apesar do custo baixo das peças de vidro, constatou-se a viabilidade de se dimensionar as janelas, tendo como princípio, o emprego de peças de vidro sem perda na chapa. Entretanto este procedimento só será vantajoso para a produção em grande escala, visto que as vidraçarias, ainda quantificam seus preços através de dimensões múltiplas de 5 cm.

Os aprimoramentos adotados no reprojeto, tais como: emprego de tintas com alto desempenho, porém com reduzidos elementos poluentes e tóxicos; pintura das esquadrias elaborada em ambiente fabril; substituição dos pregos por parafusos; e adoção de marcos ajustáveis; poderão gerar produtos mais duráveis, flexíveis e econômicos a médio e longo prazo.

Através desta pesquisa, conclui-se que os projetistas de edificações residenciais têm um papel fundamental na otimização das esquadrias em madeira, na medida em que começarem a dominar os intervenientes deste componente, estabelecendo regras e orientações imprescindíveis aos fabricantes e construtores. Para isto ocorrer, é de fundamental importância que os projetistas procedam:

- a) a valorização adequada a este projeto específico;
- b) a prática de estabelecer contato inicial com os fabricantes antes da elaboração do projeto executivo;
- c) o fornecimento de informações detalhadas ao fabricante, sobre o projeto, materiais, sistemas de vedação, sistemas funcionais e processo de instalação.

11.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a madeira continuar a ser empregada na confecção de esquadrias, torna-se primordial a racionalização de todo o processo de produção, para se atingir uma qualidade competitiva com as demais matérias-primas. A madeira oriunda de matas nativas está sendo paulatinamente protegida pela legislação, deixando como opção futura às fábricas de esquadrias, a utilização de madeiras de reflorestamento. Porém, será necessário gerar políticas públicas para uso múltiplo de florestas plantadas e incentivar a produção de reflorestamentos de outras espécies de árvores, como por exemplo, a teca – *Tectona grandis*, densidade 0,65 g/cm³, madeira com excelentes propriedades físicas e mecânicas -, a fim de viabilizar seu emprego e agregar valor ao produto e ao ambiente construído.

Para se desenvolver projetos padrão, de esquadrias residenciais em madeira, seria necessário ocorrer uma integração de vários especialistas em diversas áreas do conhecimento, incluindo, no mínimo, arquiteto, desenhista industrial, especialista em ergonomia, engenheiro florestal, engenheiros civil, químico e de produção, construtor e fabricante de esquadrias. Porém, o resultado desses projetos não poderia ser padronizado para todo o Brasil, em função da variabilidade climática e do meio ambiente e, conseqüentemente, das tipologias arquitetônicas.

A falta de informações, estudos, pesquisas e normas sobre os limites dimensionais das esquadrias relacionados às características funcionais, fazem com que os profissionais repassem sua responsabilidade de projeto às fábricas de esquadrias. O projeto das esquadrias em madeira carece ainda, de estudos e normas sobre acessórios e ferragens vinculados à acessibilidade e ergonomia. Os códigos de edificação municipais estabelecem valores mínimos para a dimensão das esquadrias, porém outros aspectos e exigências poderiam ser disponibilizados nas normas, códigos e manuais, tais como: a característica funcional de cada esquadria associada aos equipamentos e mobiliário, de cada dependência, e a posição do comando das esquadrias, relacionada à acessibilidade.

11.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Este trabalho pode ser visto como uma pequena contribuição, dado a relevância e abrangência do tema, pois para a otimização de um projeto de esquadrias, cada variável deveria conter informações práticas incluindo fórmulas, referências, rendimentos, custos, impactos e outros elementos necessários a sua caracterização. Há a necessidade de se fazer o inter-relacionamento das variáveis, para se verificar o peso relativo de cada uma. A finalidade desta proposta seria o estabelecimento de diretrizes no projeto, para cada situação ambiental e local. Como outras recomendações para futuros trabalhos sugere-se:

- a) confrontar o custo a médio e longo prazo de janelas multifuncionais;
- b) identificar os tipos de madeiras regionais adequados à produção de esquadrias;
- c) viabilizar processos de tratamento e pintura das esquadrias em madeira, utilizando tintas com menores teores de toxicidade;
- d) caracterizar os procedimentos ergonômicos de cada funcionalidade de esquadria, buscando-se soluções para aperfeiçoamento dos mesmos.

REFERÊNCIAS

ACAR FILHO, N. **Marketing no projeto e desenvolvimento de novos produtos**: o papel do desenhista industrial. São Paulo: FIESP/CIESP – Detec, 1997.

AGENDA 21: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 1992, Rio de Janeiro. **Congresso...** 3. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2001.

ARAÚJO, A. Curso básico de produção em pequenas e médias serralherias de alumínio. **Contramarco e Companhia**, São Paulo, ano 4, n. 39, jul. 2003.

ABCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de caixilhos, janelas**: aço, alumínio, vidros, PVC, madeira, acessórios, juntas e materiais de vedação. 1. ed. São Paulo: Pini, 1991.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **CB 207**: tintas para edificações não industriais. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____ - **NBR 7199**: projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

_____ - **NBR 7210**: vidro na construção civil: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____ - **NBR 8037**: portas de madeira de edificação: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

_____ - **NBR 8052**: dimensões: padronização: portas. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____ - **NBR 8542**: desempenho de porta de madeira de edificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____ - **NBR 9050**: Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____ - **NBR 10820**: Caixilho para edificação: Janela. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____ - **NBR 10821**: Caixilhos para edificação - Janelas. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

AYUSO, C. **260 modelos de janelas**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1990.

BAHIA, C.; CRUZ, T. Falta de moradias desafia governo Lula. **Zero Hora**. Porto Alegre, 10 mar. 2003. Reportagem especial, p.4.

BORGES, M. M. Formas de representação do projeto. In: NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. Cap. 3, p. 65-100.

BRASKEM. **Manual de esquadrias de PVC 2**. São Paulo: ProEditores Associados, 2003.

CARACTERÍSTICAS valorizam madeira de eucalipto. **Eucalipto a madeira do futuro**, Curitiba: Lettech Editora, Revista da madeira, p. 36-37, set. 2001. Edição especial.

CARAM, R. M. et al. Especificação de vidros planos. **Finestra Brasil**, São Paulo, ano 3, n. 10, p. 114-115, jul./set. 1997.

CARVALHO, M. A. **Construções de madeira**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1968.

CHING, F. D. K. **Dicionário visual de Arquitetura**. Tradução de Julio Fischer. São Paulo: Martins Fontes Editora Ltda, 1999. Título original: "Visual Dictionary of Architecture".

D'AVILA, N. **DEMHAB**: Com ou sem tijolos, a história das políticas habitacionais em Porto Alegre. Porto Alegre: Unidade Editorial da Secretaria Municipal da Cultura, 2000.

DELLA NOCE, L. G. D. et al. Estudo de caso na fabricação de janela de madeira para habitação: análise da produção e apropriação dos custos. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: IBRAMEM, 1998. p. 141-149.

DURABILIDADE natural e preservação. **Eucalipto a madeira do futuro**, Curitiba: Lettech Editora, Revista da madeira, p. 82-83, set. 2001. Edição especial.

FERNANDES, P. M. Problemas encontrados no controle de cupins. In: MEMÓRIA DE REUNIÃO DE ESPECIALISTAS EM CONTROLE ALTERNATIVO DE CUPINS E FORMIGAS, 1992, Brasília. **Anais...** Brasília: IBAMA, 1992.

FRIAS, V. O mercado abre suas janelas. **Téchne**, São Paulo, ano 3, n. 13, p. 42-46, nov./dez. 1994.

GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira**. Bauru, SP: Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves, 2000.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. Tradução de João Pedro Stein. 4. ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 1998.

HAMLIN, T. **Forms & functions of 20th century Architecture**. The elements of building. V.1. New York: Columbia University press, 1952.

IIZUKA, M. T.; HACHICH, V. F. Instalação de esquadrias sem contramarco. **Téchne**, São Paulo, ano 10, n. 63, p. 49-52, jun. 2002.

ICE - INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS. **Manual de aberturas:** especificaciones y control. Montevideo: [s. n.], 1988a.

_____ - **Manual de aberturas:** definiciones y planillado. Montevideo: [s. n.], 1988b.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social.** São Paulo, 1998.

_____ - **Fichas de características das madeiras brasileiras.** São Paulo, 1989.

JOHNSON, H. **La madera.** Barcelona: Blume, 1994.

LAMBERTS, R. et al. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW EDITORES, 1997.

LÖBACH, B. **Design industrial:** bases para a configuração dos produtos. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LOMARDO, L. L. B. Arquitetura e energia. **Finestra Brasil**, São Paulo, ano 2, n. 8, p. 96-98, jan./mar. 1997.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias.** 1. ed. São Paulo: Pini, 2001.

MADEIRA de eucalipto na construção. **Eucalipto a madeira do futuro**, Curitiba: Lettech Editora, Revista da madeira, p. 100-102, set. 2001. Edição especial.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas.** São Paulo: Nobel, 1985.

MEDEIROS, L. M. S. Argumentos em favor do desenho projetual na educação. In: NAVEIRO R. M.; OLIVEIRA, V. F. **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial:** conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. cap. 5, p. 129-148.

MIMBACAS, A. **Comportamento do usuário e condensação:** cooperativa habitacional Vicman. Porto Alegre, RS: PPGEC/ UFRGS, 1998. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira.** São Paulo: Blücher, 1997.

MONTENEGRO, G. A. **Ventilação e cobertas:** estudo teórico, histórico e descontraído. São Paulo: Blücher, 1984.

MORAES, D. **Limites do design.** 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1999.

NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional.** Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001.

OHNUMA, D. K. et al. Levantamento e avaliação das técnicas e procedimentos mais comuns de esquadrias de madeira em canteiro de obras na cidade de São Carlos. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: IBRAMEM, 1998. p. 163-172.

PITA, S. **La madera al servicio del arquitecto.** Buenos Aires: Ed. Contemporanea, 1976.

POL, G. L. Qualidade do ar em ambientes internos. **Finestra Brasil**, São Paulo, ano 2, n. 6, p. 96-99, jul./set. 1996.

PORTO ALEGRE. Lei Complementar n.º 284, de 27 de outubro de 1992. **Código de Edificações de Porto Alegre.** 4. ed. Porto Alegre: Corag, 1999.

PROCESSO valoriza madeira de eucalipto. **Eucalipto a madeira do futuro**, Curitiba: Lettech Editora, Revista da madeira, p. 94-95, set. 2001. Edição especial.

QUALHARINI, E. L.; ANJOS, F. C. **O projeto sem barreiras.** Niterói: EDUFF, 1997.

RIBEIRO, A. G. Adesivos para madeira: visão geral dos produtos encontrados no mercado brasileiro. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., São Carlos, julho 1992. **Anais ...** - São Carlos: LAMEM e ESC/USP, 1992. 5v.

RUMO ao desempenho. **Caderno de especificação:** esquadrias, São Paulo: ProEditores, Projeto e construção, n.1, p.4-5, mar. 1990.

SANTIAGO, A. J. **Concepção de aberturas em madeira na construção do espaço.** Florianópolis, SC: UFSC, 1996. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

SATTLER, M. A. **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre.** Porto Alegre: CIENTEC, 1989. Boletim técnico.

SATTLER, M. A. et al. **Projeto Alvorada.** Porto Alegre: NORIE/ UFRGS, 1999.

SAYEGH, S. Janelas do futuro. **Téchne**, São Paulo, ano 10, n. 63, p.30-34, jun. 2002.

SCARDOELLI, L. S. et al. Desenvolvimento e integração de projetos. In: _____. **Melhorias de qualidade e produtividade:** iniciativas das empresas de construção. Porto Alegre: SEBRAE, 1994.

SCHEID, Esquadrias de Madeira. **Manual de orientação ao cliente**. Novo Hamburgo, 2001. catálogo.

SECAGEM da madeira de eucalipto. **Eucalipto a madeira do futuro**, Curitiba: Lettech Editora, Revista da madeira, p. 72-74, set. 2001. Edição especial.

SILVA, E. **Geometria funcional dos espaços da habitação**: contribuição ao estudo da problemática da habitação de interesse social. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1982.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G.. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras**. São Paulo: Pini, 1996.

TIBIRIÇA, A. C. G. **Contexto termolumínico natural induzido com janelas**: ótica para a qualidade no projeto. Florianópolis, SC: UFSC, 1997. Proposta de tese de doutoramento, 1997.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Pini, 2001.

TRIKEM. **Esquadrias de PVC**: tecnologia, especificação, projetos. São Paulo: ProEditores, 2000.

URIARTT, A. A. A madeira como material de construção. In: BAUER, L. A. FALCÃO (coord.). **Materiais de construção 2**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1999. cap. 17, p. 437-525.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. São Paulo: Ed. Pini, 1997.

ZEH, W. Tecnologia de tratamento superficial para madeira. **Revista da madeira**, São Paulo, ano 25, n. 289, p. 22-31, jan. 1976.

ZENID, G. J. Qualidade da madeira para a construção civil. **Revista da madeira**, São Paulo, ano 11, n.62, p. 70-74, fev. 2002.

**APÊNDICE A – DETALHES E PERFIS DAS PORTAS E JANELAS, EM
MADEIRA, DO REPROJETO**

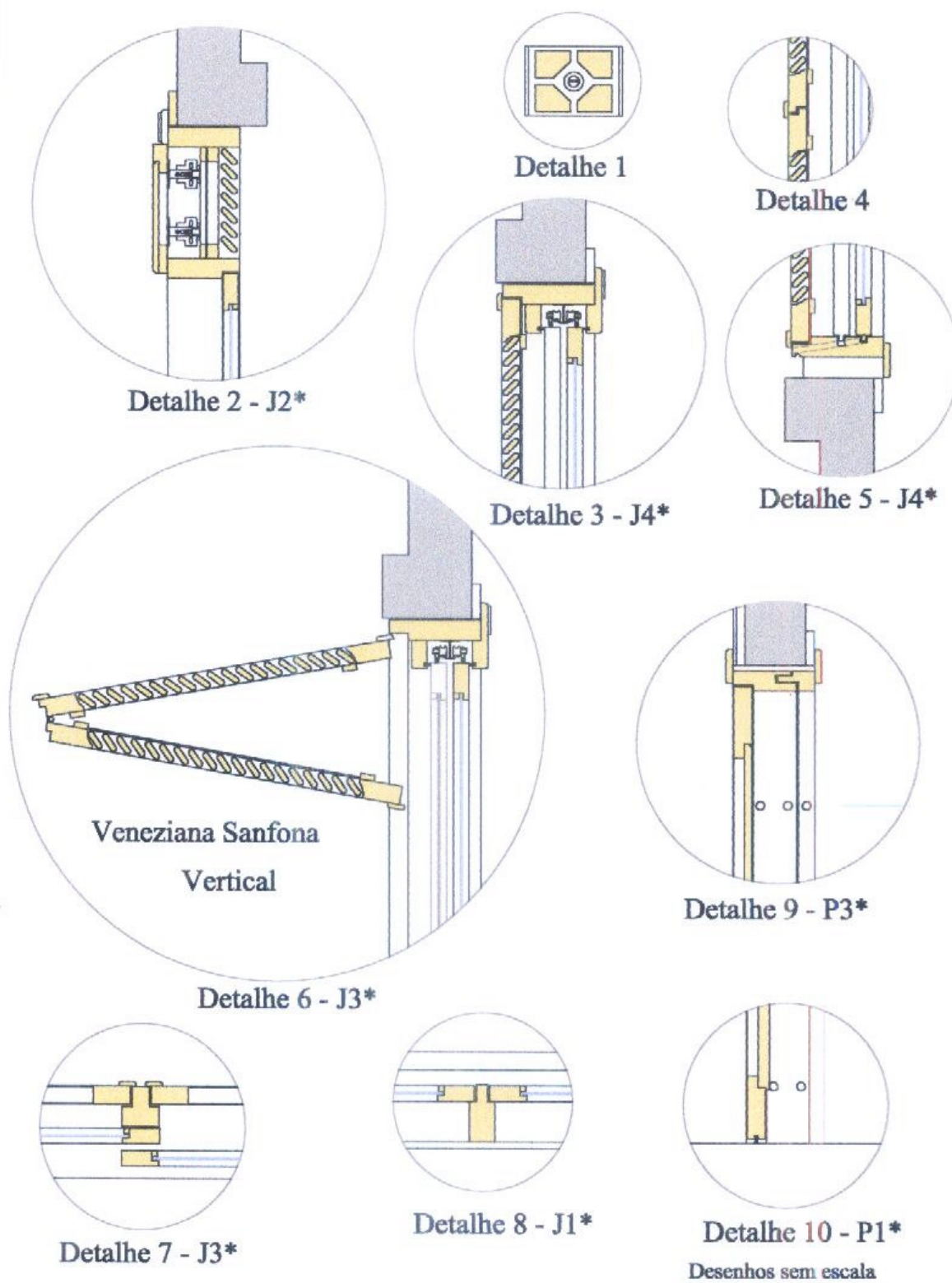


Figura 105: detalhes do reprojeto das portas e janelas

Parte	PERFIS EM MADEIRA UTILIZADOS NAS JANELAS				Parte	PERFIS EM MADEIRA UTILIZADOS NAS PORTAS			
	Tipo / descrição	Desenho	Área (cm ²)	Perímetro (cm)		Tipo / descrição	Desenho	Área (cm ²)	Perímetro (cm)
MARCO	A / VERGA DO MARCO		52,04	39,0	MARCO	A / VERGA DO MARCO OMBREIRAS		35,00	29,0
	B / OMBREIRA		47,4	42,2		B / VERGA DO MARCO OMBREIRAS		30,00	34,0
	C / PEITORIL		48,64	44,5		C / VERGA DO MARCO OMBREIRAS		14,55	19,8
	D / MAINEL		33,25	27,0	FOLHA	A / CALHA MACHO-FÊMEA		17,5	24,8
	E / TAPA-TRILHO		13,19	16,2		B / COUCEIRA		34,8	28,2
	F / VERGA DO MARCO OMBREIRAS		31,4	27,0		C / TRAVESSA SUP. INF.		32,6	28,4
	G / PEITORIL		36,27	32,3		D / TRAVESSA CENTRAL		27,5	27,0
	H / MAINEL		36,8	28,8		E / TRAVESSA SUP.		36,5	31,4
	I / PEITORIL		45,025	37,3		F / COUCEIRA		36,63	31,5
	J / VERGA DO MARCO		43,75	32,0		G / COUCEIRA		36,5	32,6
	K / OMBREIRA		40,15	32,0		H / LAMBRIS		9,26	21,0
	L / MAINEL		33,75	30,4		I / TRAVESSA CENTRAL		18,0	23,6
	FOLHA	A / QUADRO - Trav. sup.		15,51		18,4	J / TRAVESSA INF.		25,9
B / Trav. inf. o/ guia			16,31	20,4	ALIZAR	A / SUP. LAT. INF.		7,09	14,0
C / Montante Quadro Venez.			20,8	19,4		B / DETALHE		35,0	24,0
D / Travessa Sup. Venez.			21,55	20,6		C / TAPA-TRILHO		20,94	29,0
E / Travessa Central Venez.			20,37	20,7					
F / Travessa Central Venez.			23,05	22,6					
G / Travessa Inf. Venez.			22,17	22,6					
H / MOLDURA TELA			2,5	7,0					
I / BAGUETE			1,96	5,8					
J / PALHETA Veneziana			3,28	8,1					
K / ASTRÁGALO Venez.		2,29	7,1						
L / QUADRO - Trav. sup.		10,5	15,0						
M / QUADRO - Trav. inf.		7,5	13,0						
N / LAMBRIS		8,18	20,7						
O / RETÉM TELA		5,0	9,0						
ALIZAR	A / SUP. LAT. INF.		7,09	14,0					
	B / DETALHE		35,0	24,0					
	C / TAPA-TRILHO		20,94	29,0					

Figura 106: perfis das janelas e portas do reprojeto

**APÊNDICE B- TERMINOLOGIA ADOTADA PARA AS PARTES E
COMPONENTES DAS PORTAS E JANELAS**

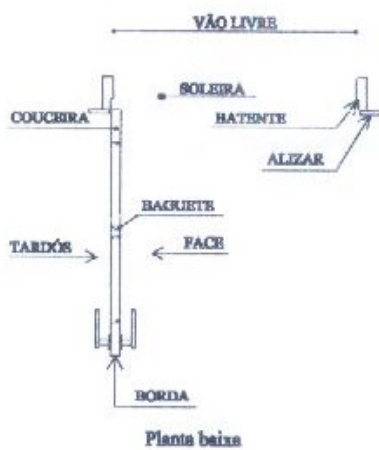
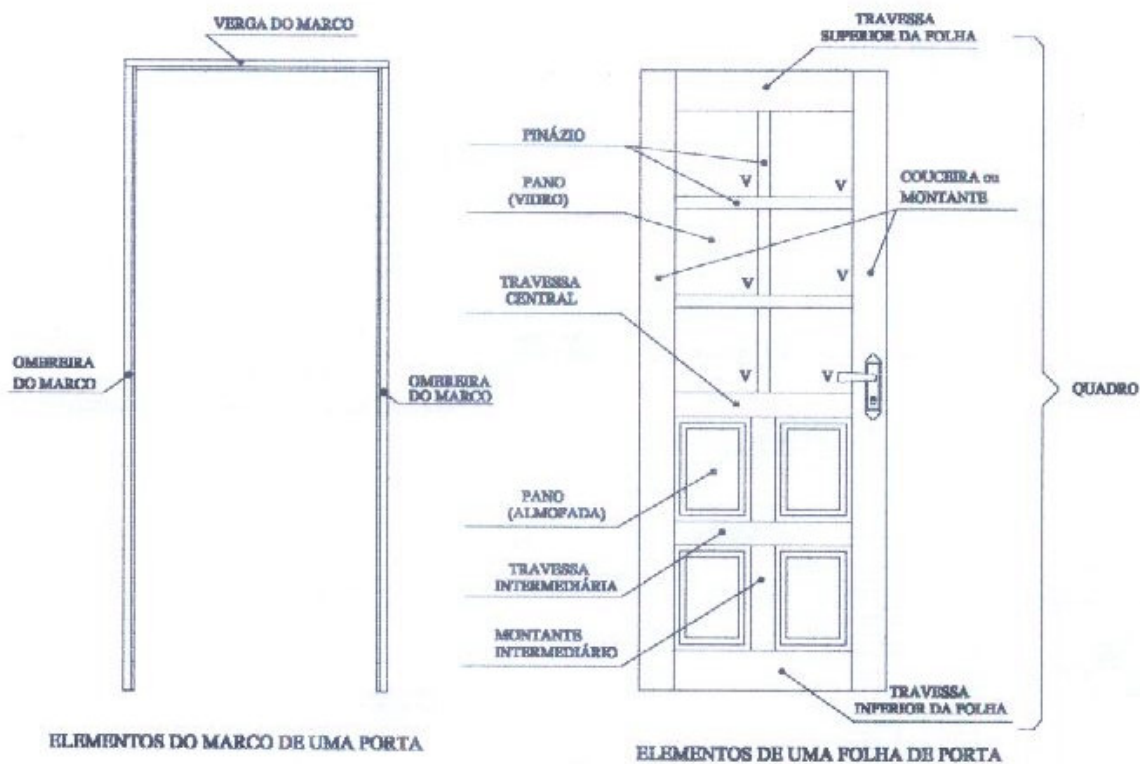


Figura 107: terminologia adotada para as partes das portas

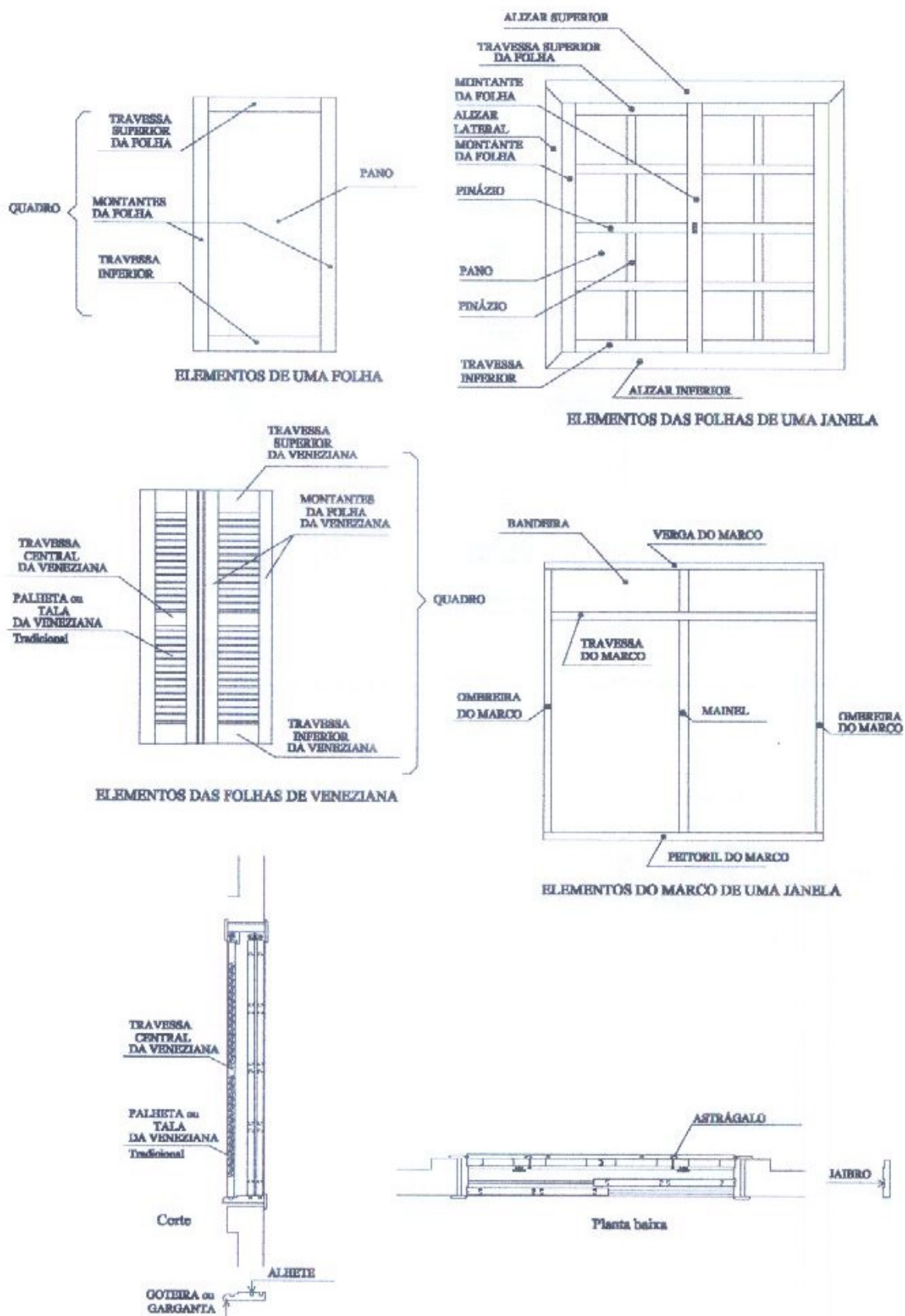


Figura 108: terminologia adotada para as partes das janelas

**APÊNDICE C – CONSTATAÇÕES DA ANÁLISE DIMENSIONAL DE
JANELAS DE CORRER, MAXIM-AR E VENEZIANAS**

JANELA COM DUAS FOLHAS DE CORRER	
}	Janelas residenciais em madeira, com duas folhas de correr, apresentam peso de 25 kg a 39 kg (variável conforme as dimensões).
}	Comparando-se uma janela de (120 x 100 cm) com (150 x 120 cm), constata-se que ocorreu um aumento de 50% da área total, porém o peso aumentou aproximadamente 33%.
}	Se as dimensões das janelas com duas folhas de correr não forem planejadas segundo a dimensão de placas de vidro poderão ocorrer perdas de até 19% de vidro; porém a diversidade de dimensões de janelas poderá minimizar este desperdício.
JANELA MAXIM-AR	
}	Janelas residenciais em madeira, com uma folha maxim-ar, propiciam ventilação máxima de 75% a 85% (variável conforme as dimensões).
}	Janelas residenciais em madeira, com uma folha maxim-ar, propiciam iluminação máxima de 49% a 68% (variável conforme as dimensões).
}	Janelas residenciais em madeira, com uma folha maxim-ar, a área de ventilação é de aproximadamente 25% maior que a área de iluminação (variável conforme as dimensões).
}	Comparando-se as janelas de dimensão (60 x 60 cm) e (60 x 120 cm), pode-se verificar que: <ul style="list-style-type: none"> - a área da janela duplicou; o perímetro aumentou 50%; - aumentou em 56,16% o peso total da madeira; - o peso do vidro aumentou 238,35%; - a relação de peso do vidro/peso da madeira é de 24,41% para a janela 60x60cm, enquanto que para a janela 60 x 120 cm esta relação é de 37,26%.
}	Se as dimensões das janelas maxim-ar não forem planejadas segundo a dimensão de placas de vidro poderão ocorrer perdas de até 35% de vidro; porém a diversidade de dimensões de janelas poderá minimizar este desperdício.
}	Para perímetros das janelas iguais, volumes de marcos e folhas iguais, os pesos das madeiras são iguais, mas o peso dos vidros é diferente;
}	A medida em que aumenta o peso total em madeira, aumenta de forma desproporcional o peso do vidro.
VENEZIANAS	
}	Venezianas sem quadro propiciam uma ventilação média que varia de 20% a 23% da área total.
}	A ventilação de venezianas sem quadro é aproximadamente 66% maior que a ventilação através de venezianas com quadro (comparação entre 105,2 x 50 cm com 44 x 119,2 cm).
}	A ventilação propiciada por uma veneziana com quadro varia de 6% a 16%.

Figura 109: constatações e análise dimensional de janelas de correr, maxim-ar e venezianas

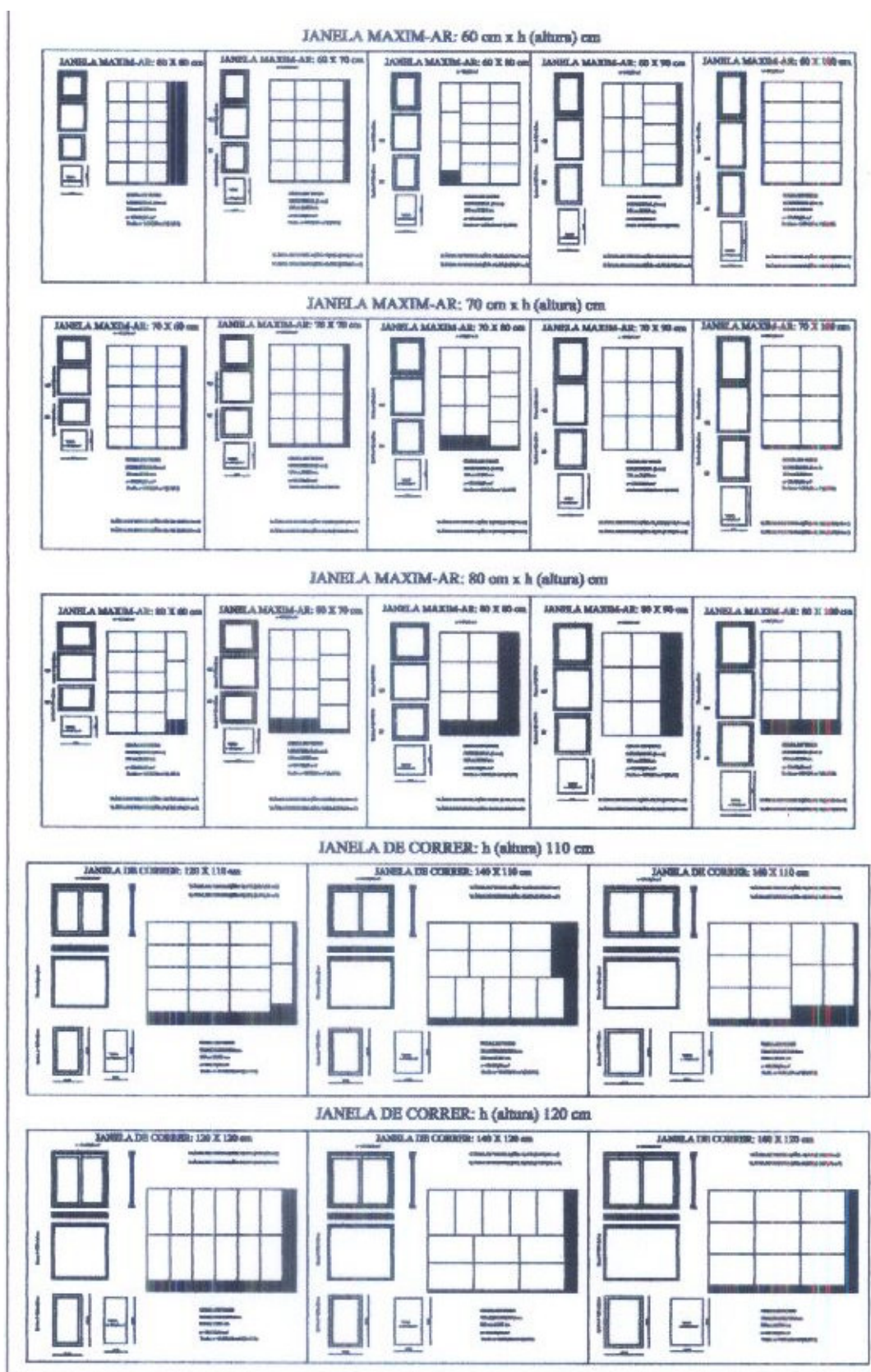


Figura 110: perda de vidro nas janelas maxim-ar e de correr

**ANEXO A- CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRAS
BRASILEIRAS ADEQUADAS À PRODUÇÃO DE
ESQUADRIAS**

MADEIRAS INDICADAS PARA ESQUADRIAS			Propriedades Físicas				Propriedades Mecânicas								
NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO	Massa Específica apar. Densidade - 15 % umid.	Contrações (%)				Compressão (kgf/cm ²) madeira 15% umidade	Módulo de Elasticidade Compressão (Kg/cm ²) madeira verde	Flexão estática (kgf/cm ²) madeira 15% umidade	Módulo de Elasticidade Flexão Estática (Kg/cm ²) madeira verde	Cisalhamento (kgf/cm ²) madeira verde	Dureza Janka (kgf) madeira verde	Tração normal às fibras madeira verde	Fendilhamento (kgf/cm ²) madeira verde	
			RADIAL	TANGENCIAL	VOLÚMETRICA	Coefficiente de Retratibilidade Vol.									
1	ACHURANA	<i>Vantanea cupularis</i>	1,07	10,4	10,5	24,5	0,89	1009	198500	1947	216700	161	989	78	9,6
2	ALMECEGUEIRA	<i>Protium heptaphyllum</i>	0,75	5,7	11,7	19,3	0,59	585	152300	1127	113800	111	453	65	6,6
3	AMARELINHO	<i>Haltettia longifoliata</i>	0,98	6,2	10,4	18,9	0,74	629	167100	1333	141800	139	828	76	9,7
4	ANDIROBA	<i>Carapa gianensis</i>	0,72	4,3	7,4	13,4	0,50	552	144700	1044	116000	98	487	66	7,6
5	ANGELIM	<i>Vatairea heteroptera</i>	0,93	6,7	11,9	21,3	0,83	726	184200	1477	187300	103	652	48	5,9
6	ANGELIM-ARAROA	<i>Vataireopsis araroba</i>	0,68	4,6	6,5	11,0	0,58	472	126000	784	102100	64	355	42	5,7
7	ANGELIM-VERMELHO	<i>Dinizia excelsa</i>	1,09	4,2	6,6	14,6	0,64	825	-	1408	143500	-	-	86,9	11,4
8	ANGICO-PRETO	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	1,05	4,9	8,1	13,9	0,67	886	207100	1890	166800	198	1175	139	15
9	ANGICO-VERMELHO	<i>Parapiptadenia rigida</i>	0,85	3,8	8,4	14,2	0,54	542	109550	1092	92300	139	734	97	9,8
10	BRAÚNA-PRETA	<i>Melanoxylon brauna</i>	1,05	3,6	7,4	10,5	0,50	946	214000	1916	192500	156	1278	92	12,1
11	CABRIÚVA-PARDA	<i>Myrcarpus frondosus</i>	0,91	3,6	7,4	12,8	0,55	658	149000	1337	127000	144	800	95	10
12	CABRIÚVA-VERMELHA	<i>Myroxylon balsamum</i>	0,95	4,0	6,7	11	0,52	725	155300	1352	127800	184	1034	115	12,2
13	CANAFÍSTULA	<i>Cassia ferruginea</i>	0,87	2,7	6,0	9,7	0,50	723	172200	1029	122400	126	882	73	9,1
14	CANDEIA	<i>Mogúinea polymorpha</i>	0,75	4,0	6,8	12,6	0,45	480	92900	860	79000	-	564	71	8,3
15	CANELA-PRETA	<i>Aerodioridium sp</i>	0,99	6,0	9,8	16,9	0,77	919	218200	1837	213900	162	1019	88	10,9
16	CANJERANA	<i>Cabralea cangerana</i>	0,67	3,60	7,0	11,6	0,46	520	116000	895	95600	107	556	66	7,3
17	CAOVI	<i>Piptadenia sp</i>	0,75	4,6	8,4	14,0	0,56	600	153500	1114	127300	138	658	69	8,9
18	CARNE-DE-VACA	<i>Vantanea sp</i>	0,96	8,0	12,5	22,2	0,81	829	216000	1622	190700	150	848	88	10,8
19	CAVIÚNA	<i>Machaerium sclerozyton</i>	0,88	2,9	6,7	10,6	0,52	617	125100	1244	94100	137	682	92	9,9
20	COPAÍBA	<i>Copaifera cf. langsdorffii</i>	0,70	4,1	6,7	11,5	0,49	504	109450	1028	97800	102	433	69	7,75
21	CORAÇÃO-DE-NEGRO	<i>Pocillonis parviflora</i>	0,99	4,0	8,0	14,4	0,60	743	142600	1396	127900	167	1223	101	12,7
22	CUMARU	<i>Dipteryx odorata</i>	1,09	5,3	8,2	13,6	-	961	196870	1818	189130	145	998	76	11,3
23	CUMBARU	<i>Dipteryx alata</i>	1,10	4,9	7,3	12,5	0,61	856	155700	1530	137000	171	1191	103	12,6
24	CUPIÚBA	<i>Coupiá glabra</i>	0,87	4,8	9,1	16,1	0,62	685	174800	1245	139600	124	639	69	9,4
25	FAVA-DE-ROSCA	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	0,79	2,8	9,1	14,1	0,57	523	149600	1153	126300	146	703	104	13,7
26	FAVEIRO	<i>Pterodon pubescens</i>	0,94	3,5	6,8	12,0	0,63	756	164600	1368	130400	135	963	96	10,6
27	FREIJÓ	<i>Cordia goeldiana</i>	0,59	3,2	6,7	9,1	0,48	470	149200	955	113200	85	401	43	5,6
28	GARAPA	<i>Apuleia leiocarpa</i>	0,83	4,4	8,5	14,0	0,55	554	147450	1278	143850	130	740	98	11,1
29	GIBATÃO	<i>Astronium graveolens</i>	0,97	4,3	8,0	13,4	0,57	814	168400	1549	172200	123	834	81	9,4
30	GONÇALO-ALVES	<i>Astronium macrocalyx</i>	1,07	5,9	9,3	17,6	0,65	697	187200	1191	134300	147	933	97	16,0
31	GUAIUVIRA	<i>Patagonula americana</i>	0,78	4,3	8,2	13,2	0,59	549	127800	1360	110500	177	670	110	14,0
32	GUARAJUBA	<i>Terminalia sp</i>	0,90	4,3	8,7	15,1	0,55	606	145400	1157	124300	138	723	90	10,2
33	GUARANTÁ	<i>Esmebeckia leiocarpa</i>	0,96	4,9	10,5	16,8	0,73	796	202500	1693	169800	191	1027	128	16,4
34	GUARUCAIA	<i>Paltothorum vogelianum</i>	0,80	3,7	7,9	12,5	0,50	508	123300	890	99800	131	689	61	8,0
35	GUATAMBU-PEROBA	<i>Aspidosperma populifolium</i>	0,82	5,5	9,6	16,5	0,65	710	162400	1363	130400	148	770	95	10

AGUANO = MOGNO
AMOREIRA = TAIÚVA
ANANI = PITÁ-DE-LAGOA
BÁLSAMO = CABRIÚVA-VERMELHA

BARU = CUMBARU
CAMBARÁ = CANDEIA
GUAPIAPUNHA = GARAPA
GUAÍCARA = SUCUPIRA-AMARELA

MUTTO PESADA
PESADA
MODERADAMENTE PESADA
LEVE

Folha 1 de 2

Figura 111: características das madeiras brasileiras adequadas a produção de esquadrias

Nº	MADEIRAS INDICADAS PARA ESQUADRIAS		Propriedades Físicas				Propriedades Mecânicas								
			Massa Específica apar. Densidade - 15 % umid. g/cm³	Contrações (%)				Compressão (kgf/cm²) madeira 15% umidade	Módulo de Elasticidade Compressão (kgf/cm²) madeira verde	Flexão estática (kgf/cm²) madeira 15% umidade	Módulo de Elasticidade Flexão Estática (kgf/cm²) madeira verde	Cisalhamento (kgf/cm²) madeira verde	Dureza Janka (kgf) madeira verde	Tração normal às fibras madeira verde	Resistência à tração madeira verde
	RADIAL	TANGENCIAL		VOLUMÉTRICA	Coefficiente de Retorção de Vol.										
	NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO													
36	IMBUÍA	<i>Ocotea parosa</i>	0,65	2,7	6,3	9,8	0,40	450	90000	934	78900	98	436	68	7,1
37	IPÊ-PARDO	<i>Tabebuia ochracea</i>	1,01	4,0	5,9	10,9	0,55	845	184100	1637	156000	157	1102	113	11,3
38	IPÊ-ROXO	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	0,96	4,3	7,2	11,4	0,54	745	199000	1632	165000	145	885	100	10,2
39	ITÁUBA-PRETA	<i>Mezilaurus itauba</i>	0,96	2,3	6,7	12,1	0,51	697	167100	1290	147900	123	656	110	12,3
40	JACARANDÁ-PAULISTA	<i>Machaerium villosum</i>	0,85	2,9	6,9	11,2	0,50	561	129000	1196	110900	135	810	107	11,3
41	JATOBÁ	<i>Hymenaea stilloocarpa</i>	0,96	3,1	7,2	10,7	0,54	838	180400	1548	151300	178	1140	134	15,1
42	LEITEIRO	<i>Chusquea sp</i>	0,84	4,5	9,1	15,4	0,58	528	137300	1131	117300	118	584	100	10,0
43	LOURO-PARDO	<i>Cordia trichatoma</i>	0,78	4,6	7,5	12,9	0,55	656	172950	1410	135800	103	463	67	8,6
44	LOURO-PRETO	<i>Ocotea sp</i>	0,63	2,6	6,6	10,6	0,48	389	-	802	-	-	-	-	-
45	LOURO-VERMELHO	<i>Neolandra rubra</i>	0,77	4,0	10,0	15,9	0,58	505	164800	957	102300	87	314	70	8,3
46	MAÇURÃ	<i>Vantanea sp</i>	0,85	5,3	11,8	18,6	0,67	648	152300	1278	134600	132	675	83	11,5
47	MOGNO	<i>Swietenia macrophylla</i>	0,63	3,2	4,5	8,6	0,39	547	108700	924	92900	111	504	61	7,1
48	MURACATIARA	<i>Astronium leocoides</i>	0,77	3,33	6,28	11,19	0,49	-	-	-	125460	134	789	105,3	12,1
49	MURICI	<i>Byrsonima sp</i>	0,78	4,4	9,7	16,0	0,57	463	111800	828	87800	118	623	89	9,5
50	OITICICA-AMARELA	<i>Clarisia racemosa</i>	0,56	2,2	4,4	7,3	0,40	460	117400	819	81200	100	493	59	6,2
51	PAU-CEPILHO	<i>Vantanea sp</i>	0,91	6,9	11,8	20,4	0,70	745	177700	1437	141500	148	789	98	11,9
52	PAU-ROXO	<i>Peltogyne recifensis</i>	1,13	4,4	7,9	14,4	0,69	1025	200400	1841	152400	206	1401	97	14,1
53	PELADA	<i>Terminalia januarensis</i>	0,79	4,0	8,0	12,2	0,58	632	141900	1225	123600	117	666	71	8,5
54	PEQUIÁ	<i>Aspidosperma sp</i>	0,83	5,4	8,9	15,9	0,68	683	162600	1313	144800	158	927	91	10,3
55	PEROBA-ROSA	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	0,79	4,0	7,8	13,1	0,57	555	119700	1058	94300	121	691	83	9,4
56	PINDABUNA	<i>Duguetia lanceolata</i>	0,90	3,6	11,3	15,6	0,45	685	188200	1500	148500	151	857	97	13,0
57	PINHO-DO-PARANÁ	<i>Araucaria angustifolia</i>	0,55	4,0	7,8	13,2	0,52	422	137800	873	109300	68	274	35	4,5
58	PIQUIARANA	<i>Caryocar glabrum</i>	0,81	3,9	8,0	14,3	0,58	610	176600	1147	139000	121	530	81	9,3
59	PIQUI-VINAGREIRO	<i>Caryocar barbinerve</i>	0,85	5,7	13,0	21,1	0,59	503	127900	1056	135200	103	497	52	7,4
60	PITIÁ-DE-LAGOA	<i>Symplocos globulifera</i>	0,74	4,2	9,0	17,3	0,70	502	165600	1170	124500	96	425	27	6,2
61	PITOMBA-PRETA	<i>Zollernia filicata</i>	1,06	5,8	12,2	20,3	0,85	849	221900	1696	124500	160	1199	101	13,0
62	SACAMBU	<i>Platymiscium floribundum</i>	0,89	3,9	7,2	11,2	0,53	629	169800	1176	130500	132	789	63	7,5
63	SAPUCAIA-VERMELHA	<i>Lecythis pisonis</i>	0,88	3,9	8,6	14,1	0,55	547	125500	1211	90500	123	687	95	11
64	SUCUPIRA	<i>Boudieria nitida</i>	0,94	5,6	8,38	15,1	0,74	-	163761	-	163760	139	973	75	11,3
65	SUCUPIRA-AÇU	<i>Diploptropis incensis</i>	0,80	4,4	5,6	10,2	0,60	750	126500	1476	141900	119	787	53,9	7,0
66	SUCUPIRA-AMARELA	<i>Ferreiraia spectabilis</i>	0,99	4,1	7,0	12,8	0,63	759	179600	1418	148500	150	922	79	9,3
67	SUCUPIRA-PRETA	<i>Boudieria virgilioides</i>	0,91	5,4	8,4	15,5	0,71	814	202800	1441	160400	124	847	92	10,2
68	TAIÚVA	<i>Chlorophora tinctoria</i>	0,88	2,3	4,3	7,2	0,44	842	155300	1523	135000	168	1038	114	13,0
69	TATAJUBA	<i>Bagassa guianensis</i>	0,82	5,5	7,1	11,4	-	813	176456	1409	161690	117	735	46	8,6
70	VINHÁTICO	<i>Plathymenia foliolosa</i>	0,50	2,1	4,7	7,7	0,34	328	88300	694	74400	83	276	48	6,2

GUARIÚBA = OITICICA-AMARELA

JATAÍ = JATOBÁ

MUITO PESADA

IPÊ-UNA = IPÊ-ROXO

PITIÁ = PEQUIÁ

PESADA

JACARANDÁ-DO-LITORAL = SACAMBU

SUCUPIRA-PARDA = SUCUPIRA-PRETA

MODERADAMENTE PESADA

JACARANDÁ-PARDO = JACARANDÁ-PAULISTA

LEVE

Folha 2 de 2

Figura 111: caracterização de madeiras brasileiras adequadas à produção de esquadrias

**ANEXO B – ESPECIFICAÇÃO DOS VIDROS PARA
ESQUADRIAS EM MADEIRA**

ESPECIFICAÇÃO DOS VIDROS PARA ESQUADRIAS EM MADEIRA	
CLASSIFICAÇÃO	TIPO: DESCRIÇÃO E CARACTERÍSTICAS
Quanto ao TIPO	Recozido: aquele que, após sua saída do forno, é submetido a um tratamento controlado, com a finalidade de liberar tensões.
	De Segurança: aquele que, quando fraturado, produz fragmentos menos suscetíveis de causar ferimento.
	Temperado: submetido a um tratamento através do qual introduzem-se tensões conferindo ao vidro aumento de resistência mecânica e ao choque térmico. Este vidro, após tratamento, não pode ser cortado nem laborado.
	Laminado (simples ou múltiplo): manufaturado com duas ou mais chapas de vidro firmemente unidas e alternadas com uma ou mais películas de material plástico
	Aramado: é formado por uma única chapa de vidro que contém em seu interior fios metálicos incorporados à massa Quando da fabricação
	Termoabsorvente: aquele que tem a propriedade de absorver raios infravermelhos
	Termorrefletor: aquele que tem a propriedade de refletir radiação solar
Quanto à TRANSPARÊNCIA	Composto: unidade pré-fabricada, com duas ou mais chapas de vidro, formando vazios entre as chapas paralelas, contendo em seu interior gás desidratado.
	Transparente: aquele que transmite a luz e permite a visão
	Translúcido: aquele que transmite a luz em forma difusa
Quanto ao ACABAMENTO SUPERFICIAL	Opaco: vidro destinado a revestimentos; diferente de vidro fosco
	Liso: vidro transparente que apresenta leve distorção das imagens
	“Float”: vidro transparente fabricado por processo de flutuação, permitindo visão sem distorção de imagem.
	Impresso (fantasia): aquele que é obtido através de impressão de desenho
	Fosco: vidro que recebeu processo mecânico ou químico, fazendo com que as faces percam seu brilho, tornando-as translúcidas.
	Espelhado: vidro que recebeu processo químico ou físico de aplicação de uma camada metálica, com a finalidade de permitir a reflexão de praticamente a totalidade dos raios luminosos que nela incidem.
	Gravado: aquele que é obtido através de tratamento mecânico ou químico, com a finalidade de torná-lo ornamental.
Quanto à COLORAÇÃO	Esmaltado: aquele que é obtido através da aplicação de esmalte vitrificável, com a finalidade de torná-lo ornamental.
	Incolor
Quanto à COLOCAÇÃO	Colorido
	Colocação em caixilhos
	Instalação autoportante
Quanto à LABORAÇÃO (trabalho executado nas bordas e/ou superfícies da chapa de vidro)	Instalação mista
	Furo
	Recorte
	Cava
	Estria
	Raia
	Perolado
Acabamento da borda (corte limpo; filetado ou escantilhado; lapidado chamfrado; lapidado redondo; bisotê; bisotê fábrica 45°; duplo bisotê)	

Figura 112: especificação dos vidros para esquadrias em madeira (baseado em ABNT, 1988)

GLOSSÁRIO

Alburno: parte da madeira, situada entre o câmbio e o cerne, normalmente é mais macia, de coloração mais clara, mais permeável e menos durável. A proporção do alburno varia, conforme a espécie, de 25 a 50 % de lenho

Alhete: “pequeno canal aberto nos peitoris das janelas, para favorecer o escoamento de águas pluviais.” (CORONA & LEMOS, 1998)

Alizar ou guarnição: “moldura fina, normalmente decorativa, que contorna o vão de uma porta ou janela.” 1. “moldura que envolve o remate no topo e nas laterais de uma porta ou janela.” (CHING, 1999) 2. “moldura cuja função será a de tapar a estreitíssima fenda que percorre todo o perímetro interior entre o aro e a parede, oriundo da diferença de material e forma construtiva.” (AYUSO, 1990)

Almofada: “placa retangular, por vezes saliente, que constitui a parte central da folha de uma porta; painel que forma um trecho ou área distinta na superfície de uma porta, seja reentrante, saliente ou delimitada por uma moldura.” (CHING, 1999)

Anisotropia: variação dimensional da madeira nas direções transversal e radial em desequilíbrio com os valores da retratilidade. A importância desse índice é que, quanto maior for o seu distanciamento da unidade, mais propensa é a madeira de fendilhar e empenar

Astrágalo: “moldura afixada a uma ou ambas as couceiras de junção de uma porta de duas folhas para evitar correntes de ar ou a passagem de luz, ruídos ou fumaça.” (CHING, 1999)

Baguete: “perfil utilizado para a fixação do vidro ou de painéis nos quadros fixos, folhas móveis, geralmente encaixados por meios mecânicos nos perfis das folhas ou quadros, podendo ser removidos para a troca de vidros.” (ABCI, 1991)

Batente: o mesmo que marco, constituído de duas ombreiras, uma verga e um peitoril ou soleira. Pode ser considerado o rebaixo na ombreira onde se encaixa a folha de uma porta ou janela de abrir

Batente ajustável: “batente com travessas e montantes bipartidos, que permite sua instalação em paredes de diferentes espessuras.” (CHING, 1999)

Cerne ou durame: núcleo inativo mais antigo e rijo de uma árvore, constituído de tecido morto, sem seiva, amido ou açúcar, normalmente mais escuro, denso e durável do que o alburno que o envolve. O cerne tem maior densidade, compacidade, resistência mecânica e durabilidade, pois, não é atrativo aos insetos e outros agentes de deterioração

Clerestório: “parte de uma projeção vertical acima dos telhados adjacentes, provida de janelas para entrada de luz solar no interior.” (CHING, 1999)

Couceira: peças verticais dos quadros das folhas das portas, onde é fixada a dobradiça ou onde é instalada a fechadura

Eucalipto: “designação comum a arbustos ou árvores enormes, da família das mirtáceas (família de dicotiledôneas, plantas lenhosas de pequeno e grande porte), com propriedades medicinais, de folhas coriáceas (semelhante ao couro), lanceoladas (feito semelhante ao da lança), com glândulas oleíferas (que contém ou produz óleo), flores pequenas e geralmente agrupadas em umbelas (guarda-chuva), e fruto que é uma cápsula com muitas sementes de testa escura, lisa e fina. Fornecem madeira de alburno (parte periférica e mais nova da madeira do tronco das árvores) delgado, claro, de cerne cuja cor vai do amarelo ao pardo, pardo-avermelhado e vermelho, sendo mais ou menos pesado e com depósito de goma.” (FERREIRA, 1986)

Fecho retrátil: tipo de cremona utilizada em esquadrias de duas folhas de correr, cujo fechamento se dá por meio de prolongamento horizontal de uma haste, com gaxeta em borracha, encaixando-se no montante do quadro da outra folha

Gaxeta: peça de vedação de borracha fixadas em todo o perímetro das folhas, com propriedades elásticas, que ao ser pressionada, promove estanqueidade nas folhas ou rebaixos

Grã: a grã da madeira está relacionada com a orientação, tamanho e disposição das fibras em relação ao eixo longitudinal da árvore. A grã espiralada ocorre pela condução da água se dá em espiral e pode comprometer a estabilidade e resistência mecânica; com uma predisposição para o surgimento de deformações na madeira, como ondulações e rachaduras, dificultando a secagem e a trabalhabilidade nos acabamentos de superfície

Jaibro: “home dos rebaixos executados longitudinalmente nos marcos das portas ou janelas, onde estas se alojam quando fechadas.” (CORONA & LEMOS, 1998)

Janela oscila-o-batente ou ribalta: janela que apresenta duas possibilidades de funcionamento. Pode tombar ou abrir.

Lado direito: sentido de abertura de uma porta, que tem as dobradiças do lado direito e se abre para dentro do ambiente

Lado esquerdo: sentido de abertura de uma porta, que tem as dobradiças do lado esquerdo e se abre para dentro do ambiente

Mainel: peça vertical da própria esquadria, situada entre duas ou mais partes de uma janela, dividindo-a em aberturas separadas

Ombreira: peça vertical de um marco ou batente

Palheta ou tala: lâminas de madeira, que formam as venezianas, permitindo a ventilação

Pano: parte interna dos quadros das folhas, geralmente constituído por placas de vidro ou venezianas, destinado à vedação

Pinázio: peças de seção reduzida, utilizadas para subdividir ou quadricular as folhas e se destinam à sustentação de placas de vidro ou de outros tipos de panos

Porta de calha: “porta formada por um tabuado vertical, com espessura de 2 a 3,5 cm, unido por encaixe macho e fêmea, transpassado por travessas horizontais

Quadro: conjunto de peças que constituem o contorno (limite) da folha de uma esquadria. Nas janelas é composto de travessas superior e inferior e montantes. Nas portas é composto de travessas superior e inferior e couceiras

Reprojeto: projeto reformulado, com características representativas de um anteprojeto

Retratilidade: “é a propriedade que apresentam as madeiras de sofrer alterações de volume e dimensões quando seu teor de umidade varia entre o ponto de saturação ao ar e a condição de seca em estufa. Também denominada contração, inchamento ou “trabalho” das madeiras, manifesta-se a retratilidade como uma consequência da absorção de água das paredes celulósicas do tecido lenhoso.” (URIARTT, 1999)

Rodapé automático: “barra horizontal colocada na base de uma porta e que cai automaticamente quando esta se fecha, a fim de vedar o espaço entre a base e a soleira e reduzir a transmissão de som.” (CHING, 1999)

Tardós: é a superfície, da folha da porta, que fica do lado interno, isto é, onde são aplicadas as dobradiças

Travessa: perfis que constituem os elementos horizontais da folha de uma esquadria