



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

GILMAR TUMELERO

**ESTANQUEIDADE NA INTERFACE DE CONEXÃO ENTRE
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO E PAINÉIS DO SISTEMA
CONSTRUTIVO WOOD FRAME**

Londrina
2016

GILMAR TUMELERO

**ESTANQUEIDADE NA INTERFACE DE CONEXÃO ENTRE
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO E PAINÉIS DO SISTEMA
CONSTRUTIVO WOOD FRAME**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Metodologia de Projetos em Arquitetura, da Universidade Estadual de Londrina, como Requisito Parcial à obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Daniel de Melo
Moura

Londrina
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Tumelero, Gilmar.

Estanqueidade na interface de conexão entre esquadrias de alumínio e painéis do sistema construtivo wood frame / Gilmar Tumelero. - Londrina, 2016.
144 f. : il.

Orientador: Jorge Daniel de Melo Moura.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Esquadria - Tese. 2. Construção civil - Tese. 3. Estruturas De alumínio - Tese. I. Moura, Jorge Daniel de Melo . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Estudos Sociais Aplicados. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

GILMAR TUMELERO

**ESTANQUEIDADE NA INTERFACE DE CONEXÃO ENTRE
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO E PAINÉIS DO SISTEMA
CONSTRUTIVO WOOD FRAME**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Metodologia de Projetos em Arquitetura, da Universidade Estadual de Londrina, como Requisito Parcial à obtenção do Título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador : Prof. Dr. Jorge Daniel de Melo
Moura
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dra. Vera da Conceição Fernandes
Hachich
Tecnologia de Sistemas em Engenharia - Tesis

Prof. Dr. Ricardo Dias Silva
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Prof. Dr. Sidnei Junior Guadanhim
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 26 de Fevereiro de 2016.

*A Deus:
Maira (esposa)
Iara e Tiago (filhos)*

AGRADECIMENTOS

Dedico meus sinceros agradecimentos àqueles que muito me ajudaram para concluir este trabalho. Com certeza essas pessoas tornaram a realização deste trabalho uma tarefa prazerosa.

TUMELERO, Gilmar. **Estanqueidade na Interface de Conexão entre Esquadrias de Alumínio e Painéis do Sistema Construtivo Wood Frame**. 2016. 144f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa Associado de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UEL/UEM, Londrina, 2016.

RESUMO

A presente dissertação trata da utilização de esquadrias de alumínio no sistema construtivo *wood frame*: Estudo da estanqueidade na interface de conexão. Concentra-se na compreensão do comportamento da interface dos elementos, esquadria x painel, considerando as etapas: Escolha dos sistemas construtivos, desenvolvimento de produto e aplicabilidade na construção civil. O estudo tem como objetivo a elaboração de um método de análise da estanqueidade da interface entre a esquadria e o painel, com foco na melhoria da qualidade do sistema. O problema de estanqueidade na interface está associado a diferentes características dos elementos construtivos envolvidos, sua composição e técnicas de execução. Desta forma busca-se avaliar a composição da interface entre o painel e a esquadria, com a utilização de um marco perimetral, que possibilite a junção dos dois elementos construtivos em um bloco único. O método adotado constitui-se na elaboração de protótipos dos três elementos distintos: painel de *wood frame*, marco perimetral e a esquadria de alumínio. Todo o conjunto foi submetido à ensaio de estanqueidade. O estudo se alinhou com as normas vigentes e a literatura pertinente. Os resultados confirmaram o bom desempenho à estanqueidade da interface dos elementos.

Palavras-chave: Sistema construtivo. Interface. Estanqueidade. Esquadria. Wood Frame. Metodologia de projeto.

TUMELERO, Gilmar. **Tightness In Connecting Interface Between Aluminum Windows And System Panels Constructive Wood Frame**. 2016. 144p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa Associado de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UEL/UEM, Londrina, 2016.

ABSTRACT

This work deals with the use of aluminum frames applied in the wood frame construction system: Study of leaks in the connection interface. It focuses on the understanding of the behavior of the interface elements, window frame x panel considering the steps: Choice of the construction system product development and applicability in construction. The study aims to draw up a method for sealing the border of the interface with the panel, and the window frame, focusing on quality improvements. The problem the interface sealing is associated to different physical characteristics of materials, however old and new problems still occur. In this way we seek to assess the composition of the panel and the window, using the window frame perimeter, which enables joining of the two building components in a single block. The method adopted, constitutes the prototyping of three distinct components, wood frame panel, window perimeter frame and aluminum window. The study should comply with the current standards and the literature. An analysis was undertaken of the elements developed in this research. The results confirmed the good performance of the interface elements when submitted to testing tightness.

Keywords: Constructive system. Interface. Tightness. Windows. Wood frame. Design. Methodology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Consumo de alumínio por setor	22
Figura 2 -	Tipologia de esquadrias	25
Figura 3 -	Instalação com contramarco	29
Figura 4 -	Aplicação do contramarco na alvenaria	30
Figura 5 -	Fixação e Arremate da esquadria no contramarco	31
Figura 6 -	Instalação de esquadria sem contramarco	34
Figura 7 -	Chumbamento da esquadria na alvenaria	36
Figura 8 -	Requadramento da esquadria de aço	36
Figura 9 -	Painel de concreto armado com caixilhos	38
Figura 10 -	Esquadria posicionada dentro do painel	38
Figura 11 -	Painel de vedação com esquadria fixada	39
Figura 12 -	Fixação esquadria de PVC	40
Figura 13 -	Aplicação de espuma expansiva	41
Figura 14 -	Tarugos para fixação de esquadrias de madeira	43
Figura 15 -	Instalação de esquadrias de madeira em alvenarias	43
Figura 16 -	Fixação do marco de madeira com espuma expansiva	44
Figura 17 -	Aplicação da membrana na interface parede x esquadria	45
Figura 18 -	Aplicação da membrana na interface parede x esquadria	46
Figura 19 -	Mapa das regiões de velocidade do vento	48
Figura 20 -	Infiltração interface parede x esquadria	56
Figura 21 -	Infiltração pela base do contramarco	57
Figura 22 -	Falha de chumbamento do contramarco.....	57
Figura 23 -	Falha do preenchimento no requadro	58
Figura 24 -	Rachadura na parede.....	59
Figura 25 -	Infiltração na base da esquadria provocou oxidação	60
Figura 26 -	Apodrecimento da estrutura de madeira	61
Figura 27 -	Proposta de componente para interface janela / alvenaria (vista 3d).....	62
Figura 28 -	Componente aplicado em parede de bloco cerâmico	63
Figura 29 -	Uso de vedante de silicone em esquadrias	66
Figura 30 -	Aplicação de vedante de silicone no corte do perfil	67
Figura 31 -	Aplicação de vedante de silicone estrutural	68

Figura 32 -	Aplicação de selante de poliuretano na interface da parede	68
Figura 33 -	Projeto e protótipo inicial	71
Figura 34 -	Protótipo 01 - estudo de instalação	72
Figura 35 -	Projeto do painel wood frame	74
Figura 36 -	Modelo janela duas folhas de correr em alumínio	77
Figura 37 -	Detalhes de caixilharia, projeto Hospital Israelita Albert Einstein de Rino Levi	78
Figura 38 -	Volumetria do marco perimetral	79
Figura 39 -	Projeto do marco perimetral	80
Figura 40 -	Detalhe em corte superior do marco perimetral	82
Figura 41 -	Peças de madeira e marcação.....	83
Figura 42 -	Fixação das peças de madeira	83
Figura 43 -	Montagem parcial da estrutura.....	84
Figura 44 -	Montagem total da estrutura	84
Figura 45 -	Painel OSB.....	85
Figura 46 -	Fixação das chapas de OSB.....	85
Figura 47 -	Painel	86
Figura 48 -	Marco perimetral	86
Figura 49 -	Instalação do Marco perimetral no painel.....	87
Figura 50 -	Rebaixo sobre a chapa OSB.....	88
Figura 51 -	Fixação do marco perimetral.....	88
Figura 52 -	Instalação do Marco perimetral	89
Figura 53 -	Aplicação da fita dupla face	89
Figura 54 -	Corte da membrana	90
Figura 55 -	Aplicação da membrana.....	90
Figura 56 -	Colagem da membrana	91
Figura 57 -	Acabamentos das bordas.....	91
Figura 58 -	Preparo da placa cimentícia	92
Figura 59 -	Aplicação de silicone.....	92
Figura 60 -	Fixação da placa cimentícia	93
Figura 61 -	Acabamento no painel	93
Figura 62 -	Painel Acabado com Marco perimetral	94
Figura 63 -	Protótipo da esquadria	95
Figura 64 -	Aplicação do tarucel na esquadria	96

Figura 65 - Instalação da esquadria	97
Figura 66 - Encaixe total da esquadria no vão	97
Figura 67 - Aplicação de vedante na aba interna do marco perimetral	98
Figura 68- Posicionamento da esquadria dentro do vão	98
Figura 69 - Fixação da esquadria no marco perimetral	99
Figura 70 - Acabamento externo	100
Figura 71 - Painel acabado	100
Figura 72 - Câmara de teste.....	102
Figura 73 - Preparação do painel no pórtico	103
Figura 74 - Acoplamento do pórtico à câmara.....	103
Figura 75 - Painel em teste	105
Figura 76 - Infiltração de água.....	106
Figura 77 - Infiltração de água: detalhe 2	107
Figura 78 - Painel com teste finalizado	108
Figura 79 - Retirada da placa cimentícia	110
Figura 80 - Falha na membrana aluminizada (detalhe)	111
Figura 81 - Retirada parcial da membrana	112
Figura 82 - Ponto de infiltração	113
Figura 83 - Aplicação da membrana no perímetro do vão da esquadria.....	114
Figura 84 - Projeto do painel wood frame com rebaixo do encaixe da aba	115
Figura 85 - Remoção de componentes	116
Figura 86 - Painel com os componentes removidos	117
Figura 87 - Limpeza dos componentes	117
Figura 88 - Aplicação da membrana hidrófuga	118
Figura 89 - Detalhes de aplicação da membrana.....	119
Figura 90 - Inserção do marco perimetral	120
Figura 91 - Aplicação de fita adesiva	121
Figura 92 - Aplicação da placa cimentícia e instalação da esquadria de alumínio.....	121
Figura 93 - Painel finalizado	122
Figura 94 - Painel instalado no pórtico da câmara de teste	123
Figura 95 - Infiltração de água no trilho inferior da esquadria	123
Figura 96 - Painel pós-teste	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Valores e pressão do vento por regiões	49
Tabela 2 -	Pressão de ensaio de estanqueidade à água	50
Tabela 3 -	Valores mínimos para o fator estático “S ³ ”	53
Tabela 4 -	Dimensões do conjunto finalizado do protótipo	73
Tabela 5 -	Tabela de parâmetros de pressão e tempo.....	104
Tabela 6 -	Dados de ocorrência no teste de estanqueidade	109
Tabela 7-	Tabela de Cálculos.....	125
Tabela 8 -	Tabela de ocorrências, comparativo entre os testes	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFEAL	Associação de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio
ABAL	Associação Brasileira do Alumínio
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PSQ	Programa Setorial da Qualidade
ITC	Inteligência Empresarial da Construção
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
OSB	<i>Oriented Strand Board</i> , significa Painel de Tiras de <i>Madeira Orientadas</i>
ITEC	Instituto Tecnológico da Construção Civil
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
	JUSTIFICATIVA	16
	OBJETIVOS	17
	METODOLOGIA DE PESQUISA	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	O USO DO ALUMÍNIO PARA CAIXILHARIA	19
2.2	FATORES DE UTILIZAÇÃO DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO NAS EDIFICAÇÕES	24
2.3	ESQUADRIAS E A CONSTRUÇÃO A SECO, CASO DO WOOD FRAME	28
2.4	INTERFACE, PAREDE X ESQUADRIAS	29
2.4.1	ESQUADRIAS DE AÇO:	35
2.4.2	ESQUADRIAS DE PVC:	40
2.4.3	ESQUADRIAS DE MADEIRA:	42
2.5	NORMALIZAÇÃO	46
2.5.1	NORMA NBR10821 – CAIXILHOS PARA EDIFICAÇÕES	47
2.5.2	NORMA NBR6123 – FORÇAS DEVIDAS DO VENTO	50
2.5.3	NORMA NBR15575 – DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES	53
2.6	MANIFESTAÇÕES DE PATOLOGIAS NAS INTERFACES E ESQUADRIAS	54
2.6.1	AUSÊNCIA DE CONTRAMARCO	55
2.6.2	CONTRAMARCO COM FALHA NO PREENCHIMENTO	56
2.6.3	ESQUADRIAS COM FALHAS NA ALVENARIA	58
2.6.4	INSTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES	58
2.6.5	VERGAS E CONTRAVERGAS	59
2.6.6	ESQUADRIA DE AÇO	60
2.6.7	ESQUADRIA EM MADEIRA	61
2.7	RECOMENDAÇÕES CONSTRUTIVAS PARA INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO NAS EDIFICAÇÕES	63
2.8	MATERIAIS COMPLEMENTARES À INTERFACE	64
	SÍNTESE	69

3	MÉTODOS E MATERIAIS	71
3.1	DEFINIÇÃO DO PROTÓTIPO DO PAINEL DE <i>WOOD FRAME</i>	73
3.2	DEFINIÇÃO DO PROTÓTIPO DA ESQUADRIA DE ALUMÍNIO	76
3.3	CONSTRUÇÃO DO PAINEL <i>WOOD FRAME</i>	82
3.4	INSTALAÇÃO DA ESQUADRIA NO PAINEL <i>WOOD FRAME</i>	95
3.5	MÉTODOS DE ENSAIO A ESTANQUEIDADE DE ÁGUA	101
4	RESULTADOS	105
4.1	Primeiro Ensaio	105
4.2	Segundo Ensaio	113
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
	REFERÊNCIAS	130
	ANEXOS	133
Anexo 01	133
Anexo 02	136
Anexo 03	138
Anexo 04	139

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos o cenário da construção civil vem se transformando, atingindo patamares cada vez mais elevados de qualidade. Assim, no geral desta evolução, a inovação tecnológica de uso de materiais e técnicas construtivas tem se mostrado essencial para suprir demandas atuais. O processo de evolução da tecnologia está cada vez mais intenso e rápido, englobando todo o setor.

Independentemente da atividade desenvolvida, o mercado está a cada dia mais competitivo e o cliente cada vez mais exigente. Essa nova ordem preconiza de agilidade, flexibilidade, qualidade, desempenho e soluções acertadas como respostas às necessidades dos consumidores. Além disso, se torna fundamental para sobrevivência dos negócios e do setor.

A indústria da construção civil, atenta às variações do mercado, necessidades, tendências e à evolução tecnológica, apresenta constantemente participação ativa em diversos segmentos do setor, em busca de novos produtos e técnicas de qualidade.

Já no ano de 2000, Toledo et. al. afirmavam o seguinte sobre a inovação tecnológica:

A inovação tecnológica pode ser considerada, como uma estratégia competitiva para as organizações, no entanto ressaltam que, devidos aos riscos e incertezas inerentes às inovações tecnológicas, tanto trabalhadores, administradores e projetistas, oferecem resistência às inovações, além disso, o ambiente externo tem contribuído para frear os avanços tecnológicos, elas são poucas difundidas na maior parte do setor. Apenas depois de consolidada é que uma tecnologia passa a ser adotada por um número razoável de outras empresas. Estes mesmos autores destacam ainda que a natureza multidisciplinar dos projetos e a dependência do desenvolvimento de novos materiais e equipamentos para a produção constituem outro tipo de obstáculo para que as inovações sejam adotadas. (TOLEDO et al., 2000, p. 01)

Atualmente, ao mencionar a evolução tecnológica, surgem inúmeras vertentes de informações, como, por exemplo: construções sustentáveis, otimização de recursos, integração de projetos e edificações, ferramentas computacionais, materiais, logística, industrialização. Enfim, inúmeras são as abordagens para este termo, porém como Toledo (2000, pág 01) expõe, “trabalhadores, administradores e projetistas, oferecem resistência às inovações”. Contudo, faz-se necessária a aplicação de tecnologias com responsabilidade.

Tendo em vista este quadro, frente a um leque diversificado da cadeia

produtiva da indústria da construção civil, a base desta pesquisa consiste em buscar soluções técnicas para conciliar dois produtos totalmente distintos, com características específicas particulares, adequando-os as exigências solicitadas, em particular a estanqueidade.

Com base nisso, buscaram-se soluções adequadas para instalações de esquadria de alumínio nos painéis de *wood frame*, incrementando a qualidade da construção de painéis industrializados.

Atualmente o *wood frame*, (CWFHC, 2013), é um sistema construtivo formado por uma estrutura interna de peças de madeiras solidarizadas por chapas, formando o conjunto estrutural. Os painéis podem ser simples, duplos, com espessuras diferentes. As composições são inúmeras, com características individuais específicas.

Conforme diretriz do SINAT nº005, “sistema construtivo cuja principal característica é ser estruturado por peças de madeira maciça serrada com fechamento em chapas delgadas”.

Os painéis de madeira, de modo geral, são caracterizados como sistemas construtivos leves e de fácil trabalhabilidade, tendo em vista que a composição é essencialmente de madeira, o que os tornam suscetíveis a deterioração biológica em contato com a umidade. Desta forma, é necessária a proposição de soluções de isolamento do painel das fontes de umidades.

As esquadrias de alumínio são amplamente difundidas no setor da construção civil. Elas carregam consigo uma série de pontos positivos que engrandecem o seu potencial de uso. Além de proporcionar iluminação e ventilação, também têm função fundamental de vedação, apresentando diversidade nos desenhos para atender requisitos específicos.

Para Reis (2011, p.22); “é imprescindível que os produtos destinados a este segmento apresentem certificação de desempenho, visando garantir a qualidade da edificação como um todo, bem como ampliar a sua própria competitividade dentro do setor”.

Logo, há a necessidade do estabelecimento de requisitos básicos de funcionamento das edificações e soluções adequadas às obras e aos usuários. Os requisitos são modificados e adaptados com maior frequência, de modo a buscar continuamente melhorias ao produto final.

Reis (2006, p.18) acrescenta que “[...] os profissionais da construção civil, por

sua vez, precisam desenvolver e ampliar o conhecimento sobre os materiais, as técnicas e tecnologias, de modo a promover a racionalidade de seu uso”.

Um dos fatores que tem contribuído para a baixa qualidade, retrabalhos e rejeitos nas edificações é a falta de conhecimento por parte dos profissionais sobre os materiais e, como consequência, a falta de domínio das técnicas de aplicação.

Embora os elementos deste estudo apresentem propriedades físicas totalmente diferentes, busca-se melhorar o desempenho do sistema, o que irá contribuir para a aceitação desta tecnologia nas edificações em que ele for especificado.

Destaca-se a importância da exploração e dos avanços de técnicas construtivas a fim de propor soluções apropriadas para o uso de esquadrias de alumínio no sistema construtivo de painéis de *wood frame*.

Desta forma, propõe-se o estudo da integração dos dois subsistemas: painéis de *wood frame* e esquadrias de alumínio. Os primeiros são compostos por madeiras provenientes de florestas plantadas, comercialmente disseminadas. Enquanto as últimas, já têm o mercado consolidado e suas propriedades de durabilidade prolongada, as quais favorecem sua utilização.

JUSTIFICATIVA

A construção em madeira no Brasil, diferentemente do resto do mundo, ainda carece de soluções adequadas para interface de seus subsistemas. O sistema *wood frame* tem sido introduzido no país de forma maior e mais importante, contudo ainda não existe um repertório de componentes nacionais que sejam desenhados para uso específico neste sistema. A utilização de esquadrias comerciais por exemplo, traz um desafio quando aplicadas em painéis de *wood frame*. Sobretudo no que diz respeito à estanqueidade entre dois elementos com características diferentes, o estudo do comportamento da interface passa a ser um requisito primordial para o sucesso e a disseminação do sistema.

Componentes para esta interface existem no mercado, entretanto ao se tratar de esquadrias de alumínio aplicadas em painéis de *wood frame* especificamente, os componentes são adaptados e, para este caso, nem sempre apresentando bom desempenho. O estudo mais aprofundado da questão pode contribuir para corrigir problemas e gerar diretrizes a novos projetos de elementos. Além disso, podem-se

analisar falhas dos sistemas construtivos existentes, propor-se recomendações técnicas de modo a minimizar e ou se eliminar os problemas gerados na região de entorno às esquadrias. As infiltrações podem trazer manifestações patológicas que vão comprometer a vida útil dos materiais que compõem o painel. Elas podem causar: apodrecimento das peças estruturais ao longo dos anos, oxidação dos fixadores metálicos, afastamento entre as juntas de estanqueidade, inchamento das placas de superfície, retenção de umidade na face interna da membrana de impermeabilização, comprometimento da qualidade dos acabamentos (gesso, pintura, textura), aparecimento de fungos, com prejuízos materiais e à saúde dos usuários.

Portanto é fundamental o desenvolvimento de estudo visando compreender o problema de estanqueidade na interface das esquadrias de alumínio com os painéis de *wood frame*.

A inserção de um elemento de junção na interface esquadria/parede é uma forma de possibilitar o uso destes dois componentes e, conseqüentemente, resolver as manifestações patológicas contribuindo para a ampliação do uso deste sistema construtivo.

Esta pesquisa pretende trazer contribuição acerca do problema, desenvolvendo metodologia de abordagem da questão.

OBJETIVOS

Tem-se como objetivos para esta pesquisa:

Geral:

Desenvolver um método de estudo da estanqueidade na interface entre a esquadria x painel, neste caso, o sistema construtivo de esquadria de alumínio e painel de wood frame, cujo foco é suprimir as manifestações patológicas e listar recomendações técnicas de forma a melhorar a qualidade das edificações.

Específicos:

Identificar as causas relativas às infiltrações pertinentes ao entorno da interface da esquadria / paredes.

Elaboração de projetos e apontar soluções técnicas de modo a definir as especificações dos insumos, modo de execução, aplicação e avaliação do sistema proposto.

Desenvolver recomendações técnicas, capazes de comprovar e validar a estanqueidade e o desenvolvimento tecnológico do sistema wood frame.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Inicialmente a pesquisa foi conduzida pela revisão bibliográfica, possibilitando o aprofundamento do tema.

Em paralelo à revisão bibliográfica, foi gerado o primeiro esboço de projeto, e o primeiro protótipo.

Após a avaliação prévia do primeiro esboço de projeto e do primeiro protótipo, foi desenvolvido um novo projeto e um novo protótipo. Desta forma foram realizadas:

- Definição e projeto do painel de *wood frame*.
- Projeto do elemento de conexão entre painel e esquadria, denominado marco perimetral.

- Definição da esquadria de alumínio a ser utilizada.

Tendo em mãos todos os projetos, foi feita a execução do painel, cuja etapas foram:

- Construção do painel de *wood frame*.
- Execução do marco perimetral.
- A esquadrias de alumínio é modelo usual da empresa que forneceu, (cod: INV-JCR200).

Em seguida, foram feitas as montagens das partes, formando um elemento único. Para tal, fez-se:

- Instalação do marco perimetral no vão luz do painel, (vão luz é a abertura no painel destinado à instalação da esquadria).

- Instalação da esquadria no interior do marco perimetral.

O estudo teve como sequência:

- Ensaio de laboratório.
- Análise dos dados.
- Reprojeto dos elementos.
- Reensaio de laboratório.
- Recomendação para aplicação em edificações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada a revisão bibliográfica, abrangendo assuntos relacionados ao tema esquadrias de alumínio e *wood frame*. Aborda principalmente a questão da estanqueidade da interface painel / esquadria, suas consequências e interferências ao longo do perímetro de seu entorno.

2.1 O USO DO ALUMÍNIO PARA CAIXILHARIA

No Brasil o setor de esquadrias de alumínio teve sua efervescência a partir da década de 90, quando se findou um período tumultuado da política, no fim do governo Collor, economicamente conhecida como “década perdida”.

Após os anos 90 acontece uma verdadeira invasão de inovações técnicas e tecnológicas oriunda dos Estados Unidos e da Europa, voltadas ao setor da construção civil. Assim se caracterizou o maior desenvolvimento voltado para esquadrias e fachadas no Brasil, disseminando-se então o uso com mais intensidade das esquadrias de alumínio, o que fez surgir várias linhas de perfis e diferentes desenhos de esquadrias.

Entretanto, o conhecimento por partes dos profissionais do setor, sobre construção e aplicação de esquadrias era precário, principalmente pela entrada de materiais de outros países. Inevitavelmente, o setor carecia de aprofundamento de conhecimento sobre o assunto, o que abriu portas para feiras e eventos, principalmente, na Itália, de onde também tecnologias foram trazidas e implantadas no país.

Neste ínterim, com a caracterização deste novo cenário de evolução tecnológica no setor da construção civil, mais ainda no setor de uso do alumínio, a mão de obra especializada tornou-se imprescindível.

Para André Schmitt (2008, p.32, in *Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia*), “o avanço da tecnologia, nos últimos 20 anos, na fabricação de esquadrias, principalmente nos sistemas de perfis de alumínio, permitiu criar soluções com a flexibilidade e a eficiência necessária ao ambiente habitável”.

O uso do alumínio para caixilharia nas edificações, no que se refere ao vão luz, requer obras, serviços e determinadas técnicas de modo, a atender aos requisitos mínimos das condições de desempenho técnico e construtivo, objetivando

a qualidade necessária para atender as necessidades dos clientes.

Para muitas das inovações vindas de fora, foi necessária a adaptação para o local, devido ao fato das características do ambiente serem diferentes.

No Brasil, o processo de produção de esquadrias era artesanal até a década de 1980, enquanto na Europa, qualquer pequena indústria já possuía máquinas avançadas para o trabalho. Houve assim a necessidade urgente de modernização do setor produtivo no Brasil.

Para o arquiteto Alberto Botti (2008, p.30, in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia), a evolução do vidro é acompanhada pela evolução nas esquadrias. “Em paralelo, as esquadrias, vêm incorporando novos materiais e tecnologias, que vão desde a sua construção até a sistemática de fixação de painéis, sejam eles de vidros ou de outros materiais...” (BOTTI, 2008, p.30).

Com base nisso, se faz necessário o aprofundamento do conhecimento dos profissionais em todas as fases do processo, desde a concepção e desenvolvimento do projeto de esquadrias, execução das caixilharias, mas também da edificação, uso e manutenção.

Argumentando sobre a qualidade profissional neste setor:

Cabe aos profissionais ligados ao projeto e a seu detalhamento a responsabilidade a fornecer os argumentos técnicos e de custos necessários para a superação deste tipo de preconceito, gerado pela má informação ou mesmo pelo desconhecimento da realidade que representam os novos materiais e tecnologias. (BOTTI, 2008,p.30, in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia)

Este componente, (esquadria de alumínio), gradativamente foi conquistando espaço no mercado, graças à atuação dos profissionais, que passaram a dar mais leveza aos projetos, diminuindo áreas de paredes opacas e inserindo aberturas.

Esta relação, vem com a evolução da arquitetura, em que os planos de vedação deixaram de ser opacos permitindo a permeabilidade visual, com vitrais, iluminação e ventilação. Essa prática define que os elementos de fechamento sejam apropriados para a função, como comentado por Reis (2011, p.21):

Verifica-se, na prática, que a predominância do vão sobre o vedado tornou frágil o desempenho técnico-constructivo do edifício. O vão substitui o vedado, razão pela qual se observa a necessidade de que os produtos destinados ao fechamento dos vãos, como é o caso das esquadrias de alumínio, apresentem técnico-constructivo compatível com as exigências técnicas

requeridas conforme as condições de cada obra.

Conforme exposição de Reis (2011), percebe-se o aumento de vão para recebimento de esquadrias e diminuição de fechamentos opacos, seja em alvenaria ou outro sistema de fechamento, exigindo assim que o produto a ser aplicado fosse adequado à vedação do vão. Para tanto é necessário que haja qualidade construtiva do requadramento do vão para receber as esquadrias.

Observa-se ao longo do tempo e principalmente nas últimas décadas, a crescente utilização do alumínio nas obras. Isso demonstra a importância das esquadrias de alumínio na cadeia produtiva da construção civil, alcançando assim destaques nos projetos arquitetônicos e abrindo novas possibilidades de uso, como é o caso de edificações com sistemas *wood frame* de construção, que será abordado mais adiante.

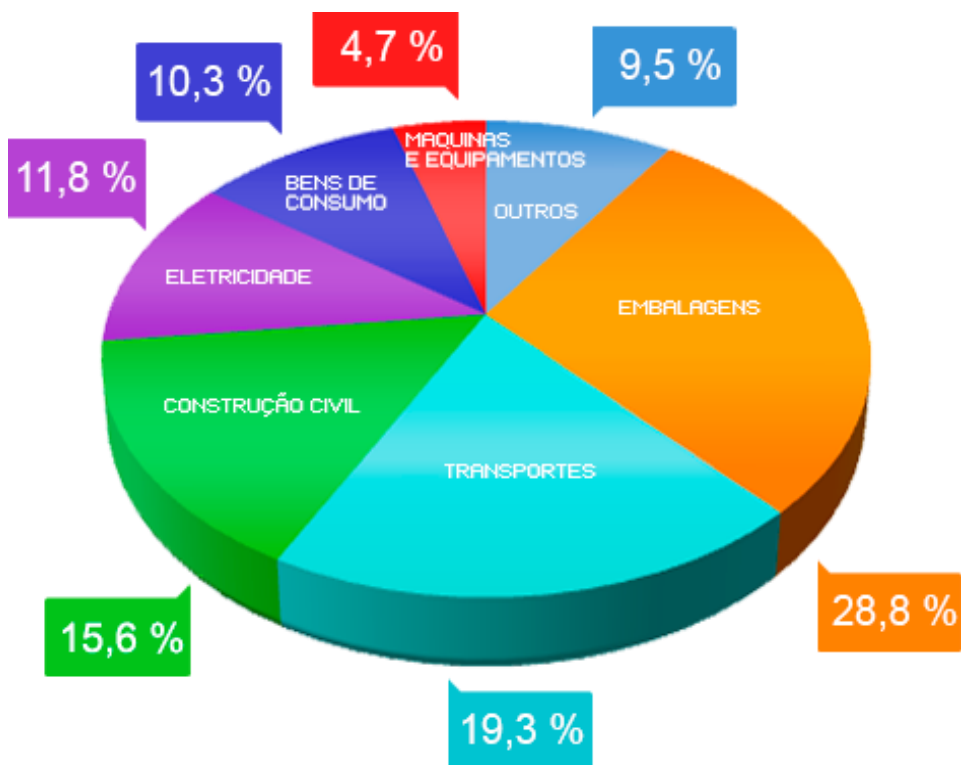
Profissionais do escritório “Andrade Moretin Arquitetos”, afirmam que:

É visível o crescimento e a evolução da indústria de esquadrias de alumínio no Brasil e, com isso, o surgimento de mais opções de sistemas e linhas, de tal sorte que, se no início só aplicávamos esquadrias de alumínio para os projetos maiores, hoje é possível projetar residências com esquadrias de alumínio. Para esses projetos especiais, o processo lembra aqueles que vivemos no início de nosso escritório, com certa experimentação e até improvisação, porém agora com o alumínio. Os resultados têm sido bastante satisfatórios, aliando liberdade de desenho a um bom desempenho técnico. (ANDRADE, 2008, p.31, in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia)

Observa-se então, que as esquadrias de alumínio atingiram várias faixas de edificações, desde residências simples de baixo custo até edifícios em altura.

Quanto ao consumo, os dados comprovam a grande utilização deste material. Ao observar o gráfico abaixo é possível identificar que, conforme dados da ABAL (2014), o setor da construção civil consome 15,6% do alumínio produzido no Brasil num montante de 1.428.000 toneladas/ano, sendo que os demais setores também contribuem direta e indiretamente para a cadeia produtiva da construção civil.

Figura 1 - Consumo de alumínio por setor



Fonte: ABAL (Associação Brasileira do Alumínio, 2014)

De acordo com a Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio (AFEAL 2014), as esquadrias de alumínio estão representando, aproximadamente, 20% do volume total de caixilhos produzidos no país, comparados com outros quatro tipos de materiais, aço, vidro temperado, madeira e PVC, além disso, apresenta características de qualidade que superam as realizadas com os demais materiais.

Observando os dados acima, nota-se que o uso do alumínio na construção civil mostra a sua consolidação no mercado. Desta forma, a especificação deste produto se torna uma decisão mais segura para os profissionais, em função da sua utilização em grande escala e em função das suas características específicas.

Dentro da cadeia produtiva da construção civil, vários são os fatores determinantes para a utilização de esquadrias de alumínio: o conhecimento técnico, custo benefício, durabilidade, leveza, trabalhabilidade, facilidade de manutenção, diversidade de tipologias, entre outros.

As alterações na tecnologia das esquadrias foram significativas, tanto em qualidade quanto na oferta diversificada. A grande variedade de perfis

disponíveis, as alterações nas vedações e arremates, cores e acabamentos, tornaram o trabalho do arquiteto mais rico e também mais minucioso. As consultorias passaram a ser indispensáveis, bem como o aprendizado permanente, por parte dos arquitetos, na busca pelas soluções mais adequadas, estética e economicamente, para cada projeto. (COUTINHO, 2008, p.33 in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia)

Conforme Coutinho (2008, p33, in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia) é possível identificar dois fatores decisivos para o uso do produto, o primeiro é a necessidade dos profissionais estarem atualizados e terem o domínio da utilização do alumínio nas esquadrias, e o segundo a qualidade do material.

Na visão dos profissionais projetistas, há carência de informações no que se refere ao conhecimento específico do alumínio, particularmente aos dados técnicos das esquadrias.

A AFEAL, em 25 anos, relata avanços tecnológicos, agilidade das soluções, globalização, voltados à construção civil.

“[...] manifestada no uso de sistemas construtivos e tecnologias que resultam em edifícios de maior qualidade. No caso das esquadrias e fachadas de alumínio, a qualidade diz respeito ao conforto que proporciona aos ocupantes da edificação...” (AFEAL, 2008, p. 11, in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia).

No Brasil, após a crise norte-americana de 2009, que teve impacto no Brasil, várias medidas foram tomadas a fim de contribuir para recuperação da economia brasileira. Entre elas destacam-se: desoneração tributária de alguns materiais de construção, ampliação dos créditos para habitação e o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Além disso, a Copa do Mundo 2014 e as Olimpíadas de 2016 favoreceram a impulsão do setor. Segundo o Jornal Estadão (2013), o crescimento no setor da construção civil devia ser de 2,8% no ano de 2014, de acordo com previsões do Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo (SINDUSCON – SP) e a Fundação Getúlio Vargas (FGV). A partir destes dados, percebe-se que este panorama influenciou diretamente a evolução dos sistemas construtivos.

Sendo assim, é possível vislumbrar a tendência do crescimento da utilização de esquadrias de alumínio no setor da construção civil, sob dois aspectos:

Primeiro, pela crescente aplicabilidade de esquadrias de alumínio nas edificações, conquistando espaço nas obras, desde as mais simples, até as mais

complexas, com resultado satisfatório de qualidade.

Segundo, houve ao longo dos anos, uma disseminação do conhecimento das características técnicas do alumínio e das esquadrias, o que, conseqüentemente, promoveu uma maior oferta e procura deste item.

2.2 FATORES DE UTILIZAÇÃO DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO NAS EDIFICAÇÕES

Inicialmente é possível identificar uma série de fatores que contribuem para a adoção das esquadrias de alumínio para as edificações, mas também há os pontos críticos que devem ser observados quando definida a utilização das mesmas.

Para algumas obras o desafio é claro: Um projeto específico, acaba tornando-se solução definitiva de uso geral. Devido às exigências de determinadas obras, os projetos específicos transformam-se em produto padrão, como portfólio das empresas.

Primeiramente, é pertinente se realizar o traçado de uma linha imaginária a respeito do processo de produção dos perfis e das principais etapas, de modo a obter maior entendimento a respeito da esquadria de alumínio.

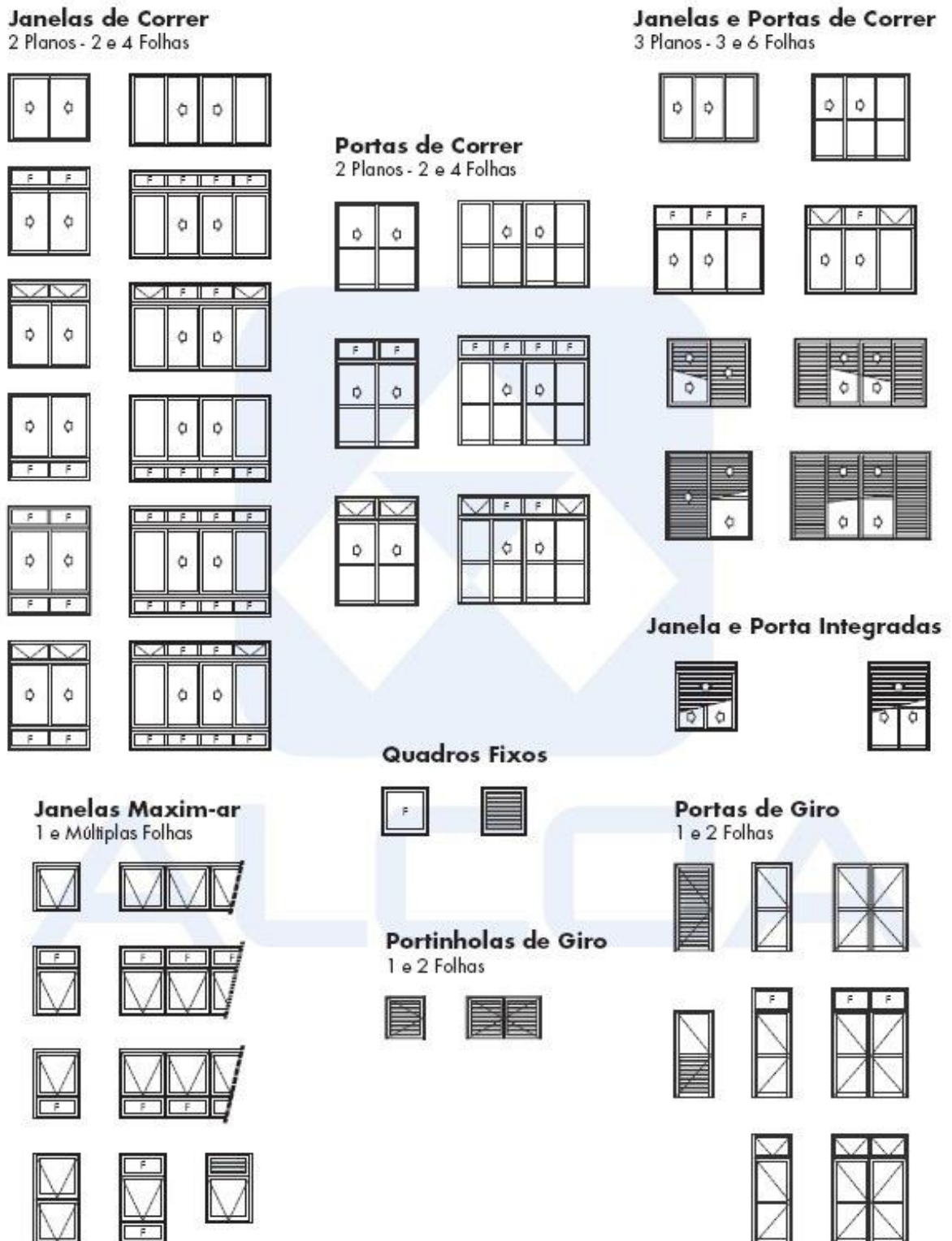
Assim, o processo, tem início com a definição da liga do material a ser utilizado para a confecção da esquadria. (exemplo: liga 1050, 1100). Conforme a liga, é possível agregar valor às esquadrias, pois sua composição traz resistência mecânica aos esforços solicitados em função de sua aplicabilidade, como janela, porta ou fachada.

Na sequência, vem a extrusão da matéria prima, transformando blocos (tarugos) em perfis. Os perfis podem apresentar seções variadas, características distintas e função específica de uso, pois são voltados a atender cada elemento que compõe uma esquadria ou fachada.

A partir daqui, os perfis são destinados à execução das esquadrias, porém antes disso, há uma etapa importante, que é a definição técnica por parte do projetista. É ele o profissional responsável pelo estabelecimento do desenho do produto final, definindo o tipo de esquadria, com as devidas características que atendam as solicitações de uso.

A figura 2, apresenta alguns desenhos tipo, mostrando a versatilidade do elemento.

Figura 2 - Tipologia de esquadrias



Fonte: Catálogo Alcoa do Brasil, Linha Inova, 2010

Para Reis (2011, p. 99), o alumínio é um material bastante versátil e que permite uma ampla utilização em diversas áreas, inclusive na construção civil. Desta forma, enaltece:

A significativa relação custo x benefício na utilização deste material, resultante da conjugação de três importantes aspectos: maior leveza, aliado a durabilidade e ao preço acessível; contribuiu para que as esquadrias de alumínio alcançassem lugar de destaque nos projetos de arquitetura dos edifícios (REIS, 2011, p.103).

Em concordância com Reis (2011), o arquiteto Carlos Bratke (2008, p.34), destaca que o alumínio vem sendo usado na construção civil há muitas décadas, sendo que sua principal aplicação é em esquadrias. Isto se dá devido a sua resistência aliada aos baixos custos de manutenção. Comprovando assim que o material apresenta uma vida útil e a baixa manutenção, Reis (2011, p.105) destaca que:

Dentre as características do alumínio que justificam seu uso na fabricação de esquadrias e diferenciam os produtos elaborados a partir desta matéria-prima destacam-se: leveza, durabilidade, comportamento estrutural, resistência a corrosão, possibilidade de transformação do material, estética apreciada, variedade de acabamentos da superfície, disponibilidade do metal, tecnologia moderna, material reciclável, competitividade da indústria do alumínio, isolamento termo acústico, vedação a água e ar, manutenção (fator de competitividade), ventilação e controle de exaustão, possibilidade de automação [...] (REIS, 2011, p.105)

Assim, o arquiteto Edison Musa (2008, p.35, in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia) elenca fatores que considera importantes para a utilização deste componente na construção civil:

Seja pela qualidade do alumínio, pela oferta de diferentes possibilidades e sistemas, seja pela integração técnica oferecida, ou ainda pela enorme variação de acabamentos e cores[...] Acredito que os atuais sistemas de esquadrias existentes no mercado atendem bem as demandas, oferecendo boa variedade de soluções, podendo-se já mudar o foco da esquadria sob medida para os sistemas modulados e industrializados, na busca de uma compatibilização de custos. (MUSA, 2008, p.35, in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia)

Depreende-se que Musa (2008, p35, in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia) confia no incremento da produtividade num sistema de industrialização de esquadrias. Enquanto Gasperini (2008, p36, in Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia), ao abordar a temática sobre a tecnologia do alumínio, crê que a resistência e a leveza são atributos que distinguem tal material dos demais. Para ele tais características são imprescindíveis nas construções contemporâneas.

Segundo o arquiteto Sérgio Roberto Parada (2008, p.40, in Esquadrias de

Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia) a utilização de esquadrias de alumínio possibilita a proposição de desenhos inovadores para as mesmas, sendo que são mantidas toda sofisticação e vedação exigidas para seu bom funcionamento.

Outro aspecto interessante sobre o emprego das esquadrias de alumínio, é o de que elas podem ser adequadas a uma ampla gama de projetos. Desde os mais simples até os mais ousados, tanto para edificações de baixo custo até edificações altamente sofisticadas, sempre com a mesma durabilidade e facilidade de manutenção.

Iizuka (2001) também elenca fatores considerados importantes ao tratar das características de esquadrias de alumínio.

Economia: dispensa lixamento, pintura, conservação periódica;
Leveza: as ligas metálicas são resistentes e de baixo peso específico, proporcionando que a esquadria confeccionada em alumínio seja 2,9 vezes mais leve que uma em aço. As esquadrias de alumínio são fáceis de assentar, transportáveis a baixo custo e aliviam a carga permanente da edificação, possibilitando a economia na estrutura;
Durabilidade: as esquadrias de alumínio anodizado são resistentes à ação do tempo, tendo durabilidade muito prolongada. Essa propriedade é particularmente importante em: regiões litorâneas, áreas industriais e grandes centros urbanos, onde o ar atmosférico é muito agressivo;
Estética: é possível produzir perfis de alumínio com formas capazes de assegurar excelentes efeitos visuais. (IIZUKA, 2001, p.18)

Além disso, outros fatores somados a estes, vêm de encontro ao uso adequado das esquadrias de alumínio. São: produtos certificados e normalizados visando garantir a qualidade, não somente da esquadria, mas ao conjunto todo da edificação.

O bom desempenho das esquadrias de alumínio nas habitações atende às exigências do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), por meio do Programa Setorial da Qualidade (PSQ), que possibilita a evolução das tecnologias, aumenta os padrões de produtividade e redução de custos, respondendo as exigências quanto a estanqueidade, resistência a corrosão, durabilidade e robustez.

De acordo com Reis (2011), (tabela síntese, anexos 01), quanto aos critérios de escolha das esquadrias junto às construtoras, é possível afirmar que:

- As esquadrias de alumínio tornam-se mais e mais elemento padrão, para uso nas edificações.

- Devem apresentar certificado de qualidade, obtido pela comprovação de conformidade de acordo com normas técnicas vigentes.
- Recomendável aos fabricantes que sejam submetidas a aprovação de programas de qualidade.
- Há reconhecimento da qualidade e desempenho das esquadrias pelas construtoras e usuários.
- A viabilidade econômica das edificações relacionadas no custo / benefício das esquadrias de alumínio.
- As vantagens do alumínio em relação aos demais materiais são inegáveis.
- Há grande facilidade de adaptação do sistema de esquadrias com o sistema construtivo adotado pelas construtoras.

2.3 ESQUADRIAS E A CONSTRUÇÃO A SECO, CASO DO WOOD FRAME

O *Canadian Wood-Frame House Construction* possui uma lista de verificação para selecionar os níveis de desempenho das esquadrias, que atendam aos requisitos aplicáveis de acordo com a estanqueidade, impermeabilidade e resistência ao vento. As esquadrias devem garantir que são adequadas para o clima onde estarão sendo utilizadas. Com base nisso e o foco desta pesquisa, é possível elencar dois pontos primordiais para a definição do uso de esquadrias de alumínio nos painéis de *wood frame*, que são: estanqueidade e fixação, a primeira deve proporcionar perfeita estabilidade a esquadria e a segunda diz respeito a resistência à ação dos ventos.

CMHC (2013) sobre as edificações de *wood frame*, estabelece características qualitativas, a fim de garantir o perfeito funcionamento das esquadrias, além de estabelecer fatores de desempenho. São eles: custo, garantia, desempenho energético, coeficiente de ganho de calor solar, adequadas a cargas climáticas locais (estanqueidade, impermeabilidade e resistência ao vento) e resistente ao arrombamento. Na mesma norma são estabelecidos outros fatores para as diretrizes construtivas para a instalação das esquadrias. O enquadramento do vão deve estar acabado e a cobertura concluída. As esquadrias devem chegar na obra somente em tempo de instalação a fim de evitar armazenamento longo no local. Caso entregues no início da obra, deve-se obedecer às recomendações de armazenamento com segurança, em posição vertical, em nível, em ambiente seco,

embaladas e rotuladas, livres de qualquer agente que cause danos. Antes de iniciar a instalação é necessário rever as instruções do fabricante, materiais e ferramentas adequadas.

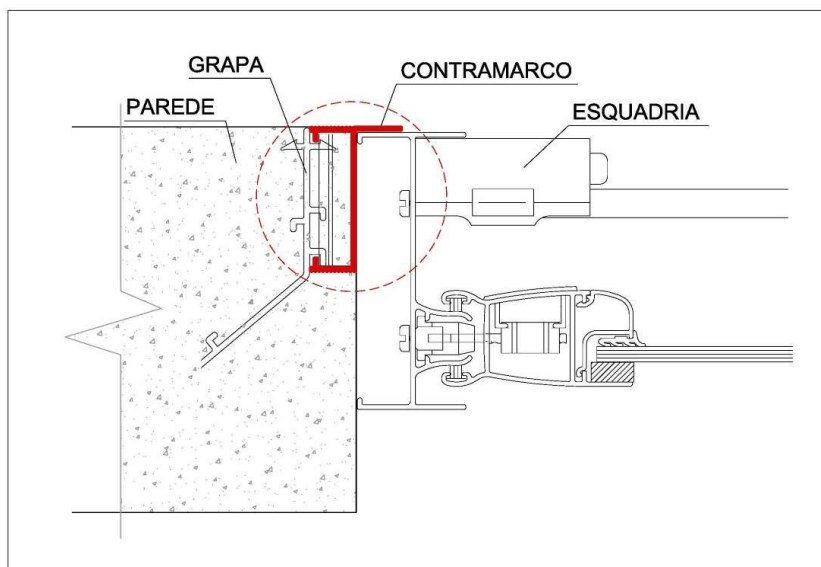
Em contrapartida, para a boa instalação da esquadria, é necessário ter cumprido algumas etapas que a precedem. Além disso, deve-se aplicar a membrana de revestimento impermeável de modo a formar um plano de proteção ao longo do perímetro da esquadria. Posteriormente a estes processos, inicia-se a instalação, com o posicionamento da esquadria em nível e prumo dentro do vão luz. A instalação de modo incorreto pode resultar em problemas. Para isso é fundamental selarem-se as bordas de modo a dar estanqueidade e permitir o escoamento da água. O isolamento ao ar igualmente se faz necessário para manter a conservação de energia de dentro da edificação.

2.4 INTERFACE, PAREDE X ESQUADRIAS

Há diferentes sistemas de aplicação de esquadrias nas edificações. A seguir algumas práticas adotadas na construção civil serão apresentadas. Nas figuras que se seguem, serão comparados as aplicações em varios de esquadrias.

Atualmente no Brasil, no sistema construtivo tradicional há o predomínio da utilização de esquadrias de alumínio em edificios verticais, (REIS,2011).

Figura 3 - Instalação com contramarco



Na figura 3, tem-se o sistema construtivo de paredes em alvenaria, com: assentamento de tijolo com argamassa, emboço, reboco e acabamento. É fixado o contramarco (perfil de alumínio), no reboco no momento do requadros do vão da esquadria. O contramarco tem como função fazer a ligação entre alvenaria e esquadria. É fixado à alvenaria e nele fixa-se a esquadria, formando um conjunto rígido.

Cardoso (2004) explica que o contramarco é uma espécie de moldura extra de alumínio, que está ligada diretamente à alvenaria, por isso é fixada anteriormente à esquadria propriamente dita. Tal medida permite ao construtor acabar o vão sem provocar danos ao elemento. Contudo, a principal e mais importante função do contramarco é a fixação da esquadria, onde o mesmo absorve todos os esforços solicitantes.

Outra função do contramarco é proteger as esquadrias das atividades desenvolvidas na obra, servindo como gabarito à execução dos requadros. Também considerado muito pertinente na obra, facilita o posicionamento em relação a planicidade das esquadrias em relação a edificação, alinhamento e prumada entre esquadrias e a execução do esquadro.

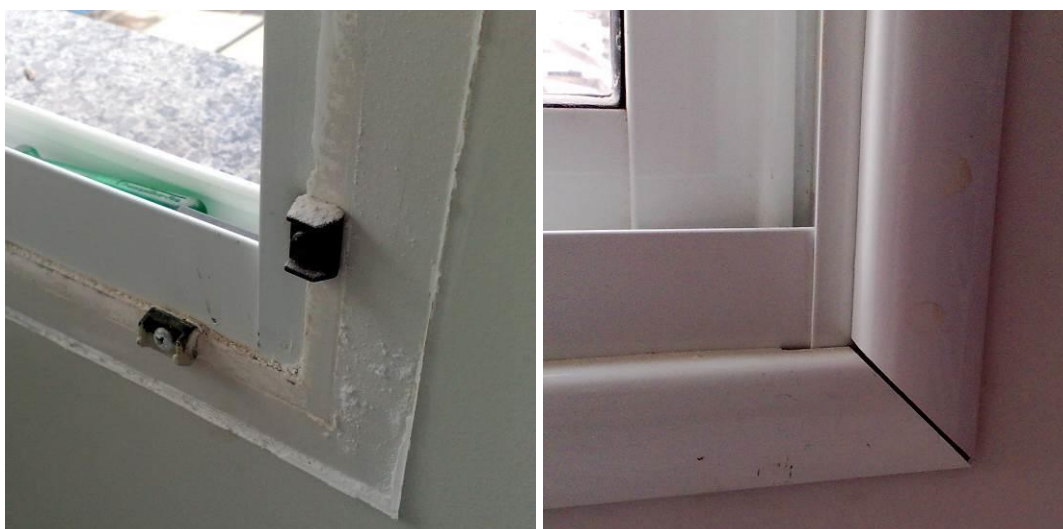
Figura 4 - Aplicação do contramarco na alvenaria



A utilização dos contramarcos, com tamanhos iguais possibilita a produção das esquadrias em grande escala com as dimensões iguais, o que contribui para a industrialização e racionalização da produção.

Algumas técnicas no momento da execução devem ser observadas, como por exemplo: os chumbadores (grapas) devem estar fixados no contramarco e engastados nas paredes de alvenaria. O total preenchimento de argamassa na face externa do contramarco é determinante para a fixação e estanqueidade entre parede e contramarco. Este ainda apresenta uma barreira em forma de aba, que fixa a esquadria, fixa o arremate de acabamento e faz a vedação interna e externa.

Figura 5 - Fixação e Arremate da esquadria no contramarco



A maneira de fixação da esquadria no contramarco é por parafuso auto atarraxante, comprimindo a face interna da esquadria contra a aba do contramarco. em seguida, instalam-se os arremates faciais, pressionando-os sobre as presilhas.

Cardoso (2004) acredita na importância da utilização do contramarco no sistema construtivo de alvenaria convencional. Porém a sua aplicabilidade no sistema construtivo de painéis em *wood frame* é uma questão para ser analisada ao longo da pesquisa.

Quanto ao uso de esquadrias de alumínio sem contramarco, o vão luz deve estar requadrado, acabado, para receber a esquadria.

lizuka (2002) relaciona as interfaces da alvenaria com as esquadrias, acreditando que esta é a ligação entre os métodos construtivos mais tradicionais e a boa técnica de instalação de esquadrias. A partir disto, são atribuídos quatro pontos

elementares para a boa prática da instalação de esquadrias:

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;
 A preservação funcional e estética da esquadria no decorrer da obra.
 (IIZUKA e HACHICH, 2002, p.01).

A produção de esquadrias sem controle estrito de qualidade tem como consequência o que corrobora para o aparecimento de problemas na interface das esquadrias com a parede.

A utilização do contramarco nas edificações gera controvérsias entre autores.

Tem-se como grandes avanços as tentativas de eliminar o contramarco, sem alterar o marco, adaptando o produto existente a um novo conceito. Isso acabou por resultar em falhas técnicas, pois os produtos nem sempre são intercambiáveis e compatíveis entre si[...] (IIZUKA e HACHICH, 2002, p.01).

Para Cardoso (2004), é fundamental o uso do contramarco para instalação das esquadrias, na visão de Iizuka e Hachich (2002), o uso deste componente, contrasta, com o que pode ser considerado como inovação tecnológica.

A melhoria das esquadrias e dos procedimentos de instalação resultou na racionalização do processo, redução do desperdício e canteiros mais limpos. Nesse contexto, o emprego do contramarco - que ainda necessita da quebra de alvenaria e do chumbamento em uma etapa da obra em que o emprego da argamassa se torna problemático - destoa do avanço tecnológico e da otimização de custos.

Os métodos de instalação, com o chumbamento do contramarco com argamassa de cimento e areia no vão da alvenaria, são de difícil execução, em especial, por causa da configuração do perfil que dificulta o preenchimento. Como consequência há a infiltração de água por frestas ou aberturas deixadas durante a execução.

Entre as vantagens de abolir o contramarco, pode-se citar como consequência direta a redução do custo da esquadria, proporcional à redução de material e mão-de-obra de fabricação. Indiretamente, a possibilidade de postergar a necessidade de aquisição da esquadria traz vantagens financeiras ao construtor, permitindo adequar o fluxo de caixa da obra. Além disso, o simples fato de abolir a utilização do contramarco elimina possíveis manifestações patológicas que resultem de falhas de execução, visto que a fabricação, instalação e utilização deixam de existir, (IIZUKA e HACHICH, 2002, p.01).

Desta forma, Iizuka e Hachich (2002) afirmam que há uma melhoria na qualidade na execução da obra, quando tem-se medidas mais precisas e vãos gabaritados, por exemplo: sistemas em blocos cerâmicos padronizados. Diante disto,

os contramarcos deixam de existir durante a execução da obra, uma vez que a função de garantir as dimensões dos vãos de alvenaria, as referências de locação e os requadros, são garantidos pela regularidade dos blocos.

Na busca por inovação tecnológica, com foco na evolução de esquadrias de alumínio, Lizuka e Hachich (2002) propõem um sistema para aplicação de esquadrias de alumínio em vãos de alvenaria. Este novo método, consiste em finalizar as alvenarias, deixando os vãos acabados aptos a receber a esquadria. Para padronização dos vãos, gabaritos podem ser utilizados.

A fixação da esquadria, que antes era realizada com grapas ou chumbadores, agora pode ser feita com parafusos e buchas, material de fácil acesso, sem necessidade de mão de obra e ferramentas especializadas para o seu manuseio.

A vedação entre as interfaces pode ser executada com material químico de manuseio limpo, como a espuma de poliuretano expansível. A utilização desse material possibilita a redução do prazo de execução e sem manifestações patológicas. Essas vantagens têm reflexo econômico positivos e podem ser revertidas para a qualidade da esquadria.

Para a utilização deste sistema, seis pontos foram considerados:

1. Definição e desenvolvimento de esquadria apropriada para a instalação com espuma de poliuretano expansível.
2. Utilização de gabarito para execução da requadrção de vão da esquadria a fim de obter uniformidade dimensional, prumo e nível.
3. Fixação mecânica com parafuso e bucha.
4. Vedação com espuma de poliuretano de todo o perímetro da interface da esquadria e alvenaria.
5. Aplicação de arremate externo de proteção da espuma de poliuretano contra raios UV.
6. Ajuste e verificação dos itens de segurança da esquadria [...](LIZUKA e HACHICH, 2002, p. 01).

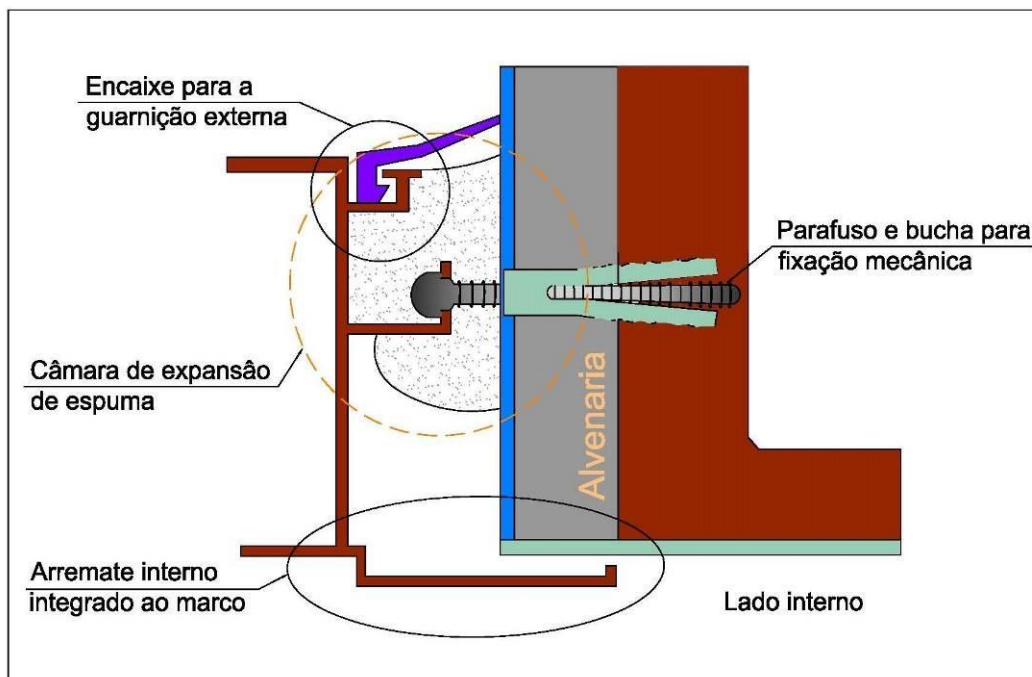
Sobre os seis aspectos mencionados pelos autores Lizuka e Hachich (2002), ressalvas devem ser feitas: devem ser desenvolvidos projetos e esquadrias específicas sem contramarco, e que adaptar produtos existentes para este sistema, pode ocasionar dificuldade de instalação e/ou falhas de funcionamento.

As características específicas para o sistema são:

- a. Basicamente utiliza-se três tipos de perfis de alumínio.
- b. O arremate interno é integrado ao marco, (ver figura 06), o que confere melhor rigidez ao quadro e impede o tombamento externo.

- c. A câmara de expansão de espuma, deve ser dimensionada para o preenchimento e aderência, sem comprometer o alinhamento dos perfis do marco e encaixe externo para guarnição.
- d. A tolerância dimensional não deverá ter variações significativas.
- e. A ancoragem mecânica deverá ser feita com parafusos e buchas, os quais transferem os esforços da esquadria para a alvenaria.
- f. A aplicação da espuma expansiva, deverá ser aplicada após a fixação mecânica e preencher toda a câmara entre as interfaces da parede com a esquadria.
- g. A aplicação da guarnição deve ser feita após a cura da espuma expansiva e a retirada dos excessos. Assim a guarnição protege a mesma dos raios ultravioleta.

Figura 6 - Instalação de esquadria sem contramarco



Fonte: IIZUKA (2001)

Neste sistema, Iizuka e Hachich (2002), somente mencionam a possibilidade de uso das esquadrias de alumínio em vãos de alvenaria. O que é possível perceber é a instalação da esquadria pelo lado interno, sendo ainda necessário o acabamento da aresta externa do vão está livre, sujeita as possíveis ações do tempo.

Iizuka e Hachich (2002), em relação ao chumbamento do contramarco na

alvenaria, percebem que em muitas situações ainda há necessidade de quebrar a alvenaria ao redor do vão. Assim, o chumbamento do contramarco com argamassa de cimento e areia é de difícil execução. Como consequência, há a possibilidade de infiltração de água por frestas ou aberturas deixadas durante a execução.

Ao observar os itens 3 e 4 dos seis pontos considerados por Lizuka e Hachich (2002), a fixação deve ser mecânica, com bucha e parafuso (no caso da figura 06) e o preenchimento do entorno com espuma expansiva.

Devido à espuma expansiva ser volátil quando exposta ao fogo, a esquadria não deve ser fixada somente por este meio. Em caso de incêndio pode ocorrer o desprendimento e o despencamento da esquadria. Desta forma a fixação deve ser feita por meio parafusos e buchas.

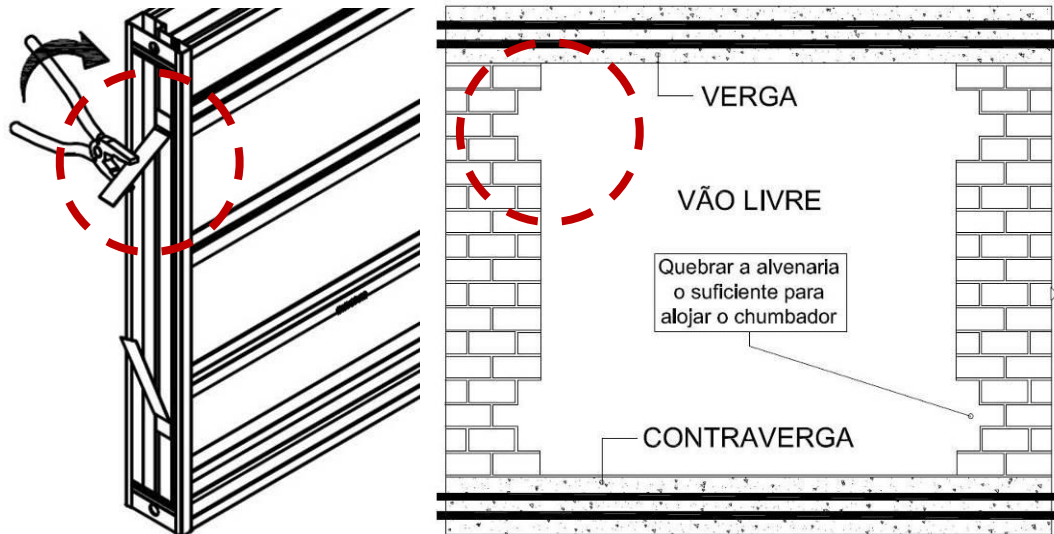
2.4.1 ESQUADRIAS DE AÇO:

O uso de esquadrias de aço aplicadas na alvenaria, na sua grande maioria, dispensa o uso do contramarco, fixação por parafuso e bucha ou mesmo espuma expansiva, pois usam as grapas ou chumbadores soldados na face perimetral que são engastados na alvenaria.

Tradicionalmente esta técnica de instalação vem se repetindo por muitos anos para o posicionamento dos chumbadores. A esquadria é posicionada no vão, os requadros são executados na sequência para o fechamento dos vazios da interface entre esquadria e parede.

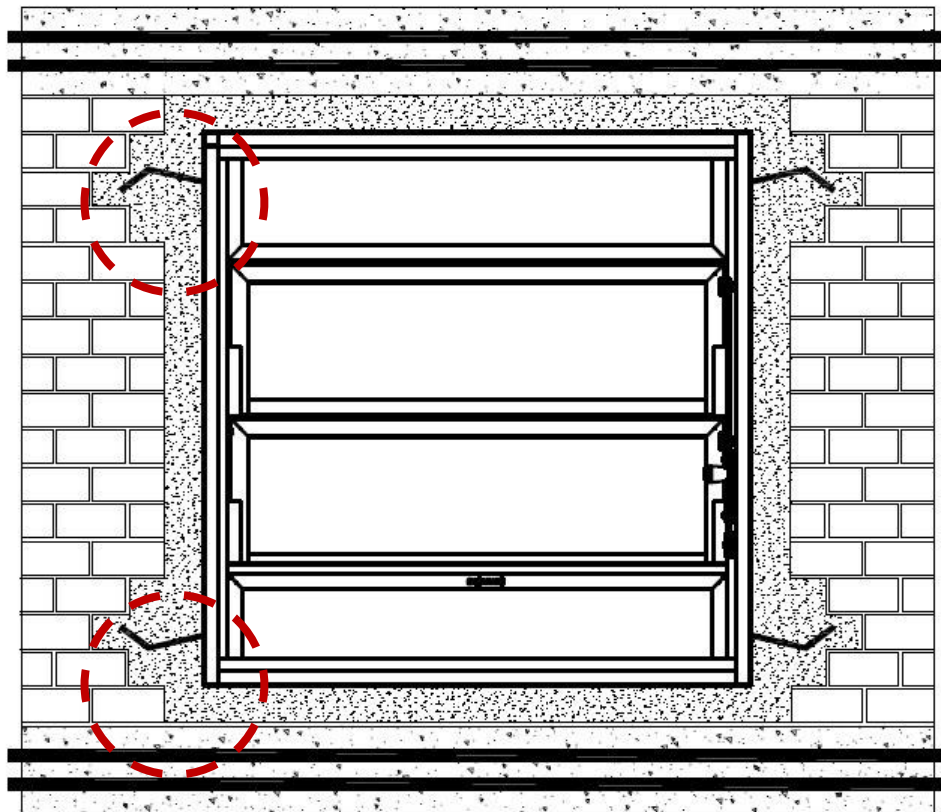
As figuras 7 representa esta prática.

Figura 7- Chumbamento da esquadria na alvenaria



Fonte: Sasazaki (2015)

Figura 8 - Requadramento da esquadria de aço



Fonte: Sasazaki (2015)

A fixação dos engastes por solda direto nos marcos das esquadrias, esse modelo de esquadria com engaste são produzidas por inúmeras metalúrgicas.

Há indústrias de esquadrias de aço, cuja preocupação com estanqueidade e

resistência, ou normalização de modo geral, são inexistente.

A Indústria Sasazaki no Brasil foi uma das indústrias, que dentro das normas, definiu como padrão comercial as esquadrias de aço e a sua comercialização.

Figuerola (2014) destaca a necessidade de cuidados para que seja garantida a estanqueidade do sistema e evitadas as patologias nas edificações, onde se adota o sistema de estruturas metálicas com fechamentos industrializados, seja de painéis pré-fabricados ou envidraçamento da pele externa,

A combinação de sistemas de fechamentos industrializados com pré-fabricados metálicos para a estrutura necessita de projeto detalhado, a fim de evitar patologias ocasionadas pela falta de estanqueidade. Scalzo (2014) frisa que a interface entre o fechamento e a estrutura metálica tem como objetivo evitar o acúmulo de água na estrutura, sobretudo se esta for aparente. É possível acrescentar que além dos cuidados no projeto, a execução também tem influência sobre a estanqueidade.

Petrucci (2014) atribui alguns recursos especialmente destinados para as interfaces das esquadrias com estruturas metálicas que são: ancoragens com furos oblongos com porca e contra porca, juntas telescópicas, membrana de teflon para reduzir o atrito e juntas preenchidas com silicone de vedação.

O autor argumenta que a grande maioria dos sistemas industrializados, destinados ao fechamento das edificações, não permite a fixação das esquadrias diretamente no painel de fechamento, devido a espessura e a resistência do material. Assim, são fixadas na mesma estrutura que dá suporte ao fechamento. Ainda de acordo com Petrucci os sistemas de fechamento também podem prever uma moldura metálica em todo o perímetro no qual estão inseridas as esquadrias, para fechar as bordas dos painéis e proporcionar ao caixilho uma borda lisa para aplicação das juntas de vedação.

Para o sistema construtivo de paredes de painéis pré-moldados misto de concreto armado e blocos cerâmicos, utilizados pela construtora Dharma (2013), DATec nº13, Na produção dos painéis, a moldagem dos vãos das janelas, é delimitado por formas de madeira e as portas, os marcos são posicionados e fixado durante a concretagem.

Após a cura dos painéis, as molduras de conformação dos vãos são retiradas, ficando assim prontos para receber as esquadrias.

A figura 9 mostra o painel de concreto armado, com os caixilhos fixados.

Figura 9 - Painel de concreto armado com caixilhos



Fonte: Revista Técnica (ed. 191, 2013)

Ao falar sobre a interface entre painéis e esquadrias, a construtora Dharma, destaca que os vãos de janelas devem ser delimitados por formas de madeira na moldagem dos painéis. Em seguida, os marcos das portas são montados durante a concretagem e a fixação é feita por meio de ancoragem de suas grapas à nervura de concreto armado. A fixação das janelas é realizada com espuma de poliuretano, isso porque os painéis são para edificações térreas. A vedação das juntas da interface da janela com o painel é aplicada com silicone na face voltada para o interior da edificação. A face externa recebe argamassa e pintura acrílica.

A construtora afirma que, de acordo com o DATec nº 013, foram realizados testes de estanqueidade para a interface entre o painel e a esquadria de alumínio, cujos os resultados foram condizentes com as prescrições do documento.

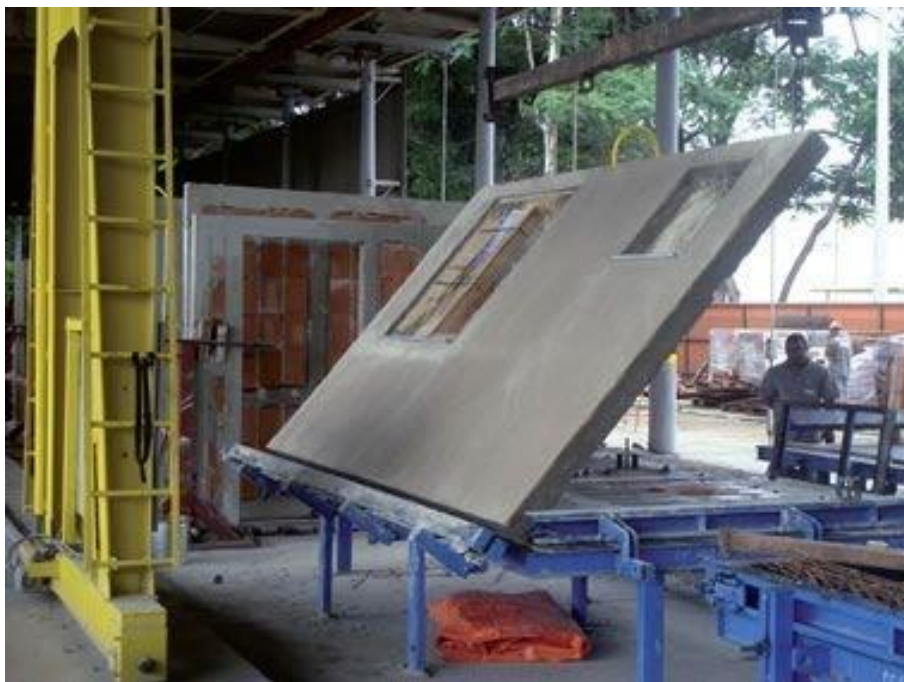
Figura 10 - Esquadria posicionada dentro do painel



Fonte: Revista Técnica (ed. 191, 2013)

Continuando a discussão a partir de Silva (2012), no sistema de construção com painéis de vedação pré-fabricados mistos, as esquadrias já fazem parte do painel antes de ser moldado, pois as mesmas devem ser fixadas às nervuras dos painéis por meio de grapas, ancoradas durante o processo de concretagem, ao longo da linha de produção dos painéis.

Figura 11 - Painel de vedação com esquadria fixada



Fonte: Revista Técnica (ed. 186, 2012)

Segundo Silva (2012), as janelas são posicionadas nas formas de montagem dos painéis. Antes da concretagem, as grapas são abertas para engastamento nas nervuras de concreto. As portas internas são colocadas após a montagem dos painéis e os marcos são fixados com espuma expansiva.

Durante o ensaio, a estanqueidade de água a interface entre painel de concreto e esquadria, de acordo com o DATec número 012, não foram observadas infiltrações, formação de gotas de água aderentes na face interna, nem manchas de umidade ou vazamentos.

Visto que os painéis pré moldados são componentes executados fora do local definitivo de sua aplicação, outros tipos de componentes também podem ser executados fora do local da obra.

O uso do painel de concreto armado se limitou as edificações térreas

2.4.2 ESQUADRIAS DE PVC:

Neste contexto, ao avaliar as interfaces das esquadrias com os vedos, destaca-se a utilização de esquadrias de PVC.

As esquadrias de PVC, voltadas às edificações, normalmente são entregues às obras já finalizadas, prontas para a instalação, contendo todos os acessórios para seu funcionamento como: vidros, ferragens, etc.

A preparação do vão luz para receber a esquadria, segue conforme Lizuka e Hachich (2002) apresentam. Desta maneira, deve-se finalizar a alvenaria, deixando-se as paredes com o requadro acabado. Porém, a qualidade final do vão interfere na aplicação da esquadria, uma vez que os elementos, marco e folhas, é um produto acabado, não permitindo adaptações improvisadas na obra.

As instalações das esquadrias de PVC são executadas fixando-se diretamente o marco na alvenaria, desta forma é necessário verificar que o vão acabado esteja rigorosamente em nível, prumo e cantos a 90°.

Figura 12 - Fixação esquadria de PVC



Fonte: Revista Técnica (ed. 160, 2010)

O posicionamento da esquadria dentro do vão pode ser: alinhada externamente à face da parede; internamente à face da parede; ou centralizada. Fica a critério do projetista da obra ou do cliente. Salvo para outras decisões,

tecnicamente o posicionamento não interfere na fixação.

A fixação do marco na alvenaria pode ser por meio de parafuso e bucha, fazem os furos com broca 6 mm ou 8 mm, distribuídos uniformemente ao longo do marco. Neste caso a folga da esquadria para encaixe no vão deve ser mínima, em torno de 10mm na largura e 5mm na altura, de modo que a esquadria não seja deslocada no momento da fixação dos parafusos.

A folga da interface deverá ser utilizada para dar o enquadramento da esquadria dentro do vão e dividida igualmente. Para que isso seja possível, deverão ser utilizadas cunhas para fazer o calço do marco, até o preenchimento com espuma

Com este sistema de fixação, a interface entre esquadria e vão fica livre, havendo a necessidade de estanqueidade por meio de vedantes. Assim, Newtech (2015), uma indústria de produção e instalação de esquadrias, considera como sua prática a aplicação da espuma de poliuretano e o silicone para vedação.

Figura 13 - Aplicação de espuma expansiva



Fonte: Revista Técnica (ed. 160, 2010)

A espuma expansiva de poliuretano deverá ser aplicada em todo o perímetro do marco da esquadria, preenchendo todos os espaços vazios entre o marco e o vão. Conforme Newtech (2015), ao contrário do que se supõe, a espuma não tem como função fixar ou vedar a esquadria, mas sim preencher o espaço deixado por

eventuais folgas, as quais são necessárias para uma instalação eficiente das esquadrias.

Quanto à aplicação de silicone, esta é realizada após a verificação da esquadria estar completamente funcional. Assim é preciso se certificar de que não haverá passagem de água ou vento entre o marco e a alvenaria. Por isto, aplica-se tanto na parte interna quanto na externa do marco uma camada de silicone ou rejunte branco, a qual tem por função garantir uma perfeita vedação entre as superfícies da esquadria, da parede, do peitoril, da soleira ou do piso.

2.4.3 ESQUADRIAS DE MADEIRA:

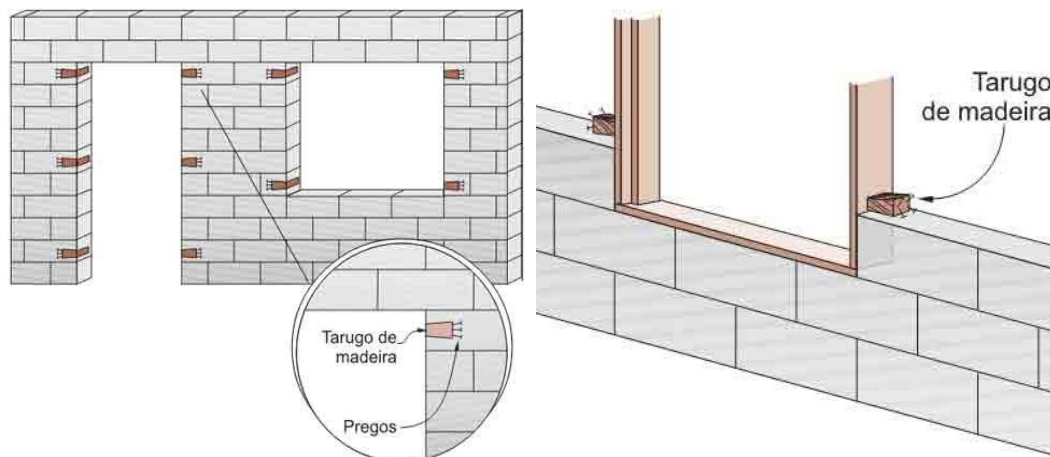
Em se tratando de esquadrias de madeira, estas são confeccionadas há muitos séculos. Assim durante muito tempo ocorreu o predomínio deste tipo de material, não apenas pela facilidade de execução das esquadrias, mas também pela abundância da matéria prima.

As esquadrias se desenvolveram basicamente de forma artesanal, e há poucas décadas, aconteceu uma crescente modernização da indústria para execução das mesmas.

As esquadrias de madeira podem ser aplicadas em diversos sistemas construtivos, como: alvenaria, madeira, construção a seco, entre outros.

Para a instalação de esquadrias de madeira em sistema construtivo de alvenaria, por longa data foi utilizada a colocação de tarugos de madeira dentro da parede no momento em que os tijolos estavam sendo assentados. Após a finalização da parede, era instalado o marco da esquadria, onde seria fixada, por meio de pregos ou parafusos nos tarugos de madeira dentro da parede.

Figura 14 - Tarugos para fixação de esquadrias de madeira



Fonte: <http://construcaociviltips.blogspot.com.br>. (2015)

Após fixação do marco no vão da parede, acontece o reboco, preenchendo a folga entre esquadria e parede. Esta interface, basicamente é composta pela face do marco e pela argamassa de reboco.

Figura 15 - Instalação de esquadrias de madeira em alvenarias



Fontes: <http://construindoparamorar.blogspot.com.br/>. (2015)

Nesta situação é comum aparecerem fissuras na interface ao longo do marco da esquadria de madeira, devido à diferença das propriedades físicas dos materiais (argamassa e madeira) e a baixa aderência do reboco à madeira, deixando fresta pela qual pode ocorrer a infiltração.

Além disso, as fissuras podem ocorrer por retração: tanto da madeira que compõe a esquadria, quanto na argamassa utilizada para fazer o acabamento perimetral. Isso é ocasionado pela absorção por parte da madeira, da água utilizada

no preparo da argamassa.

Deste modo, a água em contato com a madeira é absorvida em parte, ocasionando o inchamento da madeira no momento do requadro. Tempos depois, quando acontece a cura da argamassa e a evaporação da água contida na madeira, ocorre a retração da madeira que ocasiona as fissuras e, conseqüentemente, as infiltrações na interface da esquadria.

Atualmente, a fixação das esquadrias de madeira tem utilizado a espuma expansiva para facilitar a aplicação do marco no vão da alvenaria. Seu uso tem se tornado uma prática bastante corriqueira. Após a fixação mecânica por parafusos, a espuma é aplicada para preencher a folga entre a esquadria e a parede.

Figura 16 - Fixação do marco de madeira com espuma expansiva



Fonte: <http://construindo.org/espuma-expansiva-preco-como-usar-onde-comprar/>. (2015)

Para a aplicação de espuma expansiva, na interface da esquadria com a parede, é necessário o vão acabado, com o requadro apto a receber a esquadria. O vão deve ser maior, aproximadamente 20mm na largura e na altura, de modo a possibilitar o alinhamento do marco.

O marco é apoiado por calços tipo cunha para ser nivelado no vão. Após isso é aplicada a espuma expansiva. Quando a mesma secar, são retirados os excessos e aplicado o acabamento, guarnições sobre a espuma, fixado na lateral do marco. Comumente este método evita infiltração na interface periférica, porém depende

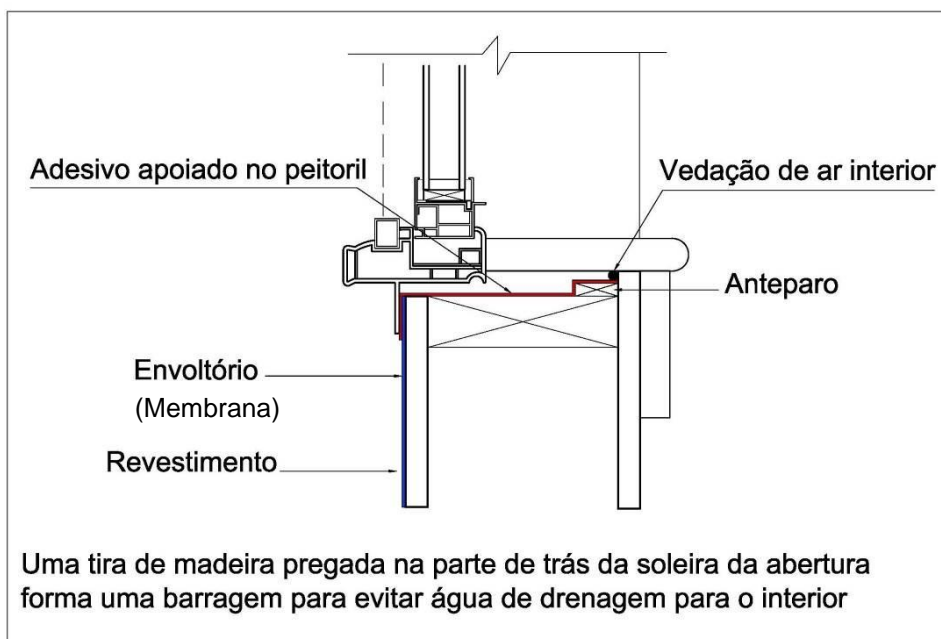
muito da qualidade da aplicação.

Vale salientar que a fixação da esquadria deve ser mecânica, com parafusos e buchas, de modo a suportar os esforços da esquadria. Isso porque em caso de incêndio, da mesma forma que para os demais tipos, ocorre a volatilização da espuma, pode ocorrer o desprendimento da esquadria e conseqüentemente o despencamento do quadro. Vide Figura 16.

Lstiburek (2006), lembra que no sistema “Water Management Guide” as instalações de janelas, a falha na maioria das zonas climáticas se dá através de penetração de umidade a partir de instalações de janelas. A água não apenas vaza através da janela, mas também na interface da abertura do vão e a moldura da esquadria. A experiência demonstra não haver um sistema perfeito de vedação desta interface. Os detalhes de instalação de esquadrias devem ser concebidos para fazer a proteção da madeira e evitar o vazamento de água para dentro do ambiente.

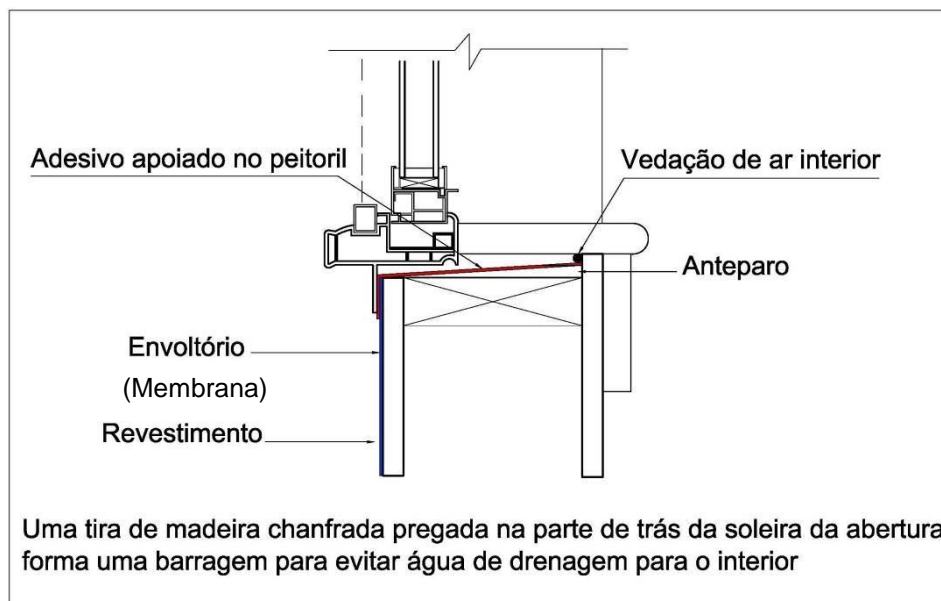
O uso de membrana impermeável e o elemento em forma de barreira evitam a entrada da água para dentro do ambiente, conduzindo-a para o exterior (figura 17 e 18).

Figura 17 - Aplicação da membrana na interface parede x esquadria



Fonte: Istiburek (2006)

Figura 18 - Aplicação da membrana na interface parede x esquadria



Fonte: Istiburek (2006)

Sobre os aspectos apresentados, quanto à problemática da estanqueidade de água nas interfaces das esquadrias, Istiburek (2006) apresenta de forma pontual possíveis soluções. Na literatura observa-se que embora haja inúmeras tentativas de eliminar infiltrações para corrigir patologias decorrentes do problema, na prática, ainda são identificados vazamentos de água entre a esquadria e o painel / parede.

Os sistemas pré-fabricados da construção civil no Brasil apresentam-se com crescimento acentuado. Para Zucchetti et al (2011), ao abordar o sistema construtivo de alvenaria estrutural, comenta:

“Entretanto, diversos estudos apontam uma alta incidência de manifestações patológicas relacionadas a este sistema. A interface entre alvenaria e esquadria é um dos locais de maior incidência de problemas, além de representar um gargalo construtivo, pela necessidade de realização de inúmeras atividades dependentes da mesma”. (ZUCCHETTI, Et. Al 2011)

2.5 NORMALIZAÇÃO

Serão agora apresentadas as normas pertinentes com definições de parâmetros, tolerâncias e recomendações para o funcionamento correto da edificação.

As normas têm como função definir parâmetros a serem seguidos, de modo a

assegurar o desempenho, qualidade, durabilidade e manuseio de produtos. A utilização das normas permite: melhorar produtos e serviços, atrair novos consumidores, aumentar a competitividade, agregar confiança no produto ou serviço, reduzir falhas e custos, atender regulamentos técnicos, ampliar alcance dos produtos e serviços, entre outros.

No Brasil as normas para esquadrias surgiram na década de 1970, quando entidades públicas e privadas, juntamente com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo (IPT), tiveram a iniciativa de elaborá-las.

A preocupação com a pressão de vento, vedação e esforços, foram as que definiram os primeiros estudos, e com isso, constatou-se a necessidade de se fazerem testes de laboratórios a fim de comprovar os textos normativos. Como resultado, além da preocupação com as definições dos parâmetros estabelecidos para as normas, houve a preocupação da construção de laboratórios para os ensaios pertinentes.

2.5.1 NORMA NBR10821 – CAIXILHOS PARA EDIFICAÇÕES

Com atualização em 2011, esta norma trata da utilização de caixilhos em edificações, esquadrias sujeitas a esta norma podem ser de alumínio, aço, PVC, madeira entre outras: a NBR10821. Estabelece valores referenciais para permeabilidade ao ar. Determina que a velocidade do vento dentro do ambiente, não deve ser superior a 0,5 m/s, medido a uma distância de 2 cm da esquadria, quando submetido de 30 a 50 Pa.

Considerando a sua aplicação para os estados do Sul e São Paulo, para edificações com ou sem condicionamento de ar, qualquer que seja a classe, determina a seguinte classificação para as edificações:

- 1 – Normal: Residencial unifamiliar ou comercial simples até dois pavimentos.
 - 2 – Melhorada: Residencial ou comercial até quatro pavimentos ou 12 m de altura.
 - 3 – Reforçada: Comercial pesada ou edifícios residenciais com mais de cinco pavimentos.
 - 4 – Excepcional: Arquitetura especial “shopping, indústrias, hospitais, etc”.
- Também a região do país conforme classificação das isopleias, (isopleias são

linhas que definem áreas de mesma velocidade de vento) (I, II, III, IV, V), com isso a vazão de vento não deve ultrapassar os 5 m³/h x metro linear de juntas abertas.

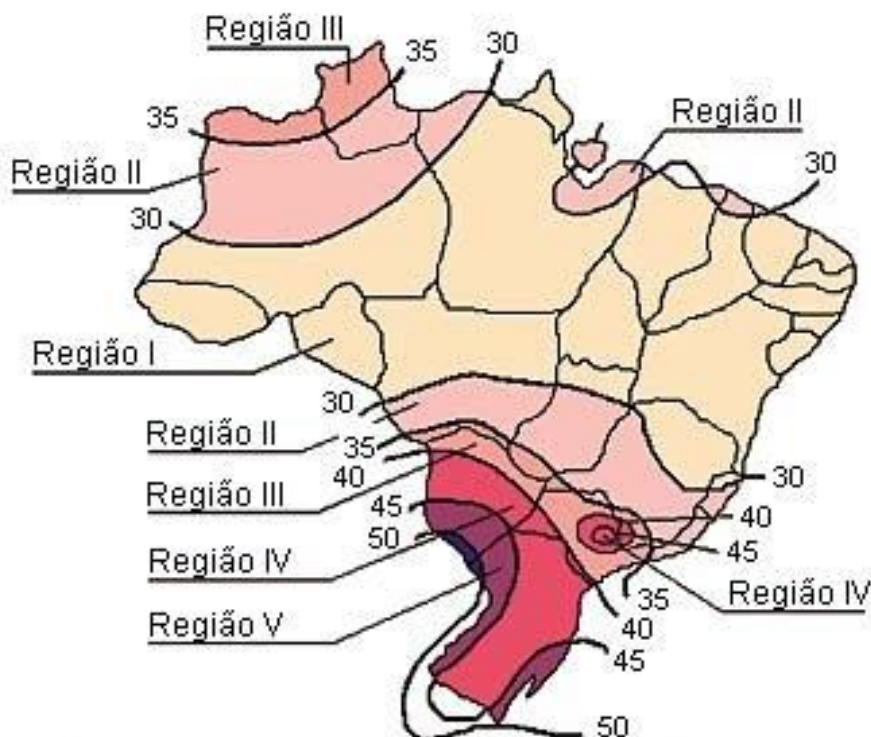
A mesma norma estabelece os valores referenciais para estanqueidade de água, os quais estão ligados à velocidade básica do vento no Brasil conforme regiões definidas pela isopletas e a pressão de ensaio:

[...]a janela não deve apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais esteja fixada quando submetida à vazão mínima de água de 2 L/min x m² e às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil. (NBR 10821, p 4)

Com base nesta definição da norma, a interface da esquadria com o painel, também deve garantir a estanqueidade.

Conforme o mapa que segue, são identificadas as regiões do Brasil conforme estabelecidas pelas linhas isopletas e as velocidades correspondentes em cada região incidentes:

Figura 19 - Mapa das regiões de velocidade do vento



Fonte: NBR10821 (2011)

O mapa do Brasil é dividido em cinco regiões, conforme a velocidade do vento, que segue os seguintes valores:

Região I – Até 30 m/s

Região II – Entre 30 e 35 m/s

Região III – Entre 35 e 40 m/s

Região IV – Entre 40 e 45 m/s

Região V – Entre 45 e 50 m/s

Através destas informações foi possível desenvolver a tabela a seguir com os dados a serem utilizados para a pressão do vento por regiões, no que se refere a estanqueidade.

Tabela 1 – Valores e pressão do vento por regiões

Regiões	Velocidades		Pressão de Ensaio
	m/s	Km/h	Pa
I (Norte e Nordeste)	30,0	108,0	562,5
II (Norte e Centro oeste)	35,0	126,0	765,6
III (Norte, Centro oeste e Sudeste)	40,0	144,0	1.000,0
IV (Sudeste, Sul e São Paulo)	45,0	162,0	1.265,6
V (Sudeste e Sul)	50,0	180,0	1.562,5
Regiões meramente ilustrativas. Consultar mapa nas normas.			

Fonte: NBR 10821 (2011)

Para cada região estão calculadas as velocidades em metros por segundo (m/s), quilômetro por hora (km/h) e a pressão de ensaio em Pascal (Pa). A velocidade é dada em m/s. ($m/s \times 3,6 = km/h$). E para se obter a pressão em Pa, é necessário elevar ao quadrado a velocidade em m/s e dividir pelo coeficiente 1,6, conforme estabelecido pela norma. Assim: $Pa = V^2 / 1,6$.

Independentemente das condições do relevo do local e do projeto de edificação, todas as esquadrias deverão atender ao teste de estanqueidade, com exceção das janelas basculantes que ficam isentas do teste, desde que aplicadas

em áreas molháveis, voltadas para áreas cobertas.

Tabela 2 - Pressão de ensaio de estanqueidade à água

Classe de utilização	Região do País	Pressão de ensaio de estanqueidade à água - Pressão de projeto de vento - $P_p \times 0,15$ (Pa)
Residencial unifamiliar ou comercial simples - até dois pavimentos Normal	I	40
	II	60
	III	80
	IV	100
	V	120
Residencial ou comercial até quatro pavimentos ou 12 m Melhorada	I	60
	II	90
	III	120
	IV	150
	V	180
Comercial pesada ou edifícios residenciais com mais de cinco pavimentos Reforçada	Todas as regiões	Pressões de ensaio = o maior dos dois valores: $0,15 \times P_p$ (pressão de projeto das cargas de vento) e os valores das pressões da classe Melhorada
Arquiteturas especiais (shopping, indústrias, hospitais, etc.) Excepcional	Todas as regiões	Pressões de ensaio = o maior dos dois valores: $0,15 \times P_p$ (pressão de projeto das cargas de vento) e os valores das pressões da classe Melhorada

Fonte: NBR 10821 (2011)

Esta norma delimita também os parâmetros para o caixilho, fora do escopo desta pesquisa.

Em síntese, é de fundamental importância a busca de soluções adequadas para atender a presente norma, cujo foco é a estanqueidade à água e ao ar.

Entende-se também que o perímetro da esquadria, na interface dos dois materiais em estudo nesta pesquisa, atenda a esta prescrição e garanta a estanqueidade do conjunto.

2.5.2 NORMA NBR6123 – FORÇAS DEVIDAS DO VENTO

Esta norma define a força do vento que incide nas edificações sob diversos aspectos. A norma NBR 6123 determina que para o cálculo da pressão devido ao vento nas edificações, devem ser considerados os seguintes conceitos:

1 - Velocidade básica do vento, que é definida da seguinte forma: “velocidade

de uma rajada de 03 segundos, excedida na média uma vez em 50 anos, a 10 metros acima do terreno, em campo aberto e plano”. É a velocidade definida para as isopletras das cinco regiões do Brasil.

2 - Velocidade característica que é definida pela combinação de fatores como: topografia, rugosidade do terreno, dimensões da edificação, altura sobre o terreno e fator estatístico.

Ainda, a norma NBR 6123, apresenta os seguintes objetivos:

- Fixar as condições exigíveis na consideração das forças devidas à ação estática e dinâmica do vento, para efeitos de cálculo de edificações.

- Esta Norma não se aplica a edificações de formas, dimensões ou localização fora do comum. Casos como estes estudos especiais devem ser feitos para determinar as forças atuantes do vento e seus efeitos. Resultados experimentais obtidos em túnel de vento, com simulação das principais características do vento natural, podem ser usados em substituição do recurso aos coeficientes constantes nesta Norma.

A aplicação da norma NBR6123 deve estar enquadrada dentro de parâmetros atribuídos a cada região.

Determinação da velocidade do vento:

Inicialmente se faz a localização da região em questão, em uma das regiões do país, conforme, as linhas isopletras.

O fator topográfico (S^1) pode alterar a velocidade característica do vento e conseqüentemente a pressão exercida sobre o objeto em estudo. Leva em consideração as variações do relevo do terreno, que é determinado por dois modos: A) Quando o terreno é plano ou fracamente acidentado, o valor considerado é $S^1=1,0$. Com este valor, a velocidade característica do vento se aproxima a velocidade básica do vento. B) Quando o terreno é talude ou morro, com ângulo superior a ângulo de 6° , a tendência é de aumentar a velocidade característica do vento em relação a velocidade básica. Quando o terreno é um vale profundo a tendência é que a velocidade característica do vento diminua em comparação a velocidade básica.

O fator (s^2) considera a rugosidade da superfície do terreno, a dimensão da edificação e a altura sobre o terreno.

A rugosidade do terreno é classificada em cinco categorias:

- I - Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão,

medida na direção e sentido do vento incidente.

II - Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.

III - Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.

IV - Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizados.

V - Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.

Dimensão da edificação:

Para a definição das partes da edificação a considerar na ação do vento, além das características construtivas da edificação, também as dimensões da edificação influenciam na variação da velocidade do vento.

Para tanto, a Norma NBR 6123, estabelece três classes de edificações para cálculo da velocidade média com intervalos de 03, 05 e 10 segundos.

Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

Classe C: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Altura sobre o terreno:

Considerada a altura “z” acima do nível geral do terreno

Fator estatístico:

O fator estatístico S^3 é baseado em conceitos estatísticos, e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação.

A tabela abaixo determina os valores mínimos para o fator estático “ s^3 ”.

Tabela 3 - Valores mínimos para o fator estático “S³”

Grupo	Descrição	S ³
1	Edificações cuja ruína total ou parcial possa afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de 1,10 bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,85

Fontes: NBR 6123 (2013)

Dentre os fatores apresentados pela norma NBR6123, a pressão exercida sobre determinada edificação pode variar, considerando o mesmo objeto em regiões diferentes, edificações diferentes em locais diferentes podem resultar na mesma pressão de cálculo dependendo das considerações realizadas.

2.5.3 NORMA NBR15575 – DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES

A norma de desempenho NBR 15575 - 4, no que diz respeito a sistemas de vedações internas e externa, tem como preocupação estabelecer requisitos de estanqueidade.

Conforme, (NBR 15575 - 4), ações transmitidas por portas os sistemas de vedação vertical interna e externa das edificações, com ou sem função estrutural, devem permitir o acoplamento de portas e apresentar desempenho que satisfaça as seguintes condições:

1. Quando submetida a dez operações de fechamento brusco, as paredes não devem apresentar falhas, tais como rupturas, fissuras, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solidarização do marco, destacamentos em juntas entre componentes das paredes e outros;
2. Sob ação de um impacto de corpo mole com energia de 240 J, aplicado no centro geométrico da folha de porta, não deve ocorrer arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede. Admite-se, no contorno do marco, a ocorrência de danos localizados, tais como fissurações e estilhaçamentos.

A eventualidade de falhas pode dar origem a manifestações patológicas. Neste contexto, o uso e a resistência do conjunto são essenciais para o desempenho.

Sobre a estanqueidade, a NBR 15575-4 deixa em destaque que os sistemas de vedação vertical externa das fachadas devem ser estanques à água.

A estanqueidade à água considera a ação do vento sobre o sistema de vedações verticais externas (fachadas), incluindo a junção entre a janela e a parede. Estas, devem permanecer estanques e não apresentarem infiltrações, de modo que não proporcionem borrifamentos, escorrimentos ou formação de gotas, na face interna.

Os corpos-de-prova (paredes e esquadrias externas), quando forem ensaiados conjuntamente, devem reproduzir fielmente o projeto, as especificações e características construtivas dos sistemas de vedações verticais externas, janelas e caixilhos, com especial atenção às juntas entre os elementos ou componentes. (NBR 15575 – 4, p23).

Os projetos devem conter detalhes construtivos, para as interfaces e juntas entre componentes, a fim de facilitar o escoamento da água e evitar a entrada na edificação.

2.6 MANIFESTAÇÕES DE PATOLOGIAS NAS INTERFACES E ESQUADRIAS

A construção civil na atualidade possui vários desafios a serem superados, entre eles pode-se citar: a carência de moradias, a produção de edificações mais econômicas, o melhoramento das técnicas construtivas, a racionalização e a

industrialização dos processos e, principalmente, a qualidade final da edificação.

A baixa qualidade da edificação na maioria das vezes, acarreta o surgimento das patologias.

Conceitualmente, as patologias das construções são falhas que aparecem durante a execução ou após a construção do edifício, por diversos motivos, tais como: falhas estruturais, inadequação ou ausências de projetos, mão de obra desqualificada, entre outros fatores.

Entretanto, mesmo com a evolução das técnicas de projeto e execução, desde os sistemas construtivos até a industrialização dos processos, nota-se que ainda são recorrentes as manifestações patológicas.

Hendry (2001, apud Alexandre 2008), comenta que as manifestações patológicas podem ser causadas por uma combinação de falhas no projeto, execução e serviços relacionados.

Segundo Moch (2009), detalhes construtivos, principalmente os relativos as vergas, contra vergas e peitoril, também originam falhas, que estão muitas vezes relacionadas a projeto ou execução.

A maior parte das patologias resulta da falta de conhecimento do comportamento dos materiais ligados por interface.

Figuerola (apud Zanettini 2014) destaca que cada material possui um coeficiente de dilatação térmica específica. Portanto, as condições de expansão e retração são diversas e assim deve-se ter cuidado em sua conexão, pois sem as condições adequadas podem-se gerar trincas e fissuras entre eles, o que, por sua vez, acarretará vazamentos e patologias decorrentes.

As fissuras, possivelmente, são as falhas mais frequentes nas construções, e ocorrem em função da diferença dos coeficientes de dilatação dos materiais envolvidos, instabilidade da edificação, dilatação e contração, baixa qualidade de execução, entre outros.

2.6.1 AUSÊNCIA DE CONTRAMARCO

É quanto a esquadria é instalada sem o contramarco

Figura 20 - Infiltração interface parede x esquadria



Ao observar a figura 20 é possível identificar infiltração de água pela interface da esquadria e a parede, atingindo grandes áreas. Causando retenção de umidade e escurecimento da parede.

Possivelmente ocorreu uma fissura na interface, ocasionando o descolamento entre os materiais. As causas podem ser: execução de baixa qualidade, dilatação em função da variação de temperatura, falha na esquadria e falta de vedação, a ausência do contramarco ou a falta de preenchimento, também pode ser um fator de geração de patologia.

Neste exemplo, a esquadria foi instalada diretamente no vão da alvenaria, centralizada, apoiada com acabamento de requadro com argamassa.

2.6.2 CONTRAMARCO COM FALHA NO PREENCHIMENTO

Quando da utilização do contramarco para fazer a conexão da interface entre esquadria e alvenaria, o mesmo deve estar perfeitamente fixado, com sua cavidade inferior preenchida de argamassa de reboco utilizado no requadro.

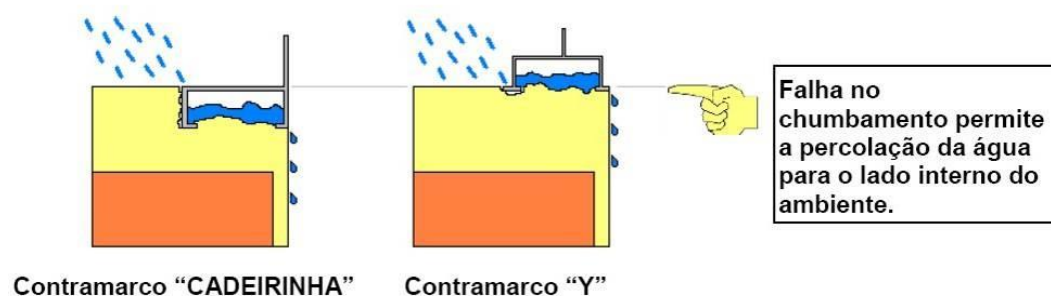
Outra possibilidade é que, se o contramarco estiver oco por dentro das cavidades, pode haver a entrada de água e facilitar o caminho da infiltração.

Figura 21 - Infiltração pela base do contramarco



No caso da figura 21, a falha no requadro da fixação do contramarco comprometeu a estanqueidade da junta, devido ao não preenchimento pleno da cavidade interna. Apareceu a trinca por onde acontece o vazamento da água.

Figura 22 - Falha de chumbamento do contramarco



Fontes: LIZUKA (2001)

Freqüentemente, a ocorrência da infiltração na parte inferior da esquadria se dá devido ao acúmulo de água no peitoril, mas, principalmente, pela falha de preenchimento do contramarco.

Considerado como uma boa prática de execução é a parte externa do peitoril ter inclinação que conduz a água pra fora.

2.6.3 ESQUADRIAS COM FALHAS NA ALVENARIA

Figura 23 - Falha do preenchimento no requadro



Na figura 23, a porta foi fixada diretamente na parede perpendicular a ela, e na qual não foi executada a boneca da porta. Houve prejuízo na fixação e do requadro na interface da esquadria, criando uma região passível de entrada de água.

2.6.4 INSTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES

A instabilidade das edificações pode também provocar danos estruturais e acarretar uma sequência de patologias.

Figura 24 - Rachadura na parede



As rachaduras de parede, ocasionadas por instabilidade da estrutura (figura 24), possivelmente um recalque de estrutura, ocorrem com frequência em edificações.

2.6.5 VERGAS E CONTRAVERGAS

Frequente as rachaduras são decorrências da falta de vergas e contraverga nos vãos das esquadrias, o que, por sua vez, ocasiona abertura de trincas a 45° , a partir do canto da esquadria.

A ausência de vergas e contravergas são causadas por fatores diversos, como: a não especificação nos projetos, a falta de execução no canteiro de obra, ou mesmo com falha.

Este evento tem várias consequências prejudiciais, tais como: descolamento do contramarco ou esquadria da alvenaria, rompimento da vedação da esquadria, deformação da esquadria e descolamento da pingadeira.

A falta de contramarco não está diretamente associada à estanqueidade da interface esquadria x parede, porém, é uma consequência imediata.

2.6.6 ESQUADRIA DE AÇO

A infiltração pela interface esquadria x parede, pode provocar danos à esquadria quando a mesma é composta por material que sofre desgaste pela ação do tempo, como intempéries, principalmente a umidade. É o caso das esquadrias de aço que oxidam (Fig. 25).

Figura 25 - Infiltração na base da esquadria provocou oxidação



Há muito tempo, as esquadrias utilizadas no Brasil tem sido também de aço, devido à sua facilidade de confecção e instalação. Porém o aço sofre com a ação do tempo com desgastes e oxidação, principalmente se exposta ao meio ambiente externo.

Com o excesso de umidade, a oxidação se torna mais agressiva. Na figura 25 é possível identificar que a umidade está localizada embaixo do caixilho da esquadria, o que provocou a propagação da oxidação. Como consequência desta oxidação, os espaços de infiltração se tornaram mais amplos, o que facilitou a entrada da água. Além disso, essa patologia também está manchando a parede com sinais de infiltração.

Um fator pouco levado em consideração nas edificações é manutenção periódica, com ela a esquadria tem vida útil mais longa.

2.6.7 ESQUADRIA EM MADEIRA

A água de forma geral, pode se tornar um agente agressivo a diversos tipos de materiais. A madeira, por exemplo, pode apodrecer quando em contato com a umidade.

Figura 26 - Apodrecimento da estrutura de madeira



Fonte: Istiburek (2006)

O sistema construtivo em madeira requer a execução com qualidade ainda maior. Na Figura 26, o apodrecimento da estrutura interna se deu devido à infiltração constante de água. Com isso desencadeou-se o ataque de fungos que deterioraram a madeira.

Segundo (DUARTE, 1998) apud (MOCH, 2009), patologias colocam em risco a segurança e a estabilidade da edificação.

Diante deste fato, percebe-se o quanto é fundamental que sejam tomadas medidas visando a estanqueidade, de modo a eliminar as manifestações patológicas, proporcionando melhorias da qualidade da construção civil.

Moch (2009) constatou que 24% das manifestações de patologias nas edificações de alvenaria estrutural, estão diretamente relacionadas com a interface alvenaria / esquadria e seu entorno.

Segundo Moch (2009), manifestações patológicas podem comprometer a habitabilidade, estética e até mesmo a estrutura em alvenaria.

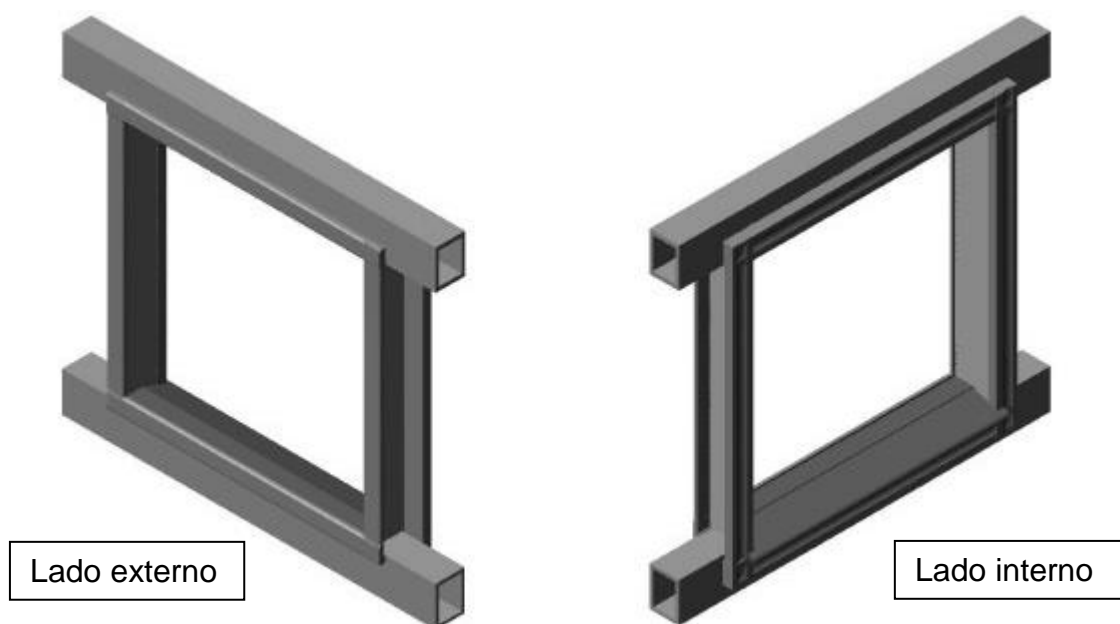
Ao relacionar o conceito de Moch (2009), ao sistema construtivo *wood frame*, cuja estrutura é a madeira, infiltrações podem trazer danos à madeira, comprometendo a edificação, trazendo riscos para os usuários.

Ao estudar o sistema construtivo de alvenaria modular estrutural, Moch (2009) divide o estudo em duas partes. A primeira está relacionada ao levantamento dos sistemas construtivos e o mapeamento das principais manifestações patológicas, com identificação das falhas tanto do produto como do processo. A segunda parte contempla o desenvolvimento de alternativas a fim de melhorar o sistema construtivo de alvenaria modular, através da geração de componente de conectividade entre a esquadria e a parede.

Conforme este autor, a interface esquadria / alvenaria e seu entorno, é uma região favorável a manifestações patológicas, sejam elas fissuras, bolor ou umidades.

Com vistas a reduzir as patologias na região do entorno das janelas no sistema construtivo de alvenaria estrutural modular, Moch (2009), propõe a utilização de um componente de conectividade para a interface em estudo, que ao mesmo tempo incorpora as funções de verga, contra verga, pingadeira, guarnição interna e moldura externa.

Figura 27 - Proposta de componente para interface janela / alvenaria (vista 3d)



Segundo o autor, o componente para interface possui geometria complexa. Além das características atribuídas anteriormente, ainda propõe moldura interna e externa, pingadeira na verga e contra verga, transpasse lateral e aba de acomodação das esquadrias.

Na figura 28 têm-se a aplicação dos componentes de integração da interface da esquadria com a parede. O componente neste caso é utilizado com parede de bloco cerâmico.

Figura 28 - Componente aplicado em parede de bloco cerâmico



Fonte: Moch (2009)

Os fatores positivos atribuídos incorporados ao componente, são:

- Servir de guarnição de forma a garantir o bom acabamento.
- Desempenhar a função de gabarito para a elevação da alvenaria.
- Contribuir à racionalização.
- Garantir rigidez, esquadro do vão e precisão dimensional.
- Garantir vedação na interface janela / componente.

2.7 RECOMENDAÇÕES CONSTRUTIVAS PARA INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO NAS EDIFICAÇÕES

Os sistemas construtivos exigem qualidade desde a concepção do projeto, desenvolvimento, processo de industrialização, até no canteiro de obras.

Porquanto, no canteiro de obras, Figuerola (2015) frisa que uma correta execução dos serviços é um fator primordial para a prevenção de patologias que possam comprometer o desempenho do sistema, ou seja, a estanqueidade, o funcionamento das janelas, a penetração de ar e a estabilidade.

A preparação da base perimetral do vão, a produção das esquadrias e a instalação, exigem qualidade dos serviços, de modo a evitar falhas e, conseqüentemente, as patologias.

Para garantir a vedação, os projetos de impermeabilização são feitos antes da concepção dos outros projetos. Segundo a projetista de impermeabilizações Virginia Pezzolo (2013), há a necessidade da promoção de uma análise dos projetos dos outros sistemas de interface para que se possa determinar as tecnologias mais adequadas a cada área. Também, deve-se levar em consideração o tipo de estrutura e demais interferências externas, não esquecendo a verificação da existência de projetos especiais, como caixilhos, por exemplo.

Falhas recorrentes são constantemente identificadas em projetos mal elaborados ou inexistentes. Para Pezzolo (2013) é um erro utilizar o mesmo projeto ou sistema para diferentes situações, pois há a existência de um produto certo para cada situação.

Um projeto adequado para impermeabilização ou de vedação, vai propiciar a estanqueidade adequada para a interface da esquadria com o vedado.

As manifestações patológicas, em partes, são constatadas pela falta de conferência e controle do processo construtivo, no decorrer da execução da obra, desta forma são fundamentais o controle e acompanhamento dos processos com mais critério.

2.8 MATERIAIS COMPLEMENTARES À INTERFACE

Os selantes são materiais que fazem parte deste universo. Caracterizados pela sua importância quanto a utilização na construção civil, sua principal função é a vedação, mas também são utilizados como forma de acabamentos, reparos e complementos em algumas situações.

Os silicones são os mais utilizados segundo Cardoso (2004, p. 147), pois “são

elementos extremamente interessantes para as diversas aplicações de vedação em projetos da construção civil”, ainda “altamente resistentes aos agentes de intemperismo, de forma geral” (CARDOSO, 2004, p.147).

Também, pela sua diversidade de composição, como: a base d'água, neutro, acético, estrutural e incolores, pretos, cinzas, vermelhos, brancos, entre outros, aumentam-se as possibilidades de aplicação, combinando-os com diversos outros tipos de materiais.

Historicamente, os vedantes de silicone têm aparecido na história há muito tempo. Na Segunda Guerra Mundial, foram utilizados para vedar juntas dos aviões. Porém, na área da construção civil, os derivados de produtos de sílica começaram a ser utilizados na década de 1950, na Europa.

No início da década de 1960, nos Estados Unidos, iniciaram-se estudos para o desenvolvimento de um tipo de silicone que, além da função de vedação, a principal característica fosse à fixação entre dois materiais diferentes, porém com características similares. Superfícies de contato planas e lisas, materiais de rigidez, excelente aderência na constituição dos corpos de provas. Posteriormente, a característica desenvolvida para este tipo de silicone, foi denominada como *glazing*. Até o momento significa o vidro colado sobre o metal e apareceu nas primeiras obras em Chicago, nos Estados Unidos em 1970.

Na Europa, a primeira obra de caráter significativo com o uso deste silicone vedante estrutural ou *glazing*, foi a pirâmide do Museu do Louvre em 1984, introduzido no Brasil, neste mesmo ano, na execução da fachada do Citibank, em São Paulo. Com isso se consolidou pelo mundo todo no passar de quatro décadas, destacando-se em grandes e significativas obras de arquitetura e engenharia como: *Petronas Tower* e *World Trade Center*.

De modo geral, as particularidades cabem a todas as linhas de selantes de silicone, no que se refere a sua aplicação. Primeiramente as superfícies a serem aplicadas devem estar limpas, isentas de poeiras, gorduras e óleos, além de secas. Do contrário, pode ocorrer problemas, entre eles pode-se destacar:

- 1) O substrato de silicone poderá se desprender da base, além de provocar a infiltração da água. Poderá se desprender totalmente, ocasionando, quedas de vidros de fachadas, patologias em paredes e pinturas;
- 2) A aplicação poderá gerar prejuízos estéticos, quando não aplicados de forma adequada, principalmente quando une esquadrias e alvenarias,

vidros e alvenarias, juntas de dilatação e pinturas além da incompatibilidade dos materiais, pode gerar manchas por infiltração, acúmulo de sujeiras, resíduos expostos a fachadas e esquadrias;

- 3) A especificação de forma errônea, também pode acarretar falhas de utilização. Há vedantes de silicone acético, que possuem componentes químicos de reação à laminação de vidros e a certos tipos de pinturas. Outros não podem ficar expostos a intempéries, pois podem craquelar e acumular sujeiras, assumindo aspecto encardido ou envelhecido.

Não cabe aqui entrar em detalhes mais profundos, no que diz respeito a composição e especificação particular de cada tipo de vedante de silicone, além do local específico de cada aplicação. Fabricante e fornecedor poderão de forma mais qualitativa ser consultados para informações mais aprofundadas de sua aplicação.

A seguir algumas figuras demonstram a utilização de vedantes de silicones em esquadrias de alumínio.

A Figura 29 mostra a utilização de dois tipos de vedantes de silicone: o silicone branco, neutro, (ver retângulo amarelo), tem função de vedação da seção de corte do perfil de alumínio, estancando as possíveis infiltrações de água para parede; o silicone incolor, acético, (ver retângulo vermelho), tem função de acabamento entre as duas superfícies de alumínio, lisas e não porosas.

Figura 29 - uso de vedante de silicone em esquadrias



A Figura 29 mostra o uso do vedante de silicone acético no corte do perfil, para a junta a 45° formando o quadro retangular da esquadria. Dois aspectos são considerados: primeiro e de fundamental importância a adoção desta prática garante a estanqueidade da água e do ar no canto da esquadria, segundo, possíveis falhas geradas pela serra no momento do corte, podem deixar a superfície do corte imperfeita.

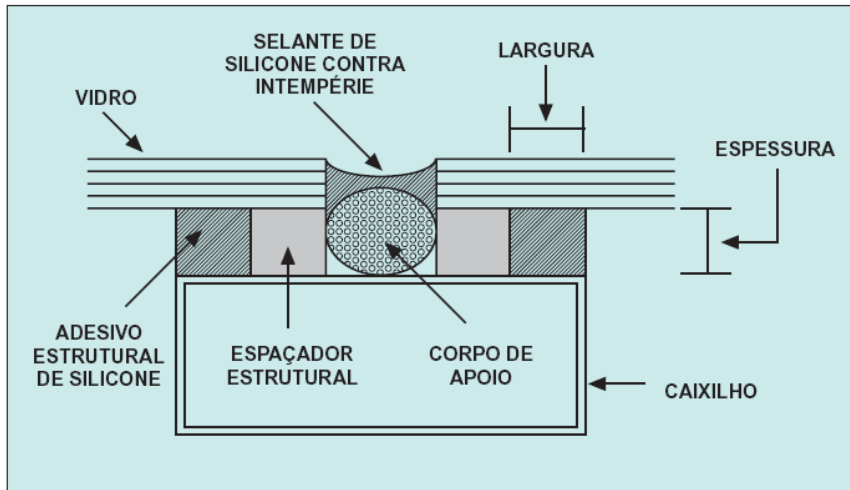
Figura 30 - Aplicação de vedante de silicone no corte do perfil



Fonte: CTA – Alcoa (2010)

A Figura 30 mostra a utilização do vedante de silicone estrutural, com função principal a fixação do vidro sobre o perfil de alumínio. Neste exemplo observa-se o sistema *structural glazing*, que ao mesmo tempo proporciona a vedação entre os dois materiais.

Figura 31 - Aplicação de vedante de silicone estrutural



Fonte: CTA – Alcoa (2010)

Na indústria da construção, o poliuretano é comumente utilizado em forma de selante, para juntas. Devido a incompatibilidade entre dois materiais, estes polímeros são de grande eficácia para fazer a complementação das partes de ligação e vedação do conjunto.

Figura 32 - Aplicação de selante de poliuretano na interface da parede



Quando seca, o selante de poliuretano produz uma vedação elástica, além de aderir bem à madeira, alvenaria e metais. Depois de seco, esse tipo de selante é bastante resistente ao rasgamento, ao envelhecimento e à ação da chuva e sol.

SÍNTESE

As esquadrias de alumínio atualmente são usadas em grande escala, isso porque apresentam qualidades condizentes com as necessidades dos projetos, clientes e edificações.

A decisão por parte dos profissionais em utilizar esquadrias de alumínio se prende aos fatos de: Atributos favoráveis ao avanço tecnológico, proporcionam projetos inovadores, permite incorporar flexibilização nos desenhos de esquadrias e na produção industrializada.

O método deste estudo pode ser aplicado em diversos outros tipos de materiais, porém nesta abordagem definido para o alumínio.

Além da qualidade e flexibilidade do uso das esquadrias, ainda existe uma lacuna na qualificação profissional referente ao uso deste material.

A construção a seco, neste caso o wood frame, apresenta-se como um solução adequada no mundo, porém no Brasil requer avanços quanto a concepção e melhoramento de componentes e acessórios para seu pleno desenvolvimento, além disso investimentos na capacitação da mão de obra.

Diversas foram às tentativas de minimizar ou eliminar as manifestações patológicas decorrentes da falta de estanqueidade da interface entre os elementos.

Autores propõem o uso do contramarco, como gabarito, para facilitar os requadros, dar alinhamento, prumada, planicidade da fachada, garantia de medidas para fabricação e principalmente para a fixação da esquadria.

Outros mencionam que o uso do contramarco, contrasta com a inovação tecnológica, e que o vão acabado deve suprir a ausência do elemento.

O vão acabado é simplesmente requadrado, apto a receber a esquadria, desta forma o mesmo deve garantir o posicionamento, as dimensões, a fixação, além de preservar a funcionalidade e estática da esquadria.

Há sistema de aplicação de esquadria diretamente no vão da alvenaria, fixados com parafusos, preenchimento com espuma expansiva na câmara e uma guarnição extensa de boracha.

Desta forma este conceito de instalação só diz respeito a sua aplicação em alvenaria.

As esquadrias de aço e madeira dispensam o uso de contramarco. Fixadas com grapas e parafusos, o acabamento do requadro é executado após o

posicionamento da esquadria no vão.

Este formato de instalação faz com que a agamassa de reboco tenha baixa aderência na face da esquadria, o que pode ocasionar fissuras e conseqüentemente infiltração.

Nos painéis industrializados de paredes pré moldadas, os vão das esquadrias são executados de duas formas: uma é a concretagem do painel unificando parede e esquadria, outra é a execução do painel de parede com formação do vão por formas de madeira. Após a desforma é instalada a esquadria, fixada com parafuso e arrematada com espuma expansiva.

A aplicação de esquadrias de PVC, requer o requadramento do vão para posterior aplicação da esquadria, também fixada com parafusos e preenchimento do espaço de folga da interface com espuma expansiva como acabamento são aplicado arremates ou guarnição.

No estudo constata-se não existir um sistema perfeito de vedação tanto na esquadria como na interface com a parede, na maioria das vezes a penetração de umidade se dá pelas janelas. Constata-se a sugestão de aplicação de membrana impermeável ao longo do perímetro do vão, para criação de barreira contra a água, além de uma vedação perimetral.

Para (Moch, 2009) em seu universo da pesquisa, constatou-se que 24% das manifestações de patologias nas edificações de alvenaria estrutural, estão diretamente relacionadas com a interface alvenaria / esquadria e seu entorno. Tais eventos podem comprometer a estética, até mesmo a estrutura em alvenaria. Para se reduzir a incidência de infiltração na região perimetral da esquadria, se propões a confecção de um elemento de ligação entre esquadria e parede.

O sistema de alvenaria estrutural, possui alta incidência de manifestações patológicas na interface das esquadrias com a parede.

Todas as normas pertinentes apontam para o controle absoluto da estanqueidade das juntas

3 MÉTODOS E MATERIAIS

Neste capítulo, serão apresentados os materiais e métodos conforme sua utilização e aplicabilidade no desenvolvimento de cada fase.

Inicialmente, foi desenvolvido um protótipo base a fim de aproximar o estudo da realidade.

Foram realizados dois protótipos de peinel, o primeiro de forma rudimentar sem definição dos requisitos e o segundo com as definições de materiais, projetos e execução

O estudo deste primeiro protótipo foi importante para avaliar a interface de conexão entre a esquadria e o painel, mas também, outros requisitos como: fixação, acabamentos, posição das esquadrias dentro do vão, alinhamento horizontal e vertical e necessidade de implementar elementos complementares.

Figura 33 - Projeto e protótipo inicial



Para este protótipo foi adotada uma esquadria de alumínio, padrão Alcoa do Brasil, linha Inova com vidro incolor 4 mm, com dimensões externas de largura 795 mm e altura de 595 mm. A definição por este tipo de esquadria se deu pelo foco da pesquisa que trata da interface com o painel, não envolvendo diretamente a qualidade e o funcionamento da esquadria isoladamente.

A esquadria foi da indústria de esquadrias e fachadas ABRA ALUMÍNIOS de Chapecó – SC.

Quanto a definição do painel de sustentação, este foi desenvolvido de maneira empírica, com retalhos de chapas OSB de 10 mm de espessura, com dimensões externas: Largura 1000 mm; Altura de 800 mm, e vão livre para

colocação da esquadria: Largura 800 mm: Altura 600 mm. A espessura do painel é de 100 mm, e para sua montagem foi usado parafuso próprio para madeira de 4,2x50mm.

Através da construção desse protótipo de estudo, foi possível verificar fisicamente as possibilidades de uso dos dois materiais em questão.

A figura abaixo mostra a colocação da esquadria no vão do painel.

Figura 34 - Protótipo 01 - estudo de instalação



Após as análises, ficou constatado que somente a aplicação da esquadria no vão luz do painel de *wood frame*, não teria um resultado adequado, sendo que as faces retas perpendiculares do plano externo, com os planos do vão luz, não oferecem fechamento estanque à água.

A aplicação de silicone como vedante também poderia comprometer o funcionamento, devido as características físicas diferentes de cada material, como: superfície irregular de aderência, dilatação e junta de ajuste heterogêneas.

Parte do requadro do vão luz estaria exposto ao meio ambiente, devido o afastamento da face da esquadria com a do painel, o que ocasionaria deterioração da madeira que compunha o painel de *wood frame*.

O sistema de fixação por parafusos, como forma de unificar os dois componentes, poderia deslocar para uma das faces a esquadrias, ficando a junta de

dilatação desigual ao longo perímetro.

3.1 DEFINIÇÃO DO PROTÓTIPO DO PAINEL DE *WOOD FRAME*

A utilização de protótipos tem a intenção de antecipar determinados eventos que possam ocorrer na edificação, além de se poder ajustar a modulação, facilitar a pré-fabricação e ser rapidamente fabricado. Permite também a avaliação do conjunto como todo e possibilita correções caso aconteça alguma falha.

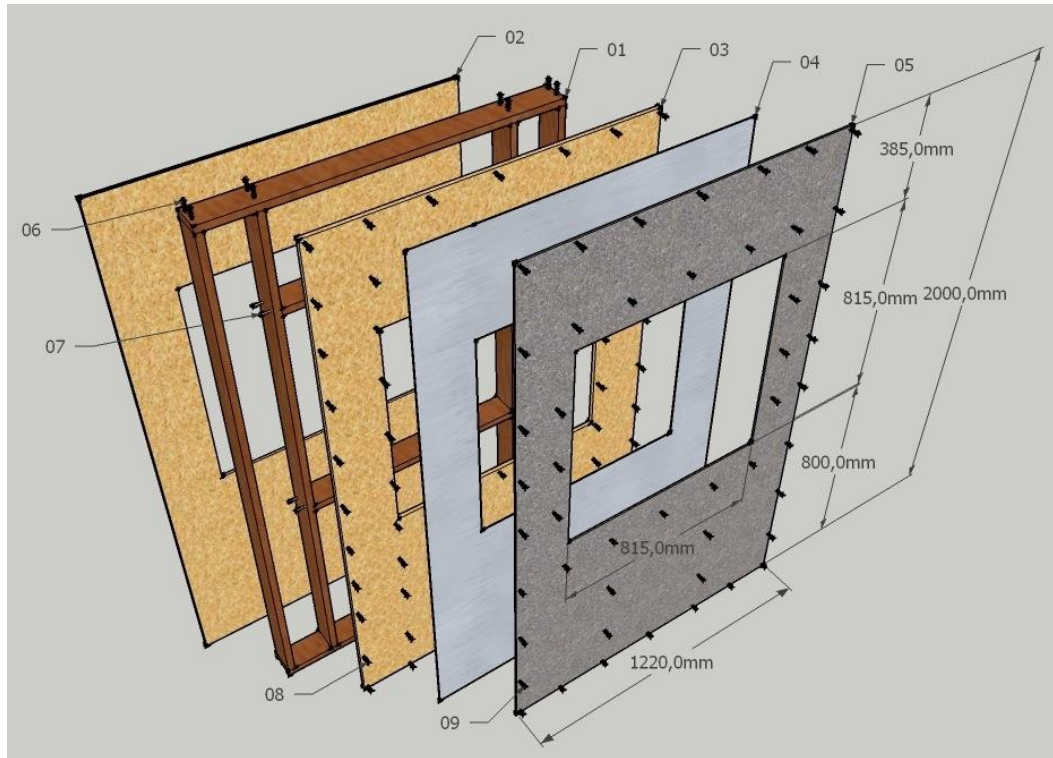
A seguir será realizada a apresentação dos materiais e a forma de sua composição na formação do painel de *wood frame*, objeto de estudo na presente pesquisa. Posteriormente, demonstrar-se-á como o projeto do painel foi desenvolvido e a execução do mesmo.

Primeiramente a informação das dimensões do conjunto finalizado.

Tabela 4 - Dimensões do conjunto finalizado do protótipo

Largura	Largura do elemento está compreendida entre as extremidades do lado direito ao lado esquerdo, conforme tamanho comercial da chapa OSB.	1220 mm
Altura	Altura do elemento está compreendida entre as extremidades inferior e superior, definição aleatória.	2000 mm
Espessura	Espessura do elemento está compreendida entre as extremidades da face interna com a face externa, que segue a somatória das espessuras dos componentes individuais (1- estrutura central em madeira de pinus = 110mm, 2- chapas internas de OSB = 9,5mm, 3- chapa externa de OSB = 9,5mm, 4- membrana aluminizada = 1 mm, 5- placa cimentícia = 6mm).	136 mm
Componentes	Os componentes utilizados para a execução do painel são: Parafuso 4,2x25 mm, parafuso 4,8x50 mm, pregos 17/27, silicone incolor cura neutra, fita vhb dupla face 10x2 mm	

Figura 35 - Projeto do painel wood frame



Na sequência estão enumerados e especificados os itens de insumos que compõem os elementos para a execução do painel.

1 – Estrutura central, a qual tem função de sustentação do painel, onde serão solidarizadas as chapas para fechamento e enrijecimento da estrutura, e o enquadramento no vão central para posterior instalação da esquadria; vão luz definido com 815x815 mm.

O elemento é composto por tábuas de madeira de pinus, cujas dimensões são de largura, $L=110$ mm e espessura, $E=25$ mm, e o comprimento variando conforme posição da peça.

A espessura utilizada é padrão de uma polegada, e a largura da peça de 110 mm foi derivada de uma tábua de dez polegadas, aberta ao meio e plainada.

A fixação entre as peças que para formar a estrutura, foi feita através de parafusos e pregos, consecutivamente identificados na figura 35 pelos números 6 e 7, que posteriormente serão especificados.

2 – Chapa de OSB, cuja função é fazer o fechamento e o travamento da estrutura, posicionada no lado interno do painel / edificação, poderá ser como acabamento final, mas também está apto a receber diversos tipos de acabamentos como gesso acartonado, pintura, verniz, MDF, papel de parede, entre outros

produtos.

A chapa OSB, produto comercial, tem suas dimensões: largura $L=1220$ mm, altura $H=2400$ mm e espessura, $E=9,5$ mm. O projeto do painel, a altura foi de 2000 mm.

A fixação da chapa para o fechamento interno da estrutura foi feita por parafusos identificados na figura 35 pelos números 8, posteriormente especificado.

3 – Chapa de OSB, cuja função é fazer o fechamento da estrutura, posicionada pelo lado externo do painel / edificação, não podem ser exposta à intempéries, podendo sofrer danos, porem está apta a receber diversos tipos de acabamentos como placa cimentícia, tábuas e outros produtos.

A fixação da chapa, para o fechamento externo da estrutura foi feita por parafusos identificados na figura 35 pelo número 8, posteriormente será especificado.

Sobre este painel, será aplicada uma membrana aluminizada impermeável.

4 – Membrana aluminizada impermeável à base de papel, cuja função principal é criar uma barreira contra o meio externo a fim de proteger os elementos de madeira, da umidade.

A membrana tem como função não permitir o contato da água com a madeira.

A membrana é flexível e possui espessura de 0,2 mm, também pode ser utilizada como subcobertura para isolamento de água e controle de temperatura. Sua fixação se dá por meio de compressão entre a chapa de OSB e a placa cimentícia que será descrita a seguir.

5 – Placa cimentícia, neste estudo tem por finalidade fazer o arremate do protótipo, é a última placa a ser fixada sobre as demais, esta pressiona a membrana aluminizada contra a placa de OSB, fixada por meio de parafusos.

A placa cimentícia pode ficar exposta as ações do tempo, mas também pode receber algum tipo de tratamento na superfície como textura, pintura, impermeabilizante, revestimento cerâmico, ou outro tipo de acabamentos, lembrando que este fica externo ao painel / edificação.

6 – Neste experimento, os parafusos têm como função fazer a fixação da estrutura central do painel, aplicado em todo o perímetro, unindo os elementos de topo.

Os parafusos a serem utilizados na madeira, devido seu formato de rosca, possuem cabeça Philips, dimensão 4,8x50 mm.

7 – Pregos: o uso deste componente tem como finalidade fazer a fixação das duas travessas, que delimitam a altura do vão luz, formando a verga e a contra verga do painel. O Prego será 17/27 e utilizado somente nestes quatro pontos de fixação.

8 – Parafusos: a discriminação deste componente, cuja função é a fixação somente da chapa de OSB sobre a estrutura do painel.

Parafusos com dimensões de 4,2 x 25 mm, rosca para madeira, cabeça Philips.

9 - Parafusos: neste momento sua função será a fixação da chapa cimentícia sobre a chapa de OSB, comprimindo a membrana aluminizada. Tem dimensões de 4,2 x 25 mm, rosca para madeira, cabeça Philips.

Outros componentes utilizados aqui e que não foram representados na figura 35, porém quando na montagem do protótipo constaram: silicone incolor de cura neutra, utilizado para vedação e acabamento, fita estrutural vhb, dupla face, a fita é aplicada sobre o marco perimetral de conexão (componente de aço que será apresentado mais adiante), com o propósito de fixação da membrana aluminizada.

Além dos insumos para a produção do protótipo, ainda foram utilizadas várias ferramentas de trabalho para execução do mesmo, (serra circular, serra abrasiva, lixadeira, furadeira, parafusadeira, prensa, martelo, aplicador de silicone, estilete, além de bancadas e calços de madeira).

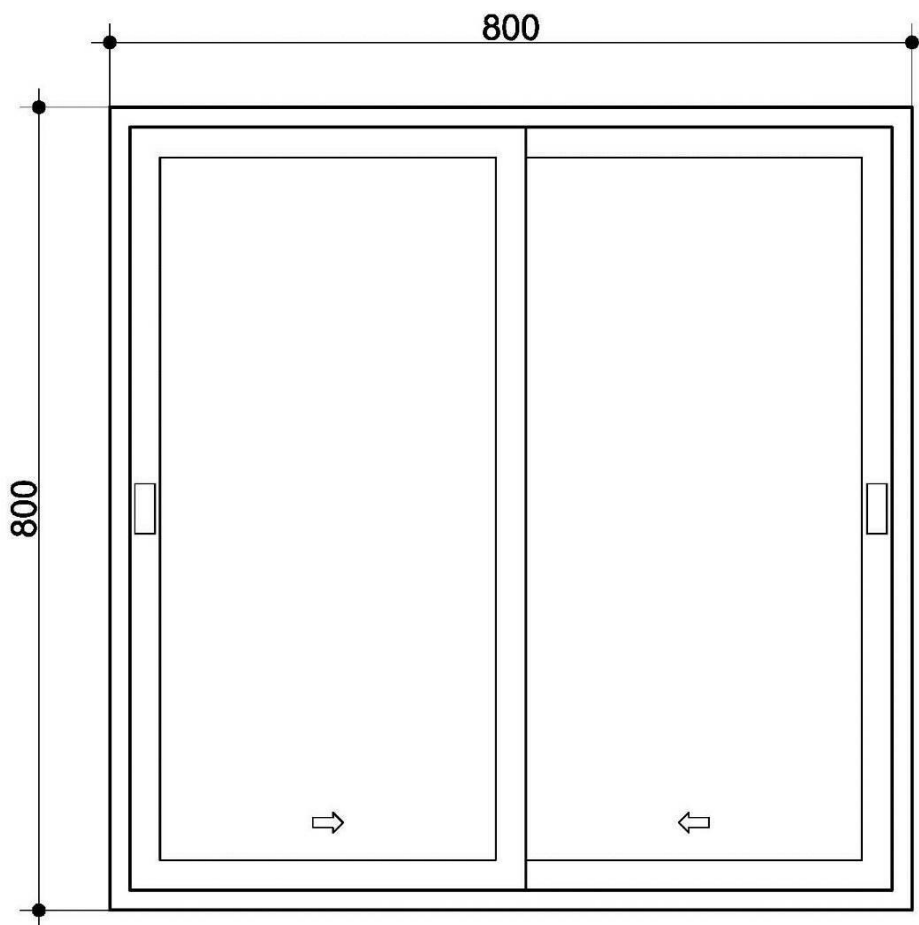
3.2 DEFINIÇÃO DO PROTÓTIPO DA ESQUADRIA DE ALUMÍNIO

As esquadrias são elementos construtivos formados por perfis.

Os perfis são levados para as indústrias de esquadrias.

O modelo de esquadria adotado foi doado pela empresa esquadrilon, cod. INV-JCR200, conforme identificada na figura 36.

Figura 36 - Modelo janela duas folhas de correr em alumínio



Fontes: Catálogo Técnico Inova, Alcoa (2007)

Os componentes da esquadria são: trilho inferior, trilho superior, batentes laterais. Largura das folhas e altura, além dos componentes como: roldanas, fechos, borrachas, escovas, acessórios, parafusos e silicone de vedação e vidro monolítico 04 mm.

A definição da largura e altura da esquadria ser 800 mm foi devido a necessidade de folga e ajuste de instalação.

Nos anexos encontra-se o relatório para a montagem completa da esquadria.

Durante o desenvolvimento da pesquisa adotou-se um elemento de ligação, um marco perimetral, cujo objetivo é formar um único conjunto, painel / esquadria.

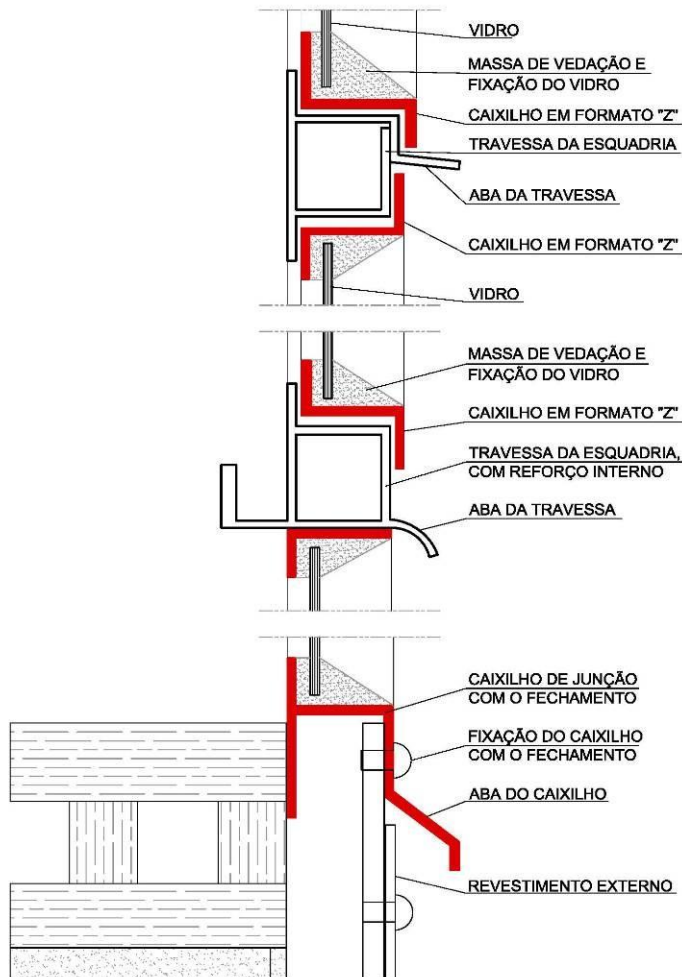
Na busca da forma adequada, foram feitos estudos sobre o projeto de detalhamento de caixilharia do arquiteto Rino Levi, para obra do Hospital Israelita Albert Einstein, em São Paulo (1958).

O detalhamento da caixilharia define as abas como elemento de condução da

água se afastando da esquadria e mesmo do edifício.

A figura a seguir é do acervo de projetos da FAU-USP (2014).

Figura 37 - Detalhes de caixilharia, projeto Hospital Israelita Albert Einstein de Rino Levi



Fontes: Acervo de projetos da biblioteca – FAU-USP (2014), (reprodução do próprio autor)

Sobre o estudo dos detalhamento de caixilharia do arquiteto Rino Levi no projeto Hospital Israelita Albert Einstein, foi possível constatar que:

1 – Foram criadas abas nas esquadrias, que exercem papel de pingadeiras, cuja função é de afastar o máximo de água da esquadria e parede, de modo a não haver infiltração através da junção entre elementos.

2 – As travessas centrais das esquadrias funcionam de forma independente, sendo possível o encaixe de módulos, dentro do vão luz.

3 – A travessa inferior da esquadria forma uma aba pingadeira, sob a qual é possível encaixar e fixar elementos de fechamento e revestimentos da parede.

Com base nisto, foi desenvolvido o projeto do marco perimetral entre a esquadrias de alumínio e o painel de *wood frame*.

A inserção deste elemento de conexão na interface da esquadria com o painel é uma forma de minimizar ou até mesmo eliminar as infiltrações de água.

No mercado, não são encontrados componentes específicos para esta interface, entretanto, podem ser adaptados, o que nem sempre é o ideal.

O elemento de ligação, através de estudos específicos sobre o assunto, gera diretrizes de especificação e aplicabilidade, além disso, abre possibilidades de criação de novos projetos de modo a aumentar a eficácia do conjunto todo.

Por conseguinte, serão demonstrados o projeto do elemento de conexão, suas características de especificação, execução e aplicação para uso no painel.

Acredita-se, neste estudo, que sem a utilização deste elemento não seria possível chegar num resultado positivo.

Este marco perimetral, é composto de chapa fina a fio de aço, bitola 16, com 1,5 mm de espessura.

Para esta conformação foram executadas múltiplas dobras, corte a 45° nos cantos e união das peças por soldas. As abas superior e inferior, são soldadas junto as pingadeiras e a peça recebe tratamento com pintura epóxi (figura 38).

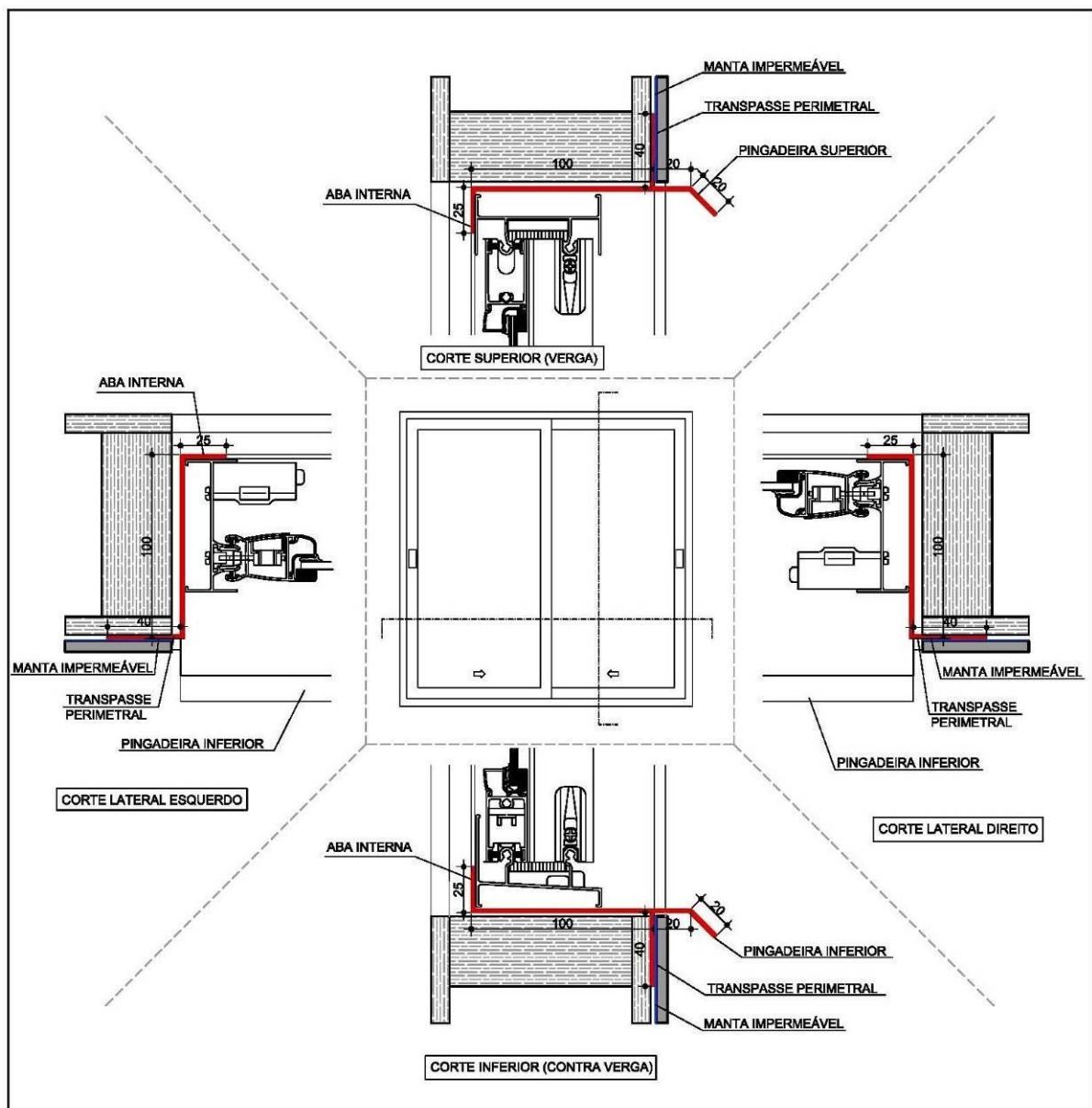
Figura 38 – Volumetria do marco perimetral



O marco perimetral foi desenvolvido durante a pesquisa, acredita-se que sem o mesmo o resultado poderá ser negativo, isso será atestado a frente quando da realização do teste de estanqueidade.

Leva consigo muitas características aqui discutidas, resultado de análise críticas da exposição de diversos autores.

Figura 39 - Projeto do marco perimetral



Em toda a extensão do vão, o marco perimetral cobre as áreas expostas de madeira que ficaram após a instalação da janela, como identificado no protótipo de estudo inicial (Figura 33, pág 73).

Segue a descrição que fundamentou o desenvolvimento deste projeto, conforme identificado na figura 39.

A aba interna do marco perimetral tem dimensão de 25 mm e tem as funções de: acomodação e fixação da esquadria; formar barreira impedindo a entrada de água; e vedação do perímetro externo da esquadria.

A base interna ao requadramento, tem largura de 100 mm, que avança para dentro do vão, perpendicular a face externa e interna da parede. Sua função é receber a esquadria e proteger parcialmente o painel de wood frame. Também, propositalmente este marco foi projetado para poder receber outras tipologias de esquadrias como, por exemplo, esquadrias de três planos, fixas, máximas e algumas outras, mediante estudos.

Pelo lado externo, o marco possui um transpasse perimetral de 40 mm paralelo a face externa da parede e forma ângulo de 90° com a base de recebimento da esquadria, que na ordem de posicionamento fica apoiada sobre a placa de OSB. Tem como funções: cobertura a borda da chapa de OSB; cobertura dos montantes da estrutura central do painel; receber a fita vhb dupla face para fixação da membrana aluminizada; fixar a membrana impermeável.

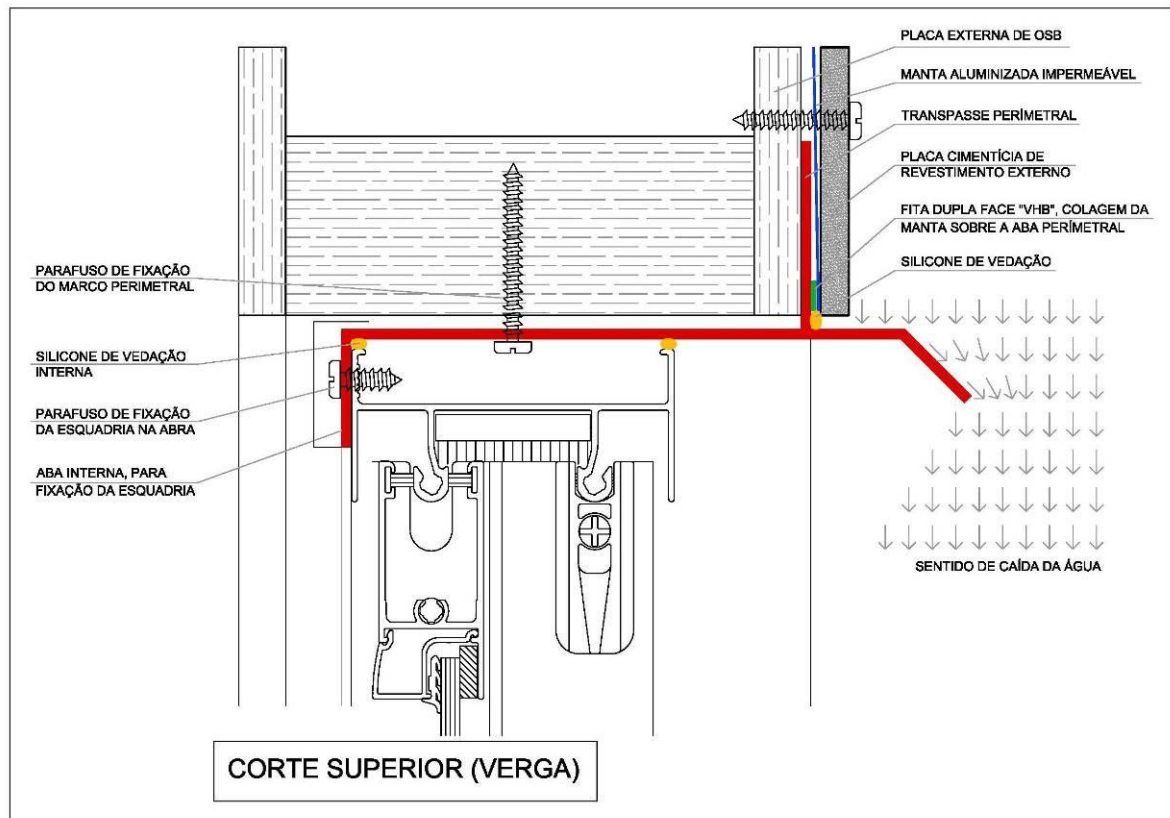
Além disso, foram adicionadas duas pingadeiras, uma superior a janela e outra inferior.

A pingadeira superior tem como função proteger a esquadria do excesso de água que escorre pela parede acima dela.

A pingadeira inferior tem a função de conduzir a água para fora da esquadria, evitando assim que a água fique parada sobre o requadro da esquadria ocasionando possíveis infiltrações, além disso, protege a borda da placa cimentícia, fixada abaixo.

A próxima figura mostra mais detalhadamente um corte sobre a parte superior do marco perimetral, mostrando a pingadeira superior.

Figura 40 - Detalhe em corte superior do marco perimetral



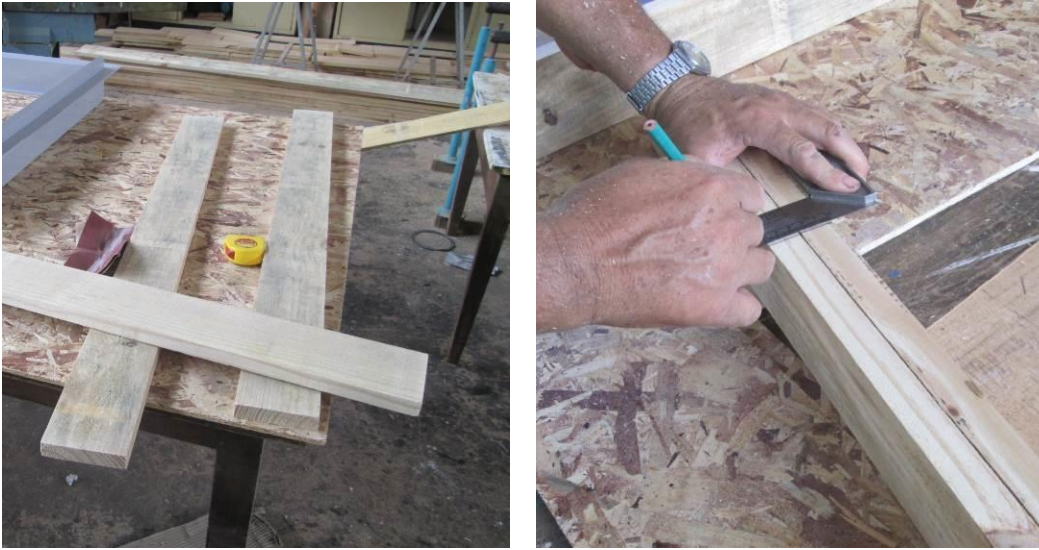
A figura 40 mostra os detalhes completos de funcionamento do conjunto. Ainda é possível identificar os materiais complementares, como: parafusos de fixação, silicone de vedação, fita dupla face “VHB”.

3.3 CONSTRUÇÃO DO PAINEL WOOD FRAME

O primeiro passo para o desenvolvimento dos elementos, conforme evidenciado nos itens 3.1 e 3.2, foram as definições do protótipo, utilizado como base do estudo experimental.

O protótipo segue as definições de projeto conforme apresentado no item 3.1. A seguir, as figuras 41 “A” e “B” mostram a confecção das peças de madeira e marcação para fixação entre os elementos, preparação para início de montagem do painel.

Figura 41 - Peças de madeira e marcação



As figuras 42 “A” e “B”, mostram a fixação das peças de madeira, para formação da estrutura do painel, utilização de pregos e parafusos.

Figura 42 - Fixação das peças de madeira



Montagem parcial das peças de madeira, para formação do painel está descrita na figura 43 “A” e “B”.

Figura 43 - Montagem parcial da estrutura



Estrutura construída completa, com montantes e travessas, o quadro central conforma o vão para posterior instalação da esquadria, figura 44 “A” e “B”.

Figura 44 - Montagem total da estrutura



Preparação das placas de OSB para fixação sobre a estrutura de madeira, figura 45 “A” e “B”. Originalmente a chapa possuía altura de 2400 mm, porém foram eliminados 400 mm, ficando com dimensão de 2000 mm, além disso, foi recortado o

quadro de 815 x 815 mm, formando o vão para instalação da esquadria.

Figura 45 - Painel OSB



Em seguida, foi realizada a fixação das chapas de OSB sobre a estrutura de madeira nesta etapa serão utilizados parafusos protegidos por pintura eletrostática, uma opção para evitar oxidação. Deve-se alinhar no vão central as faces do requadro para facilitar a instalação da esquadria (figura 46 “A” e “B”).

Figura 46 - Fixação das chapas de OSB



Neste momento o painel tem as duas chapas de OSB fixadas interna e externamente (figura 47 “A” e “B”).

Figura 47 - Painel



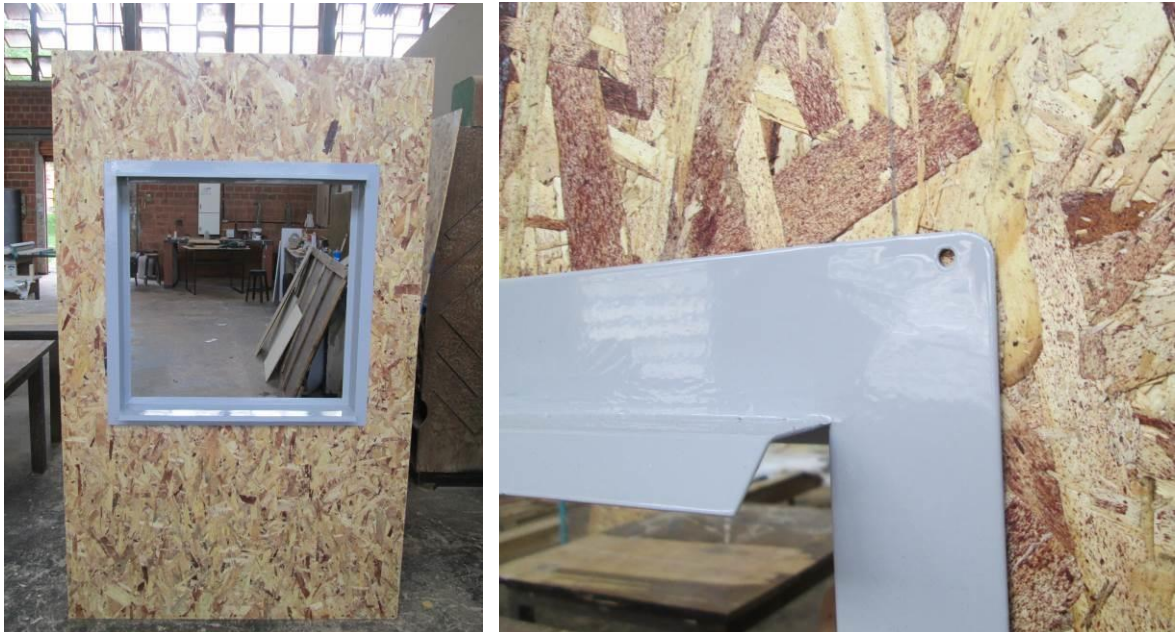
Em seguida é instalado o marco perimetral, como mostra a Figura 48 “A” e “B”.

Figura 48 - Marco perimetral



Após o painel montado com a estrutura e a fixação das chapas OSB interna e externamente, passa-se à fase seguinte onde foi fixado o marco perimetral dentro do vão luz do painel (figura 49 “A” e “B”).

Figura 49 - Instalação do Marco perimetral no painel



Na etapa de montagem e fixação do marco perimetral no painel, alguns ajustes foram necessários. A aba do marco perimetral ficou sobreposta à chapa de OSB, dificultando o bom acabamento, o que exigiu um rebaixo de 3 mm sobre a chapa de OSB.

O projeto do painel não contemplou este encaixe, porém a solução permitiu uma melhor compatibilidade dos elementos.

Para a execução do rebaixo, foi utilizado uma “tupia” com uma broca reta, sem ponta, em formato de cilindro, com regulador de altura definida em 03 mm, além disso, uma régua foi posicionada a 50 mm da borda a fim de guiar a largura do rebaixo de cada lado do vão, (figura 50 “A” e “B”).

Figura 50 - Rebaixo sobre a chapa OSB



Após a execução do rebaixo se fez a fixação do marco perimetral.

O marco, primeiramente, foi perfurado com broca 6 mm, onde foram inseridos os parafusos de fixação.

Os parafusos são fixados na madeira maciça de pinus da estrutura interna, sem que ocorra danos ao painel, marco e esquadria, (figura “A” e “B”).

Figura 51 - Fixação do marco perimetral



Também é possível observar que o rebaixo ficou com uma margem de tolerância ao redor do marco, uma vez que a aba do marco tem 40 mm de largura e o rebaixo tem 50 mm, sendo necessário estabelecer prumo e nível para instalação do marco perimetral.

Figura 52 - Instalação do Marco perimetral



Após a instalação do marco perimetral, percebe-se ser necessário que esta composição esteja bem isolada e protegida para a submissão ao ensaio de estanqueidade. Aplicou-se a membrana aluminizada com a função de tornar o conjunto estanque.

Foi aplicada primeiramente sobre o marco, após limpeza rigorosa com tecido e álcool isopropílico, a fim de eliminar poeiras e gorduras da face, (figura 53 “A”).

Em seguida, sobre a face do marco perimetral, aplica-se a fita dupla face estrutural vhb, a qual une a aba do marco e a membrana aluminizada, protegendo o perímetro do vão da água, (figura 53 “B”).

Figura 53 - Aplicação da fita dupla face

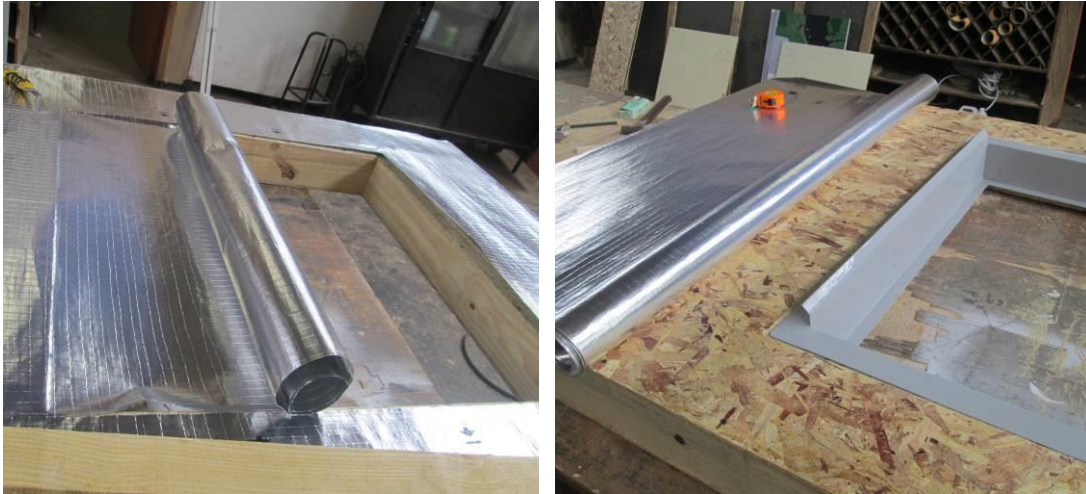


O passo seguinte foi aplicar a membrana aluminizada sobre a chapa de OSB.

Já composta em painel, a fita colada de um lado sobre o marco perimetral está apta à receber a membrana.

Desta forma a membrana foi cortada do tamanho do painel, com o quadro do meio do vão luz, livre para instalação da esquadria (figura 54).

Figura 54 - Corte da membrana



Uma vez colada, a descolagem não será mais possível, pois esta danificaria a membrana.

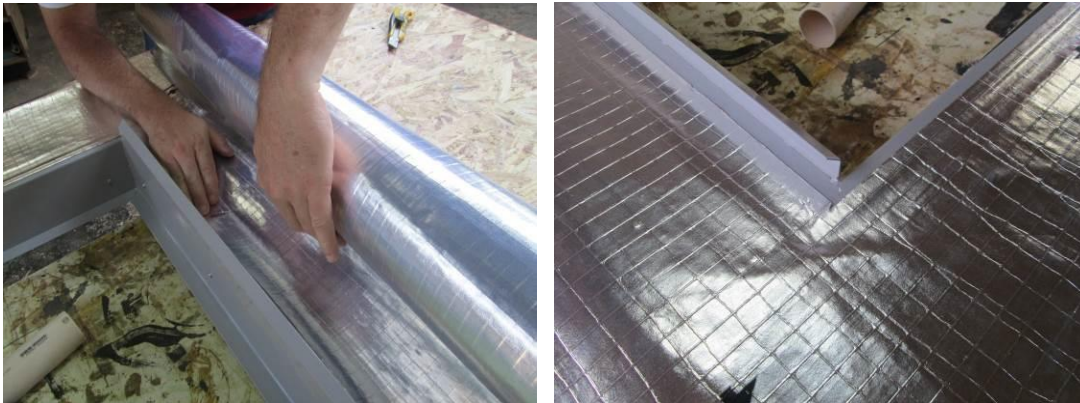
Importante é retirar a película aos poucos pressionando continuamente, mantendo-a sempre uniforme.

Figura 55 - Aplicação da membrana



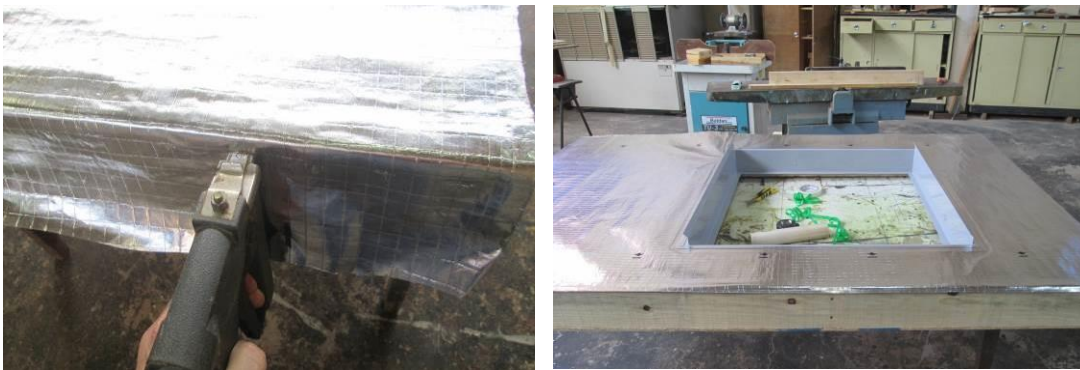
Após a colagem sobre a fita, deve-se pressionar a face superior a fim de eliminar falhas ou bolhas de ar (figura 55 “A” e “B”).

Figura 56 - Colagem da membrana



Para arrematar a aplicação da membrana, foi realizado o grampeamento de suas bordas ao painel de madeira (figura 57 “A” e “B”).

Figura 57 - Acabamentos das bordas



Finalizada a etapa de aplicação da membrana aluminizada, vem a aplicação da placa cimentícia sobre a membrana.

A placa foi marcada com 4 mm maior que o vão livre do marco, devido a necessidade de folga de ajuste e acabamento com silicone de vedação. Então foi encostado o quadro no centro da chapa, aparadas as arestas e eliminadas quinas com lixa. (figura 58 “A” e “B”).

Figura 58 - Preparo da placa cimentícia

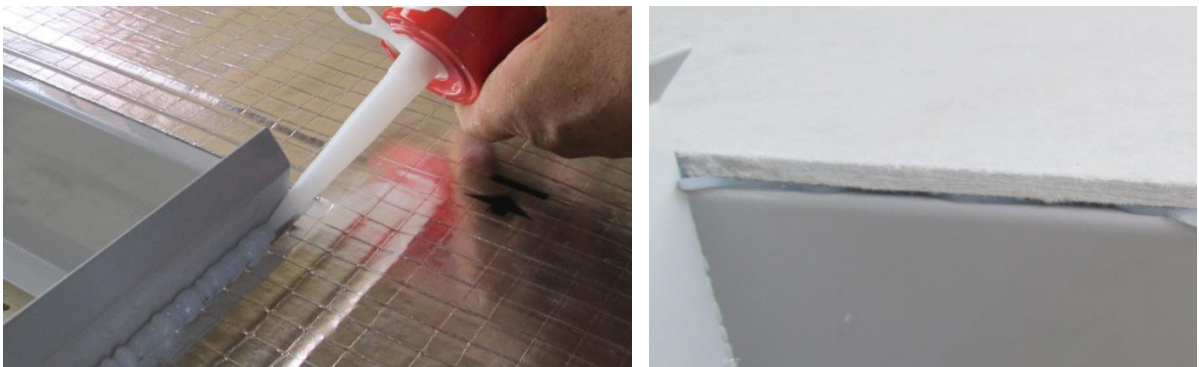


Após a realização dos acabamentos, foi encaixada a placa cimentícia no local com o objetivo de avaliar a necessidade de ajustes, uma vez que a mesma não receberia nenhum acabamento em sua superfície.

Foi removida, a fim de facilitar a aplicação do cordão de silicone, no perímetro do vão.

O tempo de montagem deve ser o mais breve, devido ao fato da composição do silicone ser a base de água e secar rapidamente.

Figura 59 - Aplicação de silicone



Após a selagem das bordas, fixa-se a placa cimentícia sobre a membrana. Inicialmente, comprimido-se o conjunto com uma morsa sobre uma ripa de madeira, para distribuição regular da carga nas bordas. Na sequência foram inseridos os parafusos auto atarraxantes, pintados, com perfuração com broca 4 mm. Nos furos foram aplicados silicone para vedação da rosca dos parafusos, (figura 60 “A” e “B”).

Figura 60 - Fixação da placa cimentícia



Finalizando essa fase, foram feitos os acabamentos, à remoção do excesso de silicone, limpeza do marco, arremate nos cantos do painel com a membrana aluminizada e a limpeza na cabeça dos parafusos para retirar as sobras de silicone de vedação, (figura 61 “A” e “B”).

Figura 61 - Acabamento no painel



Figura 62 - Painel Acabado com Marco perimetral



A análise da montagem permite rever os procedimentos:

1 – Não foi prevista a furação da madeira, o que ocasionou rachaduras nas peças, exigindo, a substituição de uma das peças. Sendo assim adotou-se prefuração com broca 03 mm.

2 – Para aumentar a rigidez duas travessas foram colocadas para eliminar a deformação lateral do vão.

3 – O rebaixo para encaixe da aba do marco perimetral não foi previsto no projeto original, que se mostrou necessário para alinhamento da superfície.

4 – A membrana aluminizada utilizada foi considerada de qualidade inferior. Sendo, aparentemente frágil, além de possuir base de papel, que pode se danificar na montagem e ainda ficar suscetível à deterioração pela exposição à água.

5 – A instalação da membrana deveria se iniciar na parte inferior do painel. No processo adotado, foi necessária uma abertura em um dos cantos para a passagem da pingadeira, ficando um ponto frágil, de possível infiltração.

3.4 INSTALAÇÃO DA ESQUADRIA NO PAINEL *WOOD FRAME*

Neste subcapítulo será tratada a instalação das esquadrias de alumínio no painel de *wood frame*.

Figura 63 - protótipo da esquadria



A esquadria de alumínio foi fornecida pela Esquadrilon Esquadria de Alumínio, cod: INV-JCR200, (figura 63).

Nesta etapa faz-se a instalação da esquadria de alumínio dentro do vão luz

definido pelo marco perimetral, cuja preparação preliminar constitui na limpeza geral com álcool isopropílico e conferências de esquadro, prumo e folgas.

Devido a folga para encaixe e ajuste de prumada, foi necessária a utilização de guarnição de PVC (denominação comercial tarucel) de 10 mm, no perímetro do marco da esquadria, para que reduzisse a espessura da junta de acabamento de vedação com silicone.

As imagens abaixo mostram a aplicação da guarnição, posicionada internamente à aba da face externa, que recebe o acabamento (figura 64 “A” e “B”).

Figura 64 - Aplicação do tarucel na esquadria



Após a preparação do vão e aplicação do tarucel é feita a instalação da esquadria, posicionando-a dentro do vão luz, assim como mostrado nas imagens abaixo, (figura 65 “A” e “B”).

Figura 65 - Instalação da esquadria



A instalação acontece encaixando-se a esquadria de baixo para cima, em razão da pingadeira superior ser projetada para frente do vão. Na sequência, a parte inferior, também se acomoda dentro do marco.

Conforme as imagens a seguir, pode-se notar que a esquadria toma posição dentro do marco, (figura 66 “A” e “B”).

Figura 66 - Encaixe total da esquadria no vão



Após a colocação da esquadria dentro do vão, antes de ser fixada definitivamente, se procede à aplicação de vedante junto a aba, (figura 67 “A” e “B”).

Figura 67 - Aplicação de vedante na aba interna do marco perimetral



Quando da fixação, o parafuso vai exercer tração na esquadria contra a aba do marco perimetral, fazendo com que comprima o silicone vedante e feche todos os poros a possíveis infiltrações.

Após a aplicação do vedante é necessário posicionar-se a esquadria dentro do vão, observando-se que fique centralizada lateralmente. A folga inferior deve variar de 2 a 3 milímetros e a folga superior pode ser maior, porém inferior a 7 milímetros. Além disso, deve-se verificar prumo e nível.

Figura 68- Posicionamento da esquadria dentro do vão

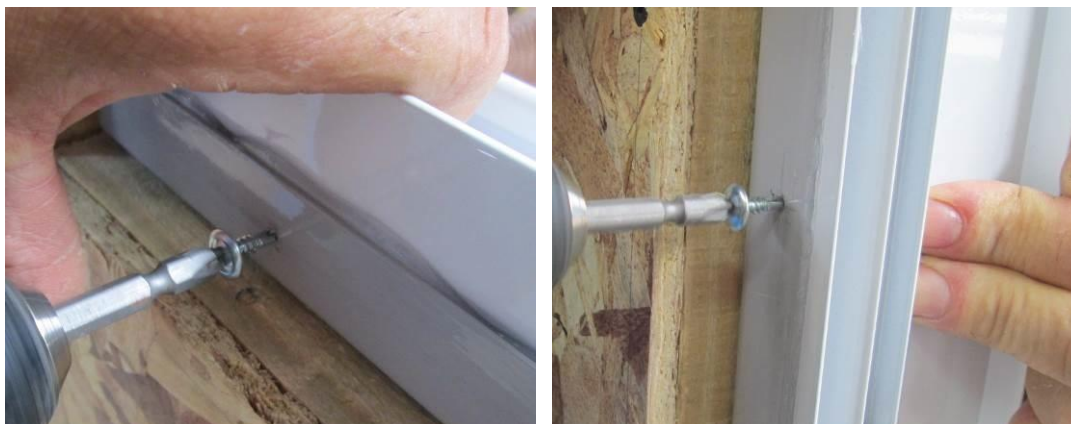


Para facilitar o posicionamento da esquadria dentro do vão, foram utilizadas cunhas de madeira, (figura 68 “A” e “B”).

A fixação da esquadria no marco perimetral é feita através de parafusos auto

atarrachantes, bitola 3,6x25 mm, (figura 69 “A” e “B”).

Figura 69 - Fixação da esquadria no marco perimetral

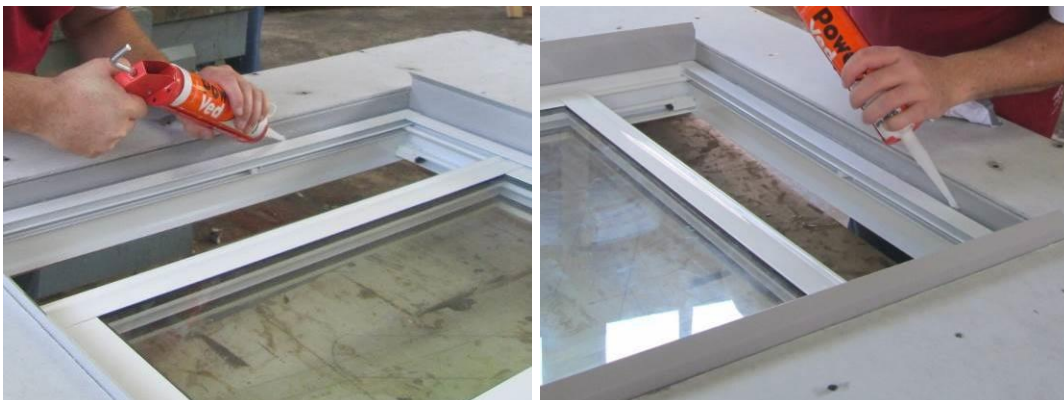


A fixação feita pela aba do marco perimetral, cuja função pe mecânica e tem papel importante: a furação para inserção dos parafusos se dá em meio ao silicone vedante que faz com que o local do parafuso fique estanque; a pressão exercida pelo parafuso entre o marco e a esquadria, faz que o silicone vedante feche as bolhas ou falhas e se espalhe uniformemente no perímetro, proporcionando a vedação. A definição de fixação pela aba permite manter o marco da janela sem furação, que poderia permitir infiltração através dos furos dos parafusos que estariam expostos ao meio externo.

Desta forma, os parafusos foram distribuídos a cada 40 cm ao longo do perímetro do vão.

Externamente ao perímetro da esquadria, onde há a folga da montagem no painel, há a necessidade de se fazer o acabamento em silicone incolor a base de água que também serve para a vedação da junta, (figura 70 “A” e “B”).

Figura 70 - Acabamento externo



Findados os acabamentos, o painel completo encontra-se acabado e apto a passar pelo teste de estanqueidade em câmara de pressão de ar e água, (figura 71).

Figura 71 - Painel acabado



Ao se observar a face do painel, seguem algumas descrições:

Os parafusos (pontos escuros), receberam uma vedação com silicone a fim de evitar possível entrada de água pela rosca ou por baixo da cabeça. Também todos os furos foram escareados para melhor assentamento da cabeça sobre a placa cimentícia.

A face inferior da esquadria não recebeu silicone de vedação, para escoar alguma água que pudesse ter entrado.

Também foram identificados alguns pontos negativos que ficaram em desacordo com o planejado.

As juntas de folga ficaram muito largas, tornando-as mais vulneráveis à ação do tempo, aumentando o consumo de silicone para acabamento e vedação.

O painel de *wood frame* foi executado manualmente, desta forma foram constatadas algumas distorções de medidas e esquadro, o que gerou folgas acima do planejado.

Na fixação da placa cimentícia sobre a placa de OSB de solidarização, os parafusos centrais ficaram somente na chapa inferior (de OSB), enquanto que os de borda foram fixados além da chapa inferior, também nas travessas e montantes do painel.

Estas questões no entanto não foram impedimento para a realização do teste de estanqueidade.

3.5 MÉTODOS DE ENSAIO A ESTANQUEIDADE DE ÁGUA

O teste de estanqueidade foi realizado no Instituto Tecnológico da Construção Civil (ITEC)

O teste de estanqueidade a que o painel foi submetido tem como base a NBR 10821. Além disso, o ITEC segue um protocolo próprio.

A câmara de teste é um equipamento formado por estrutura metálica e sistema hidráulico. É composto por duas partes: a câmara, onde estão instalados os equipamentos de pressão e água; e o pórtico, onde fica fixada a esquadria a ser submetida ao teste, (figura 72 “A” e “B”).

Figura 72 - Câmara de teste



A câmara, cujas dimensões são: 2800 mm (largura) e de 3000 mm (altura) possuem entradas e saídas de vento que definem a pressão e velocidade. Os aspersores definem a quantidades de água por metro quadrado de esquadria e simula a chuva, saída de água controlada a fim de não alterar a pressão aplicada. Outros equipamentos acoplados, são: reservatório de água, bomba d'água, turbina de vento, manômetro de coluna inclinada e painel controle.

O pórtico, elemento estritamente mecânico, cuja função é suportar o elemento de teste, é acoplado de frente para a câmara e fixado por quatro presilhas. A conexão entre eles não deve permitir a fuga da pressão.

Inicialmente o painel foi recebido pelo ITEC e em seguida iniciou-se a preparação que antecede o teste.

Figura 73 - Preparação do painel no pórtico



O painel de *wood frame* foi instalado centralizado no pórtico. Nas laterais e acima do painel foi realizado o fechamento com placas de compensado e recoberto com lona plástica preta a fim de evitar ao máximo a passagem de água, (figura 73 “A” e “B”).

Terminada esta fase de preparação do pórtico, este é acoplado à câmara para a realização do teste, (figura 74 “A” e “B”).

Figura 74 - Acoplamento do pórtico à câmara



Após o posicionamento do pórtico é feita sua fixação pela presilhas.

A seguir é executada a checagem de alguns itens com a intenção de evitar a interrupção e garantir o sucesso da realização do teste, tais como:

- Nível e prumo do pórtico;
- Aperto das presilhas;
- Funcionamento dos equipamentos;
- Quantidade de água;
- Acoplagem dos dutos de ar;
- Controle de entrada e saída de água e ar.

O desenvolvimento do ensaio consiste na aplicação de uma pressão de vento por determinado período conforme tabela 4

Tabela 5 - Tabela de parâmetros de pressão e tempo

Pressão de Ensaio (Pa)	Período de Aplicação (min.)	Ocorrências
0	15	
20	05	
40	05	
60	05	
80	05	
100	05	
120	05	
150	05	
180	05	
210	05	
240	05	
270	05	
300	05	

Fonte: ITEC (2015)

A tabela apresenta os parâmetros a serem registrados durante o teste. A primeira coluna contém a pressão (em Pascal) a que é submetida a esquadria; a segunda, o tempo (em minutos) a que a esquadria fica exposta sob água e pressão e na terceira coluna é o espaço em que são anotadas as ocorrências específicas de pressão e tempo decorrido.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentadas as descrições do teste, assim como o resultado no decorrer das várias etapas dos valores de pressão.

Os testes foram realizados em duas etapas. Na primeira ocorreram falhas de estanqueidade. Num segundo momento, os problemas foram corrigidos segundo a análise do primeiro ensaio e realinhado o reprojeto do envelopamento local.

4.1 Primeiro Ensaio

Figura 75 - Pannel em teste



Para cada ensaio, o ITEC atribui uma referencia para o registro e controle. Este foi registrado como PE2560.

No início do teste com a pressão zero, somente aspensão de água até a pressão 40 Pascal (região I – até 30,0 m/s- NBR 10821), não foi constatada nenhuma ocorrência de infiltração na interface da esquadria e parede.

Nesta pressão foi identificada presença de água dentro do trilho da esquadria, fato normal para esquadria com folhas de abertura de correr. Para esta situação existem os drenos projetados para evitar o acumulo de água.

Na sequência, aumentando a pressão surgiram os primeiros indícios de

infiltração, (figura 76 “A” e “B”).

Figura 76 - Infiltração de água



Ao aumentar a pressão para 60 e 80 Pascal, observou-se a ocorrência de infiltração.

Observando-se a figura 76 “A” e a indicação com o número “01”, (pressão de 60 Pascal), surgiu a formação de gotas de água na base inferior interna do painel.

Com o intuito de análise durante o teste, se removeu a chapa de OSB interna do painel que permitiu identificar o ponto de entrada de água, conforme aponta a seta vermelha (figura 76 “B”).

A partir do ponto de entrada, a água escoou, deixando marcas conforme indica o número “02”, pela placa de OSB e pelo montante interno da estrutura, o número “03” (figura 76 “B”).

A formação das gotas de indicação do número “01” figura 76 “A” é proveniente do acúmulo de água internamente na base do painel, ocasionadas pelo escoamento identificado nos números “02” e “03”, figura 76 “B”.

Ao se aumentar a pressão para 100, 120, 150, 180 e 210 Pascal, a infiltração continuou pelo mesmo ponto e a água se espalhou pela base inferior do marco (figura 77).

Figura 77 - Infiltração de água: detalhe 2



Em consequência, o volume de água que entrou aumentou atingindo novas áreas do painel. Como visto anteriormente, o início da infiltração ocorreu na seta vermelha e posteriormente se alastrou até o canto oposto da esquadria, indicado pela seta amarela. A indicação da seta verde mostra a água parada sobre a travessa inferior do painel.

Para finalizar o teste, a esquadria foi submetida as demais pressões, 240, 270 e 300 Pascal.

Figura 78 - Painel com teste finalizado



Após a finalização do teste, foi possível identificar o mesmo ponto de entrada de água na interface da esquadria com o painel e, com o aumento gradativo da pressão, a água foi se espalhando e surgindo em outros pontos.

Resumidamente, o ITEC transcreveu os dados de ocorrência no ensaio em uma planilha, a qual segue, ver tabela 5:

Tabela 6 - Dados de ocorrência no teste de estanqueidade

Pressão de Ensaio (Pa)	Período de Aplicação (min.)	Ocorrências
0	15	Nenhuma ocorrência de infiltração. Somente presença de água no trilho.
20	05	
40	05	
60	05	PE-01: Infiltração na região inferior direita entre o marco e a placa cimentícia, ocasionando escorrimento para a face interna (2') Sem ocorrências na fixação entre a esquadria e o marco.
80	05	
100	05	Idem PE-01 PE-02: Infiltração na região inferior direita entre o marco e a placa cimentícia, ocasionando escorrimento para a face interna (2')
120	05	
150	05	
180	05	
210	05	
240	05	Idem PE-01 e PE-02 PE-03: Infiltração na região inferior esquerda entre o marco e a placa cimentícia, ocasionando escorrimento para a face interna (2')
270	05	
300	05	

Fontes: ITEC (2014)

Após a finalização do teste de estanqueidade e a constatação dos dados de ocorrências, era necessária a análise do fenômeno. Desta forma se procedeu à retirada da placa cimentícia. (Figura 79)

Figura 79 - Retirada da placa cimentícia



Com a retirada da placa, foi possível avaliar a infiltração de forma precisa. Sabia-se que a água poderia transpor a placa cimentícia, mas em hipótese alguma se desejava que transpusesse a membrana aluminizada impermeabilizante.

Figura 80 - Falha na membrana aluminizada (detalhe)



De fato, ocorreu uma falha na membrana por onde a água entrou. Identificou-se a posteriori que o local foi um corte realizado na membrana com o objetivo de seu ajuste na aba do marco no momento de sua aplicação, (figura 80 “A” e “B”).

Figura 81 - Retirada parcial da membrana



A comprovação se deu quando realizada a retirada parcial da membrana, e identificada a mancha de umidade sobre a placa de OSB de fechamento externo.

Figura 82 - Ponto de infiltração



Constatou-se realmente que através do vinco de rebaixo na placa OSB e entre o painel e o marco perimetral, ou seja, de um único ponto de infiltração, a água se espalhou.

Desta forma se conclui a primeira etapa do teste de estanqueidade na interface do painel de *wood frame* com a esquadria de alumínio.

4.2 Segundo Ensaio

A análise dos resultados exigiu a revisão dos detalhes e a preparação do novo teste a ser feito.

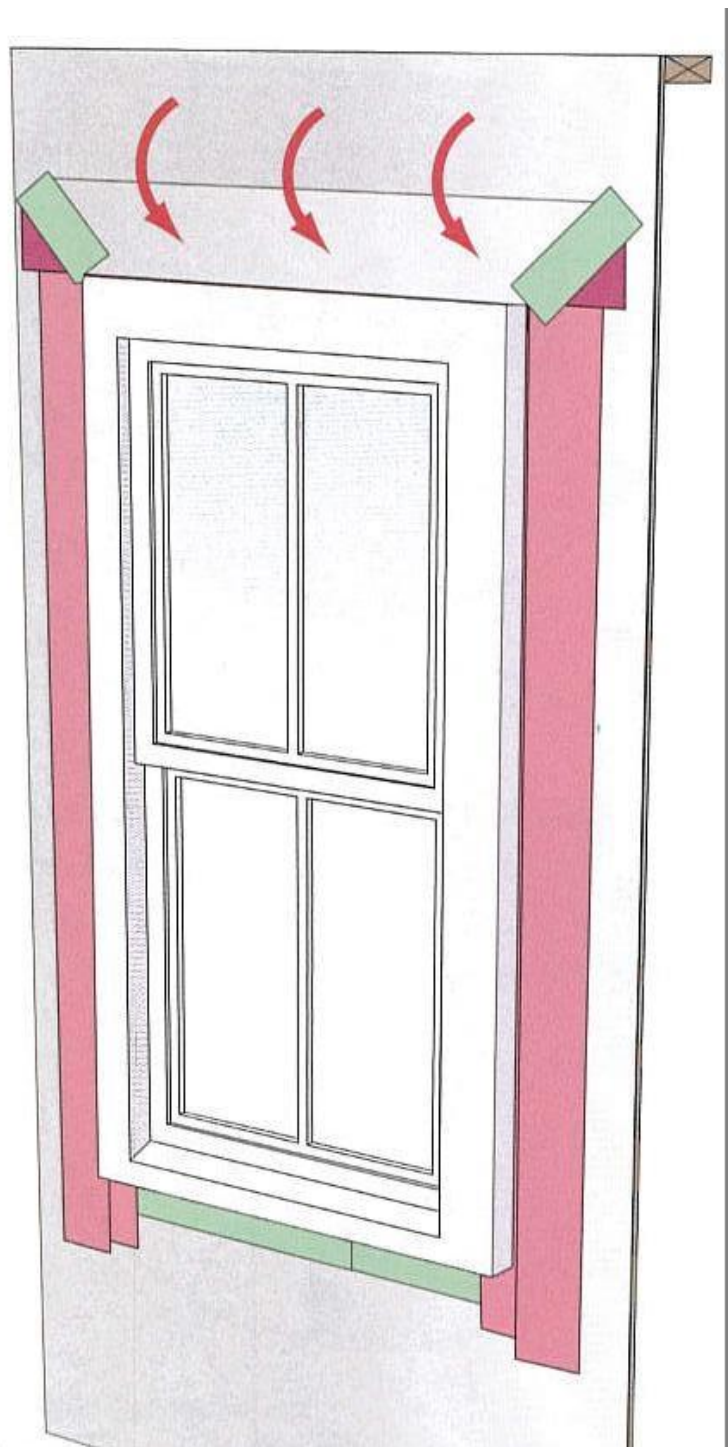
Após o término desta etapa, algumas implementações devem ser feitas a fim de sanar as falhas observadas.

A nova membrana a ser utilizada é hidrófuga, membrana impermeável a água na face externa e permeável ao vapor na face interna, (exemplo “Tyvek” ou “Typar”).

A aplicação da membrana foi baseada no passo a passo do *water management guide*, (Istiburek 2006) que estabelece os cortes, dobras, fixação,

transpasse, vedações entre outros aspectos para a instalação.

Figura 83 - Aplicação da membrana no perímetro do vão da esquadria



Fonte: Lstiburek (2006)

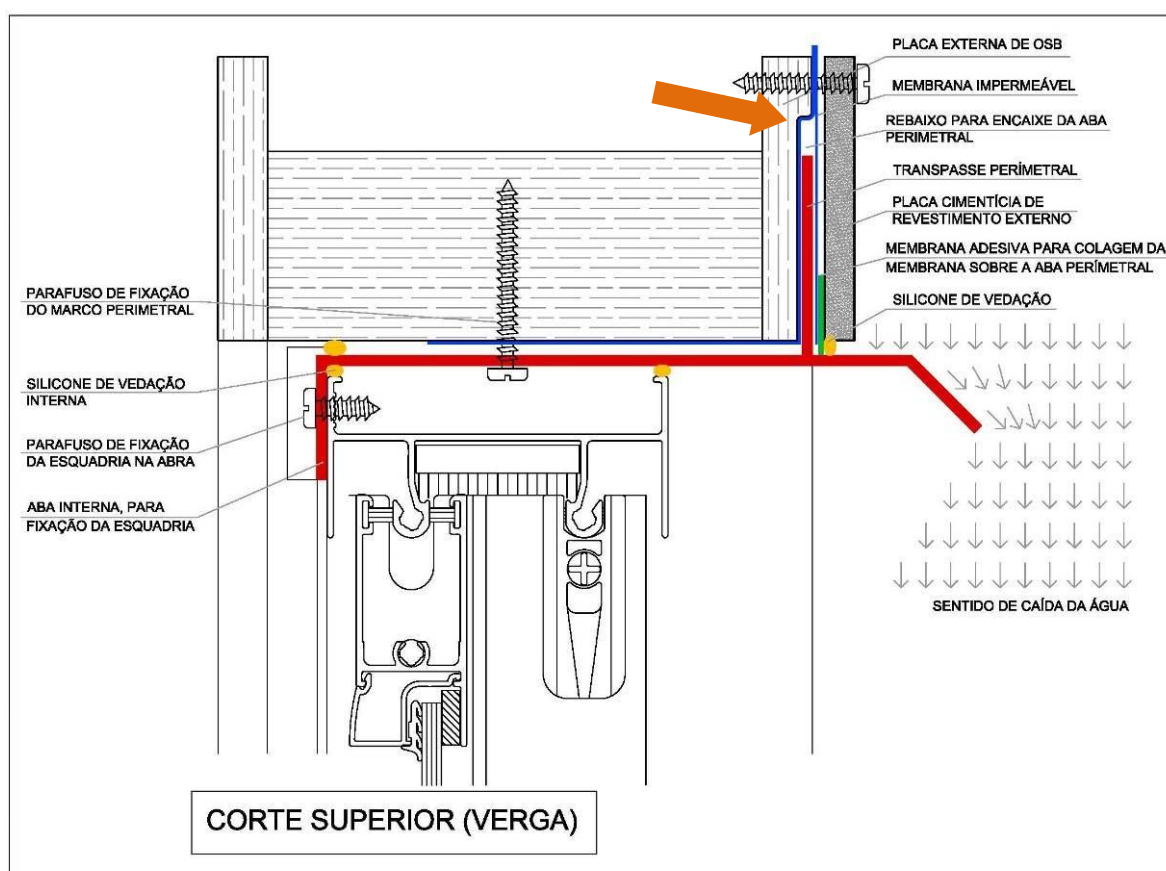
Outro aspecto importante observado no momento da instalação do marco perimetral no vão luz do painel de *wood frame*, é que a aba sobreposta sobre a

placa do OSB, deixava com ressalto dificultando o acabamento (conforme descrito no capítulo de métodos, ver figura 49 pág. 88).

Desta forma, a opção foi (*in loco*) fazer um rebaixo de 03 mm de modo que a aba ficasse encaixada proporcionando um bom acabamento.

Com isso, no reprojeto foi feita a correção desta especificação, como mostra a seta laranja no detalhe do projeto (figura 84).

Figura 84 - Projeto do painel wood frame com rebaixo do encaixe da aba



Ao implementar esta melhoria no projeto, o rebaixo segue em todo o perímetro, conforme a aba do marco perimetral.

A fita dupla face “VHB” foi eliminada por 2 razões. Avaliação de funcionalidade, primeiro: por a membrana ser aplicada de forma diferente da primeira etapa como mostra a figura 84; e segundo pela incompatibilidade entre os materiais.

Em função dos resultados obtidos no primeiro teste, ajustes foram feitos nas especificações, reprojeto, e execução do painel.

Inicialmente foram retirados os componentes do painel, de modo a fazer a substituição, limpeza e posteriormente montar o painel definitivo para o segundo

teste.

Figura 85 - Remoção de componentes



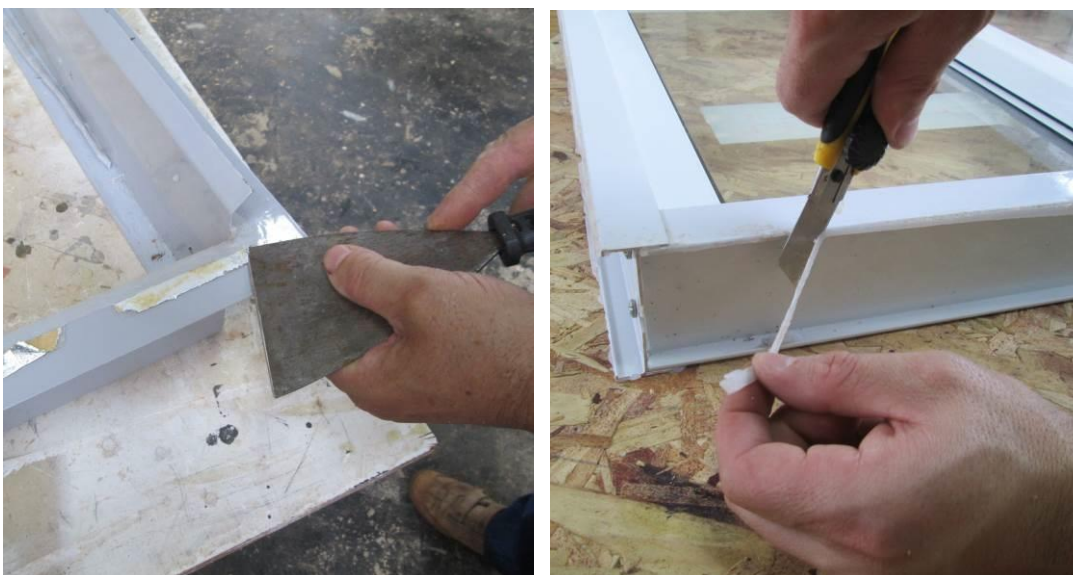
A remoção dos componentes iniciou-se pela esquadria de alumínio do marco perimetral, seguida pela retirada da membrana aluminizada e finalmente, do marco perimetral (figuras 85).

Figura 86 - Pannel com os componentes removidos



Após o destacamento dos componentes foi preciso fazer a remoção do silicone das peças e dos grampos do pannel que foram utilizados para fixação da membrana. Executou-se a limpeza de todos os componentes, (figura 86).

Figura 87 - Limpeza dos componentes



A limpeza dos componentes foi de fundamental importância para garantir a qualidade da nova instalação (figura 87).

Após a preparação dos componentes, inicia-se a montagem do painel, lembrando que foram adotadas as modificações para solucionar falhas observadas na primeira fase além das especificações no reprojeto do sistema.

Figura 88 - Aplicação da membrana hidrófuga



A aplicação da membrana hidrófuga foi aplicada conforme Istiburek (2006), além dos cuidados com manuseio e evitar que os cortes de encaixe ficassem expostos provocando a entrada de água, (figura 88).

Detalhes de aplicação foram seguidos, conforme mostram as figuras a seguir.

Figura 89 - Detalhes de aplicação da membrana



Para o enquadramento do vão luz, a membrana foi cortada a 45°, seguiu até o alinhamento do painel. Houve o cuidado do corte não ultrapassar o canto do painel de *wood frame*, para evitar a exposição do corte e a possível infiltração de água pelo canto.

O canto do painel foi reforçado com retalhos para que a membrana externa se sobrepusesse a interna, dando acabamento funcional apropriado.

Nas bordas do corte a 45° foi aplicado silicone com a finalidade de complementar a vedação.

Toda a fixação da membrana sobre o painel de *wood frame* foi feita por grampos, como sugerido pelo fabricante.

Na sequência se procedeu à inserção do marco perimetral, (figura 90).

Figura 90 - Inserção do marco perimetral



Contornando o vão luz, aplicou-se um cordão de silicone, posicionado-o sobre o rebaixo de 03 mm do painel e sob a aba do marco perimetral, para regularizar as bases de assentamento como na primeira tentativa e, principalmente, a vedação na interface de estudo.

O assentamento do marco perimetral foi realizado através de uma morsa manual e uma peça de madeira como apoio, para comprimir a aba do marco sobre o painel e a membrana, com o objetivo de melhor realizar a fixação, feita por meio de parafusos.

No primeiro protótipo, a membrana foi fixada sobre a aba do marco com a fita VHB dupla face. Já neste, o tipo de membrana foi substituído e eliminada a fita.

Todos os furos do marco perimetral para recebimento dos parafusos receberam silicone de vedação.

Como acabamento, visando a estanqueidade do sistema, foi adicionada uma fita adesiva para união entre o marco perimetral e a membrana hidrófuga.

Figura 91 - Aplicação de fita adesiva



Após a fixação do marco perimetral sobre a membrana hidrófuga, foi utilizada uma fita adesiva impermeável para isolamento de subcobertura. A função é de isolamento do vinco da interface entre o painel e o marco. Para obter este resultado, a fita adesiva foi fixada metade (25 mm) sobre a aba do marco e a outra metade (25 mm) sobre a membrana hidrófuga (figura 91).

Na sequência da montagem do painel, se fez a aplicação da placa cimentícia e a instalação da esquadria de alumínio.

Figura 92 - Aplicação da placa cimentícia e instalação da esquadria de alumínio



A aplicação da placa cimentícia seguiu o mesmo encadeamento da primeira etapa, assim como a instalação da esquadria de alumínio, inclusive utilizando os mesmos furos, (figura 92).

Vale salientar que para aplicação da placa cimentícia foram tomados cuidados apropriados de modo a não causar danos à face da membrana.

Concluídas estas etapas, o painel se encontrava finalizado para a submissão ao segundo teste de estanqueidade à água, também no ITEC, (figura 93).

Figura 93 - Painel finalizado



Na sequência, passa-se à descrição de detalhes sobre o novo ensaio.

Os procedimentos foram idênticos ao primeiro ensaio, seguindo tabela de parâmetros de pressão e tempo (tabela 03).

A seguir o painel é instalado no pórtico da câmara de teste, (figura 94).

Figura 94 - Painel instalado no pórtico da câmara de teste



Da mesma forma que no primeiro ensaio com o painel, houve a necessidade de fazer o fechamento de entorno do pórtico com chapas de madeira.

O teste foi identificado como “PE3295”.

Com a realização do teste constatou-se a infiltração de grande quantidade de água no trilho inferior da esquadria de alumínio, assim como no primeiro teste.

Figura 95 - Infiltração de água no trilho inferior da esquadria



Inicialmente, o surgimento da água se deu na folha do lado direito no plano interno do trilho a 20 Pa de pressão. Posteriormente, com o aumento da pressão e consequentemente aumento do volume de água, esta se espalhou pelo trilho e transbordou do lado esquerdo da esquadria, ocorrência aos 180 Pa de pressão, (figura 95).

Vale enfatizar que os eventos ocorridos na esquadria não fazem parte desta pesquisa.

Figura 96 - Painel pós-teste



Desta maneira foi finalizado o ensaio de estanqueidade no painel e constatado que não houve nenhum ponto de infiltração referente a interface esquadria x painel de *wood frame*. O resultado prático assegurou a discussão teórica ora desenvolvida como um processo técnico inovador e bem-sucedido.

Conforme tabela 5 abaixo, fornecida do relatório dos dados de teste elaborado pelo ITEC, é possível confirmar que o resultado quanto a estanqueidade da interface foi 100% bem sucedido.

Para melhor entendimento dos dados utilizados no ensaio, foram feitas as

correlações entre as pressões aplicadas e as velocidades de vento respectivas, (tabela 7).

Tabela 7- Tabela de Cálculos

Pressão de Ensaio (Pa)	Período de Aplicação (min.)	Pressão de projeto $P_p = P_e/0,15$	Velocidade característica $V^2 = P_p \times 1,6$	
			m/s	Km/h
0	15	$P_p = 0$	$V=0,00$	$V=0,00$
20	05	$P_p = 133,33$	$V=14,60$	$V=52,58$
40	05	$P_p = 266,66$	$V=20,65$	$V=74,36$
60	05	$P_p = 400,00$	$V=25,29$	$V=91,07$
80	05	$P_p = 533,33$	$V=29,21$	$V=105,16$
100	05	$P_p = 666,66$	$V=32,65$	$V=117,57$
120	05	$P_p = 800,00$	$V=35,77$	$V=128,79$
150	05	$P_p = 1000,00$	$V=40,00$	$V=144,00$
180	05	$P_p = 1200,00$	$V=43,81$	$V=157,74$
210	05	$P_p = 1400,00$	$V=47,32$	$V=170,38$
240	05	$P_p = 1600,00$	$V=50,59$	$V=182,14$
270	05	$P_p = 1800,00$	$V=53,66$	$V=193,19$
300	05	$P_p = 2000,00$	$V=56,56$	$V=203,64$

Na tabela 8, observa-se o comparativo dos dados relacionados a interface do painel com a esquadria, no que diz respeito à estanqueidade e ocorrências durante o ensaio.

Tabela 8 - Tabela de ocorrências, comparativo entre os testes

Parâmetros		Teste 01		Teste 02	
Pressão de Ensaio (Pa)	Período de Aplicação (min.)	Ocorrências na interface	status	Ocorrências na interface	status
0	15	Nenhuma ocorrência	ok	Nenhuma ocorrência	ok
20	05	Nenhuma ocorrência	ok	Nenhuma ocorrência	ok

Parâmetros		Teste 01		Teste 02	
Pressão de Ensaio (Pa)	Período de Aplicação (min.)	Ocorrências na interface	status	Ocorrências na interface	status
40	05	Nenhuma ocorrência	ok	Nenhuma ocorrência	ok
60	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
80	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
100	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
120	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
150	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
180	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
210	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
240	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
270	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok
300	05	Infiltração inferior ao marco	X	Nenhuma ocorrência	ok

Sobre os requisitos de desempenho de estanqueidade aplicados, o resultado obtido atendeu plenamente as NBRs específicas. A análise comparativa entre o teste 01 e o teste 02, mostra que as alterações de projetos, materiais envolvidos e execução do protótipo foram responsáveis pelo excelente desempenho do sistema no que diz respeito à estanqueidade da interface esquadria / painel.

A velocidade de vento máxima aplicada no ensaio de 203 km/h, que corresponde a uma pressão de 300 Pa não foi suficiente para causar a infiltração no painel.

Valida-se assim o método de análise do problema proposto na pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa tem como objetivo estabelecer um método de análise para estudo da estanqueidade na interface entre esquadria e painel onde está aplicada, neste caso específico das esquadrias de alumínio e painéis de wood frame.

Com a consolidação do mercado de alumínio destinado a construção civil, mais especificamente na caixilharia, o uso do alumínio vem para contribuir com a evolução tecnológica dos sistemas construtivos.

O sistema *wood frame* no Brasil ainda necessita de implementações, e existem poucos acessórios nacionais desenvolvidos para aumentar sua eficiência tecnológica.

Utilizou-se o painel de *wood frame*, como o tradicionalmente mostrado na literatura pertinente. Para a esquadria de alumínio em uso, utilizou-se um modelo padrão usual da empresa doadora. A análise se resumiu aos fenômenos ocorridos na interface dos dois elementos.

O ponto primordial da pesquisa foi o desenvolvimento e execução do marco perimetral, o mesmo estabeleceu a qualidade de conexão entre a esquadria e o painel.

Os resultados positivos desta pesquisa, comprovaram a eficiência do marco perimetral sem o mesmo, possivelmente os resultados seria desconfirmados

Na análise da literatura foram identificados inúmeros estudos que apontam as práticas adotadas para a aplicação de esquadrias nos vão luz, porém observa-se que a interface da esquadria com o vedo, torna-se predominantemente frágil do ponto de vista da estanqueidade, trazendo resultados incompatíveis com as exigências técnicas e de desempenho.

Inúmeras têm sido as tentativas de resolver pontualmente as manifestações patológicas ocorridas ao longo da interface das esquadrias com as paredes. Contudo, a maioria sem resultados bem-sucedidos.

Com as soluções encontradas nesta pesquisa a partir dos testes e experimentos, ficaram evidenciados três pontos: o primeiro diz respeito ao projeto, que via de regra, é falho nas especificações; o segundo é relacionado ao baixo entendimento da questão por parte dos projetistas; e, finalmente, se coloca a qualidade de aplicação aquém das exigências técnicas.

Os resultados desta pesquisa evidenciaram que o projeto tem função

fundamental na informação da construção do elemento.

Os resultados do primeiro e segundo testes desta pesquisa demonstram que o método de estudo para a estanqueidade na interface entre esquadria e painel, foi adequado, atendendo 100% às prescrições normativas.

O bom resultado obtido no segundo teste foi possível devido à correção das imperfeições constatadas no primeiro teste.

Além do foco da pesquisa, que é a interface do painel com a esquadria, buscou-se avaliar também o projeto e suas especificações, bem como o sistema construtivo.

Outros itens indispensáveis para a composição deste sistema são os fixadores (parafusos) e os vedantes (silicone).

Ressalta-se que mesmo com elementos de qualidade aceitável, o manuseio dos componentes e o uso de ferramental adequado são fundamentais para se aumentar consideravelmente a qualidade do conjunto.

Os ensaios de laboratórios proporcionam uma visão mais completa do sistema, além de apresentar a real situação sobre o funcionamento do mecanismo proposto.

A utilização de laboratórios creditados para os ensaios, dão credibilidade ao resultado da pesquisa.

No que diz respeito às infiltrações na interface do entorno da esquadria x parede, é necessário se ter o conhecimento do material a ser aplicado nesta junta, garantir fixação efetiva e fazer correta aplicação de vedante.

A execução dos painéis com suas esquadrias incorporadas em uma usina de fabricação, pode reduzir sensivelmente as imprecisões de aplicação das esquadrias quando executadas em obra, reduzindo igualmente problemas de estanqueidade da interface entre os dois elementos .

O projeto e o reprojeto definiram o passo a passo para a validação do método.

Em síntese, o método de estudo para estanqueidade é validado através do estudo da literatura, projeto e especificação, somados aos ensaios de laboratório.

Sugestões para trabalhos futuros

Como contribuição para trabalhos futuros, esta pesquisa pode abrir novos campos como:

Aplicação deste método de estanqueidade para outros sistemas construtivos.

Desenvolvimento de produtos para caixilharia em uso específico para *wood frame* ou outro sistema construtivo com características semelhantes.

Fortalecer a produção industrializada com rotinas e passo a passo para a execução da produção.

Avaliar por monitoramento a eficiência e o funcionamento ao longo do tempo da interface do sistema.

Transferência de tecnologias de procedimentos para emprego de esquadrias de alumínio em sistema construtivo *wood frame*

REFERÊNCIAS

Alexandre, I. F. Manifestações Patológicas Em Empreendimentos Habitacionais De Baixa Renda Executados Em Alvenaria Estrutural: Uma Análise De Relação Causa E Efeito. 2008, Dissertação de Mestrado, UFRS – Escola de Engenharia, Porto Alegre - RS, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – ABAL (2014), Consumo Doméstico por Setor – 2012, Disponível em: <http://www.abal.org.br/estatisticas/nacionais/transformados/consumo-domestico-por-setor/>. Acesso em 15 ago. 2014.

ASSOCIAÇÃO DE FABRICANTES DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO – AFEAL, Esquadrias de Alumínio na Arquitetura – Design e Tecnologia, Novembro de 2008, SP.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO – AFEAL (2014), Esquadrias de Alumínio Conquistam o Mercado Brasileiro. Disponível em: <http://www.afeal.com.br/portal/pagina.php?id=299>. Acesso em 15 ago. 2014.

BLISS, S. Best Practices Guide To Residential Construction: Materials, Finishes, And Details, Ed 1, John Wiley & Sons, november 2005, Nova Jersey, EUA.

CARDOSO, A. B. Esquadrias de Alumínio no Brasil, Histórico, Tecnologia, linhas atuais, Gráficos de desempenho. 1. Ed. São Paulo: ProEditores, 2004, 302p.

CATÁLOGO TÉCNICO LINHA INOVA GMPE 027 SET 07

Construção Civil, Blog do Engenheiro Civil. Construção de Casas: Esquadrias. Disponível em: http://construcaociviltips.blogspot.com.br/2012_02_01_archive.html. Acesso em 14 mai 2015

CONSTRUINDO. Espuma expansiva. Disponível em: <http://construindo.org/espuma-expansiva-preco-como-usar-onde-comprar/>. Acesso em 15 ago. 2014

DATec nº012-A – Painéis pré-fabricados misto de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural – PRECON. (validade: agosto de 2016), Ministério das Cidades.

DATec nº 013 - Sistema Construtivo DHARMA em paredes Constituídas de Painéis Pré-moldados Mistos de Concreto Armado e Blocos Cerâmicos (Prazo de validade VENCIDO), Ministério das Cidades

FIGUEROLA, V. Fachadas Unitizadas Podem Se Adaptar à Linguagem Arquitetônica Do Projeto, Às Características Da Obra E Ao Clima Do Local. Revista Técnica, São Paulo, Ed. 217, p. 18 a 23, abr/2015.

FIGUEROLA, V. Uso De Estruturas Metálicas Com Fechamentos Industrializados Exige Detalhamento Cuidadoso De Interfaces. Revista Técnica, São Paulo, Ed. 204., p. 20 a 23, mar/2014.

HACHICH, V. F. e IIZUKA, M. T. Instalação De Esquadrias Sem Contramarco, PiniWeb, Disponível em : <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/instalacao-de-esquadrias-sem-contramarco-81139-1.aspx>. Acesso em 15 abr 2015.

HOME TO CANADIANS – CMHC (Canada mortgage and Housing Corporation). Canadian wood Frame house construction, Revised 2013, Canadá.

Instalação de esquadrias de PVC. Atenção ao dimensionamento correto e ao trabalho de fixação e vedação entre o marco e os perfis asseguram melhor eficiência das esquadrias. Revista Técnica. São Paulo, Ed. 160, p. 20 a 23. jul/2010.

INTELIGÊNCIA EMPRESARIAL DA CONSTRUÇÃO – ITC, Relatório Anual 2013, Disponível em: http://www.itc.etc.br/ExtrasITC/2013/Relat%C3%B3rio_Anuar_2013_resumido.pdf , Acesso em 15 ago 2014.

INTERACTIVE RESOURCES. Window and door design and installation Guide. Architects & Engineers, June 13, 2011, disponível em: http://www.intres.com/inpage/pub/window_design_guide.pdf. Acesso em 20 abr 2015.

IIZUKA, M. T. Instalação De Esquadrias De Alumínios: Prática E Inovação, 2001. 147 fls. Dissertação de mestrado profissional do IPT. São Paulo, SP.

JORNAL ESTADÃO, Perspectiva melhor para a construção civil em 2014. Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,perspectiva-melhor-para-a-construcao-civil-em-2014-imp-,1104461>. Acesso em 15 ago 2013.

LEVI, R. Hospital Israelita Albert Einstein. Projeto de caixilharia (1958). Acervo de projetos, biblioteca FAU-USP, São Paulo (2014).

LSTIBUREK, J. Water Management Guide. Building Science Press Inc, 2006.

MARTINS, J. Desempenho No Projeto. Saiba Como Elaborar Um Projeto De Impermeabilização Detalhado E Com Especificações Adequadas Para Atender Aos Requisitos De Estanqueidade Da Nova Norma De Desempenho. Revista Técnica. São Paulo, Ed. 194, p. 26 a 33. mai/2013.

MOCH, T. Interface Esquadria/Alvenaria: Análise Das Manifestações Patológicas Típicas E Propostas De Soluções. 2009, Pág. 178. Dissertação de Mestrado. UFRGS, RS, 2009

NBR6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, Maio 2013.

NBR10821: Caixilhos para edificação – Janelas. Rio de Janeiro, Fev 2011.

NBR15575: Desempenho de edificações residenciais. Rio de Janeiro, Fev 2013.

Newtech Esquadrias de PVC. Instalação das Esquadrias de PVC. Disponível em: <http://www.newtechesquadrias.com.br/new/instala%C3%A7%C3%A3o-das-esquadrias-em-pvc-a53.htm>. Acesso em 14 mai 2015.

PETRUCCI, C. Uso De Estruturas Metálicas Com Fechamentos Industrializados Exige Detalhamento Cuidadoso De Interfaces. Revista Técnica, São Paulo, Ed. 204., p. 20 a 23, mar/2014.

Paredes De Painéis Pré-Moldados Mistos De Concretos Armado E Bloco Cerâmico. Revista Técnica. São Paulo, Ed 191, p. 58 a 64. Fev/2013.

REIS, M. N. Esquadrias de Alumínio: Análise dos critérios de escolha destes componentes em edifícios de apartamentos, padrão médio-alto, na cidade de São Paulo. 2011. Pág 257. Tese de Doutorado. FAU/USP, SP. 2011.

REIS, M. N. dos. Processo de produção e uso do alumínio na construção civil: Contribuição à especificação técnica das esquadrias de alumínio. 2006. Pág 342. Dissertação de mestrado. FAU/USP, SP, 2006.

SCALZO, S. Uso De Estruturas Metálicas Com Fechamentos Industrializados Exige Detalhamento Cuidadoso De Interfaces. Revista Técnica, São Paulo, Ed. 204., p. 20 a 23, mar/2014.

SILVA, F. B. Painéis De Vedação Pré-Fabricados Misto. O Sistema Construtivo É Constituído Por Painéis De Vedação Pré-Fabricados Mistos, Sem Função Estrutural, Para Emprego Em Edifícios Habitacionais De Até Oito Pavimentos. Revista Técnica. São Paulo. Ed. 186,p?? inicial e final. Jun/2012.

Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”). Diretriz Sinat nº005. Ministérios das Cidades – Secretaria Nacional da Habitação. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitar (PBQP-H). Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT). Setembro 2011, Brasília, DF.

TOLEDO, R.; ABREEU, A. F.; JUNGLES, A. E. (2000). A difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 8. Bahia. In: *Anais...* Bahia: ANTAC

U. S. DEPARTMENT OF ENERGY, Water Management Guide. Building Science Press Inc, 2006.

ZUCCHETTI, L. AZAMBUJA, J. A. BONIN, L.C. MASUERO, J. R. MORSCH, I. B. MASUERO, A. B. DAL MOLIN, D. C. C. Proposta de elemento de integração para a interface entre alvenaria estrutural e esquadria. Revista Ambiente Construído, v.11, n. 3, p. 99-115, jul./set. 2011, Porto Alegre – RS.

ANEXOS

Anexo 01

Tabela, REIS, 2011, P157 e 158

CONST.	Análise dos critérios para escolha das esquadrias de alumínio
A	<ul style="list-style-type: none"> • Alumínio representa uma exigência do mercado consumidor; • Esquadrias de alumínio se tornaram o “<i>padrão de mercado</i>”, devido às vantagens em relação à madeira, ao aço e ao PVC; • Exigência de produtos (sistemas e linhas) em conformidade com Normas Técnicas e com certificados de homologação.
B	<ul style="list-style-type: none"> • O alumínio é única opção de escolha, “<i>padrão de mercado</i>”; • Outros materiais estão fora de cogitação, devido às vantagens do alumínio; • Outros materiais foram abolidos há muito tempo; • Fácil adaptação aos atuais processos construtivos adotados pelas construtoras; • Produtos em conformidade com Normas Técnicas e comprovação de desempenho (certificação ou homologação); • Atuação dos consultores técnicos de esquadrias, que recomendam o material alumínio.

C	<ul style="list-style-type: none"> • “Produto padrão” devido às vantagens em relação aos demais materiais; • Superioridade do alumínio quanto à qualidade; ao desempenho técnico-constructivo; ao acabamento; à baixa manutenção e ao preço; • Setor do alumínio oferece produtos certificados conforme Normas Técnicas.
D	<ul style="list-style-type: none"> • Características de durabilidade e desempenho técnico-constructivo; • Custo compatível do material alumínio com orçamento da obra viabiliza a realização do empreendimento; • Especificação do alumínio consta no memorial do projeto; • Vantagens na comparação com outros materiais; • Opção pelo alumínio é parte da cultura da empresa; • Tradição da construtora e “padrão de mercado”; • Escolha do alumínio faz parte do “produto em si”⁷⁷; • Características das esquadrias de alumínio se adaptam perfeitamente aos sistemas constructivos e aos vãos de alvenaria adotados pela construtora; • Sistemas de esquadrias de alumínio apresentam certificados de qualidade e desempenho técnico-constructivo em conformidade com Normas Técnicas vigentes; • Esquadrias plásticas (PVC) apresentam desempenho interessante, porém são economicamente inviáveis para a realidade brasileira.
E	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de projeto define as esquadrias de alumínio como “produto padrão” para este tipo e padrão de obra; • Vantagens do alumínio determinam especificação.
F	<ul style="list-style-type: none"> • Cultura da empresa e “padrão de mercado”; • Garantia de produtos homologados (qualidade); • Experiência profissional dos membros da equipe técnica da construtora aliada à adaptação dos produtos aos processos constructivos; • Estudos comparativos recomendam uso do alumínio devido as suas vantagens em relação aos outros materiais; • Alumínio é solução, devido à viabilidade técnica e econômica.
G	<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil da esquadria de alumínio; • Esquadria de alumínio reconhecida como melhor solução, devido as suas vantagens; • Exigência de produtos homologados; • Pintura eletrostática: protege da corrosão e garante a resistência aos riscos; • Características dos sistemas de esquadrias de alumínio conferem produto de melhor desempenho técnico-constructivo e adaptação aos sistemas constructivos.

Relatório da janela definida como protótipo de estudo. Neste relatório são gerados individualmente todos os componentes a serem utilizados da fabricação, se

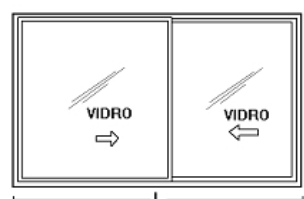
fornece informações de posição de montagem na largura ou altura, corte a 45° ou 90°, tamanho dos perfis, quantidades, observação, além de outras informações que poderão ser extraídas deste relatório.

Para a geração deste relatório foi utilizado o software “CEM” – Alumisoft Sistemas, com licença para “Casa Nova Fachadas e Esquadrias Eireli ME, com acesso liberado para Gilmar Tumelero.

Anexo 02

	J1
Emitido por: GILMAR TUMELERO	27/01/2015 15:01

Cód Esq: INV-JCR200	Proj: A.C.P-REF_ALCOA		
Descrição: JANELA DE CORRER - 2 FOLHAS COMUM - ALCOA INOVA			
Qtde: 1	L: 800	H: 800	*
Tratamento: PINTURA BRANCO BRILHANTE - RAL 9003B			
Cód. Obra: ARQPRO	Previsão de Entrega:		
Cálc: 27/01/2015 14:58			
Cliente: GILMAR TUMELERO			
Obra: ARQPRO - DESENVOLVIMENTO			
A: 0	B: 0	C: 0	D: 0
E: 0	F: 0		
Vidros: Comum Liso de 4 mm (Float) incolor		Localização: PROTÓTIPO DE ESTUDO	















	Vão Acabado	Marco	Contramarco	
Largura:	800	795	824	* Item(ns) com as dimensões obtidas da edição da obra
Altura:	800	796	824	

Perfis								PESO = Peso Líquido
Pos.	Código	ID:	L/H	Corte	Tam.	Qtde	Peso	Observação
1	IN012	SA-P-RAL9003B	L	90/90	765,0	1	0,545	MARCO SUPERIOR
2	IN013	SA-P-RAL9003B	L	90/90	765,0	1	0,568	MARCO INFERIOR
3	IN003	SA-P-RAL9003B	H	90/90	796,0	2	0,869	MARCO LATERAL
4	IN004	SA-P-RAL9003B	L	90/90	322,4	4	0,606	SUP/FOLHA
5	IN006	TA-P-RAL9003B	H	90/90	747,5	2	0,685	ALTURA DA FOLHA
6	IN008	TA-P-RAL9003B	H	90/90	747,5	1	0,316	MAO DE AMIGO INT.
7	IN007	TA-P-RAL9003B	H	90/90	747,5	1	0,329	MAO DE AMIGO EXT.
8	IN017	SA-P-RAL9003B	L	90/90	322,4	4	0,178	BAGUETE
9	IN018	SA-P-RAL9003B	H	90/90	646,5	4	0,347	BAGUETE
Peso Total:							4,443	

Componentes				
Pos.	Código	Descrição	Qtde	Observação
Aplicação: FÁBRICA				
1	FEC1127BCO	FECHO CONCHA P/ JAN. FIX. APARENTE S/CHAVE BCO (FISE FEC620) (01 PC)	2 PC	FECHO CONCHA TRAVA
2	TRA0280000	TRAVA INOX P/ FECHO 31 MM L. MASTER, INOVA (FISE TRA214) (01 PC)	2 PC	LINGUETA
3	CON3700BCO	CONTRA FECHO LATERAL BRANCO (10PCS)	2 UN	CONTRAFECHO CONCHA
4	ROL4260000	ROLDANA C/REGULAGEM S/ROLAMENTO PARA JANELA (10PCS)	4 UN	ROLDANA
5	NYL4540BCO	GUIA DESLIZANTE COM VEDAÇÃO 21 MM BRANCO - LINHA INOVA (10 PC)	8 UN	GUIA COM CALCO 21MM

Casa Nova Fachadas e Esquadrias Eireli ME	1 / 2
---	-------

Componentes

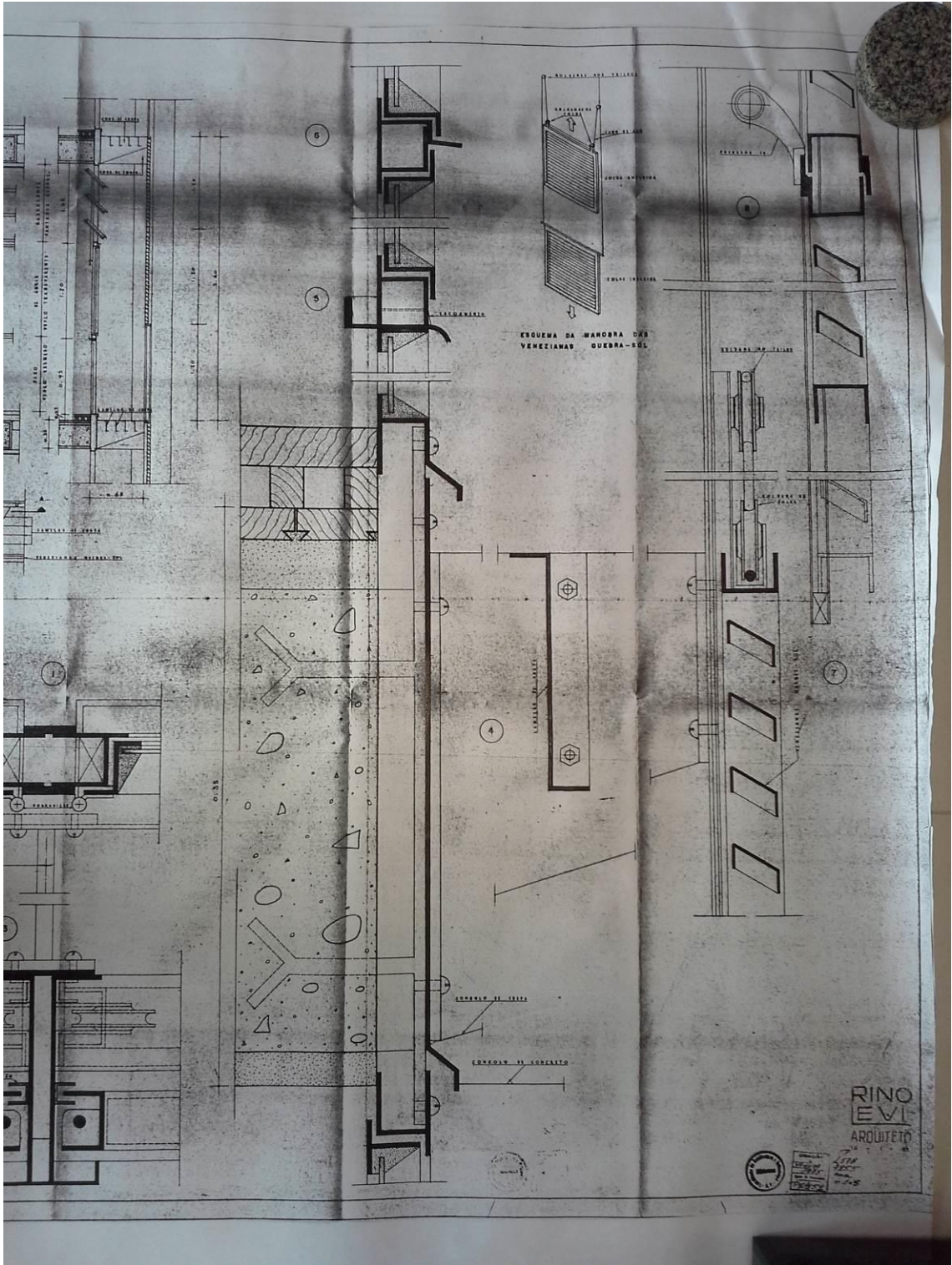
Pos.	Código	Descrição	Qtde	Observação
	NYL4520BCO	CAIXA DE DRENO - BRANCO - LINHA INOVA - (10 P+ç5)	1 UN	CAIXA DRENO
	NYL4530BCO	VEDA+ç+ão SUPERIOR - BRANCO- LINHA INOVA (10 P+ç)	1 UN	VEDACAO SUPERIOR
	NYL4510BCO	BATEDEIRA EM NYLON PARA JANELA - BRANCO - LINHA INOVA (10 PC)	4 UN	BATEDEIRA JANELA
	GUA0060000	GUARNICAO ENGATE LINHA-20 EPDM(50MTS)	1 MT	GUIA DO MAO DE AMIGO
	FIT2060PTO	FITA VEDADORA 5 X 6 - PRETA (50 MTS)	4 MT	ESC. MAO DE AMIGO
	FIT2120PTO	FITA VEDADORA 5 X 8 - PRETA (50 MTS)	4 MT	ESC. LARF. FOLHA
	PAR4280000	PAR.PAN.FDA COMB. 4,8X32 PTA PILOTO INOX304 (100PC)	8 UN	PAR.MONTAR MARCO
	PAR4280000	PAR.PAN.FDA COMB. 4,8X32 PTA PILOTO INOX304 (100PC)	8 UN	PAR.MONTAR FOLHA
	GUA3930000	CALCO DE VIDRO EM EPDM LINHA INOVA MEDIDAS 6MM X 8 MM X 20,MM (100P+ç5)	4 UN	CALO APOIO VIDRO
Aplicação: OBRA				
	GUA2560000	GUARN.EPDM CUNHA SD626* (50MTS)	5 MT	CUNHA VIDRO
	GUA1570000	GUARNICAO ADESIVA VIDRO 6X11MM (15,25 MTS)	3 MT	ESPUMA VIDRO-ALTURA
	GUA2580000	ESPUMA AUTO ADESIVA 4X11MM - PVC PRETA (15,25 MT)	2 MT	ESPUMA VIDRO-LARGURA
	GUA1710000	GUARNICAO ESPONJ.ADESIVA 3X11,2 (30,5 MTS)	2 MT	ESPUMA ADESIVA
	GUA1720000	GUARNICAO ESPONJ.ADESIVA 1,8X11 (61MTS)	2 MT	ESPUMA ADESIVA

Vidros

Pos.	Código	Descrição	Cor	Qtde	L	H	Observação
	V-FLOAT-04	Comum Liso de 4 mm (Float)	INCOLOR	2	317	665	VIDRO DA FOLHA

Anexo 03

Figura parcial do projeto de detalhamento de caixilharia do Hospital Israelita Albert Einstein, em São Paulo (1958), do arquiteto Rino Levi.



Anexo 04

Relatório de ensaio, documento emitido pelo ITEC

ITEC
Instituto
Tecnológico da
Construção Civil

RE-03112/16
Folha: 1/5

Relatório de Ensaio RE-03112/16

Interessado: **GILMAR TUMELERO**
Rua Bruno Ceni, 70 – Parque do Som
85505-427 – Pato Branco – PR

Obra: (0421)

1. MATERIAL ENSAIADO

Um painel *wood frame* com dimensão nominal de (2000x1220)mm, conforme caracterizado a seguir e apresentado no projeto em anexo:

Dimensões:	L x H
- Pannel:	(1220 x 2000) mm;
- Vão luz:	(815 x 815) mm.

2. CARACTERÍSTICAS DO PROTÓTIPO

2.1. Fixação no vão

O painel *wood frame* foi fixado em vigas metálicas, por meio de parafusos conforme indicado no projeto anexo, sendo utilizadas virolas de madeira para o fechamento do vão entre o protótipo e a câmara de ensaios.

2.2. Verificação do protótipo em relação ao projeto do mesmo em anexo:

Após o término da realização dos ensaios, foi realizada a verificação do painel em relação ao projeto enviado pelo interessado.

Conforme a verificação realizada constatou-se que o painel ensaiada **confere** com o projeto apresentado.

3. ENSAIOS REALIZADOS E METODOLOGIA

3.1. Verificação da estanqueidade à água, conforme NBR 10821-3:2011, item 6.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Verificação da estanqueidade à água – Método A (esquadrias totalmente expostas).

A pedido do interessado, foi analisada apenas a interface entre o painel de wood frame e a esquadria, não sendo verificado o desempenho da esquadria quanto à estanqueidade à água.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

Rua Dr. Elias Chaves, 122
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tel/Fax: 3225-9104 / 4305-8009
www.itecbrasil.org.br

Pressão de Ensaio (Pa)	Período de Aplicação (min.)	Ocorrências
0	15	Nenhuma ocorrência de infiltração de água entre o painel e a esquadria ensaiada.
20	05	
40	05	
60	05	
80	05	
100	05	
120	05	
150	05	
180	05	
210	05	
240	05	
270	05	
300	05	

Nota: Não foram avaliadas eventuais infiltrações de água na interface entre o painel wood frame e a esquadria instalada.

Seguem definições de acordo com a NBR 10821-3:2011, itens 3.7 e 3.8:

Permeabilidade Inicial (PI): Início de vazamento de água no interior da esquadria ou das partes, ocorrido a qualquer tempo, desde que a água não ultrapasse o plano do marco da esquadria, sem molhar o peitoril da alvenaria ou a face interna da parede.

Permeabilidade Excessiva (PE): Todo e qualquer vazamento de água que ultrapasse o plano do marco da esquadria. Neste caso a esquadria é reprovada.

5. OBSERVAÇÕES

- 5.1. É PARTE INTEGRANTE DESTE RELATÓRIO DE ENSAIO E O COMPLEMENTA, O DESENHO DO PROTÓTIPO FORNECIDO PELO INTERESSADO, COM CARIMBO E RUBRICA DESTE LABORATÓRIO.
- 5.2. Fotos do protótipo ensaiado (fotos nº. 01 e 02).

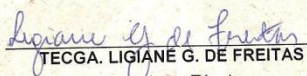
Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.


 Rua Dr. Elias Chaves, 122
 São Paulo - SP - CEP 01205-010
 Tel/Fax: 3225-9104 / 4305-8009
 www.itecbrasil.org.br

- 5.3. Pedido de ensaio – PE-3295.
- 5.4. Ensaios realizados no dia 08/01/2015 e a verificação do protótipo em relação ao projeto em 20/01/2016.

São Paulo, 01 de fevereiro de 2016.

ITEC
Instituto Tecnológico da Construção Civil


TECGA. LIGIANE G. DE FREITAS
Supervisora Técnica

LGF/tdp

ITEC
Instituto Tecnológico da Construção Civil


ENG.ª MICHELE GLEICE DA SILVA
Diretora Técnica

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

Rua Dr. Elias Chaves, 122
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tel/Fax: 3225-9104 / 4305-8009
www.itecbrasil.org.br

ANEXOS

- ✓ Fotos do protótipo ensaiado (fotos nº. 01 e 02);

- ✓ Projeto do protótipo com carimbo e rubrica.

Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.


Rua Dr. Elias Chaves, 122
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tel/Fax: 3225-9104 / 4305-8009
www.itecbrasil.org.br



Foto n.º 01
Vista interna do protótipo ensaiado.

Foto n.º 02
Vista externa do protótipo ensaiado.



"Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser realizada na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial."

Rua Dr. Elias Chaves, 122
São Paulo - SP - CEP 01205-010
Tel/Fax: 3225-9104 / 4305-8009
www.itecbrasil.org.br

