

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Michael Mengue dos Santos

**ANÁLISE CRÍTICA DA EXECUÇÃO DE UMA
FACHADA DE VIDRO**

Porto Alegre
julho 2013

MICHAEL MENGUE DOS SANTOS

**ANÁLISE CRÍTICA DA EXECUÇÃO DE UMA
FACHADA DE VIDRO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Angela Borges Masuero

Porto Alegre
julho 2013

MICHAEL MENGUE DOS SANTOS

**ANÁLISE CRÍTICA DA EXECUÇÃO DE UMA
FACHADA DE VIDRO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 16 de julho de 2013

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Angela Borges Masuero (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof Nei Ricardo Vaske (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Camila Mokwa Zanini (UFRGS)
Arq. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Valdir e Fátima, e a
minha irmã, Karen, que sempre me apoiaram e
especialmente durante o período do meu Curso de
Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Profa. Angela Borges Masuero, pela orientação e apoio prestados durante todo este trabalho.

Agradeço a Profa. Carin Maria Schmitt pelo apoio e dedicação prestados ao longo deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Valdir, Fátima, e a minha irmã, Karen, por todo o apoio e incentivo, que sempre me fizeram ir em frente, e por todo o esforço em sempre me ajudar.

Agradeço meus colegas de faculdade que me ajudaram em todos os momentos e que sem os quais não chegaria tão longe.

Agradeço à EGL Engenharia, pelas oportunidades oferecidas durante o período de estágio na Empresa.

Agradeço aos instaladores, em especial ao Tiago, por sempre estar disposto a responder as perguntas quanto à execução da fachada.

Não quero nunca renunciar à liberdade
deliciosa de me enganar.

Che Guevara

RESUMO

As fachadas são os primeiros elementos visíveis de uma edificação e parte integrante da vedação da mesma, sendo que sua estética reflete a personalidade do projetista e em alguns casos até mesmo das pessoas que utilizam o local. Devido a estes fatores, os revestimentos externos das edificações começaram a se diferenciar, tornando-as exclusivas. As fachadas de vidro diversificaram os edifícios, trouxeram maior beleza estética, maior contato com o ambiente em seu entorno e forneceram características sustentáveis às edificações, tais como a economia da energia com iluminação e aparelhos de refrigeração, quando corretamente dimensionada a fachada. Por estes motivos é de suma importância que se obtenha o conhecimento sobre este tipo de revestimento, que está sendo muito utilizado nos dias atuais. O presente trabalho refere-se à descrição da execução de uma fachada em pele de vidro, no sistema *stick* de uma obra localizada na cidade de Porto Alegre. A partir da revisão bibliográfica foi possível realizar um levantamento sobre as principais técnicas construtivas, classificações estéticas e materiais utilizados nos diversos tipos de fachadas de vidro executadas. Além dessa descrição bibliográfica, foram realizadas diversas visitas à obra estudada, para se adquirir o conhecimento dos problemas encontrados na prática deste sistema de construção que não constam na bibliografia. Durante estas visitas foram identificados diversos erros de execução, tais como a falta de prumo da supraestrutura da fachada, a instalação de contramarcos da periferia da estrutura fora de nível e a falta de cuidado com as peças de vidros. Em conjunto procurou-se descrever todas as soluções adotadas pela obra nos diversos casos de inconformidade da estrutura e propor novas soluções.

Palavras-chave: Execução de Pele de Vidro. Prumo Fachada. Sistema *Stick*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa	15
Figura 2 – Demanda anual de refrigeração	24
Figura 3 – Vidro laminado	25
Figura 4 – Distribuição da radiação solar sobre o vidro refletivo	27
Figura 5 – Vidro Insulado	28
Figura 6 – Desenvolvimento dos sistemas de fachadas no Brasil	29
Figura 7 – Execução do sistema <i>stick</i>	31
Figura 8 – Sistema tradicional	32
Figura 9 – Pele de vidro	33
Figura 10 – Edifício Centro Cândido Mendes: primeiro edifício a utilizar o sistema pele de vidro	34
Figura 11 – <i>Structural glazing</i>	35
Figura 12 – Edifício Citibank: pioneiro na utilização do sistema <i>structural glazing</i> no Brasil	36
Figura 13 – BankBoston: primeira edificação a utilizar módulos unitizados em uma fachada cortina	40
Figura 14 – Encaixe macho e fêmea dos painéis unitizados	41
Figura 15 – Içamento externo utilizando guindaste	42
Figura 16 – Içamento interno utilizando minigrua	42
Figura 17 – Edificação objeto do estudo	44
Figura 18 – Projeto de disposição dos vidros na fachada oeste	45
Figura 19 – Projeto de disposição dos vidros na fachada norte	46
Figura 20 – Peitoril da base da pele de vidro inacabado	47
Figura 21 – Posicionamento do contramarco	48
Figura 22 – Ilustração do Posicionamento do contramarco	48
Figura 23 – Quebra do chumbamento do contramarco para correção do nível	49
Figura 24 – Fixação da coluna lateral nas lajes de cada pavimento	50
Figura 25 – Primeira coluna instalada sinalizada com a seta	51
Figura 26 – Peça de ligação de alumínio da coluna com a laje	52
Figura 27 – Afastamento excessivo da coluna de fixação à laje	52
Figura 28 – Fixação da coluna na laje utilizando extensores	53
Figura 29 – Fixação das travessas no contramarco	54
Figura 30 – Fixação das travessas	54
Figura 31 – Suporte fixador da travessa na coluna	54

Figura 32 – Pontos de quebra da laje no décimo terceiro pavimento	55
Figura 33 – Estrutura da fachada norte aguardando os perfis sob medida	56
Figura 34 – Armazenamento dos vidros	57
Figura 35 – Primeiro lote de vidros colocados	58
Figura 36 – Impermeabilização das ligações da estrutura	59
Figura 37 – Espera para o parafusamento do vidro na estrutura	60
Figura 38 – Utilização da ventosa durante a instalação	60
Figura 39 – Vidro quebrado aderido a película	61
Figura 40 – Localização dos vidros da saída de emergência	62
Figura 41 – Parede sem o acabamento dos perfis de alumínio	63
Figura 42 – Parede com o acabamento dos perfis de alumínio	63
Figura 43 – Fresta ocasionada pela utilização de retalhos de placas de gesso	64
Figura 44 – Aplicação de espuma expansiva nas frestas das placas de gesso	64
Figura 45 – Perfil tipo L e perfil intermediário fixados	65
Figura 46 – Perfil fixado na coluna	65
Figura 47 – Resultado final do fechamento da laje	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classe de espessura de camadas anódicas para aplicações exteriores/interiores	20
Quadro 2 – Normas a serem seguidas na execução da anodização	21
Quadro 3 – Recomendação do tempo de limpeza das esquadrias de alumínio.....	21
Quadro 4 – Frequência de limpeza para aplicações exteriores/interiores.....	22
Quadro 5 – Aplicação do silicone estrutural	38
Quadro 6 – Execução do sistema fita adesiva	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	14
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA	14
2.3 DELIMITAÇÕES	14
2.4 LIMITAÇÕES	14
2.5 DELINEAMENTO	15
3 REVESTIMENTO EXTERNO EM FACHADA DE VIDRO	17
3.1 MATERIAIS	18
3.1.1 Alumínio	18
3.1.1.1 Anodização	18
3.1.1.2 Pintura Eletroestática a Pó	22
3.1.2 Vidros	23
3.1.2.1 Vidro <i>Float</i>	24
3.1.2.2 Vidro Laminado	24
3.1.2.3 Vidro Temperado	25
3.1.2.4 Vidro Refletivo	26
3.1.2.5 Vidro Insulado ou Duplo	27
3.1.2.6 Vidro <i>Low-e</i>	28
3.2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS	29
3.2.1 Sistema <i>Stick</i>	30
3.2.1.1 Tradicional ou Convencional	31
3.2.1.2 Pele de Vidro	32
3.2.1.3 <i>Structural Glazing</i>	34
3.2.2 Sistema <i>Unitized</i>	40
4 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO SISTEMA	43
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO ANALISADO	43
4.2 ACOMPANHAMENTO EM OBRA	44
4.2.1 Materiais	45
4.2.2 Condições Iniciais	47
4.2.3 Execução da Estrutura	49
4.2.4 Instalação dos Vidros	56
4.2.5 Acabamentos	63

5.CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, algumas tipologias arquitetônicas de fachadas externas aderiram a uma nova técnica, que em sua concepção apresentava o envidraçamento e a transparência como opção. Esta nova concepção mudou o conceito de construção e gerou uma revolução na tecnologia empregada em fachadas (SISTEMAS..., 2005). Desta forma, as fachadas de vidro, que, na década de 60, começavam a aparecer nas cidades brasileiras, evoluíram e se diversificaram em termos de sistemas construtivos e classificação estética.

Na década de 70, o aço que era empregado na construção dessas fachadas foi substituído por perfis de alumínio exteriores, chamados de colunas, que começaram a fazer parte funcional da estrutura. Uma nova evolução do sistema colocou as colunas para o interior do edifício tornando a fachada mais lisa, como uma pele, criando assim a fachada denominada pele de vidro. Contudo, este sistema construtivo ainda apresentava muitas demarcações perimetrais dos vidros, além de não oferecer, muitas vezes, segurança necessária em relação à vedação. Neste intuito, passaram a utilizar o silicone estrutural com a finalidade de melhorar a vedação. Esta nova solução, o *structural glazing*, não apenas resolveu alguns dos problemas de vedação da fachada, como também permitiu que a fachada se tornasse mais homogênea, ou seja, com uma maior quantidade de vidro em sua estrutura (AECWEB, 2012b).

Em conjunto com estas evoluções, outro grande fator que propiciou o emprego destas fachadas nos edifícios foi o crescimento da economia brasileira, impulsionada principalmente pelo mercado de infraestrutura e construção civil. Devido ao crescimento acelerado, muitos postos de trabalho foram gerados, e isto ocasionou uma grande escassez de mão de obra qualificada no setor da construção. Em razão desta falta de trabalhadores, outras soluções tiveram que ser adotadas para continuar a construir com qualidade, e uma destas alternativas foi a fachada de vidro.

Este tipo de fachada está sendo muito utilizada devido a melhora das características de vedação e sustentabilidade em conjunto da alta produtividade de execução, aliada a seu baixo número de operários executando o serviço. A vedação externa do edifício é aperfeiçoada em consequência da utilização de materiais impermeáveis no revestimento. Porém, a característica que mais influencia a compra de imóveis pelos usuário é a sustentabilidade do

edifício, quando do correto dimensionamento da fachada, fator muito presente nestas fachadas devido ao controle solar e de luminosidade pertencentes ao vidro. Em consequência deste controle solar, a demanda energética é reduzida em razão da baixa utilização de aparelhos climatizadores e do melhor controle da iluminação natural do ambiente.

A execução deste revestimento é realizada por dois modelos construtivos distintos, o *stick* e o *unitized*. O *stick* é um sistema onde a fachada é construída peça por peça, tendo como módulo a folha do vidro. Esta construção é realizada pela parte externa do edifício, o que obriga a utilização dos balancins. O sistema *unitized* utiliza-se da indústria para fabricação de módulos com mais de uma folha de vidro. Este painel apresenta grande dimensão e uma altura normalmente fixada de um pavimento. A execução do *unitized* necessita de máquinas de grande porte, com o intuito de içar a peça até o seu ponto de fixação (ROSSO, 2007).

Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar as técnicas empregadas no uso de fachadas de vidro, seus sistemas construtivos, suas classificações estéticas e seus principais materiais. Foram, também, realizadas visitas técnicas a uma obra localizada em Porto Alegre para acompanhar e descrever detalhadamente o sistema utilizado para execução dessa fachada de vidro, com intuito de identificar os problemas ocorridos durante a execução e propor soluções para estas não conformidades.

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos. O primeiro destes descreve uma rápida contextualização do tema abordado e, o segundo, o método de pesquisa, sendo detalhadas as diretrizes do trabalho. O terceiro capítulo apresenta, através da revisão bibliográfica, um histórico da evolução dos sistemas externos utilizados, como também definições, funções, classificações e propriedades das fachadas de vidro. O quarto capítulo mostra o desenvolvimento do trabalho com base no acompanhamento da execução de uma fachada em pele de vidro em uma edificação. Por fim, as considerações finais estão organizadas no capítulo cinco.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: como são executadas as fachadas de vidro do sistema *stick*?

2.2 OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo do trabalho é uma análise crítica do processo executivo de uma fachadas de vidro do tipo *stick*, elencando dificuldades e soluções para contorná-las.

2.3 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à descrição do processo executivo de fachada de vidro em edificação comercial localizada em Porto Alegre.

2.4 LIMITAÇÕES

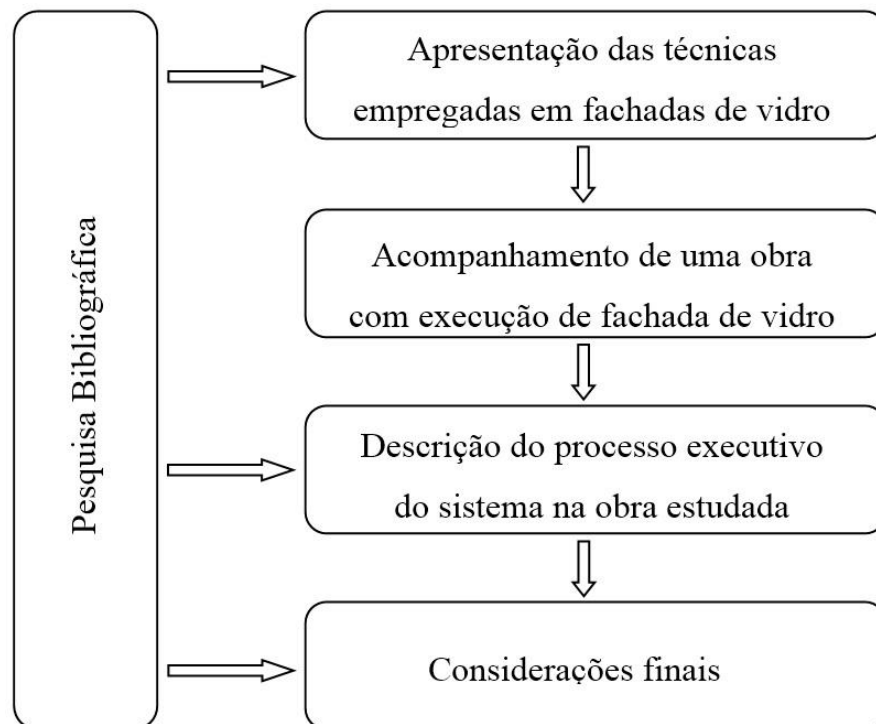
O trabalho tem como limitação o acompanhamento em campo de apenas um sistema construtivo, o *stick*, e uma classificação estética, a pele de vidro.

2.5 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) apresentação das técnicas empregadas em fachadas de vidro;
- c) acompanhamento de uma obra com execução de fachada de vidro;
- d) descrição do processo executivo do sistema empregado na obra estudada;
- e) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A **pesquisa bibliográfica** foi desenvolvida com o intuito de agregar um maior conhecimento sobre o tema de pesquisa e auxiliar na elaboração das etapas seguintes empregando o uso de livros, revistas técnicas, normas, etc. Como a pesquisa bibliográfica é uma fonte rica de informações, esta etapa esteve presente durante todo o trabalho.

A segunda etapa foi a de **apresentação das técnicas empregadas em fachadas de vidro**, sendo apresentadas as técnicas de construção deste sistema, suas classificações quanto a estética e seus principais materiais utilizados na construção.

Após o estudo dos diferentes sistemas empregados, foi realizado o acompanhamento de uma obra comercial, localizada em Porto Alegre, onde estava sendo executada uma fachada de vidro. O objetivo desta etapa era descrever o processo executivo com o apoio da bibliografia. Esta etapa foi abordada em **acompanhamento de uma obra com execução de fachada de vidro**.

A próxima etapa teve como meta a **descrição do processo executivo do sistema empregado na obra estudada**, apresentando as não conformidades existentes na execução da fachada, as práticas utilizadas para as soluções destas e a identificação de diferentes propostas para a solução destes problemas. Finalmente foram apresentadas as observações e **considerações finais**.

3 REVESTIMENTO EXTERNO EM FACHADA DE VIDRO

Atualmente a tendência dos projetistas é desenvolver edificações com características diferentes, tanto interna quanto externamente. Suas especificações sobre fachadas externas ficaram mais ousadas, trazendo mais tecnologia e beleza às edificações. Em razão destas mudanças, a fachada cortina vem ganhando espaço nas fachadas dos edifícios. De acordo com Rosso (2007, p. 42-43)¹, uma fachada cortina é originalmente “[...] uma parede exterior (de qualquer material) não aderida e suportada pelo edifício em qualquer pavimento por uma armação estrutural’ [...]”.

A execução desta armação pode ser realizada de diferentes formas: instalando-se montantes e travessas, o sistema *stick*, ou pela construções em módulos, o sistema *unitized*, ou utilizando-se de colunas e módulos. Em virtude do aumento da execução de fachadas cortinas, outros materiais começaram a ter maior presença nos revestimentos externos, tal como, o vidro, a cerâmica, o alumínio e o granito. Quando o vidro reveste quase que por inteiro a fachada cortina, a denominação fachada de vidro é dada ao conjunto.

Dentre os materiais mais utilizados para a execução da fachada cortinas, Rebuffo e Redaelli (1995, p. 78) afirmam que “[...] a fachada de vidro [...] vem se impondo como elemento de rara beleza e extrema durabilidade.” neste segmento, esta afirmação continua sendo verdadeira, devido a evolução tecnológica que o vidro apresentou nestas últimas décadas. Esta evolução trouxe benefícios às funções térmicas da fachada, que com o dimensionamento correto do vidro, garante conforto térmico dos ambientes sem a utilização de aparelhos de climatização, fazendo com que o consumo energético diminuísse. O controle da passagem de luz e a eficiência acústica também evoluíram, transformaram uma fachada bem especificada em um sistema sustentável.

Devido à utilização de peças impermeáveis de maior dimensão na fachada, os vidros, a vedação tem uma melhora significativa em relação a outros tipos de revestimentos externos. Esta melhora ocorre porque as juntas, os únicos pontos permeáveis da fachada, têm dimensões reduzidas em relação ao vidro. As juntas são realizadas em sua maioria com silicone

¹ Entrevista realizada com o Engenheiro Amaury Antunes Siqueira

estrutural, material que apresenta características satisfatórias em relação a pressões de ventos e efeitos de intempéries após a sua cura, ou borrachas de EPDM que oferecem alta resistência a condições ambientais extremas e auxiliam no tratamento acústico. Os próximos itens descrevem os materiais mais utilizados na construção da fachada de vidro, suas principais técnicas de construção e suas classificações quanto à estética.

3.1 MATERIAIS

Na fachada de vidro são utilizados diversos materiais para sua execução, como o vidro, os perfis de alumínio, o selante estrutural, parafusos, fita dupla face e borrachas para vedação. A seguir serão apresentados os dois materiais que compõem a maior parte da execução do revestimento exterior, sendo estes: o alumínio e o vidro. A fixação da fachada será analisada posteriormente, em conjunto com a descrição dos sistemas construtivos.

3.1.1 Alumínio

O alumínio foi integrado à fachada no final do século XIX, substituindo o ferro e o aço que eram empregados na estrutura. Devido “A grande versatilidade do alumínio além da sua resistência a oxidação, associada às [...] tecnologias de pintura e acabamento superficiais fizeram desse material, juntamente com o vidro, o principal material constituinte para fachadas.” (BOXGLASS, 2012). Para a utilização deste material, o projetista terá que determinar o revestimento contra a corrosão que será realizado, tendo como opção o anodizado ou a pintura.

3.1.1.1 Anodização

A anodização é um processo eletroquímico capaz de fornecer proteção à superfície através de uma camada uniforme de óxido de alumínio sobre sua camada externa. O resultado é uma melhora da regularidade superficial e de uma proteção contra a corrosão ou outro ataque do meio ambiente.

De acordo com Meneghesso (2006), o processo de anodização do alumínio é composto por uma série de etapas básicas, tendo, como primeira, a de montagem ou enganchamento, fase na

qual os perfis ou peças são fixados em máquinas, denominadas gancheiras, para locomoção do material nas etapas seguintes. A segunda etapa visa à remoção de substâncias residentes a superfície do material, tais como gorduras e óleos, esta fase é denominada de desengraxe. Após o desengraxe há a necessidade da realização de uma lavagem para garantir a ausência de substâncias da etapa anterior, são realizadas lavagens entre cada etapa do processo.

A fase seguinte é a de fosqueamento, na qual se realiza uma limpeza, em solução alcalina. O resultado do fosqueamento é um acabamento superficial acetinado nas peças de alumínio. Após o fosqueamento, o alumínio apresenta partículas de intermetálicos ou hidróxidos em sua superfície e, por esta razão a etapa de neutralização é realizada. Esta fase remove as camadas aderidas devido à fase anterior (MENEGHESSO, 2006).

A etapa de anodização submete os perfis a um processo eletroquímico de tratamento de superfície. Devido à reação química do processo de anodização, uma película de óxido de alumínio é criada. Esta película, conhecida como camada anódica, irá proteger o alumínio da agressividade do meio (MENEGHESSO, 2007a). De acordo com Meneghesso (2007b), a coloração dos perfis é o passo seguinte a anodização do alumínio. Tendo em vista os diversos métodos de se pigmentar os perfis de alumínio, o projetista deverá determinar o mais adequado para o projeto a ser executado.

O último estágio da anodização corresponde às selagens das camadas anódicas produzidas pelo processo. Sem esta etapa a superfície da camada anódica seria altamente absorvente, característica que se tenta evitar (MENEGHESSO, 2008). A NBR 12609 (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), estabelece, de acordo com o quadro 1, a espessura que a camada anódica deve apresentar em função da agressividade ambiental. A pigmentação eletrolítica deve apresentar a espessura da classe A13, enquanto que a pigmentação por corantes orgânicos a classe A18. Estes valores são exigências de seus processos de pigmentação. A execução da anodização deve ser avaliada de acordo com a norma da ABNT registrada no quadro 2.

Quadro 1 – Classe de espessura de camadas anódicas para aplicações exteriores/interiores

Classe	Espessura de Camada Anódica (μm)	Nível de Agressividade	Ambiente Típico
A13	11 a 15	Média/Baixa	Rural/ Urbano
A18	16 a 20	Alta	Litorâneo
A23	21 a 25	Excessiva	Industrial/Marítimo

Notas:

1. Os números 13, 18 e 23, que sucedem a letra “A” identificam o valor médio da camada, em micrometros.
2. Ambiente marítimo abrange somente os prédios frontais ao mar e sujeito à névoa salina. Áreas marítimas mais internas são consideradas litorâneas.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012)

Durante o manuseio do material em obra, o engenheiro deve tomar alguns cuidados em obra. Segundo Magalhães (1998), o contato com resíduos aquosos ou substâncias da fase de execução do reboco podem ocasionar danos irreversíveis ao alumínio. Os produtos de limpeza para fachadas, como os ácidos muriáticos, também não devem entrar em contato com os perfis, pois o ataque pode ocasionar a remoção da camada anódica dos caixilhos. A aplicação de vaselina em pasta é uma solução de proteção que pode ser utilizada. O autor salienta que a remoção da vaselina deve ser efetuada com panos e flanelas umedecidas em solvente orgânico. A conservação do sistema é influenciada pela agressividade do meio ambiente e pelo intervalo do tempo de limpeza desta. Devido a estas características recomenda-se a limpeza do sistema de acordo com o quadro 3.

Quadro 2 – Normas a serem seguidas na execução da anodização

Norma	Título	Data da Publicação	Situação atual
NBR 9243	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Determinação da selagem de camadas anódicas - Método da perda de massa	14/09/2012	Em vigor
NBR 12609	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Anodização para fins arquitetônicos - Requisitos	14/09/2012	Em vigor
NBR 12610	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Determinação da espessura de camadas não condutoras - Método de correntes parasitas	18/01/2010	Em vigor
NBR 12611	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Determinação da espessura da camada anódica - Método de microscopia óptica	09/10/2006	Em vigor
NBR 12612	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Camada anódica colorida - Determinação da resistência ao intemperismo acelerado	14/01/2008	Em vigor
NBR 12613	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Determinação da selagem de camadas anódicas - Método de absorção de corantes	09/10/2006	Em vigor
NBR 14128	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Determinação da resistência à abrasão da camada de anodização dura - Método de Taber	30/08/2010	Em vigor
NBR 14155	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Camada de anodização dura - Determinação da microdureza	31/08/2010	Em vigor

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 3 – Recomendação do tempo de limpeza das esquadrias de alumínio

Zona	Agressividade	Limpeza
Industrial	Excessiva	Trimestral
Marítima	Alta	Semestral
Rural e urbana	Baixa e média	18 meses*

* Nos grandes centros urbanos é aconselhável a limpeza anual

(fonte: MAGALHÃES, 1998)

3.1.1.2 Pintura Eletroestática a Pó

A pintura eletroestática é o processo mais utilizado na decoração do alumínio. A técnica é executada pela “[...] deposição de tinta sobre a superfície do alumínio, sem alterações químicas do metal. Outro diferencial importante é que a camada de pintura [...] atua como elemento de proteção do alumínio.” (MAGALHÃES, 1998, p. 44) A pintura é realizada através de pistolas, em cabines especialmente projetadas para esse fim.

A execução de pintura eletroestática é descrita por Magalhães (1998, p. 44-45) em três etapas. A primeira etapa é a de pré-tratamento, quando ocorre uma limpeza com soluções alcalinas da superfície do alumínio, fase denominada de desengraxamento. A neutralização das soluções alcalinas é realizada na fase de neutralização. A cromatização é responsável por fornecer aderência a tinta que será descarregada na etapa seguinte.

Para aplicação da pintura eletrostática a pó, o uso de pistolas especiais será necessário. Estas pistolas são carregadas eletrostaticamente para utilização nos perfis de alumínio, devidamente aterrados, depositando assim a tinta em pó sobre o alumínio. O uso de estufa nesta etapa é necessário, pois a polimerização da tinta sobre o metal ocorre a 200°C. Nesta temperatura desenvolve-se uma película com excelente aderência ao alumínio, devido à fusão do metal com a tinta em pó (MAGALHÃES, 1998, p. 44-45).

A pintura eletrostática deverá seguir a NBR 14125 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009), que descreve ensaios a serem realizados para confirmar a qualidade da pintura. A frequência de limpeza que deve ser realizada no revestimento é influenciada diretamente pelo nível de agressividade do meio onde está situado (quadro 4).

Quadro 4 – Frequência de limpeza para aplicações exteriores/interiores

Nível de agressividade	Ambiente típico	Frequência de limpeza (meses)
Baixa/média	Urbano/rural	12
Alta/excessiva	Industrial/marítimo	3

(fonte: MAGALHÃES, 1998)

3.1.2 Vidros

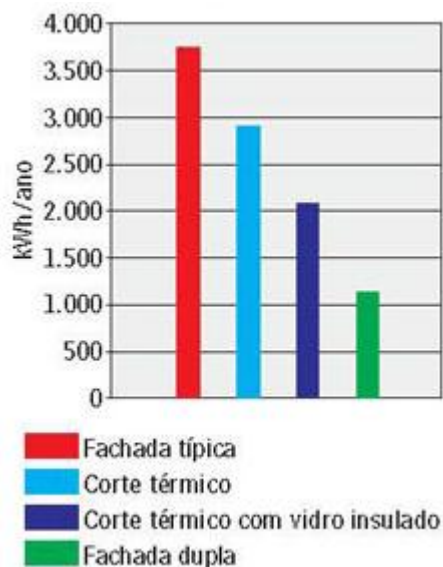
Na busca de novas soluções para o revestimento externo, os vidros foram adicionados como material básico ao fechamento da fachada. Suas principais características são a leveza e a transparência, atributos apreciados pelos arquitetos e usuários, proporcionando uma interação com o meio externo. A diversidade de fachadas que os vidros possibilitam é enorme, devido à variedade dos tipos de vidros e suas propriedades, e a correta especificação destes é fundamental para o bom desempenho do projeto.

A NBR 7199 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) classifica os vidros em diversos formatos, quanto a sua transparência, colocação, coloração e tipos. Dentre estas classificações estão os vidros de segurança, que são vidros planos que devido ao seu processo de fabricação reduzem o risco de ferimento em caso de quedas. De acordo com Rosso (2007, p. 45), “[...] é obrigatória em fachadas a utilização de vidros de segurança de qualquer tipo [...]”. Os vidros de segurança se restringem a três tipos: o laminado, o temperado e o aramado, este último não muito utilizado na construção de fachada, devido à marcação estética de sua rede metálica.

Os vidros que agem no controle térmico e de luminosidade da edificação estão sendo muito utilizados em conjunto com os de segurança nas fachadas, para proporcionar controle da entrada de luz e calor nos ambientes internos. Este controle, quando corretamente especificado, diminui o uso de iluminação artificial e de climatizadores, o que torna o prédio sustentável, os chamados *green buildings*, e conseqüentemente reduz o consumo energético do edifício, a figura 2 exemplifica a escala de redução energética. Por causa dos fatores sustentáveis e estéticos que são introduzidos ao edifício, a utilização das fachadas envidraçada está aumentando.

A NBR 7199 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) indica os quesitos quanto à instalação, folgas, calços, rebaixo e dimensionamento sobre os vidros utilizados na construção civil. Existem diversos tipos de vidros com características diferentes no mercado, porém a seguir serão abordados os beneficiamentos mais empregados na confecção de vidros para fachada, devido as suas características térmicas, emissivas e de segurança. Os vidros *float*, laminado, temperado, refletivo, insulado e o *low-e* serão descritos a seguir.

Figura 2 – Demanda anual de refrigeração



(fonte: ROSSO, 2007)

3.1.2.1 Vidro *Float*

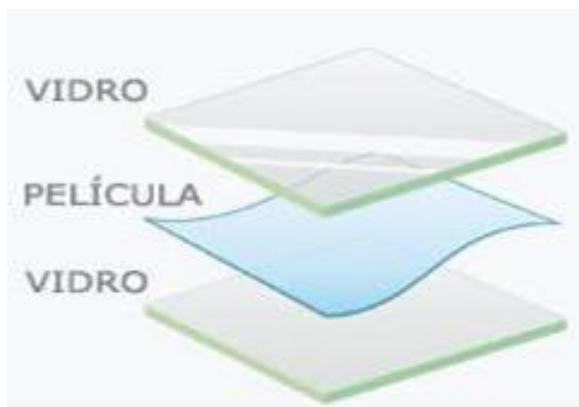
É o vidro comum, também conhecido como vidro plano. Os vidros planos têm como característica serem transparentes, e não apresentarem distorções óticas. Segundo Cornet (2009, p. 31), o vidro plano pode ser transformado em diversos novos tipos como o laminado, temperado, curvado, serigrafado, refletivo e ser utilizado em duplo envidraçamento. Pela quantidade de transformações que o vidro *float* pode sofrer, ele é frequentemente utilizado como vidro base para posterior beneficiamento. Devido a esta característica observa-se uma elevada produção mundial deste vidro.

3.1.2.2 Vidro Laminado

Especificado como vidro de segurança pela NBR 7199 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989), os vidros laminados são compostos por duas ou mais chapas de vidro, intercaladas por películas de Poli Vinil Butiral (PVB) (figura 3). A laminação ocorre adicionando pressão e calor as camadas de vidro e PVB eliminando o ar entre as camadas. A laminação também pode ser executada com resinas especiais, tecnologia mais recente que facilita a execução de curvas no vidro (CORNET, 2009, p. 34). Segundo Paricio (2000, p. 16, tradução nossa), a principal vantagem deste sistema é a dificuldade de quebra simultânea

de todas as placas de vidro. Contudo se uma das chapas sofresse uma quebra, as películas de PVB devem reter estes pedaços.

Figura 3 – Vidro laminado



(fonte: VIDROS ECLIPSE, 2012)

Os vidros laminados, além da segurança, oferecem também a função termoacústica. A película de PVB é a responsável pela retenção do som, quanto maior sua espessura maior será a atenuação do som. Quando necessário o processo de laminação pode ser realizado com películas que retêm a energia ou com placas de controle solar, tornando os laminados eficientes termicamente (VIDROS..., 2005, p. 88). O vidro laminado é o principal vidro de segurança utilizado nas fachadas, isto se deve ao fato deste reunir funções termoacústicas e ainda apresentar à possibilidade de inserir tonalidade no vidro, através de películas coloridas.

3.1.2.3 Vidro Temperado

Segundo Cornetet (2009, p. 33), “Vidros temperados são vidros que, submetidos a um processo de aquecimento e resfriamento brusco, [...] adquirem resistência até cinco vezes superiores às do vidro comum, de mesma espessura.”. Após este processo o vidro não pode ser furado ou cortado. Esse processo também confere resistência a variações térmicas em torno dos 200°C.

Os vidros temperados são considerados de segurança, conforme a NBR 7199 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989), pois em caso de quebra, estes se fragmentam em pedaços pouco cortantes, diminuindo assim o risco de ferimentos. Sua

principal utilização é na confecção de outros vidros, como o laminado e o de controle solar (VIDROS..., 2005, p. 87).

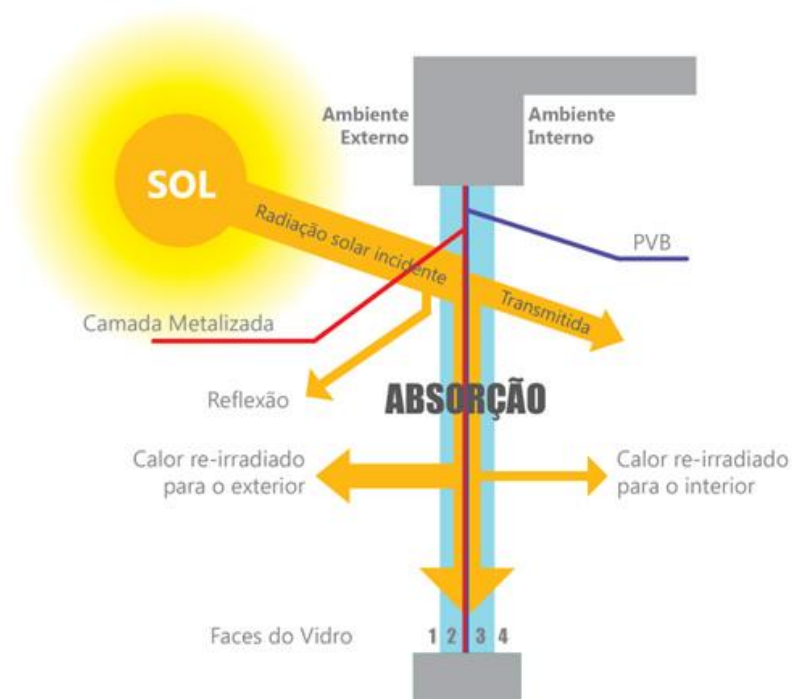
3.1.2.4 Vidro Refletivo

Os vidros refletivos, também chamados de metalizados, foram desenvolvidos com intuito de controlar a intensidade de luz e de calor transmitido para os ambientes internos gerando uma melhoria na eficiência energética. O processo de beneficiamento “[...] do vidro *float* em refletivo consiste na aplicação de uma camada metalizada numa de suas faces, feitas pelos processos pirolítico ou de câmara a vácuo.” (VIDROS..., 2005, p. 88).

Cornetet (2009, p. 36) afirma que o processo de “[...] câmara de vácuo, óxidos são depositados a frio sobre a superfície do vidro, e no [...] [processo de] pirólise, [...] a metalização é feita sobre a chapa do vidro *float* ainda quente, e sua aderência se dá, pelo resfriamento do vidro.”. Em VIDROS... (2005, p. 88) é informado que devido a esta diferença na fabricação dos vidros refletivos, o processo de câmara a vácuo apresenta um vidro com proteção solar mais elevada que a pirólise, porém após este processo este vidro não pode ser beneficiado com processos que utilizem calor.

A especificação do vidro refletivo deve ser feita depois de um estudo que combina os elementos da região com as características da obra. A radiação solar que atinge o vidro se divide em três partes: a que atravessará o vidro, denominada de transmissão direta; a parte refletida pelo vidro e uma porção que será absorvida pelo vidro, para depois distribuição interna e externa (VIDROS..., 2005, p. 89). A figura 4 demonstra a separação da radiação solar em um vidro refletivo laminado.

Figura 4 – Distribuição da radiação solar sobre o vidro refletivo



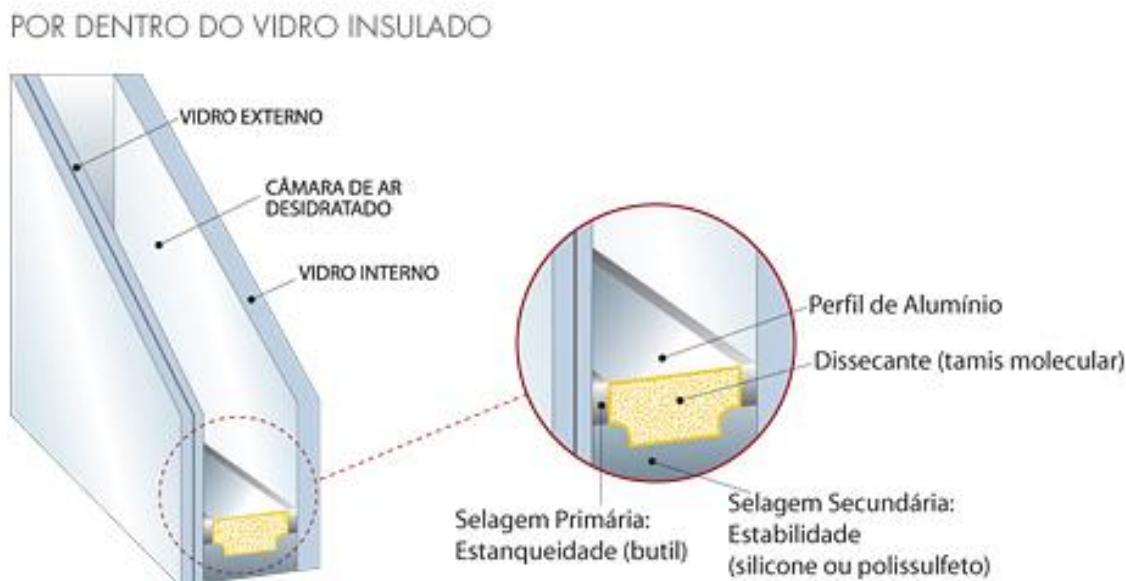
(fonte: AECWEB, 2012a)

3.1.2.5 Vidro Insulado ou Duplo

Cornetet (2009, p. 38) explica que os “Vidros duplos ou insulados são confeccionados com duas ou mais lâminas de vidros *float* separadas através de câmaras de ar seco, hermeticamente fechadas e livres de umidade e vapor d’água [...]”. Em VIDROS... (2005, p. 91) é informado que a câmara de ar seco é selada em seu perímetro, para não ocasionar trocas de calor com o ambiente externo, tornando assim a câmara um elemento isolante. Em casos em que o vidro duplo não obtém o conforto térmico desejado devido a temperaturas acentuadas, a inserção de um gás inerte na câmara é aconselhada.

Na selagem dos vidros é utilizada uma técnica denominada de dupla selagem. A primeira selagem, realizada com butil, evita a troca de gases da câmara, garantido sua estanqueidade. A segunda selagem é realizada com silicone, e garante a estabilidade do conjunto. A figura 5 mostra onde cada selagem do vidro insulado ocorre.

Figura 5 – Vidro Insulado



(fonte: D2S VIDROS, 2012)

Os vidros duplos podem agrupar diferentes tipos de vidros em sua composição, porém quando um vidro refletivo é utilizado na face externa, refletindo parte da radiação incidente, aliada ao baixo coeficiente de transmissão do sistema resultará em um vidro com elevada capacidade de transmissão luminosa e fotoenergética (VIDROS..., 2005, p. 91). Segundo Cornetet (2009, p. 38), “Os vidros insulados também podem colaborar na atenuação acústica da edificação, principalmente quando utilizados com vidros de espessuras diferentes na sua composição [...]”, aumentando assim a interceptação de diversas frequências.

3.1.2.6 Vidro *Low-e*

Low-e é abreviação de *low emissivity*, que, em português, significa baixa emissividade. Como descrito em Vidros... (2005, p. 90):

O vidro metalizado *low-e* foi criado para atender às necessidades dos países de clima frio, que precisam manter o interior do edifício aquecido. Adaptado com tecnologia de ponta para o clima tropical ganhou uma camada ‘*low-e* para todo efeito’, que além de permitir a passagem da luz, possui propriedades refletivas.

O vidro *float* beneficiado em uma de suas faces, com a deposição de algum óxido metálico, formará uma camada que protegerá o ambiente interior de raios solares e ultravioletas, assim é

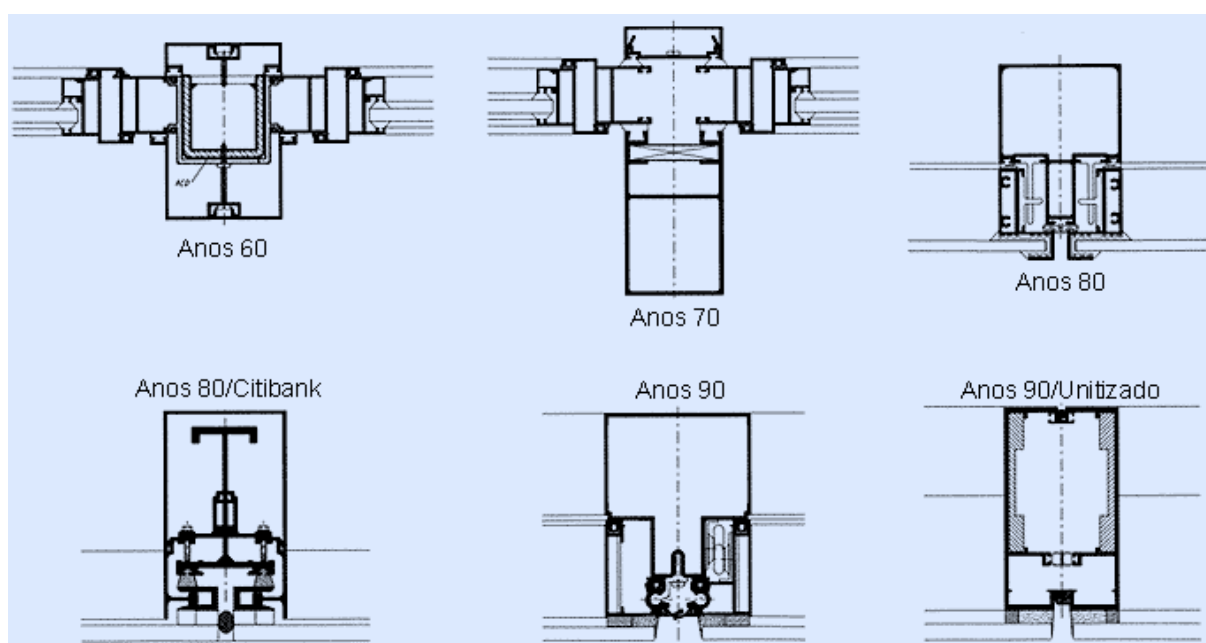
a fabricação de um vidro *low-e*. As características de transparência, de espelhamento e de baixa emissividade descrevem o *low-e* como um excelente vidro para fachadas.

Os vidros de baixa emissividade são incompatíveis com o selante e o silicone butil usado na fabricação de vidros duplos. Sua camada metálica é muito frágil, obrigando os operários que manuseiem o tenham muito cuidado.

3.2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Em questão de meio século, as fachadas de vidro tiveram uma forte evolução em seus sistemas de montagem. Inicialmente as fachadas cortinas tradicionais apresentavam suas colunas de sustentação projetadas para o exterior dos edifícios (figura 6, até anos 70). A evolução com a pele de vidro, fez com que as colunas fossem projetadas internamente, fazendo com que os vidros predominassem em relação ao alumínio que o emoldurava na fachada (figura 6, anos 80).

Figura 6 – Desenvolvimento dos sistemas de fachadas no Brasil



(fonte: SISTEMAS..., 2005)

Porém, o alumínio logo foi retirado da fachada externa, devido à implementação do sistema estrutural *glazing*, que substituiu o alumínio pelo silicone estrutural na função estrutural, e

possibilitou uma fachada totalmente envidraçada (figura 6, anos 80/ Citibank e 90). Todas as evoluções citadas ocorreram no âmbito da estética da fachada, porém seu sistema construtivo, o *stick*, teve que sofrer pequenas modificações para cada evolução.

O sistema *Unitized*, novo sistema construtivo, utilizou-se da infraestrutura da indústria para a criação de um sistema de união de elementos fora do canteiro de obras, fabricando módulos para a fachada (figura 6, anos 90/Unitizado). Os sistemas *stick*, com suas classificações estéticas, e o sistema *unitized* são apresentados a seguir.

3.2.1 Sistema *Stick*

O sistema *stick* é conhecido pela sua construção ser realizada peça por peça. Segundo Rosso (2007, p. 43), a montagem da fachada começa pelas “[...] colunas, em seguida as travessas, painéis compostos (se existirem) e finalmente as folhas de vidros móveis e fixas.”. A fixação dos vidros a estrutura metálica, está relacionada ao sistema estético escolhido, podendo variar de silicones a presilhas, parafusos e tampas. A vedação do conjunto deve ser realizada principalmente nos pontos de ligação dos elementos, como os parafusos, para que a fachada se torne impermeável. Este sistema de montagem é executado pelos operários pela parte externa da edificação, o que obriga a colocação de andaimes suspensos em todos os panos da fachada. A figura 7 apresenta a fase de fixação dos vidros, após conclusão da etapa de instalação da estrutura (ROSSO, 2007).

Esse é o método que esteve presente nas primeiras fachadas de vidro construídas, apresenta a dificuldade de se industrializar, e por este motivo, traz toda a montagem da fachada para o canteiro de obra, gerando flexibilidade de ajustes na execução, porém perdendo controle de qualidade final do projeto. Devido ao formato reduzido das peças, o transporte e manuseio das peças se tornam baratos (ROSSO, 2007).

A montagem da fachada utilizando o sistema *stick*, permite alguma aleatoriedade na colocação dos vidros (figura 7), uma vantagem bem-vinda quando o vidro necessário não está pronto para instalação. Em consequência da utilização de peças de tamanhos reduzidos na execução da fachada, o tempo de execução deste método é superior se comparado ao do *unitized*.

Figura 7 – Execução do sistema *stick*

(fonte: foto do autor)

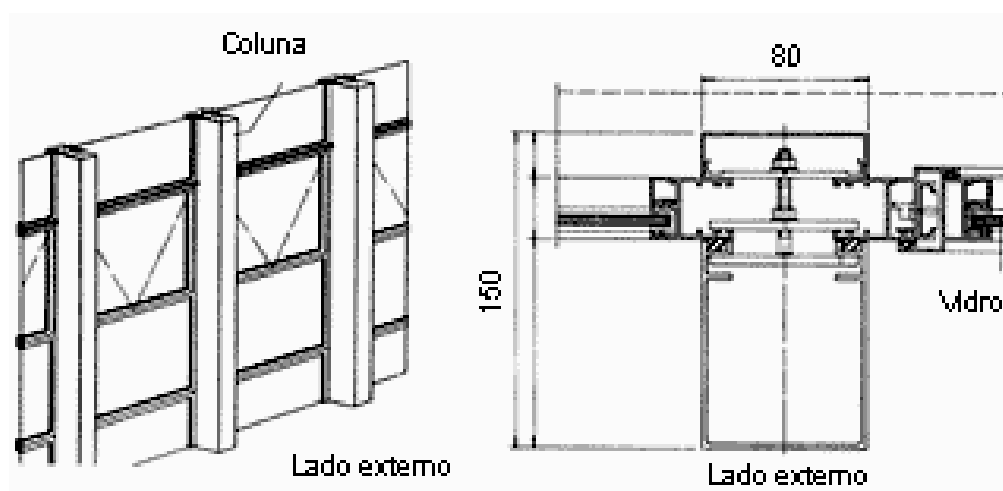
Este sistema deve ser escolhido quando não há a possibilidade da utilização de equipamentos de grande porte no terreno, o transporte de peças maiores seja inviável e que o fechamento do edifício não tenha que ocorrer de forma imediata. Em fachada com modulações complexas ou de dimensões reduzidas, a utilização do *stick* é recomendada, pois financeiramente o *unitized* seria mais menos vantajoso. A manutenção de vidros quebrados é realizada de forma mais rápida e simples do que a do *unitized*, devido a fixação dos vidros ser individual. Como descrito anteriormente o sistema *stick* é classificado quanto a sua estética, a seguir são apresentadas as suas classificações, sendo elas: tradicional, pele de vidro e *structural glazing*.

3.2.1.1 Tradicional ou Convencional

Introduzido na década de 60, este sistema foi o precursor das fachadas de vidro. Inicialmente produzidas com estrutura metálica de aço, as fachadas de vidro tradicionais evoluíram na década de 70, quando o aço foi substituído pelos perfis de alumínio. Os perfis, responsáveis pela função estrutural da fachada, foram utilizados na estrutura pelo lado externo (AECWEB, 2012b).

O perfil de alumínio é a principal característica estética deste sistema, pois suas colunas são apresentadas externamente na fachada. As colunas por serem salientes em relação às folhas de vidro marcam a fachada verticalmente, como demonstra a figura 8. A fixação das colunas e folhas de vidros é realizada pelo lado externo da edificação por meio de presilhas com parafusos e tampas (ROSSO, 2007, p. 44).

Figura 8 – Sistema tradicional



(fonte: SISTEMAS..., 2005)

Atualmente, este sistema está em desuso pelos arquitetos, que projetam fachadas cada vez mais envidraçadas. Este método é aproveitado por arquitetos com intuito de incorporar um aspecto antigo às fachadas das edificações.

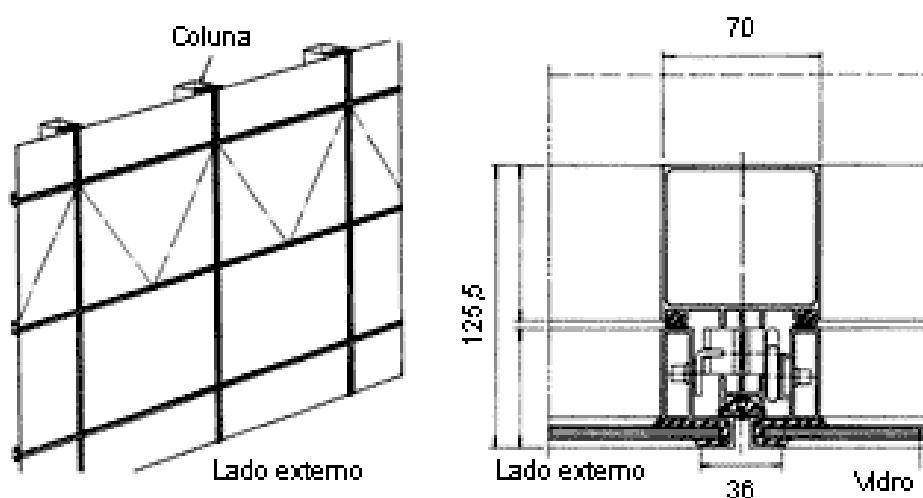
3.2.1.2 Pele de Vidro

A pele de vidro foi introduzida no mercado no final da década de 70 como a evolução do sistema tradicional, em que o alumínio marcava a fachada em demasia, no sentido estético da edificação. Perante a evolução do vidro, os arquitetos desejavam uma fachada mais envidraçada, na qual o alumínio fosse material secundário na estética da edificação (AECWEB, 2012b). Em Vidros... (2007) é descrito que “O sistema de pele de vidro é considerado pelos especialistas no assunto como o responsável pela mudança plástica dos prédios.”.

No final dos anos 70, a pele de vidro foi criada para satisfazer o desejo dos arquitetos por uma fachada em que o vidro teria uma maior importância. A diferença do sistema está na

colocação das colunas, que anteriormente estavam localizadas no lado externo, para o lado interno, fornecendo aos arquitetos uma fachada na qual o destaque fosse o vidro. O vidro permanece encaixilhado, e devido a isso as marcações horizontais e verticais da fachada se mantiveram (SISTEMAS..., 2005). A figura 9 representa as marcações devido ao encaixilhamento e a mudança da coluna para o interior da edificação.

Figura 9 – Pele de vidro



(fonte: SISTEMAS..., 2005)

A fixação do conjunto folha de vidro e estrutura metálica é realizada frontalmente, pelo lado externo da edificação com o auxílio de andaimes, através de presilhas (ROSSO, 2007, p. 44). Segundo Figuerola (2005, p. 33), nas “[...] fachadas tipo pele de vidro a transferência de cargas do componente de vedação (vidro) ao caixilho acontece de forma mecânica, por meio de parafusos e perfis de alumínio [...]”. A vedação do conjunto é elevada em relação à água e vento, devido à grande quantidade de material impermeável do revestimento.

Este sistema é utilizado em edificações de médio e grande porte, devido ao seu alto custo de fabricação e manutenção, e principalmente em prédios comerciais, onde estar situado em um edifício de eficiência ambiental certificado é marketing essencial para a companhia. A primeira construção realizada no Brasil utilizando o sistema pele de vidro foi a edificação Centro Cândido Mendes, figura 10, localizada no Rio de Janeiro.

Figura 10 – Edifício Centro Cândido Mendes:
primeiro edifício a utilizar o sistema pele de vidro



(fonte: ENGEPROD SERVIÇOS ENGENHARIA, 2012)

3.2.1.3 Structural Glazing

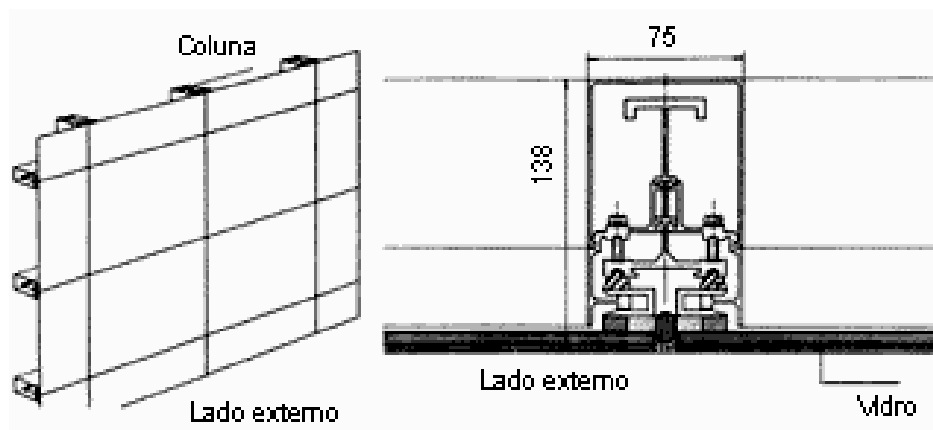
Sistema mais utilizado nos dias atuais, “[...] o *structural glazing* veio atender à solicitação dos arquitetos no sentido de que as fachadas eliminassem definitivamente a visualização do alumínio.” (SISTEMAS..., 2005, p. 53). O *structural glazing*, que teve seu nome traduzido para fachada de vidro estrutural, “[...] é um tipo [...] especial de fachada contínua, cujos painéis são fixados de tal forma na estrutura metálica que esta não pode ser vista do lado de fora.” (REBUFFO; REDAELLI, 1995, p. 78).

Sendo a evolução da pele de vidro, o *glazing* manteve a coluna no lado interno da edificação modificando o método de fixação do vidro, que a partir deste momento seria colado nos caixilhos de alumínio (SISTEMAS..., 2005, p. 54). Rebuffo e Redaelli (1995, p. 78-79) afirmam que:

O elemento fixador dos painéis de vidro é um selante à base de silicone, que adere aos suportes com suficiente firmeza para impedir que os vidros deslizem e com flexibilidade para suportar o peso dos painéis e permitir eventuais movimentos causados por dilatações térmicas ou acionamentos dos caixilhos.

O silicone adicionado à fachada tornou-se elemento estrutural do sistema, proporcionando também estanqueidade e elasticidade à estrutura. O selante permitiu que o vidro pudesse ser desencaixilhado tornando a fachada mais envidraçada. A figura 11 demonstra a fachada sem o encaixilhamento do vidro.

Figura 11 – Structural glazing



(fonte: SISTEMAS..., 2005)

O *structural glazing* foi apontado como uma das grandes evoluções da década de 80, porém a falta de vidros capazes de bloquear os raios solares tornou a edificação ineficaz ao controle térmico, produzindo altos gastos em equipamento de condicionamento térmico. Essa questão foi resolvida com a evolução dos vidros solares nas últimas décadas (SISTEMAS..., 2005, p. 54). O primeiro edifício a utilizar este sistema no Brasil foi o do Citibank (figura 12), na Avenida Paulista.

Há dois sistemas para se executar a fachada de vidro com silicone estrutural: fixando dois lados do vidro ou pela fixação dos quatro lados. Na primeira opção o silicone é utilizado somente em dois lados opostos do vidro, enquanto que nos lados restantes a fixação é dada pelo método convencional de presilhas e parafusos, esta solução é adotada para diminuir o risco de quedas dos painéis. O segundo caso representa o verdadeiro *structural glazing*, onde todos os lados da chapa são colados com silicone (REBUFFO; REDAELLI, 1995, p. 80).

Figura 12 – Edifício Citibank:
pioneiro na utilização do sistema *structural glazing* no Brasil



(fonte: SISTEMAS..., 2005)

O sistema de fixação dos vidros deve ser escolhido no início do projeto, e deve ser realizado em superfícies que estejam secas e limpas, para resultar em uma melhor aderência (REBUFFO; REDAELLI, 1995, p. 83). Esta adesão deve ser analisada na hora de escolher o revestimento dos perfis de alumínio, pois a pintura eletrostática não oferece uma aderência desejável às fitas adesivas e aos silicones. A escolha de perfis de alumínio anodizados neste sistema é aconselhável, contudo se a aderência ainda for insuficiente, recomenda-se o uso do *primer*, substância que promove adesão a superfícies pouco aderentes (FIGUEROLA, 2005, p. 32).

A transferência de carga no sistema *glazing* é realizada pelo silicone estrutural. Para o seu correto dimensionamento “[...] são levados em consideração informações como a dimensão dos painéis de vidro, a espessura, tipo de perfil e acabamento, cargas dinâmicas (como ação dos ventos) e o ângulo de inclinação da superfície de vidro.” (FIGUEROLA, 2005, p. 33). Este material além de transferir a carga do sistema, assegura estanqueidade à fachada e permite a dilatação e contração do vidro (VIDROS..., 2007).

Os silicones utilizados nas fachadas devem ser submetidos a testes de envelhecimento acelerado de curto e longo prazo com o intuito de analisar os efeitos dos raios ultravioletas no módulo de deformação, na capacidade de alongamento e na aderência (FIGUEROLA, 2005, p. 32-33). Segundo Figuerola (2005, p. 33), “Em alguns casos, para que o silicone estrutural

seja aplicado, é necessário especificar o perfil com aba para eliminação da carga estática ou peso morto do vidro. A aplicação do *primer* [...] pode ser feita simplesmente para acelerar o processo de cura [...]

O processo de cura a ser utilizado é o da cura neutra, pois nesta cura o silicone estrutural não causará danos a placa de vidro laminado, diferentemente da cura acética que causa delaminação do vidro. O tempo de cura do silicone estrutural pode variar de um a oito dias, devido suas propriedades mono ou bicomponente (FIGUEROLA, 2005, p. 33). Após a cura do silicone estar concluída, este material trabalhará com pressões de ventos e efeitos de intempéries de forma satisfatória (VIDROS..., 2007). O quadro 5 descreve a execução do silicone.






A fita adesiva aparece no mercado como uma alternativa em relação ao silicone estrutural, esta tem como vantagem, em relação ao silicone, não necessitarem de um tempo de cura. Devido a esta colocação imediata das placas de vidro, o cronograma da obra é acelerado e também não há a necessidade de estocagem dos painéis. Porém os perfis de alumínio devem apresentar abas para que a força do peso do vidro não seja localizada somente na fita adesiva (FIGUEROLA, 2005, p. 34). O quadro 6 apresenta a execução pelo sistema de fita adesiva

Quadro 5 – Aplicação do silicone estrutural

Descrição da Etapa	Foto da Etapa
<p>1 – Materiais e ferramentas necessários: panos, pistola de aplicação, espátula, solvente, capacete, estilete e fita adesiva.</p>	
<p>2 – A limpeza do substrato pode ser feita com o "método dos dois panos": esfrega-se um pano embebido com solvente, e em seguida, outro pano seca o substrato. Esse método pode ser empregado tanto para a limpeza do vidro como para o caixilho.</p>	
<p>3 – O selante pode ser aplicado com uma pistola, e posteriormente o material deve ser empurrado de maneira a preencher a junta por completo, contra os lados e contra o espaçador. Quando o caixilho tiver aba de sustentação, colocar uma fita adesiva para proteger o perfil e o vidro, removendo-a assim que o selante for aplicado na junta.</p>	
<p>4 – Os quadros colados devem ser deixados para cura na horizontal pelo tempo especificado pelo fabricante de silicone, em função do produto escolhido (monocomponente ou bicomponente).</p>	

(fonte: SAYEGH, 2008)

Quadro 6 – Execução do sistema fita adesiva

Descrição da Etapa	Foto da Etapa
<p>1 – Após a correta limpeza do vidro, a fita é aplicada no vidro com espátula. Deve-se evitar a formação de bolhas. Logo após a aplicação, deve-se pressionar a fita com um rolete de borracha. Em vidros laminados, a fita deverá ser aplicada do lado contrário a etiqueta de identificação do vidro.</p>	
<p>2 – É necessário aplicar silano no vidro e uma fina e uniforme camada de primer na esquadria. Depois da aplicação da fita, os painéis são erguidos com auxílio de ventosas até a fachada.</p>	
<p>3 – Os caixilhos poderão ser estocados ou montados na estrutura do prédio imediatamente após a colagem. Recomenda-se o uso de esquadrias de alumínio com aba para aumento de segurança na montagem.</p>	
<p>4 – A esquadria é fixada no contramarco de forma convencional.</p>	
<p>5 – Esquadria já instalada.</p>	

(fonte: FIGUEROLA, 2005)

3.2.2 Sistema *Unitized*

A tecnologia mais recente utilizada no Brasil na construção de fachadas externas, os módulos unitizados ou *offset*, chegaram ao Brasil no final da década de 90 com a construção do edifício Berrini 500, localizado em São Paulo, porém somente em 2002 com a construção do BankBoston (figura 13), também localizado em São Paulo, os módulos unitizados foram utilizados em uma fachada-cortina (SISTEMAS..., 2005).

O sistema tem como base a industrialização, consistindo-se na união de vários elementos – como gaxetas, vidros, selante e eventuais acessórios – em um módulo. Devido à fabricação dos módulos ocorrer industrialmente, a qualidade final do sistema é superior à obtida no sistema *stick* (CORSINI, 2013).

O sistema *unitized* incorpora uma coluna dividida em duas partes, tornando a esquadria em um módulo. Devido à fixação industrial do vidro, o sistema permite uma redução de custos no alumínio e na mão de obra (VIDROS..., 2007).

Figura 13 – BankBoston:
primeira edificação a utilizar módulos unitizados em uma fachada cortina



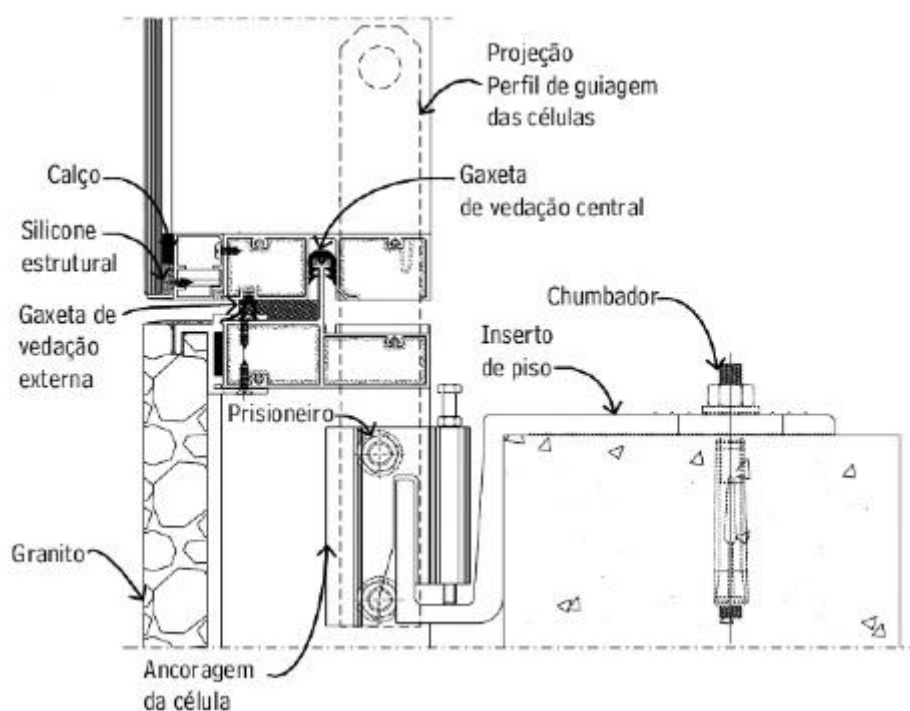
(fonte: SISTEMAS..., 2005)

Sayegh (2003, p. 35) afirma que com a utilização do sistema unitizado:

A fachada é formada por painéis independentes estruturados com vidro, cerâmica ou granito, içados com o auxílio de guindastes e fixados por meio de ancoragens reguláveis. O sistema de montagem é mecanizado. Cada painel cobre uma altura de pé-direito e possui uma ou duas larguras de acordo com o projeto arquitetônico. É formado por colunas e travessas e dispensa a subestrutura para conter o vidro. A fixação pode ser mecânica ou utilizar silicone. Os painéis são totalmente pré-fabricados, o que aumenta o controle tecnológico e garante maior qualidade de fechamento à fachada. A instalação pelo sistema mecanizado é rápida e o início da execução de serviços elétricos, hidráulicos e de acabamentos internos pode ser antecipado.

A figura 14 apresenta, em corte esquemático, a fixação do painel na estrutura da edificação utilizando o processo de encaixe macho fêmea. O içamento dos painéis pode ser realizado externamente através de guindastes e gruas, ou pode ser realizado internamente com a utilização de uma minigrua localizada no pavimento. As figuras 15 e 16 exemplificam o içamento por estes dois métodos. De acordo com Corsini (2013), a ordem de fechamento da estrutura é realizada horizontalmente, ou seja, o trabalho no segundo pavimento só será iniciado quando primeiro estiver concluído. Esta sequência é diferente no *stick*, pois o seu fechamento é verticalizado no pano do balancim.

Figura 14 – Encaixe macho e fêmea dos painéis unitizados



(fonte: SILVA, 2012)

Figura 15 – Içamento externo
utilizando guindaste



(fonte: SILVA, 2012)

Figura 16 – Içamento interno
utilizando minigrua



(fonte: SILVA, 2012)

O sistema *unitized* apresenta como vantagens o rápido fechamento da estrutura, um excelente sistema de vedação e uma maior segurança dos operários, por estes trabalharem internamente ao edifício. Como desvantagens do sistema pode-se identificar o tamanho dos módulos, característica que torna a mobilidade e o armazenamento complicados em obra. Outra dificuldade imposta pelo sistema é o deslocamento que as placas devem realizar da fábrica para o canteiro de obra. Devido ao transporte e da utilização de máquinas para o içamento dos módulos, o *unitized* é um sistema de alto custo, porém seu investimento pode ser favorável se a diminuição da mão de obra e do tempo de execução for representativa (ROSSO, 2007, p. 44). Este método deve ser utilizado em obras de grande porte, onde a instalação do maquinário para o içamento seja possível e alta produtividade do sistema compense o investimento elevado.

4. DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO SISTEMA

Conforme apresentado nos capítulos anteriores, torna-se cada vez mais comum a utilização de revestimentos exteriores em fachadas de vidro, dada a sua beleza externa, seu contato com o meio ambiente, sua qualidade superior na vedação, suas funções termoacústicas, quando bem dimensionados os vidros e quanto a evolução dos sistemas construtivos. Este capítulo detalha o sistema de montagem de fachadas em pele de vidro, com descrição de todas as técnicas e tecnologias empregadas no empreendimento analisado.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO ANALISADO

A obra estudada no presente trabalho é de uma empresa construtora de Porto Alegre. A edificação escolhida para o estudo é um empreendimento comercial, figura 17, constituída de uma torre de treze pavimentos. Os quatro primeiros pavimentos são reservados para garagem e áreas comuns, as salas comerciais estão localizadas a partir do quinto pavimento até o décimo terceiro pavimento, com sete salas por pavimento. No pavimento térreo há ainda três lojas sem acesso com a torre.

O sistema estrutural do empreendimento é concreto armado, com vigas, pilares e lajes moldadas no local. O sistema de vedação, quando necessário, é feito de blocos cerâmicos assentados com argamassa. As paredes internas do edifício foram executadas em *dry-wall*. O revestimento externo do edifício foi realizado utilizando pastilha cerâmica, granito e vidros. O empreendimento está localizado na cidade de Porto Alegre.

A fachada de vidro está localizada nas fachadas norte e oeste, entre o terceiro pavimento e o décimo terceiro pavimento. O sistema construtivo utilizado na execução da pele de vidro foi o *stick*. Esta definição foi realizada em função da falta de espaço do terreno para utilização de um grande equipamento para o içamento dos módulos do sistema *unitized* e principalmente da reduzida área de fachada envidraçada, em torno de 655 m². O prazo estimado para a execução do revestimento é de 55 dias. Esta instalação foi realizada sem um projeto para a fachada de vidro, situação que é descrita em Arcoweb... (2013) como prejudicial ao desenvolvimento de uma fachada racionalizada, pois na ausência do projeto as funções termoacústicas não serão

maximizadas, os perfis estarão mal dimensionados e o valor da construção da fachada será elevado. O único projeto existente durante a execução da fachada era o de posicionamento dos vidros.

Figura 17 – Edificação objeto do estudo



(fonte: LOPES CONSULTORIA DE IMÓVEIS, 2012)

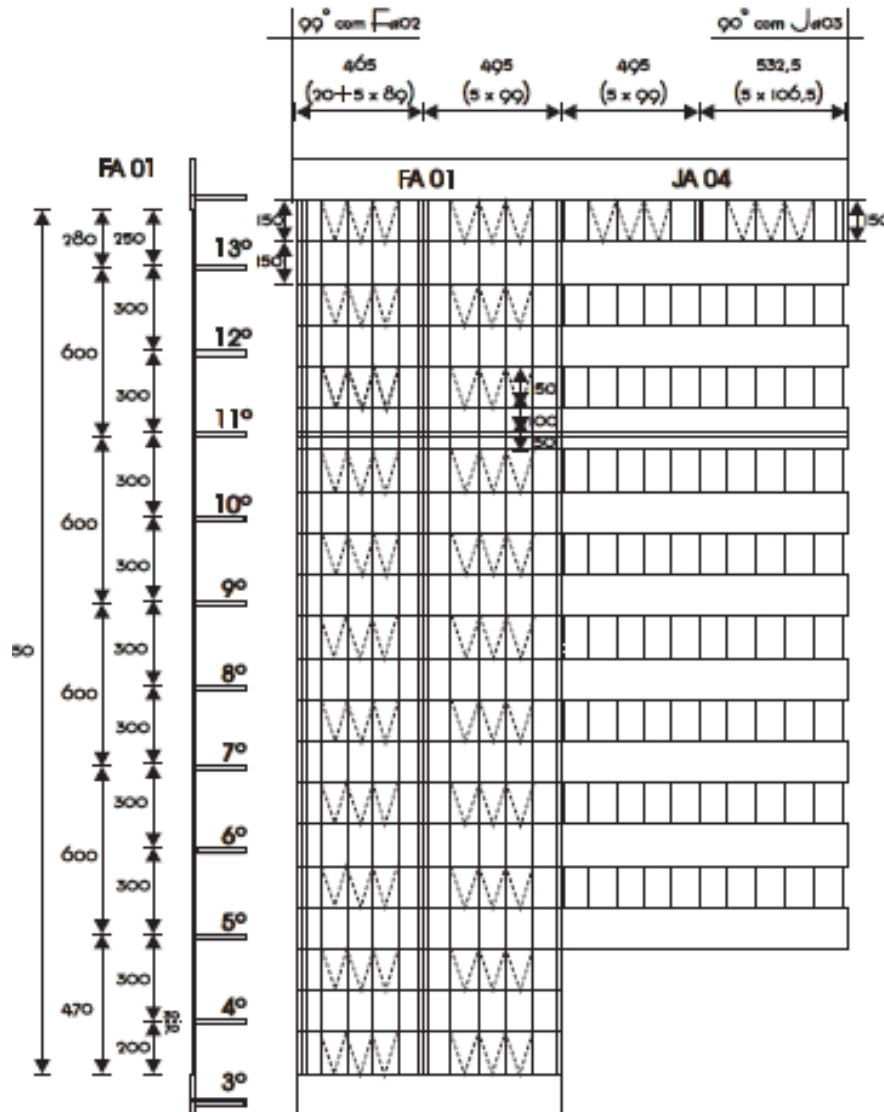
4.2 ACOMPANHAMENTO EM OBRA

Para atender o objetivo deste trabalho, que consiste em identificar as não conformidades que podem ocorrer na execução de uma fachada de vidro no sistema *stick* e propor soluções para estas, realizaram-se diversas visitas à obra selecionada para acompanhar a execução do sistema. A descrição da execução é dividida em quatro etapas, compreendendo as condições iniciais, execução da estrutura, instalações dos vidros e acabamentos. A seguir, é apresentada uma descrição dos principais materiais utilizados.

4.2.1 Materiais

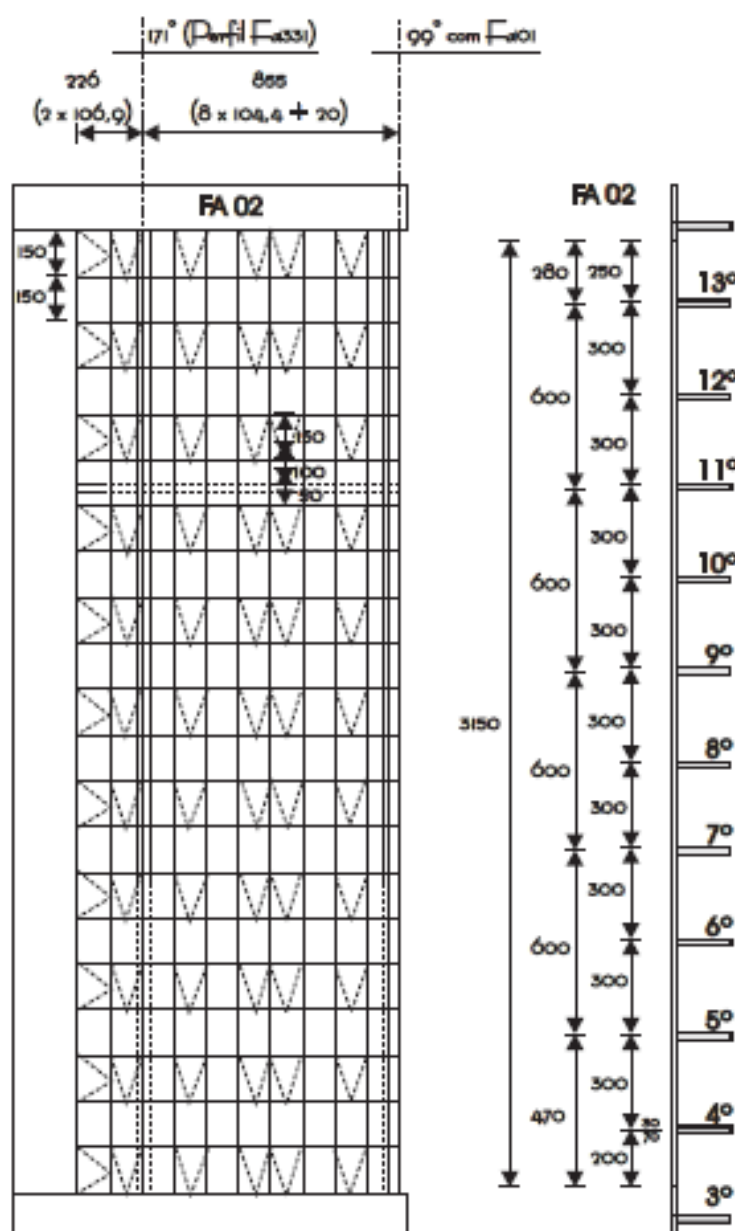
A fachada de vidro da edificação em análise teve os perfis de alumínio fabricados na cor preta fosca, sendo utilizada a anodização como o revestimento de proteção à corrosão da estrutura. Os vidros utilizados na obra foram refletivos, laminados e temperados, com uma área média de 1,5 m² por folha. De acordo com o projeto da fachada de vidro, desenvolvido pela empresa executora da fachada, os vidros são distribuídos quanto a sua mobilidade, sendo que alguns destes há a possibilidade de sua abertura para ventilação do ambiente. A disposição dos vidros está apresentada em projeto, disponibilizado a seguir nas figuras 18 e 19.

Figura 18 – Projeto de disposição dos vidros na fachada oeste



(fonte: foto do autor)

Figura 19 – Projeto de disposição dos vidros na fachada norte



(fonte: foto do autor)

Os vidros com linhas tracejadas no projeto são os que têm a possibilidade de abertura. Estes elementos tem como função a ventilação do ambiente e a possibilidade da ação dos bombeiros servindo como saídas de emergência. Os vidros instalados com intuito de facilitar a saída do edifício em casos de incêndio têm a sua abertura realizada no sentido lateral, ou seja, são janelas de abrir, enquanto que os outros vidros tracejados são janelas projetantes, e estão localizados nos corredores de cada pavimentos e representados na primeira coluna de vidros da esquerda da figura 19.

Para a vedação do sistema, a escolha foi por um silicone neutro, utilizado nas cores preta e branca. Em relação aos vidros utilizados, percebe-se que a especificação dos mesmos foi analisada, sendo dimensionados vidros de segurança, conforme exigência de norma, e com funções refletivas e termoacústicas, características que beneficiam os usuários do empreendimento.

4.2.2 Condições Iniciais

A fim de iniciar a montagem da estrutura da pele de vidro, deve-se estar com algumas etapas da construção do edifício finalizadas, tal como a supraestrutura na qual a fachada será instalada, pois a fixação e transmissão das cargas da fachada será realizada pelas lajes e peitoril. O peitoril que serve de base para o sistema já deve estar pintado e o acabamento, que consiste na instalação de placa de rocha, finalizado. A figura 20 apresenta o peitoril da edificação no aguardo da instalação do seu peitoril de rocha.

Figura 20 – Peitoril da base da pele de vidro inacabado



(fonte: foto do autor)

Após a fachada estar preparada para o início da execução, a etapa seguinte foi a da montagem do contramarco na periferia dos panos da pele de vidro. Este contramarco foi instalado no perímetro do conjunto de vidros e não apenas da fachada de vidro, devido à arquitetura do

edifício. A fixação em vigas, pilares e peitoris foi feita através de chumbadores fixados em toda a sua periferia. Este perímetro se estende nos dois panos da pele de vidro e nas janelas das salas da frente, as figura 21 e 22 ilustram o local de instalação do contramarco. Por razões estéticas, os pilares e as vigas foram pintados antes da execução da estrutura, nas cores branca e preta respectivamente.

Durante a execução do contramarco ocorreram erros de nivelamento do mesmo, tendo verificado um desnível máximo de dois centímetros, valor considerado elevado, o que ocasionou na quebra do chumbamento e posterior correção do contramarco. A figura 23 mostra a superfície originada após a quebra do chumbamento do contramarco que ocorreu o problema. Para a prevenção desta não conformidade a única solução possível é a ter um controle mais eficaz da execução do serviço por parte da contratante, possibilitando assim a descoberta do desnível do contramarco antes de seu chumbamento. O nivelamento correto é muito importante, pois posteriormente a estrutura da pele de vidro será instalada com base no nível do contramarco e qualquer desnível será repassado a toda a fachada.

Figura 21 – Posicionamento do contramarco



(fonte: foto do autor)

Figura 22 – Ilustração do posicionamento do contramarco



(fonte: foto do autor)

Figura 23 – Quebra do chumbamento do contramarco para correção do nível



(fonte: foto do autor)

4.2.3 Execução da Estrutura

Tendo concluído a colocação do contramarco perimetral, houve a necessidade da instalação dos andaimes externos ao edifício. Os equipamentos abrangeram toda a fachada de vidro, facilitando assim sua montagem como um todo e não apenas nos panos dos andaimes. Foram escolhidos balancins elétricos devido a sua grande capacidade de carga, facilitando assim o transporte dos vidros, e sua velocidade superior ao comparado com o andaime tradicional. Dentre os equipamentos foram utilizados plataformas de um, dois e quatro metros de comprimento posicionados de acordo com projeto de plataformas.

Os andaimes ocasionaram um grande atraso na execução da fachada de vidro, devido ao não funcionamento repentino destes durante a execução dos serviços. Quando este problema acontecia, os operários tinham que trocar o material de instalação de um balancim para outro e começar a trabalhar em outro pano de fachada, enquanto que os andaimes não fossem consertados.

Durante o recebimento dos perfis de alumínio, foi decidido pela Engenharia que o armazenamento fosse realizado na garagem do edifício primeiramente para a posterior distribuição dos mesmos pelos pavimentos da obra, para obter uma maior velocidade de

execução. A movimentação das travessas foi realizada com a utilização do guincho da obra, já as colunas foram içadas manualmente com o auxílio de uma corda, devido ao seu comprimento de aproximadamente 6 metros.

Com os andaimes devidamente instalados e os perfis distribuídos pelos pavimentos, a execução da estrutura da fachada de vidro tem o seu início pelo seu andar inferior, método de construção mais utilizado atualmente devido a possibilidade de descarregamento do peso próprio da estrutura no peitoril. Porém devido à arquitetura da edificação este cronograma foi alterado, tendo como início a execução da coluna próxima ao revestimento pétreo. Esta modificação ocorreu para que as esquadrias das salas laterais a pele de vidros, fossem fabricadas e instaladas posteriormente. Devido à esta modificação a instalação dos vidros foi possível e a vedação deste pano fosse concluída. Este perfil foi instalado em quase sua totalidade, sobrando apenas uma pequena parte no pavimento inferior para ser fabricado na medida correta na fábrica. Sua fixação foi feita na laje de cada pavimento, como demonstra a figura 24, através de parafusos. A vedação lateral da estrutura foi realizada aplicando-se silicone entre o perfil e pedra.

Figura 24 – Fixação da coluna lateral nas lajes de cada pavimento



(fonte: foto do autor)

Após a instalação da coluna lateral, iniciou a execução das colunas localizadas na face oeste do terceiro pavimento. A primeira coluna executada foi a da esquerda, identificada com a seta verde na figura 25, após esta, foram colocadas as demais colunas a direita da imagem. Este procedimento ocorreu similarmente na outra face do edifício.

O alinhamento das colunas foi feito através de fio de nylon, fixado nas colunas externas do pano da fachada, ou seja, as colunas demonstradas nas figuras 24 e 25, com o intuito que o fio faceie todas as colunas que estão corretas, sem criar nenhuma ondulação na linha. A fixação dos perfis na laje foi realizada através de ligações de alumínio anodizado em formato de C (figura 26). Durante a execução das colunas percebeu-se que a fachada do prédio estava fora de prumo, o que ocasionou um problema na fixação das mesmas, pois suas ligações não alcançavam seus perfis. A figura 27 ilustra este problema. Ao questionar os instaladores se este problema era comum em outras edificações e a resposta obtida foi positiva. As fachadas executadas com o sistema *stick* tem como vantagem a flexibilidade de ajustes como Rosso (2007) afirma, porém a diferença de afastamento da fachada foi superior a este ajuste fino.

Figura 25 – Primeira coluna instalada sinalizada com a seta



(fonte: foto do autor)

Figura 26 – Peça de ligação de alumínio da coluna com a laje



(fonte: foto do autor)

Figura 27 –Afastamento excessivo da coluna de fixação à laje



(fonte: foto do autor)

A solução encontrada foi a de criar extensores, sendo estes seriam parafusados tanto na peça de fixação como no perfil. As colunas subsequentes são encaixadas no topo da coluna inferior, isto é possível graças à redução da seção superior da coluna, criando assim um encaixe perfeito com o perfil subsequente. A figura 28 demonstra a seção menor no topo da coluna, a linha colocada para obter o alinhamento dos perfis e os extensores usados na fixação da coluna.

Figura 28 – Fixação da coluna na laje utilizando extensores



(fonte: foto do autor)

Após a colocação do primeiro grupo de colunas, foram instaladas as travessas, elementos posicionados à 90° em relação às colunas. A primeira linha de travessas executada corresponde à linha inferior da fachada. Sua fixação foi realizada por meio de parafusos no contramarco e nas colunas. Nas figuras 29 e 30 pode ser visualizada essa fixação. Os perfis subsequentes foram apoiados em pequenas peças metálicas, ligadas às colunas por parafusos (figura 31). Este elemento oferece a fixação e o posicionamento das travessas nas colunas. A instalação e fixação executadas em obra seguiram o procedimento padrão citado por Rosso (2007).

Figura 29 – Fixação das travessas no contramarco



(fonte: foto do autor)

Figura 30 – Fixação das travessas



(fonte: foto do autor)

Figura 31 – Suporte fixador da travessa na coluna



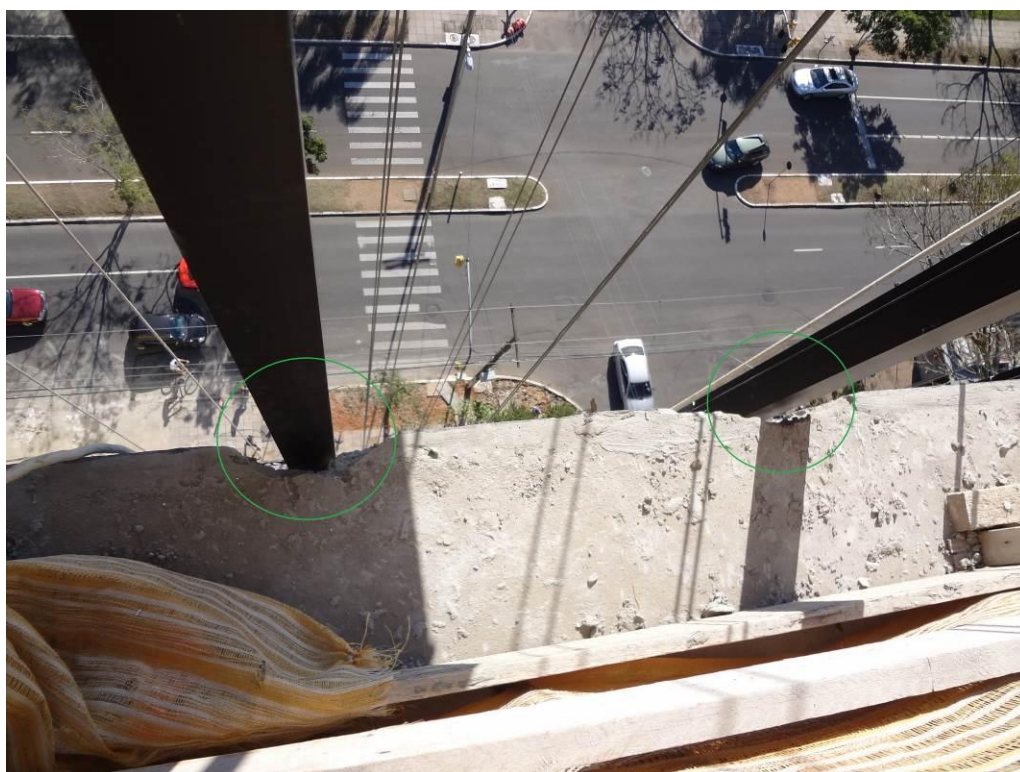
(fonte: foto do autor)

A montagem da estrutura das duas fachadas do edifício ocorreu sem problemas até o último pavimento, no qual, devido à falta de prumo da edificação as colunas colidiam com a laje do décimo terceiro pavimento. A solução adotada foi à quebra da laje nesses pontos em que

ocorreram os erros (figura 32). A instalação da fachada não pode ser concluída imediatamente, pois colunas e travessas do décimo terceiro andar foram encomendadas com a dimensão exata medida em obra. Isto também ocorreu em duas linhas verticais nas quais as travessas foram encomendadas após a conclusão da estrutura. A figura 33 demonstra a estrutura finalizada na fachada norte aguardando os perfis do 13º pavimento.

A solução adotada para a falta de prumo da fachada não foi a mais aconselhável, pois a quebra de uma parte da estrutura do edifício é perigosa, devido a retirada de concreto da laje e da diminuição do cobrimento da peça, podendo gerar manifestações patológicas e redução da durabilidade da estrutura. Outra solução poderia ter sido implementada, tal como a fabricação de perfis com seções menores no décimo terceiro pavimento do edifício. Esta solução poderia ter sido implementada, devido às cargas de sustentação da pele de vidro serem menores em pavimentos superiores em comparação com os inferiores.

Figura 32 – Pontos de quebra da laje no décimo terceiro pavimento



(fonte: foto do autor)

Figura 33 – Estrutura da fachada norte aguardando os perfis sob medida



(fonte: foto do autor)

A verificação da fachada meses antes da execução seria uma opção vantajosa, porque a não conformidade, erro no prumo, seria analisada em escritório e quando a estrutura fosse construída a solução estaria obtida. Esta não conformidade poderia ser evitada com a fabricação de um projeto específico para a pele de vidro, visando à solução dos problemas e ainda o dimensionamento de todas as peças da fachada, evitando assim o tempo de espera para a finalização da estrutura. Uma última solução a se adotar neste caso seria o afastamento da pele de vidro do prédio, esta possibilidade deve ser analisada antes do início da execução da estrutura e debatida em conjunto com a equipe de arquitetura do edifício, pois a estética da construção pode ser alterada.

4.2.4 Instalação dos Vidros

Após a execução das travessas e colunas a instalação dos vidros pode ser iniciada. Esta etapa não necessita que a estrutura esteja totalmente concluída, podendo efetuar a execução dos vidros nos andares que já contém a estrutura finalizada. Como foi descrito em *Sistemas...* (2005) e por Rosso (2007), os vidros da fachada em pele de vidros devem ser encaixilhados e

fixados através de parafusos. A empresa terceirizada responsável pela montagem da fachada definiu que os vidros seriam encaixilhados em sua sede, esta decisão foi tomada com o intuito de obter uma melhor qualidade de vedação e uma diminuição na possibilidade de quebras dos vidros devido ao ambiente de maior controle da indústria, outra vantagem agregada ao sistema com esta escolha foi a de uma velocidade de execução maior na colocação dos vidros.

No momento da chegada dos vidros na obra, já encaixilhados, a estrutura da fachada não estava concluída ainda. Frente a isso, os materiais tiveram de ser armazenados no primeiro pavimento. Esta armazenagem foi realizada colocando os vidros escorados na parede com alguma inclinação, foi observado o uso de madeiras para que o material não entrasse em contato com piso, a figura 34 ilustra o armazenamento realizado. O deslocamento horizontal era realizado manualmente pelos instaladores da fachada, contudo a movimentação vertical foi realizada utilizando o elevador cremalheira da obra, ou numa segunda etapa os elevadores sociais do edifício. A estocagem dos vidros seguiu os itens da NBR 7199 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989), exceto no item que prevê que as pilhas de vidro devem ser cobertas para reduzir a infiltração de poeira.

Figura 34 – Armazenamento dos vidros



(fonte: foto do autor)

A instalação dos caixilhos de vidro foi iniciada pela fachada norte, mesmo esta estando no aguardo das peças fabricadas sob medida da estrutura. Esta antecipação do fechamento foi realizada com o intuito de liberar serviços internos que necessitavam de um ambiente vedado para a execução. Os vidros fixos foram os primeiros a serem instalados na fachada, para depois haver a colocação dos vidros projetantes, os maxim-ar. A figura 35 exhibe os primeiros vidros colocados na edificação.

A vedação da estrutura ocorre em conjunto com a fase de colocação dos vidros, esta etapa é fundamental e essencial na construção da fachada, pois sem ela a capacidade de isolamento acústico, térmico e de estanqueidade decresceriam. A impermeabilização do sistema é realizada em dois elementos distintos da fachada: no perímetro dos vidros e nas ligações da estrutura, pontos principais destacados por Rosso (2007). A estanqueidade das faces da folha foi realizada em fábrica, em conjunto com o encaixilhamento dos vidros, enquanto que a vedação da estrutura ocorria em obra com a aplicação do silicone neutro em elementos de fixação da estrutura, como os parafusos, momentos antes da colocação da placa de vidro, a figura 36 demonstra a impermeabilização das ligações dos perfis.

Figura 35 – Primeiro lote de vidros colocados



(fonte: foto do autor)

Figura 36 – Impermeabilização das ligações da estrutura



(fonte: foto do autor)

Após a vedação da estrutura, a fixação das esquadrias de vidro foi realizada por dois métodos diferenciados, devido às características de abertura do vidro, sendo, o primeiro, a do vidro fixo. Para este tipo de fixação o andaime externo era necessário. A fixação das folhas foi realizada por meio de parafusos inseridos em esperas fixadas no encaixilhamento, a figura 37 demonstra esta espera. Para manter os vidros nos lugares marcados da fachada durante sua instalação, os instaladores utilizaram ventosas, como está ilustrado na figura 38.

O segundo método foi utilizado nos vidros que possuem abertura, que são janelas projetantes. Estes foram instalados pela parte interna do edifício, logo sem o auxílio do andaime. Este procedimento foi possível de ser realizado devido a sua abertura, possibilitando a fixação das placas na lateral interna do encaixilhamento, ao lado de suas ferragens. A fixação dos vidros fixos sucedeu-se conforme descrito por Rosso (2007), porém o método de instalação interna dos caixilhos projetantes não constava em referências, em razão desta nova técnica utilizada, houve a possibilidade de que a instalação dos vidros fixos e projetantes ocorressem simultaneamente em um mesmo pano de fachada.

Figura 37 – Espera para o parafusamento do vidro na estrutura



(fonte: foto do autor)

Figura 38 – Utilização da ventosa durante a instalação

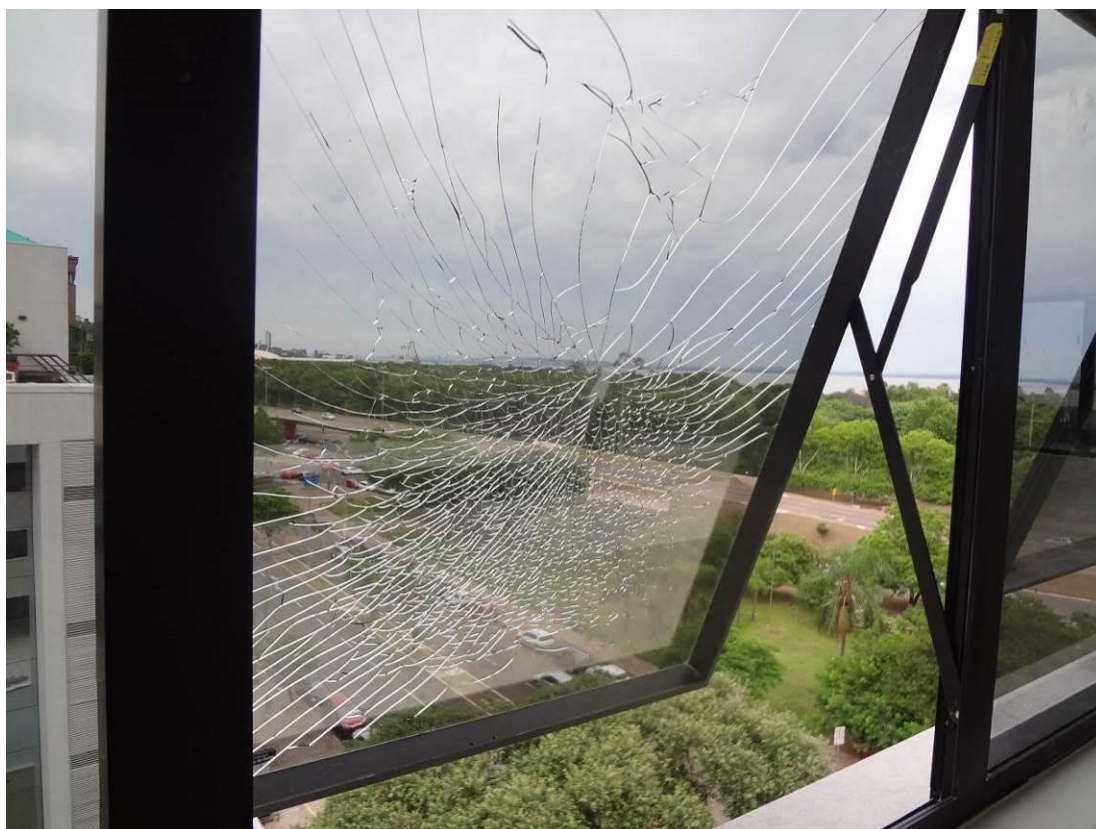


(fonte: foto do autor)

Durante a conferência do serviço pela Engenharia, observou-se que as janelas projetantes não fechavam, ou não apresentavam sua trava para o fechamento ou em alguns lugares quando duas janelas eram abertas simultaneamente estas se colidiam. Outro problema detectado na execução da fachada foi a quebra de alguns vidros, devido aos deslocamentos na obra, em sua instalação ou após o vidro estar instalado corretamente no local, ele rompia, devido a ventos de grande velocidade, pois sua trava de fechamento não funcionava ou não estava instalada no local. A figura 39 exibe um vidro que está quebrado devido aos ventos, porém conforme Paricio (2000), os estilhaços ficam aderidos a película de PVB do vidro laminado. A solução foi repassar uma lista de não conformidades para o instalador, para que após a conclusão da fachada, fosse realizado o ajuste das mesmas.

Uma solução que poderia ter sido adotada para a redução da quebra dos vidros instalados na fachada seria a da fixação dos fechos de alumínio em fábrica, em conjunto com a fase de encaixilhamento. O método proposto tornaria o fechamento de todas as janelas projetantes possível logo após a sua fixação, diminuindo assim as quebras devido aos ventos, porém o inconveniente deste sistema seria o seu transporte, pois a chance de ocorrer algum dano as ferragens dos fechos durante a condução dos vidros pela obra seria elevado.

Figura 39 – Vidro quebrado aderido a película



(fonte: foto do autor)

A confecção de um projeto específico para a pele de vidro poderia resolver o problema da colisão dos vidros durante a sua abertura. A solução proposta teria as colunas da estrutura já pré-furadas para a fixação dos vidros projetantes, diminuindo assim a possibilidade de fixação incorreta das janelas.

Após a instalação de todos os vidros possíveis, ficaram faltando os vidros do décimo terceiro pavimento, os quebrados na obra, os das colunas com travessas feitas sob medida e os da saída de emergência, localizados a esquerda da figura 40. Estes vidros diferem das janelas projetantes no sentido de abertura, que neste caso é lateral e não frontal e a sua instalação necessitar o uso de andaimes.

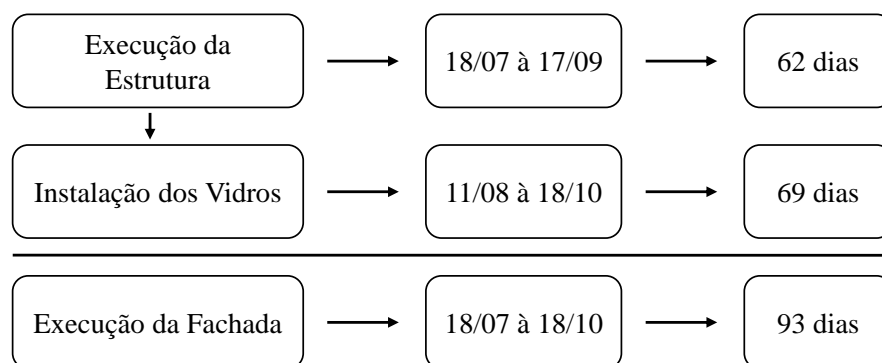
Com o término da instalação dos vidros, percebe-se que o fechamento da fachada foi realizado em 93 dias, tempo muito superior ao planejado inicialmente de 55 dias. Este atraso de 38 dias, ou seja, 69% a mais de tempo no fechamento da fachada, acarretou em atraso do empreendimento, pois muitas tarefas internas só poderiam ser executadas depois do

fechamento da fachada. O diagrama abaixo exemplifica o cronograma de fechamento da fachada.

Figura 40 – Localização dos vidros da saída de emergência



(fonte: foto do autor)



Este retardo na execução da pele de vidro ocorreu devido as não conformidades encontradas durante a execução do revestimento, tais como a falta de prumo da edificação, que ocasionou na fabricação de peças extras, na inatividade dos andaimes elétricos devido a problemas mecânicos ou em consequência da demora na fabricação e entrega de perfis e vidros realizados sob medida.

4.2.5 Acabamentos

Devido a pele de vidro ser aderida à supraestrutura de cada pavimento do edifício, um espaço entre o final da laje e o começo da fachada é criado, este vão apresenta um tamanho em torno dos vinte centímetros e necessita ser fechada. Outro lugar a ser fechado foi a continuidade que as paredes devem apresentar em direção a fachada. Para estes fechamentos foi levado em consideração a função estética e a transferência de sons entre sala/corredor e sala/sala.

Para o fechamento vertical das paredes, foram utilizados perfis de alumínio na cor preta e lâ de vidro. Os perfis de alumínio foram fixados na coluna da estrutura através de parafusos, já na face voltada para a parede foi aplicado silicone, na cor preta. A lâ de vidro foi o material utilizado no interior deste conjunto, tendo o intuito de diminuir a propagação do som entre ambientes. A figura 41 ilustra a parede, de vista de uma sala de final 03, sem o fechamento dos perfis, enquanto que a figura 42 demonstra como ficou a parede após a instalação dos perfis com uma vista da sala de final 01.

Figura 41 – Parede sem o acabamento dos perfis de alumínio



(fonte: foto do autor)

Figura 42 – Parede com o acabamento dos perfis de alumínio



(fonte: foto do autor)

No fechamento horizontal houve a utilização de lâminas de alumínio na sua execução, assim como placas de gesso para o forro em gesso acartonado. No componente superior foi

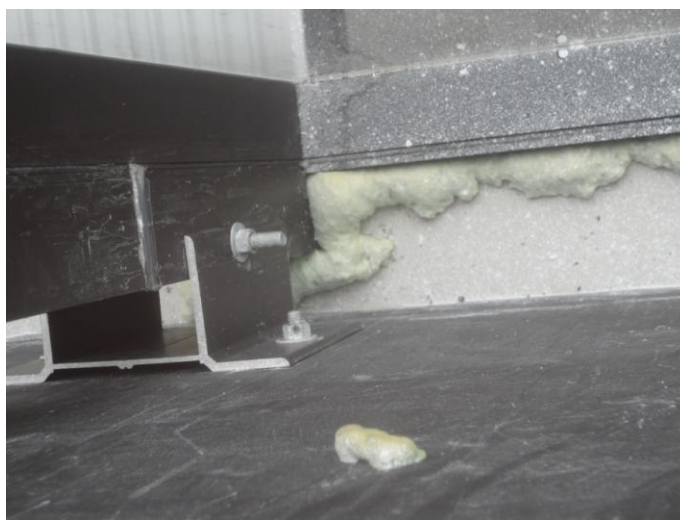
simulado um forro em gesso acartonado, fixado nas vigas externas da edificação. Devido à solução adotada, gerou-se uma fresta devido a utilização, em sua maioria, de retalhos de placas, como é demonstrado na figura 43, entre o gesso e a viga, ou gesso e pilar. A solução adotada foi a de utilizar espuma expansiva nas frestas para diminuir um pouco a propagação do som entre pavimentos (figura 44) e a aplicação de gesso, para oferecer acabamento ao forro.

Figura 43 – Fresta ocasionada pela utilização de retalhos de placas de gesso



(fonte: foto do autor)

Figura 44 – Aplicação de espuma expansiva nas frestas das placas de gesso



(fonte: foto do autor)

No espaço entre o final da laje e a fachada, foi utilizado lâminas de alumínio para oferecer acabamento ao espaço. O suporte destas placas foi realizado através da fixação de perfis auxiliares nas colunas da estrutura e na inserção de um perfil no meio das colunas, estes componentes intermediários foram parafusados nas lajes e em perfis tipo L fixados nas lajes. As figuras 45 e 46 demonstram estes perfis de sustentação.

As lâminas de alumínio são recortadas no local para obter melhor acabamento, sua fixação é realizada a pressão na primeira faixa, pois não há o contato com a laje para a fixação, e nas demais faixas parafusadas na laje. A figura 47 exhibe o resultado final. O revestimento acústico neste caso não foi utilizado, porém a utilização de algum material de absorção sonora é recomendada, tal como foi utilizado no fechamento entre salas. Os materiais que forneceram acabamento a fachada, foram itens já utilizados durante a execução da obra e de fácil

fabricação para a empresa terceirizada. A literatura não apresentava nenhum tipo de solução para estes acabamentos,

Figura 45 – Perfil tipo L e perfil intermediário fixados



(fonte: foto do autor)

Figura 46 – Perfil fixado na coluna



(fonte: foto do autor)

Figura 47 – Aspecto final do fechamento da laje



(fonte: foto do autor)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das observações feitas durante a realização da construção, verificou-se que a escolha do sistema *stick* para a construção da fachada de vidro foi acertada, pois o espaço físico do terreno seria insuficiente para a instalação dos equipamentos de grande porte necessários para a execução do sistema *unitized*, e as dimensões reduzidas da fachada favoreciam o uso do método *stick*. No entanto, a qualidade final deste sistema está muito baseada na experiência do grupo de operários terceirizados que encontrava-se executando a fachada e da fiscalização, realizada pela Engenharia, dos serviços. Devido a estas variáveis, a criação de um projeto específico para a pele de vidro poderia ser analisado, pois assim haveria uma diminuição da responsabilidade dos operários na qualidade final da fachada. A fornecedora do serviço de execução do serviço já demonstra esta preocupação quanto à qualidade final, tendo realizado a etapa de encaixilhamento dos vidros em fábrica.

Quanto às dificuldades encontradas durante a construção da fachada, tais como a quebra de vidros, estas poderiam ser resolvidas com uma melhor comunicação entre construtora e prestadora de serviços, determinando etapas mais conclusivas, tais como o vidro ser instalado junto com a sua trava e uma verificação mais rápida dos serviços por conta da construtora. A solução de encaminhar os vidros para a obra já com suas travas instaladas, seria outra opção vantajosa.

A falta de prumo encontrada na execução da pele de vidro foi o principal problema encontrado na edificação, algo que deve-se ter cuidado para não ocorrer em sistemas que utilizam a fachada cortina. A solução adotada foi a quebra da laje, porém esta solução deve ser a última a ser utilizada, pois a destruição de parte da estrutura do edifício não é aconselhável. Sendo assim, a análise prévia da fachada deveria ser realizada para posteriormente ser definida qual melhor opção de resolução. Entre as soluções propostas estão a confecção de perfis com seções menores e o deslocamento necessário da fachada para evitar a quebra da estrutura.

Após a análise do revestimento externo, percebe-se que as fachadas envidraçadas obtêm várias vantagens em relação aos revestimentos tradicionais, tendo como fortes características a melhora da vedação, a elevada produtividade e a adição de funções termoacústicas, fator

que quando bem dimensionado melhora a sustentabilidade do edifício. Devido a estas características e adicionando a beleza estética que o vidro fornece a edificação, pode-se afirmar que a fachada de vidro estará cada vez mais presente nas fachadas.

REFERÊNCIAS

AECWEB. **Vidros refletivos economizam energia e reduzem em até 80% a entrada de calor.** Não paginado. Disponível em: <<http://www.aecweb.com.br/vidros-refletivos-economizam-energia-e-reduzem-em-ate-8025-a-entrada-de-calor/tematicos/artigos/4587/6>>. Acesso em: 10 jun. 2012a.

_____. **Unitizing, a evolução das fachadas cortinas.** Não paginado. Disponível em: <<http://www.aecweb.com.br/unitizing-a-evolucao-das-fachadas-cortinas/tematicos/artigos/2291/6>>. Acesso em: 6 jun. 2012b.

ARCOWEB. Esquadrias e sistemas de fachadas: modificações nas normas devem redesenhar mercado de esquadrias. Não paginado. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/esquadrias-e-sistemas-de-fachadas-a-nova-29-07-2010.html>>. Acesso em: 9 jul. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7199:** projeto, execução e aplicação de vidros na construção civil. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 12609:** alumínio e suas ligas – tratamento de superfície – anodização para fins arquitetônicos – requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 14125:** tratamento de superfície do alumínio e suas ligas – revestimento orgânico para fins arquitetônicos – pintura. Rio de Janeiro, 2003.

BOXGLASS. Produtos: fachadas. Não paginado. Disponível em: <<http://www.boxglass.com.br/fachada.php>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

CORSINI, R. Módulos rápidos: sistema de fachadas unitizados com caixilhos pré-fabricados favorece alta produtividade em obra de edifícios comerciais e corporativos. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 21, n.191, p. 36-42, fevereiro 2013.

CORNETET, M. C. **Recomendações para especificação de vidros em edificações comerciais na região climática de Porto Alegre-RS.** 2009. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/Mari%C3%A2ngela_Conte_Cornetet_Disserta%C3%A7%C3%A3o_de_Mestrado.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.

D2S VIDROS. **Duplo Insulado.** Não paginado. Disponível em: <http://www.d2svidros.com.br/duplo_insulado.html>. Acesso em: 10 jun. 2012.

ENGEPROD SERVIÇOS DE ENGENHARIA. **Oportunidades.** Não paginado. Disponível em: <<http://www.engeprod.com/oportunidades.asp>>. Acesso em: 18 nov. 2012.

FIGUEROLA, V. Structural glazing: caracterizado pela colagem de vidros em caixilhos de alumínio, o sistema requer cuidados de projeto e instalação para bom desempenho e segurança. **Revista Técnica**. São Paulo, ano 13, n. 96, p. 30-34, mar. 2005.

LOPES CONSULTORIA DE IMÓVEIS. **Praia de Belas Business Center**. Não paginado. Disponível em: <<http://www.lopes.com.br/ficha-imovel-lancamento/lps/egl-engenharia/rs/porto-alegre/centro/praiadebelas/comercial/praiadebelas-business-center/2215>>. Acesso em: 3 nov. 2012.

MAGALHÃES, A. Caixilho pintado ou anodizado. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 6, n.35, p. 43-45, jul./ago. 1998.

MENEGHESSO, A. Noções básicas sobre processo de anodização do alumínio e suas ligas – parte 1. **Revista Corrosão & Proteção**. Rio de Janeiro, n. 11, p. 36-38, set./out. 2006. Disponível em: <italteco.com.br/artigos_tecnicos/Edição_11.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.

_____. Noções básicas sobre processo de anodização do alumínio e suas ligas – parte 2. **Revista Corrosão & Proteção**. Rio de Janeiro, n. 13, p. 30-32, jan./feb. 2007a. Disponível em: <italteco.com.br/artigos_tecnicos/Edição_13.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.

_____. Noções básicas sobre processo de anodização do alumínio e suas ligas – parte 4. **Revista Corrosão & Proteção**. Rio de Janeiro, n. 16, p. 32-33, jul./ago. 2007b. Disponível em: <italteco.com.br/artigos_tecnicos/Edição_16.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.

_____. Noções básicas sobre processo de anodização do alumínio e suas ligas – parte 9. **Revista Corrosão & Proteção**. Rio de Janeiro, n. 22, p. 29-31, jul./ago. 2008. Disponível em: <italteco.com.br/artigos_tecnicos/Edição_22.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.

PARICIO, I. **El vidrio estructural**. 1. ed. Barcelona: Bisagra, 2000.

REBUFFO, P; REDAELLI, C. Structural glazing: fachadas de vidro do momento. **Finestra/Brasil**, São Paulo, ano 1, n. 1, p. 78-83, abr. 1995.

ROSSO, S. Cortina de vidro: o que considerar no projeto de fachada-cortina e como evitar sobrecarga de ar-condicionado. **Revista Técnica**, São Paulo, ano 15, n.122, p. 42-50, maio 2007.

SAYEGH, S. Esquadrias especiais chegam à terceira geração. **Revista Técnica**. São Paulo, ano 11, n.70, p. 32-35, jan. 2003.

_____. Silicones estruturais: veja como preparar a esquadria para receber os vidros e quais os selantes mais indicados para fixação, conforme o material. **Revista Técnica**. São Paulo, ano 16, n.140, p. 44-46, nov. 2008.

SILVA, F. B. Sistema unitizado de fachadas modulares. **Revista Técnica**. São Paulo, ano 20, n. 181, p. 66-70, abr. 2012.

SISTEMAS de fachadas: desenvolvimento tecnológico marca evolução do setor. **Finestra**, São Paulo, ano 10, n. 41, p. 52-67, abr./maio/jun. 2005.

VIDROS ECLIPSE. **Tipos de vidros**: vidro laminado. Não paginado. Disponível em: <www.vidroseclipse.com.br/vidro-laminado/>. Acesso em: 10 jun. 2012.

VIDROS para arquitetura: produtos especiais asseguram conforto aos ambientes. **Finestra**, São Paulo, ano 10, n. 41, p. 87-91, abr./maio/jun. 2005.

VIDROS têm papel principal em fachadas: sistemas pra lá de modernos fazem dos prédios um embrulho transparente. **O Vidroplano**. São Paulo, ano 50, n.413, p. 32-38, maio 2007. Disponível em: <http://www.andiv.com.br/downloads/ovidroplano_413_maio07.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.