



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Escola Politécnica

Curso de Engenharia Civil

Departamento de Construção Civil

**ESTUDOS DE MODALIDADES PARA A EXECUÇÃO DE
FACHADA CORTINA**

Tiago Schnorr de Arruda

Rio de Janeiro

2010

Tiago Schnorr de Arruda

**ESTUDOS DE MODALIDADES PARA A EXECUÇÃO DE
FACHADA CORTINA**

**Projeto de Monografia apresentado
ao Departamento de Construção
Civil da Escola Politécnica da UFRJ
como exigência parcial para
obtenção do Título de Engenheiro
Civil**

Orientador: Prof^a. Elaine Garrido Vazquez

Rio de Janeiro

2010

Tiago Schnorr de Arruda

**ESTUDOS DE MODALIDADES PARA A EXECUÇÃO DE
FACHADA CORTINA**

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ENGENHEIRO CIVIL.

Aprovada por:

Prof^a. Elaine Garrido Vazquez

Prof^a. Vania Maria Britto Cunha Lopes Ducap

Prof^o. Jorge dos Santos

**Rio de Janeiro, RJ – BRASIL
SETEMBRO DE 2010**

Aos meus Pais, Família e Amigos

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar ao meu lado em todos os momentos, atendendo às minhas orações e me dando coragem para superar todos os momentos difíceis, me possibilitando chegar ao final desta longa caminhada.

A todos aqueles que de alguma forma participaram deste período da minha vida.

Aos meus pais, Sandra e Ubirajara, por toda confiança depositada em mim, pelo amor incondicional, pela dedicação e pelo esforço, me possibilitando alcançar esta conquista. Um agradecimento especial a Letícia, minha namorada, por todo o incentivo e apoio nesta etapa final, principalmente nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos, Luciana e Rodrigo, e cunhados, Samuka e Márcia, que mesmo de longe, estiveram sempre torcendo por mim.

A minha orientadora, professora Elaine, por toda a orientação, empenho e atenção durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de faculdade que tanto me ajudaram e fizeram parte dessa jornada.

A todos os meus amigos em geral que se fazem presente durante toda a minha vida.

Aos demais professores, alunos e funcionários da Escola Politécnica.

Resumo

ARRUDA, T. S. **Estudos de modalidades para execução de fachada cortina.** 2010. 54 pág. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

A crescente busca para se realizar fachadas cortina em alumínio e vidro com maior produtividade e atendendo às normas de segurança fez surgir a necessidade de implementação de iniciativas que possibilitam o atendimento à crescente demanda por produtividade e ao mesmo tempo à preservação da segurança dos operários e transeuntes. Nesse contexto, no presente trabalho são apresentados os principais sistemas de montagem de fachadas cortina em alumínio e vidro de forma a esclarecer e promover uma correta especificação dos sistemas de montagem para cada tipo de empreendimento de modo que atenda aos requisitos da segurança e desempenho. O trabalho apresenta um estudo de caso para de caracterizar os sistemas de montagem de fachadas cortina de dois empreendimentos na cidade do Rio de Janeiro, através da descrição e comparação das técnicas e tecnologias utilizadas, para atender a produtividade e segurança na execução das fachadas, apresentadas anteriormente na revisão bibliográfica.

Palavras-chave: fachada cortina, alumínio e vidro, sistemas de montagem, segurança.

Summary

ARRUDA, T. S. **Studies of how to run curtain wall**. 2010. 54 pages. Monograph (Graduation) - Polytechnic School, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

Increasing search to make aluminum curtain walls and glass with higher productivity and attending the safety standards raises the need to implement initiatives that enable the service to a growing demand by productivity while preserving the safety of workers and passersby. In this context, the present work are studied the major systems of mounting curtain walls in aluminum and glass in order to clarify and promote a correct specification of mounting` systems for each type of development in order to attend the security`s requirements. From this, it was made a case of study to characterize the mounting` systems for curtain walls of two ventures in the city of Rio de Janeiro, by describing the techniques and technologies used to attend the productivity and safety in the forefront`s performance, previously focused in the literature review.

Keywords: curtain wall, aluminum and glass, mounting systems, security.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Condiderações Iniciais.....	4
1.2 Justifiativa.....	4
1.3 Objetivo.....	4
1.4 Metodologia.....	4
1.5 Estrutura do trabalho.....	5
2. MATERIAIS COMPONENTES NA EXECUÇÃO DE FACHADAS CORTINA.....	6
2.1 Alumínio e Vidro - Principais matérias primas na composição de fachadas cortina.....	6
2.2 O Alumínio.....	7
2.2.1 Descrição do Processo de Anodização.....	7
2.2.1.1 Manutenção e Conservação.....	10
2.2.2 Descrição do Processo de Pintura Eletrostática.....	10
2.2.2.1 Manutenção e Conservação.....	13
2.3 O Vidro.....	14
2.3.1 Vidro Refletivo.....	15
2.3.2 Vidro Temperado.....	17
2.3.3 Vidro Laminado.....	18
2.3.4 Vidro Aramado.....	19
2.3.5 Vidro Duplo ou Termo-acústico.....	20
3. SISTEMAS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE FACHADA CORTINA.....	21
3.1 Normas Técnicas.....	24
3.2 Sistema de montagem <i>Stick</i>	26
3.2.1 Pele de Vidro (Simples ou Dupla).....	27
3.2.2 <i>Structural Glazing</i>	30
3.3 Sistema de montagem Unitizado.....	35

4. ESTUDO DE CASO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE FACHADA EM ALUMÍNIO E VIDRO EM EMPREENDIMENTOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO.....	39
4.1 Caracterização da Empresa.....	39
4.2 Caracterização dos Objetos de Estudo.....	40
4.3 Caracterização dos Materiais e Sistemas de montagem das fachadas.....	42
4.3.1 Empreendimento "A".....	43
4.3.2 Empreendimento "B".....	46
4.4 Análise Comparativa dos Empreendimentos.....	49
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

Os conceitos de construção de fachadas passaram por uma verdadeira revolução tecnológica, proporcionando a concepção de envoltórias envidraçadas e transparentes. São novas propostas técnicas que mostram como a indústria da construção neste setor responde tecnicamente às solicitações cada vez mais criativas dos projetos arquitetônicos.

Antes da chegada das Fachadas Integrais, as paredes exteriores tinham o papel de agir como suporte estrutural de pavimentos e lajes, formar uma divisória de proteção do edifício com o exterior, e permitir ao mesmo tempo a vista e a ventilação dos ambientes interiores.

Já as Fachadas Integrais não são projetadas para suportar cargas verticais. Assim, estamos tratando, em definitivo, de uma parede não portante. As fachadas integrais metálicas são fachadas construídas principalmente em metal. Essas fachadas, que serão foco principal deste estudo, denominam-se Fachadas Cortina, que tem sua origem no termo inglês - *Curtain wall*.

Define-se Fachada cortina como uma esquadria de alumínio que é instalada por fora da estrutura do prédio e compreende, no mínimo, dois pavimentos (Figura 1), representando neste trecho o revestimento e a vedação do edifício, que pode ser de vidro, cerâmica, alumínio e granito. Segundo Siqueira, 2010, fachada cortina "Originalmente, é uma parede exterior (de qualquer material) não aderida e suportada pelo edifício em qualquer pavimento por uma armação estrutural".

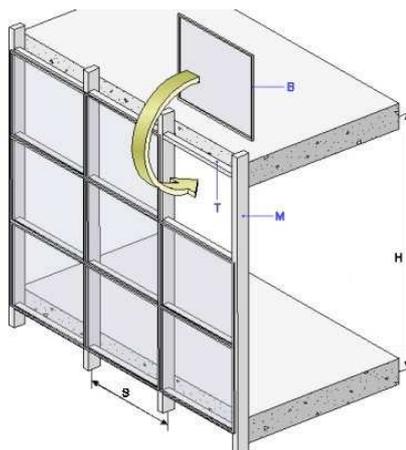


Figura 1 – Fachada Cortina

Fonte: Gerador de Preços - <http://beja.geradordeprecos.info/FFC/FFC020.html> (acessado em jul/10)

A rigor, todo fechamento externo de um edifício que seja estruturado de maneira independente e destacado da estrutura recebe o nome de fachada cortina. Dentro desse universo existem diferentes sistemas construtivos, entre eles o *Stick* e os módulos unitizados, compostos de painéis independentes estruturados com alumínio e vidro que podem ser associados a outros revestimentos.

Trata-se de um conjunto de materiais diferentes, principalmente vidro e alumínio, mas estreitamente interdependentes entre si. Hoje as Fachadas Cortina constituem o filtro que controla o fluxo do exterior para o interior de calor, luz, água e ar, a infiltração de umidade, poeira, barulho e entrada de insetos.

O sistema *Stick* (Pele de vidro – simples ou duplo - e *Structural glazing*) e, mais recentemente, o sistema unitizado, (quadro 1) expressam a evolução tecnológica dos sistemas de fechamento das edificações, mais acentuadamente nos últimos dez anos. Essa evolução pode ser apresentada pela figura 2. Nota-se a coluna fixada pelo lado externo (fig. 2 - anos 70), assim como a colagem dos vidros por silicone estrutural (fig. 2 - anos 80). Apesar da solução com módulos unitizados, quadros e colunas que formam uma única peça (fig. 2 – anos 90), ser a mais recente, muitos arquitetos optam por sistemas nos quais os vidros são fixados mecanicamente. Essa opção na escolha do sistema tem caráter puramente estético.

Quadro 1 – Resumo dos sistemas de montagem Stick e Unitizado

SISTEMA STICK	Pele de vidro - simples ou duplo
	Os quadros de vidros passam a ser aparafusados com presilhas, sobrepostos às colunas e travessas. Esses quadros são independentes e podem ser retirados. O sistema foi desenvolvido com o objetivo de reduzir a visibilidade dos perfis de alumínio na fachada do edifício. Com isso, a fachada passa a destacar mais os painéis de vidro, apesar de manter a marcação de linhas horizontais e verticais da caixilharia.
SISTEMA UNITIZADO	Structural glazing
	É a evolução da pele de vidro. Trata-se de um silicone estrutural utilizado para fixação dos painéis. A quantidade e espessura do silicone utilizado são determinadas de acordo com as pressões de vento positivas e negativas do local, altura do edifício e linha do perfil utilizado. As colunas e travessas ainda são contínuas e presas à estrutura e a montagem é feita manualmente com o uso de andaimes externos. Intempéries como sol extremo e chuva atrapalham a montagem.
	Módulos unitizados
	A fachada é formada por painéis independentes estruturados com vidro, fixados por meio de ancoragens reguláveis. A fixação pode ser mecânica ou utilizar silicone. O sistema de montagem é mecanizado. É formado por colunas e travessas e dispensa a subestrutura para conter o vidro. Os painéis são totalmente pré-fabricados, o que aumenta o controle tecnológico e garante maior qualidade de fechamento à fachada.

(Fonte: Do próprio autor – 2010)

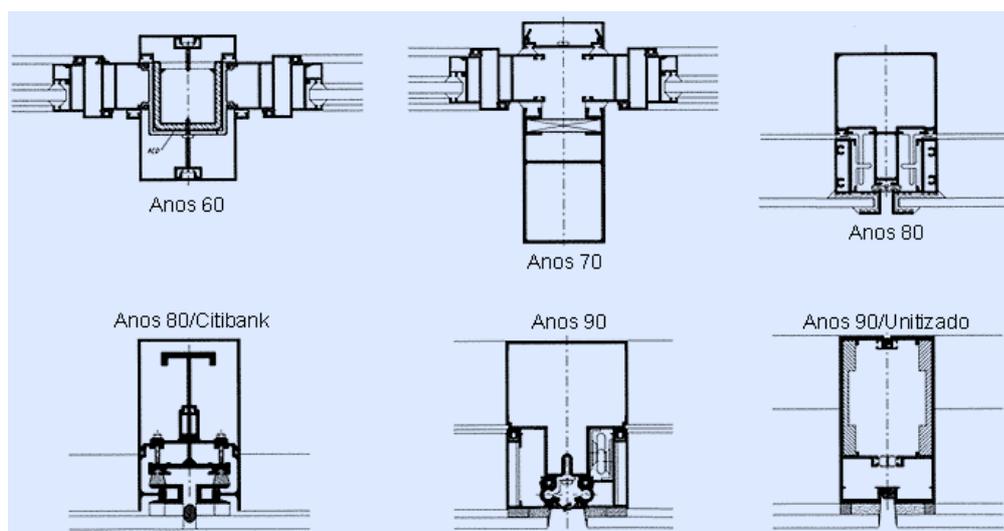


Figura 2 – Resumo Conceitual dos Sistemas

Fonte: ALUSISTEM - www.alusistem.com.br (acessado em jul/10)

1.2. Justificativa

Este tipo de fechamento de fachada representa de 10% a 15% do consumo de alumínio da construção civil no Brasil, porém o percentual de projetos específicos para analisar a melhor opção e especificação do sistema construtivo a ser utilizado ainda é muito baixo. Assim, foi realizado um estudo de caso comparativo entre os dois diferentes métodos de execução mais utilizados. Para o desenvolvimento do trabalho, algumas questões são essenciais como: Por que a evolução tecnológica deste processo merece o foco do presente estudo? Qual a importância destes sistemas na estética dos projetos arquitetônicos?

1.3. Objetivo

Este trabalho tem como meta apresentar novas técnicas e tecnologias aplicadas em fachadas de edifícios comerciais visando uma análise e descrição dos aspectos construtivos das “Fachadas Cortina”. Serão abordadas diferentes técnicas construtivas de fachadas, as características dos materiais necessários à sua execução, além de observações em termos de segurança, normas e tecnologia. Com base nestes dados será promovido um estudo de caso comparativo entre os dois principais sistemas: *Stick* e Unitizado.

1.4. Metodologia

O trabalho terá como estrutura uma revisão bibliográfica, baseada em revistas técnicas, pesquisas de campo, *sites*, teses, dentre outros, sobre processos de execução de fachadas comerciais nos sistemas *Stick* e Unitizado. Será apresentado um estudo de caso comparativo de produto, preço e processo de produção, focando as alternativas apresentadas na revisão bibliográfica.

1.5. Estrutura do trabalho

O conteúdo do presente trabalho consiste em cinco capítulos incluindo o capítulo de introdução onde se abordou de forma resumida a história e evolução dos métodos executivos de fachadas cortina, bem como objetivo, justificativa e metodologia.

O capítulo 2 tratou dos materiais utilizados no sistema de execução de fachadas cortina. Neste capítulo foram definidas as melhores especificações de vidro e alumínio a serem empregados neste tipo de fachada.

O capítulo 3 enfocou a apresentação de soluções técnicas e tecnologias na execução de fachadas cortina. Foram definidos os conceitos relativos a diversos métodos de execução com ênfase no método mais avançado tecnologicamente, o sistema unitizado.

O capítulo 4 contemplou a apresentação de estudo de caso entre dois empreendimentos localizados na cidade do Rio de Janeiro que consistiu na execução de fachadas cortina, focando as alternativas analisadas na revisão bibliográfica. Neste estudo de caso tem-se uma análise comparativa do sistema *Stick* com o sistema unitizado, contexto principal do presente trabalho.

No capítulo 5 foram apresentadas as considerações finais.

Por último foram apresentadas as referências bibliográficas que embasaram o presente trabalho.

2. MATERIAIS COMPONENTES NA EXECUÇÃO DE FACHADAS CORTINA

São componentes do sistema de fachada cortina os seguintes materiais: Perfis estruturais em alumínio (fixação dos quadros e embelezamento exterior), parafusos de fixação, borracha de vedação, vidro e silicone estrutural (*glazing*). Neste trabalho serão abordados os dois principais: Alumínio e vidro.

2.1. ALUMÍNIO E VIDRO – PRINCIPAIS MATÉRIAS PRIMAS NA COMPOSIÇÃO DE FACHADAS CORTINA

Apesar do sistema de fachada-cortina ser bem desenvolvido nos países do hemisfério Norte, essa tecnologia, por vezes mal concebida no Brasil, pode gerar edifícios com grande desconforto térmico e alto consumo de refrigeração e manutenção. Isso ocorre porque na aplicação de fachadas-cortina, caso não sejam empregados vidros especiais, os ambientes internos estarão sujeitos a elevadíssimas cargas térmicas, ou seja, sob efeito da radiação solar.

É preciso ter um projeto arquitetônico que contemple os efeitos climáticos sobre o edifício para que o conjunto alumínio-vidro (figura 3) proporcione um edifício mais leve (alumínio) e com menor custo de refrigeração e manutenção (vidro). Deve-se atentar no momento da fixação do vidro no alumínio para que o conjunto apresente uma boa estanqueidade, fundamental para o bom desempenho da fachada.



Figura 3 – Detalhe Vidro e Alumínio

Fonte: Tecnologia e Vidros - www.vidros.inf.br (acessado em jul/10)

2.2. O ALUMÍNIO

A grande questão para utilização do alumínio em fachadas cortina é a definição do tipo de revestimento (tratamento) que o mesmo irá receber. As opções de acabamento do alumínio são em pintura eletrostática ou anodizado. Essa especificação cabe ao projeto arquitetônico e suas aplicações devem seguir as normas da ABNT.

Os preços elevados da pintura eletrostática faziam com que o processo de anodização fosse unanimidade na escolha como elemento de acabamento do alumínio empregado na fabricação das esquadrias, com as principais vantagens associadas as possibilidades de variações de cores e aspecto final. Com o surgimento, na indústria brasileira, de linhas verticais de pintura, o custo para utilização deste acabamento se igualou ao processo de anodização, levando a escolha da especificação por parâmetros estéticos. Assim, os projetos podem ter uma maior liberdade para especificar corretamente o acabamento mais resistente e adequado às normas técnicas vigentes, garantindo durabilidade e desempenho ao acabamento da esquadria.

2.2.1. Descrição do Processo de Anodização

O processo de anodização de um elemento consiste em submetê-lo a um processo eletroquímico que resulta na formação de uma camada de óxido na superfície do alumínio. A camada pode ter diferentes características (na espessura, porosidade e durezas), que são determinadas pelo tempo de anodização, concentração do eletrólito, da intensidade da corrente e temperatura. (TECNOQUIM - www.tecnoquim.com.br - acessado em ago/10)

Na anodização do alumínio temos, resumidamente, as seguintes etapas do processo apresentadas no quadro 2 a seguir:

Todas as etapas deverão ser precedidas de água de lavagem.

Quadro 2 – Descrição do processo de anodização

ETAPA	DESCRIÇÃO
Desengraxe	Consiste na remoção de gorduras de óleos e graxas da superfície do alumínio, preparando as peças para um fosqueamento uniforme. Ajuda na remoção das impurezas e óxido presente na superfície do alumínio natural, o que acarretará um fosqueamento homogêneo.
Fosqueamento	Tem a finalidade de nivelar a superfície do alumínio em uma solução de soda cáustica, cuja concentração deverá ser aumentada de acordo com a quantidade de alumínio dissolvido melhorando seu acabamento.
Neutralização	Para neutralização é utilizada uma solução de ácido sulfúrico para remoção de fuligem e resíduos deixados na superfícies provenientes das impurezas da liga.
Anodização	Uma etapa importante é a anodização que consiste na formação da camada anódica (película extremamente dura, isolante elétrica, porosa e transparente, que protege o alumínio contra corrosão atmosférica e galvânica). Em função da temperatura e da voltagem, apresenta uma grande versatilidade quanto à qualidade da camada anódica formada, que vai desde a porosa, até aquelas extremamente duras. Quanto maior a espessura, maior será sua penetração no alumínio; portanto, trata-se de uma camada de conversão.
Coloração	Se passa pela imersão da película anódica em um banho contendo sais metálicos de sulfato de estanho, o qual é depositado por corrente alternada para o fundo dos poros. As cores variam de acordo com a quantidade de sais metálicos impregnados, partindo do bronze claro até o preto. Como os sais metálicos têm maior solidez à luz, a coloração é usada para fins arquitetônicos.
Selagem	Última fase do processo, a selagem é realizada a partir da hidratação da película anódica promovendo o fechamento dos poros e tornando a película impermeável. Essa parte do processo é um complemento obrigatório, pois aumenta a resistência da camada anódica contra a corrosão.

(Fonte: Do próprio autor – 2010)

O processo de anodização deve atender as seguintes instruções normativas da ABNT conforme o quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Quadro Normativo

<u>CONTROLES</u>			
Código	Título	Publicação	Situação Atual
NBR12609	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Anodização para fins arquitetônicos - Requisitos	9/10/2006	Em vigor
NBR12613	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Determinação da selagem de camadas anódicas - Método de absorção de corantes	9/10/2006	Em vigor
NBR14128	Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Determinação da resistência à abrasão da camada anódica da anodização para fins técnicos (dura) - Método de Taber	28/2/2005	Em vigor
NBR14155	Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Determinação da microdureza da camada anódica da anodização para fins técnicos (dura)	28/2/2005	Em vigor
NBR14231	Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Anodização para fins técnicos - Anodização para fins técnicos - Anodização dura	28/2/2005	Em vigor
NBR14232	Tratamento de superfície do alumínio e suas ligas - Anodização para bens de consumo	28/2/2005	Em vigor
NBR9243	Alumínio e suas ligas - Tratamento de superfície - Determinação da selagem de camadas anódicas - Método da perda de massa	9/10/2006	Em vigor

(Fonte: PERFIL - www.perfilcm.com.br – acessado em ago/10)

2.2.1.1. Manutenção e Conservação

Para manutenção deste material deve-se seguir o procedimento de limpeza e conservação.

Ácidos muriático e fluorídrico devem ser utilizados como agentes de limpeza para fachadas e pisos. As esquadrias próximas deverão, também, receber vaselina em pasta, pois o ataque desses ácidos pode remover a anodização dos caixilhos. O ideal é que a lavagem de fachadas seja feita antes da colocação dos caixilhos de alumínio.

A remoção da vaselina em pasta e limpeza dos caixilhos deve ser feita com panos e flanelas umedecidas em solventes orgânicos. Posteriormente, a esquadria é lavada com detergente neutro (5 % em água) e esponja macia.

2.2.2. Descrição do Processo de Pintura Eletrostática

A pintura eletrostática a pó resulta da deposição de tinta sobre a superfície do alumínio, sem alterações químicas do metal. Essa camada de pintura atua como elemento de proteção do alumínio, que além de se apresentar como solução estética para fachadas, é recomendada para zonas de alta agressividade. (Fonte: Revista Techne - www.revistatechne.com.br – acessado em ago/10).

Para pintura do alumínio temos, resumidamente, as seguintes etapas do processo apresentadas no quadro 4 a seguir:

Quadro 4 – Descrição do processo de pintura eletrostática

ETAPAS	DESCRIÇÃO
Pré-tratamento	No pré-tratamento, o alumínio é preparado para se conferir as propriedades físico-químicas fundamentais de resistência à corrosão e resistência ao intemperismo. Para isso, é utilizada uma sequência de operações que inclui o desengraxe, a neutralização da solução alcalina do desengraxante e a cromatização, responsável pela aderência da tinta no alumínio. A qualidade da pintura é determinada pela fase de pré-tratamento do alumínio. Os testes de intemperismo (raios ultravioleta) deverão ser feitos e controlados pelo fabricante da tinta em pó.
Pintura	A pintura eletrostática é o processo mais conhecido e largamente utilizado na decoração e proteção do alumínio. Por meio de pistolas especiais, em cabines especialmente projetadas para esse fim, a tinta em pó poliéster se carrega eletrostaticamente. Energizada, se descarrega sobre o alumínio que está aterrado, depositando assim a tinta em pó sobre o metal que fora previamente cromatizado. A pintura a pó requer tipos de tinta com características específicas para cada finalidade de utilização, com uma gama variada de cores.
Polimerização	Na etapa de Polimerização, o alumínio é introduzido numa estufa e requer uma temperatura efetiva da superfície metálica entre 120° C e 200° C, durante um ciclo aproximado de 20 minutos. A tinta em pó funde-se sobre o metal e se polimeriza, formando uma película média em torno de 60 micra a 70 micra, com excelente aderência sobre o alumínio cromatizado.

(Fonte: Do próprio autor – 2010)

A pintura deve atender as seguintes instruções normativas da ABNT conforme quadro 5 a seguir:

Quadro 5 – Quadro Normativo

CONTROLES			
Código	Título	Publicação	Situação Atual
NBR 14125	Tratamento de Superfície - Revestimento Orgânico - Pintura.	13/2/2009	Em vigor
NBR 14615	Determinação da flexibilidade por mandril cônico da Pintura.	13/2/2009	Em vigor
NBR 14622	Determinação da aderência da pintura.	30/11/2000	Em vigor
NBR 14849	Determinação da aderência úmida da pintura pelo método da panela de pressão.	17/3/2008	Em vigor
NBR 14850	Determinação da resistência do revestimento orgânico de tintas e vernizes em relação ao grafite.	13/2/2009	Em vigor
NBR 14232	Determinação da resistência ao intemperismo artificial (UV) do revestimento orgânico - Tintas e Vernizes.	2003	Em vigor

(Fonte: PERFIL - www.perfilcm.com.br – acessado em ago/10)

2.2.2.1. Manutenção e Conservação

Podem-se citar algumas vantagens da pintura eletrostática quando comparada com a anodização: Além de oferecer ampla gama de cores aos arquitetos, a pintura proporciona maior uniformidade de cor que as peças anodizadas. Pode ser retocada no local e não apresenta perda de peso proveniente do pré-tratamento, como ocorre na anodização. A pintura ainda cobre os defeitos de veias de extrusão e ligas, salientadas na anodização.

Para remoção de argamassa, não se deve esfregar o alumínio com pano no lugar afetado, pois a areia irá atritar o alumínio pintado. Recomenda-se jogar água sobre a área e esfregar a argamassa com os dedos.

No caso de respingos de tinta látex, estes devem ser removidos com um pano umedecido em álcool. Jamais se deve utilizar solventes. O álcool deverá ser usado somente para retirar o respingo de tinta látex, não devendo ser adotado como produto de limpeza.

Para conservação de arranhões leves, o ideal é o uso de cera de polir automotiva. Os arranhões mais profundos pedem massa de polir automotiva nº 2, no entanto, após sua aplicação, a pintura perderá um pouco de brilho, que poderá ser melhorado com o uso posterior de cera do tipo *Grand Prix*.

Para manutenção contra impactos fortes, o local deve sofrer um lixamento e ser limpo com pano umedecido em álcool para posteriormente aplicar a tinta líquida de retoque. Não serve para pintar grandes áreas, apenas para uso local.

2.3. O VIDRO

O desempenho térmico das edificações depende basicamente do vidro utilizado. Em geral, podem ser laminados refletivos, com baixa absorção térmica, para garantir o conforto ao usuário. Podem ser utilizados, também, os vidros duplos (insulados), que são ainda mais eficientes no comportamento térmico. O fato de o vidro utilizado nas fachadas ser laminado, já contribui significativamente para o isolamento acústico.

Atualmente, o vidro é parte integrante e fundamental do projeto arquitetônico. Faz parte da estética (visual externo), tem forte influência no conforto (térmico), na economia (redução de custos com ar condicionado) e na segurança (fechamento da fachada) de qualquer edifício. Para tanto se deve fazer a escolha adequada do vidro em função das necessidades do projeto. De acordo com as NBR 7199, NBR 14.697 e NBR 14.694 é obrigatória em fachadas a utilização de vidros de segurança de qualquer tipo, visando à integridade física dos usuários dos edifícios e dos pedestres externos.

Para atender aos parâmetros técnicos requeridos no projeto de arquitetura, o vidro apresenta diversas características podendo atingir uma gama de composições. Essa variação ocorre devido à cor, espessura, reflexibilidade, película e da eventual utilização de câmaras internas.

Existem no mercado diversos vidros com características técnicas específicas para cada uso, são eles: Vidro refletivo, vidro temperado, vidro laminado, vidro aramado e vidro duplo.

2.3.1. Vidro Refletivo

Os vidros refletivos, também chamados de vidros metalizados, são vidros que recebem um tratamento, onde recebem óxidos metálicos, com a finalidade de refletir os raios solares (figura 4), reduzindo a entrada de calor, proporcionando ambientes mais confortáveis e economia de energia com aparelhos de ar condicionado.

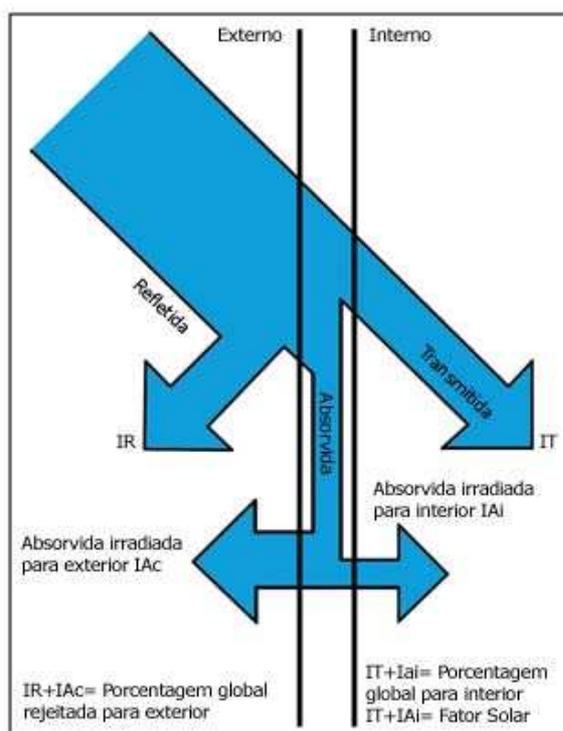


Figura 4 – Coeficiente Fotoenergético

Fonte: Arcoweb - www.arcoweb.com.br (acessado em ago/10)

Portanto, normalmente durante o dia, a privacidade dentro do edifício é mantida, o que não acontece durante a noite, onde a iluminação interna é maior que a externa. Projetar ambientes com boa iluminação natural, que contribua para a eficiência energética das edificações, é um dos desafios da arquitetura. O desempenho térmico do vidro refletivo, que filtra os raios solares através da reflexão da radiação, garante controle eficiente da intensidade de luz e de calor transmitidos para os ambientes internos.

A especificação de vidros refletivos requer estudos de suas características de desempenho e de elementos como a transmissão de luz, calor, refletividade, cor do vidro, região em que se localiza a obra e a finalidade da edificação. Sem esses e outros dados, há riscos de o projeto resultar em problemas como a claridade desconfortável ou o aquecimento dos ambientes internos, ou ainda a quebra de vidros, devido ao estresse térmico causado pela alta absorção energética.

O vidro refletivo não é um espelho, ele reflete parcialmente para o lado onde há mais luz. Isso significa que, durante o dia, a reflexão é externa, e durante a noite é interna. Se essa reflexão for excessiva, o resultado pode ser desagradável. Portanto, é importante considerar o percentual de refletividade interna.

Como a radiação refletida não faz parte da energia que passa por transmissão direta, e vice-versa, é importante que haja uma combinação entre os percentuais de radiação transmitida, refletida e absorvida. Essa combinação definirá o desempenho térmico do vidro, que nada mais é do que o balanço desejável entre a transmissão de luz direta e o bloqueio máximo de calor.

A utilização de vidros coloridos influencia a cor refletida e altera o desempenho térmico do vidro refletivo, reduzindo a transmissão de luz direta, melhorando o fator solar e aumentando a absorção de energia. Por isso, é importante considerar também o efeito da cor ao especificar um vidro refletivo.

O vidro reflexivo, com baixo emissivo, é importante aliado da estética das fachadas, pois auxilia no controle solar, sem criar o indesejável efeito espelho. É fabricado com a deposição de uma fina camada metálica em uma de suas faces, formando um filme protetor que filtra os raios solares e ultravioletas, permitindo, ao mesmo tempo, a passagem de luz natural.

2.3.2. Vidro Temperado

Vidros temperados são vidros que são submetidos a um processo de aquecimento e resfriamento rápido tornando-o bem mais resistente à quebra por impacto. Considerados vidros de segurança, por não formar partes pontiagudas e ter arestas menos cortantes (figura 5), os temperados são utilizados na produção de outros vidros especiais para arquitetura, como os laminados e de controle solar. Apresenta uma resistência cerca de 4 vezes maior que o vidro comum.



Figura 5 – Vidro Temperado Estilhaçado

Fonte: Vitrolaine - www.vitrolaine.com.br (acessado em ago/10)

2.3.3. Vidro Laminado

O vidro laminado é um vidro constituído por duas chapas de vidro intercaladas por um plástico chamado *Polivinil Butiral* (PVB) – Figura 6. Muito utilizados em projetos de edifícios comerciais, os vidros laminados possuem propriedades especiais que garantem segurança às fachadas, coberturas e guarda-corpos. Em caso de quebra da placa laminada, os pedaços permanecem colados à película de PVB. A laminação também pode ser feita com resinas especiais, que, além de apresentar o mesmo desempenho das películas, facilitam o curvamento das placas de vidro.

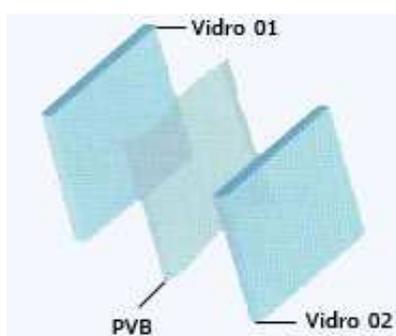


Figura 6 – Vidro Laminado

Fonte: Segmeq - www.segmeq.com.br (acessado em ago/10)

Além de segurança, a laminação confere ao vidro função termo acústica. O conforto acústico se dá em função da espessura da película de PVB: quanto maior esta for, maior a atenuação do som. Quando produzidos com placas de vidro de controle solar, ou com películas que recebem em sua composição aditivos que ajudam a reter a energia, os vidros laminados tornam-se eficientes para manter o conforto térmico.

É possível afirmar que vidros laminados apresentam melhor desempenho do que vidros temperados de mesma espessura. O motivo é o fato do vidro laminado ser formado por chapas de vidro separadas por películas de PVB (*polivinil butiral*), material plástico que aumenta o amortecimento interno do conjunto. Outro dado levantado com os estudos diz respeito à temperatura. A *performance* acústica dos vidros laminados aumenta de acordo com o aumento da temperatura.

2.3.4. Vidro Aramado

Com a mesma qualidade do vidro laminado no que diz respeito a quebra, o vidro aramado é composto por uma tela metálica (figura 7) que oferece maior resistência a perfuração e proteção, pois, em caso de quebra, os cacos ficam presos na tela diminuindo o risco de ferimentos, assim como com a película de PVB. O vidro aramado é translúcido, proporcionando privacidade e estética ao seu projeto, ampliando o conceito de iluminação com segurança e requinte.

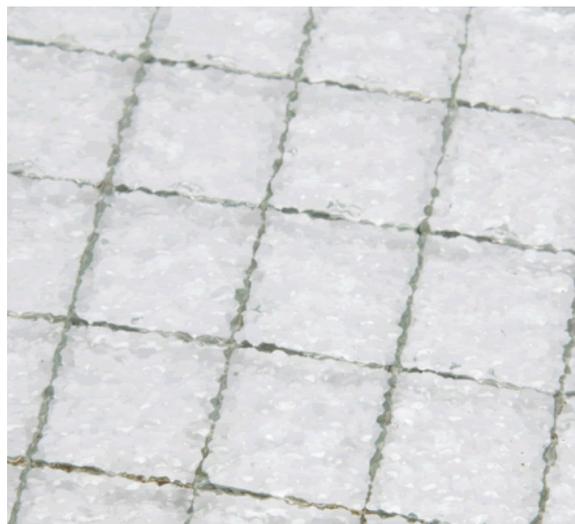


Figura 7 – Vidro Aramado Incolor

Fonte: Pronto Socorro do Vidro - www.prontosocorrodovidro.com.br (acessado em ago/10)

2.3.5. Vidro Duplo ou Vidro Termo-acústico

Os vidros duplos (ou vidros insulados) são chamados de vidros termo-acústico, pois dependendo da sua composição, podem oferecer isolamento térmico e isolamento acústico. Eficiente como isolante do fluxo de calor por condução, o vidro insulado é composto por duas ou mais chapas, separadas por câmaras de ar (figura 8). O quadro de vidro é selado em todo o seu perímetro, a fim de evitar que ocorram trocas entre a atmosfera interna da câmara e a do ambiente externo.

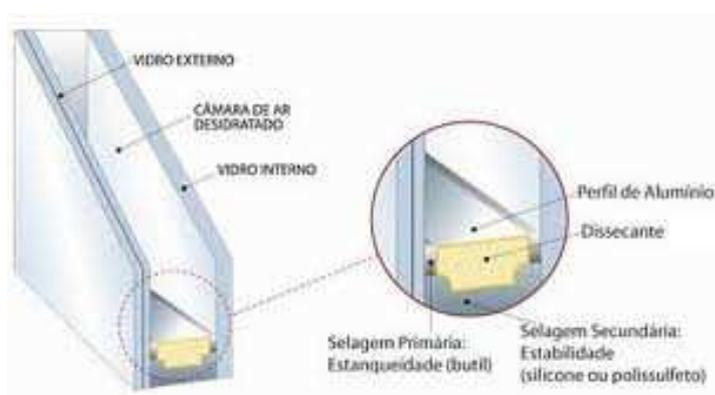


Figura 8 – Vidro Duplo

Fonte: WICKERT - www.wickertvidros.com.br (acessado em ago/10)

O desempenho térmico do vidro insulado pode ser melhorado, quando se utiliza para sua composição um vidro refletivo, no lado externo. Dessa forma, parte da radiação é refletida para o exterior, enquanto o insulamento reduzirá o coeficiente de sombreamento do conjunto. Essa solução, aliada ao baixo coeficiente de transmissão, resultará em um vidro com bom controle solar que mantém alta a transmissão luminosa.

Com relação ao isolamento acústico, o desempenho pode ser melhorado utilizando um dos vidros laminados ou vidros de diferentes massas. Na realidade, para a mesma massa de vidro, uma chapa laminada tem melhor desempenho que um insulado.

3. SISTEMAS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE FACHADAS CORTINA

As fachadas de alumínio foram introduzidas no Brasil a partir de 1960. Começava a se quebrar uma barreira na construção civil buscando um sistema que mostrasse apenas o vidro em toda amplitude da fachada, enaltecendo a estética do edifício. A fachada em alumínio ganhou espaço rapidamente, pois apresentou vantagens consideráveis no que diz respeito à vedação, praticidade, leveza e acabamento quando comparado a estrutura de aço. A partir da transformação das fachadas de estruturas de aço em alumínio, teve-se a evolução deste sistema construtivo, que foi se tornando cada vez mais eficiente.

Ao sistema com vidro aparente em toda fachada, dá-se o nome de Fachada Cortina (figura 9). Uma coluna, fixada em locais estruturais da edificação, de alumínio composta por presilha e tampa, onde o perfil tipo presilha é fixado a esta coluna através de parafuso, pressionando o vidro contra gaxetas de borracha, e o perfil tipo tampa completa o conjunto sendo clicado à presilha escondendo os parafusos. A massa de alumínio visível do lado externo da Fachada abrange desde 40 mm até 60 mm. O vidro utilizado nesse período era monolítico nas cores bronze e ou fume, com a desvantagem de absorver muito calor e transferir grande parte deste para dentro do ambiente, obrigando a implantação de sistemas de ar condicionado mais potentes, caros e altamente consumidores de energia.

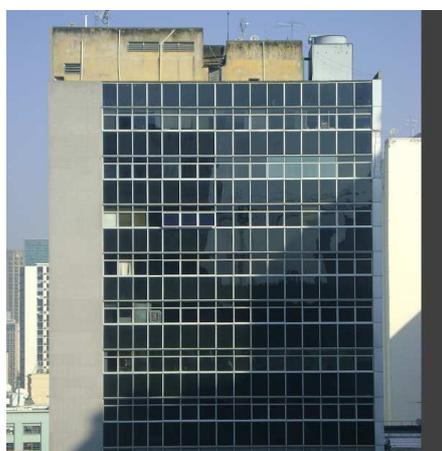


Figura 9 – Edifício Fachada Cortina

Fonte: Do próprio autor - 2010

Apesar de muito utilizado, esse sistema não atendia, devido ao grande volume de alumínio aparente, as premissas de uma fachada mais limpa. Assim, em 1970, a coluna de alumínio passou a cumprir função estrutural não sendo mais utilizada pelo lado externo da fachada, o que gerava um efeito verticalizado de marcações escondendo a planicidade do vidro. Este por sua vez, sofreu grande avanço tecnológico incorporando recursos termoacústicos e de segurança, através do vidro laminado. Surgiu então o perfil "J" (figura 10) que possibilitava a construção de Fachadas uniformes, ou seja, todos os quadros (móveis ou fixos) tinham uma moldura de alumínio de aproximadamente 15 mm, e quando justapostos na Fachada somavam 40 mm. Conseqüentemente, toda a estrutura da fachada ganhou um novo *design*, passando a coluna para o lado interno da estrutura. Surgiu então o sistema de Fachada "Pele de Vidro". Um sistema muito utilizado no Brasil entre 1980 e 1990.

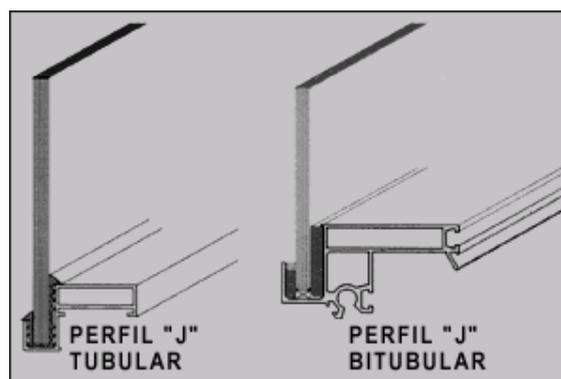


Figura 10 – Detalhe Perfil "J"

Fonte: PERFILARC - www.perfilarc.com.br (acessado em ago/2010)

Mesmo com essa evolução, esta tipologia de fachada ainda não oferecia a segurança necessária com relação à vedação e ainda existia a necessidade de se criar um sistema que revelasse apenas o vidro, sem a moldura de alumínio presente no sistema Pele de Vidro. Embora com duas camadas, a vedação entre os perfis era desconstruída. Outro detalhe era que o vidro era encaixilhado, resultando em enorme dificuldade para sua substituição. A chegada no mercado brasileiro do silicone estrutural para fixação do vidro na estrutura de alumínio permitiu solucionar alguns problemas de vedação e, ainda, garantiu às fachadas um visual com maior aparência do vidro (figura 11). Desenvolveu-se então o sistema *Structural Glazing*.

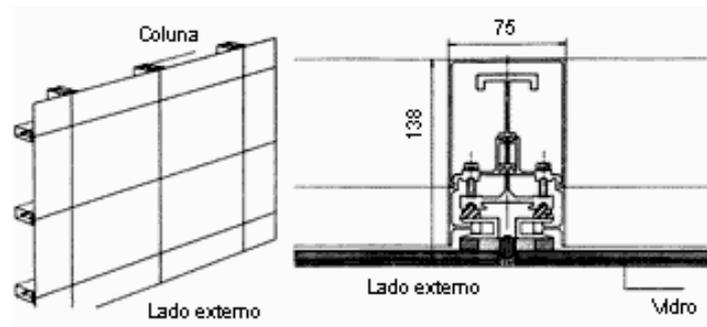


Figura 11 – Detalhe *Structural Glazing*

Fonte: ALUSISTEM - www.alusistem.com.br (acessado em ago/2010)

O sistema *Structural Glazing* obedecia ao mesmo conceito do sistema *Pele de Vidro*, toda a estrutura de alumínio instalada era visualizada apenas no interior do edifício. O vidro era colado aos quadros de alumínio através de silicone estrutural. Essa colagem devia ser feita seguindo padrões de manuseio e limpeza além de serem observados os cálculos relativos ao peso e dimensões do vidro, pressão de vento determinando o uso correto do silicone. No Brasil a primeira obra que utilizou o sistema *Structural Glazing* foi o edifício do Citibank na Avenida Paulista, em São Paulo sendo concluído em 1986 (figura 12).



Figura 12 – Edifício do Citibank

Fonte: ALUSISTEM - www.alusistem.com.br (acessado em ago/2010)

Os sistemas Pele de Vidro, simples ou duplo, (vidros encaixilhados) e *Structural Glazing* (vidros colados), apesar de serem apenas classificações visuais, se diferem também na técnica de construção, mas não necessariamente no processo de instalação. Pode-se utilizar o mesmo sistema de instalação para estas duas classificações. O sistema *Stick*. É uma subclassificação dos sistemas que vale para todos eles. Neste sistema os quadros com os vidros colados são fixados na coluna e travessa pelo lado externo. Esse sistema facilitou a eventual troca do vidro. As fachadas executadas pelo sistema *stick* precisam, fundamentalmente, do balancim ou andaime fachadeiro para sua execução, em todas as fases do processo de instalação na obra.

No Brasil desde a década de 1990, os módulos unitizados foram a mais recente evolução em sistemas para fachadas em alumínio. Desenvolvido nos Estados Unidos, proporcionou a redução de mão-de-obra e do volume de alumínio utilizado, pois o vidro já vem colado à esquadria, dispensando a etapa de requadrção. O processo de instalação desse sistema também é diferenciado: a montagem dos módulos é feita pelo lado interno do edifício.

3.1. NORMAS TÉCNICAS

Como não existem normas técnicas específicas para execução de fachadas em alumínio, devem ser consultadas normas que se apliquem a este tipo de projeto. Parâmetros para elaboração de normas para colagem de painéis de vidros e alumínio composto vêm sendo discutidos e serão tratados na revisão da norma NBR 10821:2000 que abordará o item Fachadas. Entretanto, os fabricantes alertam que, em qualquer projeto, a aderência do silicone ao substrato deve ser testada em laboratório. Além disso, todos os acessórios utilizados nesse tipo de fachada devem ser compatíveis com o selante, quando em contato com ele para que não ocorra perda da capacidade de aderência com conseqüente descolamento do painel.

A seguir, no quadro 6, podemos ver as normas mais comumente usadas:

Quadro 6 – Quadro Normativo

CONTROLES			
Código	Título	Publicação	Situação Atual
NBR 6485	Caixilhos para edificação – janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da penetração de ar.	2000	Em vigor
NBR 6486	Caixilhos para edificação – janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação da penetração à água.	2000	Em vigor
NBR 6487	Caixilhos para edificação – janela, fachada-cortina e porta externa – Verificação do comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas.	2000	Em vigor
NBR 7199	Projeto, execução e aplicações dos vidros na construção civil.	1989	Em vigor
Instruções técnicas do Corpo de Bombeiros	Estabelece os parâmetros de projeto contra incêndio.	-	Em vigor
NBR 6123	Forças devido ao vento em edificações.	1988	Em vigor

(Fonte: Do próprio autor - 2010)

Outras normas devem ser analisadas em conjunto, principalmente aquelas que regulamentam materiais que compõem a fachada, como alumínio, gaxetas, entre outros. O correto uso destas informações ajuda a compor com segurança um projeto, e assim a evitar problemas futuros.

3.2. SISTEMA DE MONTAGEM STICK

No Sistema *Stick*, a fachada é instalada peça por peça (figura 13). Primeiramente, são instaladas as colunas, em seguida as travessas, os painéis compostos (se existir) e finalmente as folhas de vidros móveis ou fixas. Algumas empresas fabricantes de fachadas aprimoraram o conceito e instalam a fachada já pré-montadas, formando uma grelha de colunas e travessas que podem formar até dois pavimentos de altura, sendo que as folhas são instaladas posteriormente. Este sistema foi largamente utilizado nas primeiras fachadas e ainda hoje é muito empregado com versões melhoradas e de alto desempenho. Como vantagens desse sistema podem-se destacar o baixo custo de transporte e manuseio, além da flexibilidade para ajustes em obra. Esse sistema, porém, apresenta desvantagens como a necessidade de toda montagem ser feita na obra ao invés de estar sob condições controladas de fábrica, e o fato da pré-instalação dos vidros ser improvável. Como citado anteriormente, esse sistema engloba dois métodos construtivos que serão abordados: *Pele de Vidro* e *Structural Glazing*.

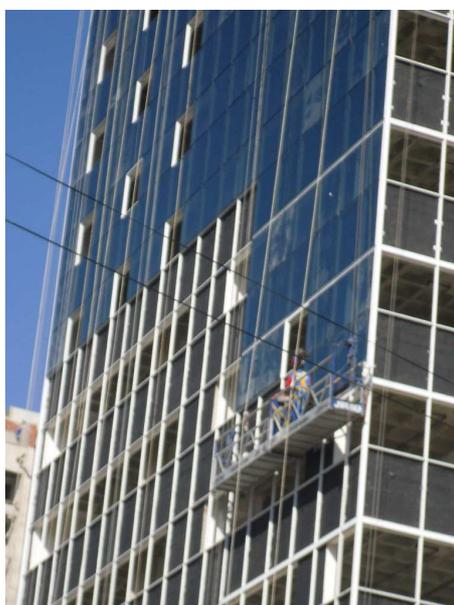


Figura 13 – Edifício Península Way – instalação do vidro na fachada pelo sistema Stick

Fonte: Do próprio autor - 2010

3.2.1. Pele de Vidro (Simples ou Dupla)

Pele de Vidro é uma fachada-cortina que tem predominantemente vidros em sua composição visual externa, atendendo assim a um desejo dos arquitetos de eliminar a visão dos perfis de alumínio. Seria também uma resposta da indústria às solicitações do mercado. As fachadas de edifícios antes de 1980 eram compostas por vigas externas que ficavam expostas e tinham entre seus montantes a inserção de peças de vidros, sendo conhecidas como fachadas cortina.

Antes da Pele de Vidro existiam pequenas marcações perimetrais nos vidros composta por perfis de alumínio. A grande diferença entre esse sistema e o utilizado para a fachada-cortina convencional é que este tem as colunas estruturais fixadas pela face externa, diretamente em cada frente de viga, marcando de forma muito acentuada as linhas verticais. Neste sistema, as colunas são fixadas nas vigas pelo lado interno, enquanto o vidro permanece encaixilhado (figura 14). Com isso, a fachada passa a destacar mais os painéis de vidro dando um aspecto à obra de uma pele única e formada por vidros apesar de manter a marcação de linhas horizontais e verticais da caixilharia.

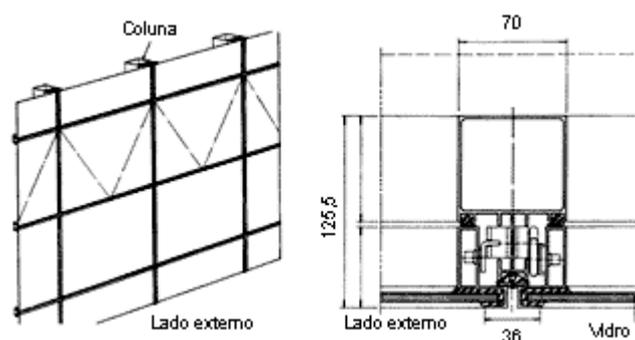


Figura 14 – Detalhe Pele de Vidro

Fonte: ALUSISTEM - www.alusistem.com.br (acessado em ago/2010)

Quanto à fixação dos vidros, estes são fixos mecanicamente através de perfis U que são colocados internamente ao perfil, normalmente utiliza-se suave pressão mecânica para a fixação do vidro dentro do perfil. Quanto a mobilidade, essas fachadas podem ser fixas ou móveis.

Destinam-se basicamente a fechamentos de médio e grande porte devido principalmente ao seu grande custo de instalação e maior manutenção em relação a fachada de vidros porém, esse sistema oferece excelente estanqueidade a água e vento.

A primeira obra executada com pele de vidro foi desenvolvida pela Ajax, no final da década de 1970, para o Centro Cândido Mendes (figura 15), no Rio de Janeiro. A evolução desse sistema ocorreu a partir da década de 1980, quando o sistema *structural glazing* veio atender à solicitação dos arquitetos no sentido de que as fachadas eliminassem definitivamente a visualização do alumínio.



Figura 15 – Edifício Centro Cândido Mendes

Fonte: BUILDINGS - www.buildings.com.br (acessado em ago/2010)

Para se garantir o conforto térmico e a máxima utilização da luz do dia adota-se o sistema de dupla pele de vidro na fachada (figura 16). Pode ser uma solução para reduzir a quantidade de calor que passa para o lado interno do edifício buscando uma eficiência energética. O ar quente que fica entre as peles de vidro sobe e se dissipa, de forma que as cargas térmicas do local também são reduzidas através do método adotado, diminuindo o calor. A dupla pele de vidro é uma forma de garantir conforto acústico e de reduzir a utilização do ar-condicionado, um dos grandes vilões no que diz respeito ao consumo de energia.

A Alemanha está no topo da lista de países europeus que defendem a implantação de edifícios econômicos no consumo de energia. O projeto arquitetônico do edifício *Berliner Bogen* (figura 17) atende plenamente a esse conceito, ao propor a construção de um prédio bioclimático, em que o conforto ambiental é garantido por dupla pele de vidro. (Fonte: ARCOWEB - www.arquitectura.com - acessado em ago/10)

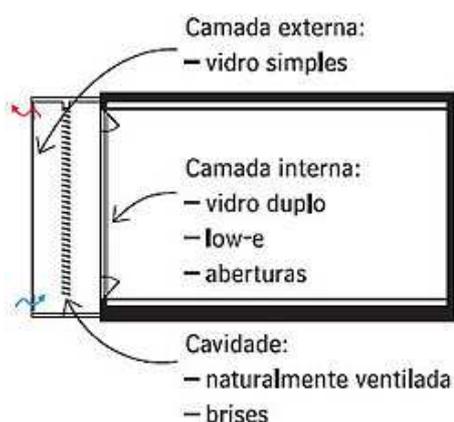


Figura 16 –Fachada dupla de vidro

Fonte: Revista Técnica -
www.revistatechne.com.br (acessado em
ago/2010)

Figura 17 – Edifício *Berliner Bogen*

Fonte: ArcoWeb - www.arquitectura.com
(acessado em ago/2010)

3.2.2. Structural Glazing

Da mesma década que a fachada pele de vidro, a fachada *structural glazing* oferece a mesma concepção de uma única pele de vidro, sendo que a grande diferença se dá na forma de fixação. Na fachada *structural glazing* o vidro é colado com silicone nos perfis dos quadros de alumínio, ficando a estrutura oculta, na face interna. O selante torna-se elemento estrutural, aderindo aos suportes e transferindo à estrutura metálica as cargas aplicadas sobre a fachada. Diferentemente da fachada pele de vidro que utiliza recursos mecânicos para a fixação de vidros à sua estrutura.

Quanto à mobilidade, essas fachadas podem ser fixas ou móveis e destinam-se basicamente a fechamentos de médio e grande porte, devido principalmente, ao seu grande custo de instalação e maior manutenção em relação a fachada de vidros, porém esse sistema oferece excelente estanqueidade a água e vento e sua elasticidade permite a dilatação e a contração do vidro, sem consequências negativas. Este sistema é o mais utilizado por possuir melhores características técnicas e estéticas quando comparada a tradicional Pele de Vidro.

Com esse sistema as fachadas tornaram-se transparentes, sendo o vidro o elemento definidor da estética do edifício. Mesmo sendo apontado como uma das grandes evoluções da tecnologia em 1980, esse sistema não contava, inicialmente, com vidros que atendessem às exigências de conforto térmico. Por isso, algumas edificações mais antigas precisavam manter equipamentos de ar condicionado caros e altamente consumidores de energia. Hoje, entretanto, o mercado dispõe de novas gerações de vidros, que geram elevados índices de sombreamento, conforto ambiental e economia no condicionamento do ar.

O sistema *Structural Glazing* requer cuidados de projeto e instalação para bom desempenho e segurança do mesmo. Uma questão importante que vem sendo estudada é a aderência do silicone estrutural a perfis de alumínio com pintura eletrostática. Fitas adesivas e silicones, em geral, não apresentam bom nível de aderência em perfis de alumínio com acabamento superficial com pintura eletrostática. Os perfis de alumínio anodizado são os mais indicados. Assim, quando a aderência é insuficiente, recomenda-se o uso de *primer*, promotor de adesão para superfícies de baixa energia superficial.

Em 2003 e 2004, a queda de painéis de vidro em algumas obras da capital paulista levantou polêmica sobre a questão da segurança do *Structural Glazing* em edifícios. Seguir à risca a recomendação dos fabricantes e tomar os devidos cuidados na aplicação são itens fundamentais para garantir a durabilidade, o bom funcionamento da fachada e, sobretudo, a segurança. A tecnologia que pressupõe a colagem química de painéis de vidro em esquadrias de alumínio, por meio de silicone neutro requer mais que do que cuidados na aplicação e o correto dimensionamento do material de colagem. Testes apropriados de adesão e compatibilidade de substratos são fundamentais para evitar graves patologias, como o descolamento de painéis. (Fonte: TÉCHNE - www.revistatechne.com.br - acessado em ago/10)

O sistema misto é uma das soluções que podem promover segurança quanto ao risco de queda. Este sistema permite a colagem dos painéis de vidro em dois lados (na vertical), ficando os outros dois encaixilhados. Um exemplo é a obra do Corporate Financial Center, em Brasília, construído em 1995 (figura 18).

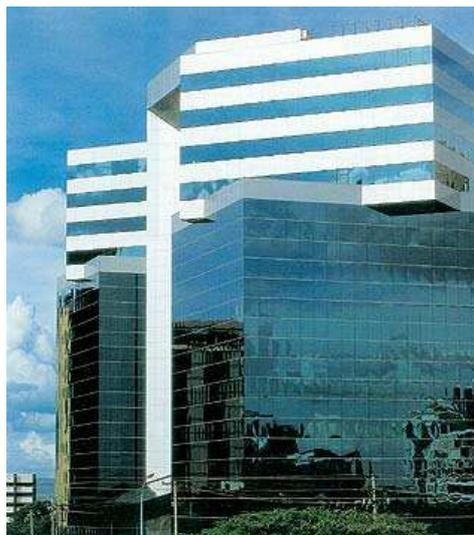


Figura 18 – Corporate Financial Center, Brasília: *Structural Glazing* com sistema de colagem em dois lados.

Fonte: ALUSISTEM - www.alusistem.com.br (acessado em ago/2010)

No sistema *Structural Glazing*, a transferência de cargas do componente de vedação (vidro) ao caixilho, acontece pelo silicone estrutural. Para se dimensionar a largura e espessura do cordão de colagem, são levadas 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. 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 de *primer* pode ser feita para acelerar o processo de cura.

O silicone estrutural requer um tempo específico para cura, que pode variar de um a oito dias. Por ser de cura neutra, o silicone estrutural não causa danos ao vidro laminado. Este material adéqua-se ao uso em superfícies porosas, como alvenaria e concreto, mas podem também vedar vidro e alumínio. A limpeza adequada das superfícies é fundamental para uma boa adesão entre os materiais, pois assim ele estará aderido ao substrato e não à sujeira. Já os silicones acéticos, que tem odor semelhante ao de ácido acético devem ser especificados para superfícies não porosas, principalmente para vedar vidro e alumínio.

Quanto à fixação, podem ser utilizadas duas formas distintas para colagem do vidro no alumínio: Através de silicone ou fita adesiva, conforme quadros 7 e 8 a seguir:

Quadro 7 – Processo de colagem com silicone

SILICONE		
ETAPA	DESCRIÇÃO	FOTO
1	Colocação do corpo de apoio (espaçador) de acordo com a medida do perfil (sem contar a medida da junta do silicone estrutural)	
2	Para limpeza, despejar o solvente recomendado em pano limpo, que deverá ser passado no substrato. Em seguida, passar pano seco para remoção do solvente e contaminante. Esse procedimento é válido para a limpeza do vidro e do alumínio	
3	Na aplicação de selante, uma fita adesiva protetora deve ser usada para que o excesso de selante não entre em contato com as áreas adjacentes, sujando os substratos. Aplica-se o selante em operação contínua, pressionando o selante diante do bico aplicador para preencher adequadamente toda a largura da junta. Tomar cuidado para preencher completamente a cavidade de selante	
4	Espatular o selante antes da formação da primeira película. O espatulamento força o selante contra o espaçador e as superfícies da junta. Não utilizar nenhum líquido para ajudar no espatulamento, como água, detergente ou álcool. Retirar a fita adesiva protetora antes que a película comece a se formar no selante (cerca de 15 minutos após a aplicação)	
5	Manuseio: após a aplicação, carregar o painel na horizontal e colocar em gavetas (um quadro separado do outro) até que esteja totalmente curado. Não carregar o painel na vertical, nem colocar um painel diretamente sobre o outro, pois a força exercida poderá deslocar o selante ainda não curado.	

(Fonte: Do próprio autor - 2010)

Quadro 8 – Processo de colagem com fita adesiva

FITA ADESIVA		
ETAPA	DESCRIÇÃO	FOTO
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	
2	É necessário aplicar silano no vidro e uma fina e uniforme camada de <i>primer</i> na esquadria. Depois da aplicação da fita, os painéis são erguidos com auxílio de ventosas até a fachada	
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	
4	A esquadria é fixada no contramarco de forma convencional	
5	Esquadria já instalada.	

(Fonte: Do próprio autor - 2010)

3.3. SISTEMA DE MONTAGEM UNITIZADO

O sistema unitizado chegou ao Brasil no final da década de 1990. O conceito foi desenvolvido por projetistas norte-americanos, consistindo, basicamente, em unir os vários elementos (gaxetas, borrachas, acessórios e vidros) em um módulo produzido na indústria.

O sistema unitizado para construções comerciais permite a divisão da fachada em módulos. Esse conceito de esquadria garante, com segurança, extrema rapidez na instalação e facilidade na montagem, já que os perfis são fixados praticamente por encaixes, tendo como resultado final excelente relação custo x benefício. É reconhecido por engenheiros e arquitetos como o mais importante avanço na produção de fachadas cortina, o sistema unitizado imprimiu velocidade à obra e garantiu elevada vedação.

Como visto, o sistema é composto de módulos que podem ser completamente montados na indústria, tendo painéis e vidros já instalados, formando a unidade principal que irá compor a fachada. As laterais de cada módulo se juntam na instalação para formar as colunas e as horizontais para formar as travessas. O sistema apresenta grandes vantagens como, por exemplo, a possibilidade de ser totalmente trabalhado em condições controladas da indústria, podendo em alguns casos ser em local designado na própria obra, mas totalmente isolado e dentro de condições estabelecidas como ideais. Na verdade é assim que geralmente é feito, afinal os módulos têm na maioria das vezes dimensões que impossibilitam seu transporte em grandes centros.

A elevada produtividade na obra se deve ao fato de que os módulos são instalados na medida em que é erguida a estrutura do prédio. O sistema unitizado é estanque e um eventual vazamento ocorrerá apenas no módulo, sem transmissão para outros pavimentos, que poderá ser tratado individualmente. Uma das causas de vazamento em fachadas é a dilatação dos materiais em épocas de muito calor. No unitizado, a dilatação entre colunas, travessas e caixilhos não ocorre de maneira integrada, neste sistema, o caixilho está confinado na dilatação do seu pé-direito, portanto, vai ser muito mais difícil a penetração da água.

Este sistema proporciona a redução de mão-de-obra e do volume de alumínio utilizado, pois o vidro já vem colado com silicone estrutural à esquadria, dispensando a etapa de requadrção. Mais um diferencial no processo de instalação desse sistema é que a montagem dos módulos é feita pelo lado interno do edifício, além de gerar uma facilidade para inspecionar o serviço e garantir sua qualidade.

Por outro lado, os módulos são grandes e necessitam de maior espaço para estocagem e transporte. Precisam também de maiores cuidados, tanto na estocagem como na instalação. Um problema que pode ocorrer em algumas obras é a necessidade de se deixar vãos abertos para entrada de materiais. Como o sistema deve ser instalado dentro de uma sequência lógica, precisam ser previstas juntas especiais para estes módulos e realizar procedimentos de instalação diferenciados. Talvez o maior de todos os problemas seja o sistema para içamento dos módulos, que exigem equipamentos especiais e caros (figura 19), além de mão-de-obra especializada.



Figura 19 – Mini Guindaste de Esteira

Fonte: Central do Alumínio - www.centraldoaluminio.com.br (acessado em ago/2010)

A primeira fase da instalação dos módulos é a colocação das ancoragens na área frontal da viga. Essa peça tem o papel de nivelar e estabelecer o prumo da fachada, assim como determinar, aproximadamente, a medida do módulo, além de receber e prender as colunas de alumínio da fachada. Como auxílio para buscar o nível, em geral são utilizados calços na base da peça de ancoragem. Já para determinar o prumo, são feitos rasgos no sentido longitudinal da peça, facilitando a regulação. Em sequência, são colocados os módulos.

Os módulos são içados por equipamentos específicos e instalados de baixo para cima, sustentados em ancoragem por pontos estratégicos da laje. Os perfis são fixados por encaixe. O sistema revolucionou as etapas de fixação, instalação, produção, controle, vedação, segurança e velocidade.

Resumindo, o sistema unitizado pode ser descrito como um sistema modular, onde o módulo tem uma coluna desmembrada em macho e fêmea, e a altura do módulo alcança o pé-direito da obra. A produção desse módulo já contempla a fixação da travessa horizontal na coluna tipo macho e fêmea, sendo que o vidro é colado diretamente nessa estrutura, formando o painel modular. Esses painéis são içados a partir da base da obra e levados mecanicamente até o vão, onde são instalados, lado a lado. Todo o processo é realizado sem necessidade do balancim ou andaime fachadeiro.

O processo do sistema de montagem de módulos unitizados segue m as etapas de acordo com o quadro 9 a seguir:

Quadro 9 – Sistema de montagem Unitizado

SISTEMA UNITIZADO		
ETAPA	DESCRIÇÃO	FOTO
1	Fixação das ancoragens definido prumo e dimensões dos painéis	
2	Simultaneamente à fixação das ancoragens é feita a montagem dos painéis em local selecionado pela obra	
3	Colagem dos vidros feita com silicone, também simultaneamente às fixações das ancoragens	
4	lçamento e armazenamento dos painéis ao pavimento	
5	Instalação das esquadrias	

(Fonte: Do próprio autor - 2010)

4. ESTUDO DE CASO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE FACHADA EM ALUMÍNIO E VIDRO EM EMPREENDIMENTOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Conforme descrito nos capítulos anteriores, torna-se cada vez mais importante a definição do sistema de montagem de fachadas em alumínio e vidro a ser utilizado em um empreendimento, dado a crescente inovação destes sistemas com a utilização de novas técnicas e tecnologias provocadas, principalmente, pelo aspecto arquitetônico dos edifícios.

O presente capítulo tem como objeto principal o estudo de um empreendimento aqui denominado de empreendimento “A”. O estudo compreende a caracterização de todo o sistema de montagem de fachadas em alumínio e vidro, com descrição de todas as técnicas e tecnologias empregadas neste empreendimento visando a utilização do sistema mais adequado para sua execução, além de uma análise comparativa a outro empreendimento, com características bastante semelhantes, porém com sistema de montagem de fachada diferente, aqui denominado empreendimento “B”.

Todo o estudo será fundamentado nos tópicos abordados e definidos nos capítulos anteriores.

4.1. Caracterização da Empresa

A construção das obras do estudo de caso foi realizada por uma empresa do mercado imobiliário do Rio de Janeiro de médio porte que atua neste ramo desde 1995 e encontra-se em momento de grande expansão. Esta possui sistema de qualidade implantado, possuindo as certificações ISO 9001 e PBQP-H.

4.2. Caracterização dos Objetos de Estudo

O empreendimento “A” trata-se de um condomínio comercial de padrão médio alto localizado na Rua São Bento (figura 20), no bairro do Centro. As lojas possuem de 40 a 112 m² e as salas de 215 a 560 m² aproximadamente.

É formado por 1 bloco composto por vinte e quatro pavimentos com fachada em alumínio e vidro (figura 21) e lojas nos pavimentos inferiores e 4 salas por andar.

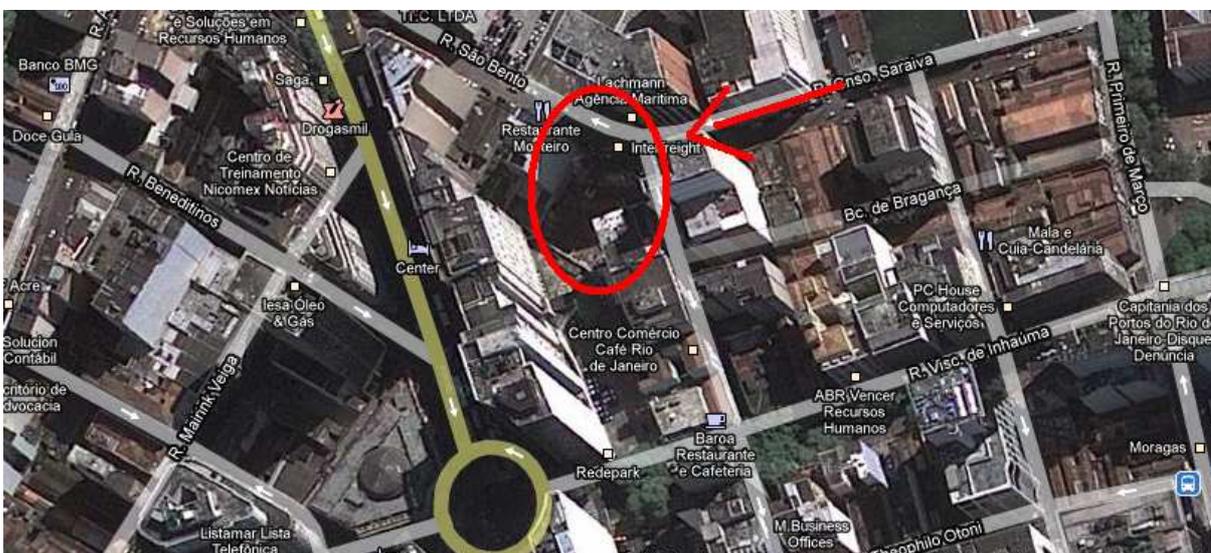


Figura 20 – Localização do Empreendimento “A”

Fonte: <http://maps.google.com.br/> (acessado em ago/10)



Figura 213 – Fachada Ilustrativa do empreendimento “A”

Fonte: site da construtora responsável pela obra (acessado em ago/10)

O empreendimento “B”, que foi utilizado na análise comparativa ao empreendimento “A”, trata-se de um edifício comercial de padrão médio alto localizado na Avenida João Cabral de Melo Neto (figura 22), no bairro da Barra da Tijuca com cerca de 220 a 250 m² de área privativa por sala.

É formado por 1 bloco composto por quinze pavimentos com fachada em alumínio e vidro (figura 23) com 4 salas por andar, totalizando 60 salas.

A construção foi realizada pela mesma construtora do empreendimento “A”.



Figura 42 – Localização do empreendimento “B”

Fonte: <http://maps.google.com.br/> (acessado em ago/10)



Figura 53 – Fachada Ilustrativa do Empreendimento “B”
Fonte: site da construtora responsável pela obra (acessado em ago/10)

4.3. Caracterização dos Materiais e Sistemas de execução das fachadas

A seguir foram caracterizados, além dos materiais utilizados (vidro e alumínio), os sistemas de montagem de fachada adotados nos empreendimentos “A” e “B”: Sistema *Stick* e Sistema unitizado respectivamente. Ambos, objetos deste estudo de caso, com descrição de todas as técnicas e tecnologias empregadas nestes empreendimentos e citadas na revisão bibliográfica, visando a melhor especificação do sistema de acordo com as características de cada obra.

4.3.1. Empreendimento “A”

No empreendimento “A” foi utilizado o sistema de montagem *Stick*, empregando vidros laminados de 10mm (6 mm incolor e 4 mm colorido) e alumínio fornecido pela empresa Hydro, devido a segurança necessária à obra que possui apenas 80 cm de calçada distante da fachada precisando assim de andaime fachadeiro para fixação de telas de segurança. A partir da escolha do sistema a ser executado foi realizado um estudo que previa a necessidade da velocidade garantida pelo sistema unitizado, assim o engenheiro da obra propôs que o sistema *stick* fosse realizado “de baixo para cima”, contrariando a teoria, de forma que a obra garantisse o vão para instalação das colunas e travessas no tempo sugerido pelo cronograma.

As ancoragens do sistema de montagem do empreendimento “A” são fixadas nas lajes e nas últimas fiadas (bloco calha “cheio” de concreto) da alvenaria. Assim, garante-se maior precisão na fixação das colunas (figura 24). Pode-se observar na figura 24 que o prumo pode ser ajustado durante a fixação da coluna.



Figura 64 – Fixação da coluna na ancoragem

Fonte: Do próprio autor - 2010

Depois de fixadas, as colunas recebem as travessas de maneira a formar a área onde será instalado o quadro com o vidro (figura 25- (a)). A partir das travessas ajusta-se o nível da alvenaria com enchimento de massa para instalação do contramarco (figura 25 – (b)) que, posteriormente, receberá o fechamento do vão com alumínio preenchido com lã de vidro para melhorar a acústica entre os pavimentos e promover o requadro do vão.



(a)



(b)

Figura 75 – Detalhe da fixação das travessas (a) e nível do contramarco (b)

Fonte: Do próprio autor - 2010

Simultaneamente são colados os vidros nos quadros (figura 26) em um pavimento selecionado pela obra de forma a seguir todos os cuidados necessários em relação a limpeza. Durante a colagem é necessário a utilização de um calço no quadro de alumínio para que o vidro não escorregue lateralmente com a expansão do silicone.



Figura 26 – Colagem dos vidros com silicone

Fonte: Do próprio autor - 2010

Por fim, são instalados os quadros na fachada através do andaime fachadeiro (figura 27) e fixação mecânica, gerando o efeito da pele de vidro. O tempo entre a colagem dos vidros nos quadros e a instalação na fachada leva cerca de 5 a 7 dias.



Figura 27 – Fixação do vidro na fachada

Fonte: Do próprio autor - 2010

4.3.2. Empreendimento “B”

No empreendimento “B” foi utilizado o sistema de montagem Unitizado, empregando vidros laminados de 10mm (6 mm incolor e 4 mm colorido) e alumínio fornecido pela empresa Hydro, pois a obra se localiza no interior de um condomínio e possui um canteiro de obras que permite um espaçamento seguro para a rua não colocando a vida de pedestres em risco. A velocidade apresentada pela empresa prestadora de serviços (30 painéis por dia) foi determinante na escolha deste sistema.

As ancoragens do sistema de montagem do empreendimento “B” são fixadas apenas nas lajes (figura 28). Após medição total do pavimento são definidos os locais das ancoragens que acabam determinando, aproximadamente, a dimensão dos quadros de vidro. Como visto anteriormente, neste sistema não há necessidade de fixação de colunas e travessas.



Figura 28 – Detalhe da ancoragem

Fonte: Do próprio autor - 2010

Como no empreendimento “A”, os vidros são colados nos quadros em um local selecionado pela obra de forma a seguir todos os cuidados necessários em relação a limpeza. Os quadros já incluem colunas e travessas (figura 29) possuindo assim um porte maior que no sistema de montagem *Stick*.



Figura 29 – Quadros prontos para colagem dos vidros

Fonte: Do próprio autor - 2010

Após a colagem dos vidros e espera do tempo de cura (5 a 7 dias), os painéis são levados aos andares por uma máquina especial utilizando o vão deixado pela grua. Com o auxílio do mini guindaste, estes são instalados (figura 30 – a), através de encaixe e parafusos (figura 30 – b), um a um fechando o edifício pavimento por pavimento.



(a)



(b)

Figura 30 – Fixação do vidro na fachada (a) e detalhe da fixação (b)

Fonte: Do próprio autor - 2010

4.4. Análise Comparativa dos empreendimentos

Nesta análise serão comparados os aspectos relativos a ancoragens, quadros (colunas e travessas), colagem dos vidros, instalação na fachada e produtividade.

Com relação as ancoragens, o empreendimento “A” apresenta ancoragem para fixação das colunas através de parafusos, podendo alterar seu afastamento devido ao prumo da fachada, enquanto que o empreendimento “B” utiliza ancoragens fixas que receberão os painéis através de encaixe.

Colunas e travessas são fixadas separadamente no empreendimento “A” enquanto que no empreendimento “B” elas formam o painel junto com o vidro para serem instalados juntos diretamente na fachada.

Com relação a colagem dos vidros, ambos os empreendimentos apresentam sistema de colagem semelhante, com utilização de silicone estrutural e auxílio de um calço para melhor fixação.

A grande diferença é a forma de instalação na fachada. Enquanto o empreendimento “A” instala os quadros fixando-os mecanicamente nas colunas e travessas (figura 31 – a), o empreendimento “B” utiliza o sistema de encaixe dos painéis nas ancoragens (figura 31 – b).



(a)



(b)

Figura 31 – Detalhe da fixação das esquadrias de alumínio empreendimentos “A” (a) e “B” (b)

Fonte: Do próprio autor - 2010

Quanto à produtividade, percebe-se uma grande diferença entre os empreendimentos: Enquanto no empreendimento “A” tem-se previsão de instalar 40 quadros por dia, no empreendimento “B” este número sobe para 30 painéis por dia. Vale ressaltar que cada painel do empreendimento “B” equivale a dois quadros do empreendimento “A”.

A seguir será apresentado um quadro resumo da análise comparativa dos empreendimentos “A” e “B”:

Quadro 10 – Quadro resumo da análise comparativa

Itens	Empreendimento “A”	Empreendimento “B”
Ancoragens	Regulável	Fixa
Quadros e Painéis	Feitos na fachada	Feitos em um pavto da obra
Colagem dos vidros	Silicone Estrutural	Silicone Estrutural
Instalação na fachada	Mecânica	Encaixe
Produtividade	40 quadros/dia	30 painéis/dia
Preço	R\$ 605 / m ²	R\$ 630 / m ²
Processo	Artesanal	Mecanizado

(Fonte: Do próprio autor - 2010)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho ficou evidente a evolução, no tempo, dos sistemas de montagem de fachada cortina. Na revisão bibliográfica foram expostos os principais sistemas de montagem de fachada cortina de modo a mostrar a importância na escolha do sistema a ser utilizado em cada caso específico. Assim, foram apresentadas as principais características de cada sistema, os principais materiais nele utilizados e seus processos de execução.

Ficou evidente que cuidados quanto a segurança ainda têm muito a evoluir, uma vez que não existem normas para execução de fachadas cortina ficando a mesma vinculada as normas de alumínio, vidro e esquadrias em geral.

Através do estudo de caso foi possível observar na prática a aplicação de algumas das técnicas e tecnologias dos sistemas de montagem de fachada cortina definidas na revisão bibliográfica, além das principais diferenças em termos de projeto quando comparado um empreendimento com Sistema *Stick* a outro com Sistema Unitizado. Pode-se destacar as principais vantagens, velocidade (unitizado) e segurança (*Stick*), e desvantagens, máquinas especiais (unitizado) e tempo de início dos serviços (*Stick*).

Percebe-se também que o projeto de sistemas de montagem de fachadas cortina requer um trabalho conjunto de arquitetos, engenheiros, fornecedores de materiais e de serviços de montagem de modo a se chegar a uma solução adequada para cada obra. Apesar do sistema unitizado aparecer como última evolução dos sistemas de montagem, no estudo de caso notou-se que para obra do empreendimento “A” a escolha pelo sistema *Stick* acabou sendo melhor devido à segurança. Houve a necessidade de instalação do andaime fachadeiro para instalação das telas de segurança da fachada.

Foi objeto de estudo deste trabalho sistemas de montagem de fachada cortina, porém este contempla diversas linhas de estudo não abordadas neste trabalho, tais como o consumo energético que estes materiais representam, os danos ambientais que sua utilização provoca, o orçamento e produtividade destes sistemas, dentre outros. Todos esses assuntos podem ser objeto de novos projetos de pesquisa contribuindo assim com o desenvolvimento dos sistemas de montagem de fachadas cortina.

A especificação da fachada em alumínio e vidro ainda é um mistério para muitos engenheiros e arquitetos. Sendo assim, espera-se que o desenvolvimento deste trabalho de final de curso tenha contribuído através da transmissão de conhecimento com relação às possíveis soluções a serem adotadas nas futuras obras com especificação em fachadas de alumínio e vidro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFEAL. Informativo Afeal Ano XII – 2009 Jan/Fev/Mar – Edição 82.

AFEAL. “A Esquadria de Alumínio na Arquitetura - Design e Tecnologia”, lançada em novembro de 2008, em comemoração aos 25 anos da AFEAL.

ALUSISTEM. Matéria tecnologia: Sistemas de Fachadas Desenvolvimento tecnológico marca a Evolução do Setor - Matéria Publicada em 15/04/2007

Dow, 2005, “Confiança no Desempenho Comprovado da marca Dow Corning® - Materiais de Silicone para Aplicações em Construções Novas e Renovações”.

EOTA, 2001, “ETAG 002, Guideline for European technical approval for structural sealant glazing systems – Part 1: Supported and Unsupported systems”, European Organisation for Technical Approvals corrigida em Outubro de 2001, Bruxelas.

FARIA, R. Mercado exige esquadrias que propiciem maior eficiência energética às construções. Indústria se adaptou e disponibiliza produtos que atendam a essas novas necessidades. Reportagem Revista Técnica.

FIGUEROLA, V. Fachadas com alumínio aprimoram segurança de execução e velocidade. Reportagem PINIWEB.

REDAÇÃO AECWeb. **'Unitizing', a evolução das fachadas cortinas.** Reportagem AECWeb

REVISTA FINESTRA. **Dos tempos heróicos à tecnologia do século 21** - Edição especial de 15 anos.

UFGS, 2006, **"Clazed Curtain Wall"**.

REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

<http://alumiobrasil.com/materias/Finestra-jan.06/Sistema%20Stick-Unitized.pdf>, consultado em jul/2010

<http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/sistemas-de-fachadas-tecnologia-marca-18-05-2005.html>, consultado em jul/2010

http://www.enrico-piolanti.pt/fachadas_sistema.php, consultado em jul/2010

<http://www.guiadovidro.com.br/Pagina.aspx?id=20>, consultado em jul/2010

<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/122/artigo50110-1.asp>, consultado em jul/2010