

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS**

ANA LAURENT TIGRE

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS COM FACHADA DE
VIDRO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2016**

ANA LAURENT TIGRE

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS COM FACHADA DE
VIDRO**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Eloy Fassi Casagrande Junior.

CURITIBA
2016

RESUMO

TIGRE, Ana L. **Eficiência Energética em Edifícios com Fachada de Vidro**. 2016. 41f. Monografia de Especialização- Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

As fachadas tipo pele de vidro têm sido amplamente aplicadas nos projetos arquitetônicos principalmente de edifícios comerciais, escolha feita como alternativa na busca de soluções técnicas, estéticas, econômicas e ambientais. Apesar de ter maior custo, a execução das fachadas de vidro é mais rápida por ser um sistema industrializado, o número de pessoas para mão de obra é reduzido e também colabora com a redução da geração de resíduos e desperdício de materiais na obra, comparado a outros tipos de fechamento convencionais como a alvenaria. Quanto maior a área envidraçada, maior é a transmissão de radiação solar através dos vidros, sendo necessária a aplicação de condicionamento de ar caso não haja um tratamento específico na fachada. Assunto abordado neste trabalho, salientando a importância de um bom planejamento e a escolha correta de materiais e técnicas construtivas de acordo com o projeto. O estudo apresenta uma abordagem sobre como é possível conseguir maior eficiência energética em edifícios que utilizam fachada de vidro como revestimento externo, por meio de tecnologias para a edificação das fachadas, tipos de vidro, softwares para estudo de insolação e iluminação natural, importante aliado na etapa de projeto de implantação e orientação de fachadas de acordo com a geolocalização.

Palavras Chave:

Fachada de vidro; Eficiência energética; Conforto térmico; Técnicas construtivas.

ABSTRACT

TIGRE, Ana L. **Energy Efficiency in Buildings with Glass Facade**. 2016. 41f. Monograph Specialization Specialization in Construction Management, Academic Department of Construction, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2016.

The glass skin type facades have been widely applied in architectural projects mainly commercial buildings, choice made as an alternative in the search for technical solutions, aesthetic, economic and environmental. Despite higher costs, the execution of glass facades is faster because it is an industrialized system, the number of people for labor is reduced and also helps to reduce the generation of waste and waste materials in work, compared to other conventional closure such as masonry. The higher the glass area, the greater is the transmission of solar radiation through the glass, requiring air conditioning application if no specific treatment on the facade. Subject matter in this work, stressing the importance of good planning and the right choice of materials and techniques construction according to the project. The study presents an approach on how you can achieve greater energy efficiency in buildings using glass facade and external coating by means of technologies for building facades, glass types, software for study of insolation and natural lighting, an important ally in implementation project stage and stabs guidance according to geolocation.

Key words:

Glass facade; Energy efficiency; Thermal comfort; Construction techniques.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fachada Cortina	16
Figura 2: Fachada Stick Pele de vidro.....	17
Figura 3: Fachada Stick Structural Glazing	18
Figura 4: Detalhes do sistema - fixação do vidro ao perfil com silicone estrutural.....	19
Figura 5: Fachada Unitizada	20
Figura 6: Diagrama indicador para avaliação de desempenho térmico	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo dos sistemas de montagem Stick e Unitizado	15
Tabela 2: Alvenaria de vedação com caixilho de alumínio	32
Tabela 3 - Pele de vidro com painel de alumínio composto	32

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia

INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética

ACM - Material Composto de Alumínio

BIM - Building Information Modeling

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

GBC - Green Building Council

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

MCTI – Ministério da Ciência Tecnologia e Informação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	10
1.2	JUSTIFICATIVAS	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	12
2.2	SISTEMAS DE FACHADA	14
2.2.1	FACHADA CORTINA	15
2.2.2	FACHADA PELE DE VIDRO	16
2.2.3	FACHADA STRUCTURAL GLAZING	17
2.2.4	FACHADA STICK	18
2.2.5	SISTEMA UNIT	19
2.3	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE VIDROS	20
2.3.1	VIDROS TEMPERADOS	21
2.3.2	VIDROS LAMINADOS	21
2.3.3	VIDROS REFLETIVOS	22
2.3.4	METALIZADOS LOW-E	23
2.3.5	VIDRO INSULADO	24
2.3.6	SERIGRAFADOS	24
2.3.7	ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS	25
2.4	FERRAMENTAS PARA ESTUDO DE INSOLAÇÃO NA ARQUITETURA	26
2.4.1	ENERGY PLUS	26
2.4.2	DESING BUILDER	27
2.4.3	ECOTECH	28
2.4.4	GREEN BUILD STUDIO	28
2.4.5	GRAPHISOFT ECODESIGNER	28
2.4.6	AUTODESK PROJECT VASARI	29
2.5	ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS BENEFÍCIO	30
3	METODOLOGIA	33
4	ANÁLISE DE RESULTADOS	34
5	CONCLUSÃO	37
6	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que possui grande potencial energético e conta com diversas fontes de recursos energia, como hidrelétrico, eólico, solar, biomassa, por exemplo. Porém, segundo dados do CBCS (2015), a falta de planejamento no setor aliado aos períodos de seca em algumas regiões e a precificação inadequada da energia – incoerência entre custos e tarifas –, o consumidor brasileiro terá que desembolsar um valor de mais de R\$100bi nos próximos anos, um custo que poderia ter sido evitado se houvesse um melhor planejamento de longo prazo do setor desde a crise energética de 2001.

Segundo a CBCS (2015), a falta de energia elétrica em 2015 pode ser evitada em função da desaceleração da economia que acarretou a redução do consumo de energia (era esperado um aumento de 3,2% neste ano). Mesmo o Brasil se comprometendo com acordos internacionais para redução e controle da emissão de gases de efeito estufa, a emissão de CO₂ através da energia elétrica aumentou em quase cinco vezes, de uma média de 29,2 kg/MWh em 2011 para 135,5 kg/MWh em 2014, conforme dados do MCTI.

Conforme indicações da CBCS (2015), no Brasil, a eficiência energética em edificações deve fazer parte do planejamento integrado do setor, garantindo que a volta ao crescimento econômico não implique em falta de energia, grandes impactos ambientais e que não acarretem custos exacerbados de adequação do sistema elétrico.

O uso de fachadas de vidro em prédios comerciais é uma tendência nos projetos arquitetônicos que tem se evidenciado proporcionando uma forte identidade visual aos edifícios, o que é o primeiro atrativo para os clientes e futuros investidores. Este tipo de fechamento promove maior comunicação com o entorno através da transparência, proporciona maior incidência de iluminação natural, tornando os ambientes mais agradáveis para seus usuários e deve estar aliada a segurança e ao conforto térmico, acústico e estrutural.

Para assegurar a qualidade nos ambientes da envoltória deste sistema, é necessário ter conhecimento das variáveis inerentes ao projeto, como as condições climáticas da região de implantação bem como o uso a que será destinado para então definir o tipo de sistema a ser aplicado a fim de garantir a essência do projeto que é o conforto ambiental, não apenas térmico e acústico, mas que possa proporcionar bem estar e segurança aos usuários. Dai surge à necessidade do desenvolvimento de tecnologias mais avançadas para a edificação de fachadas que possam atender a esses quesitos e aumentar a eficiência energética.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é abordar soluções e maneiras de garantir maior eficiência energética em edifícios com fachada de vidro. Para tanto, é feito um estudo e investigação das ferramentas que contemplam desde a elaboração do projeto até a execução da obra e o uso do edifício, com o intuito de reduzir cada vez mais o uso da energia elétrica e consequentemente reduzir o impacto ambiental.

O levantamento de informações a cerca de novas tecnologias, materiais e métodos construtivos, é feito a fim de mostrar que é possível associar a estética dos revestimentos com fachada de vidro a eficiência energética e ao conforto térmico, propiciando a redução na necessidade do uso de condicionamento de ar e iluminação artificial.

1.2 JUSTIFICATIVAS

De acordo com dados da CBCS (2015), as edificações consomem cerca de 50% da energia elétrica do país durante a fase de uso e operação. Fazendo uma análise da energia gasta na etapa de execução da construção, o impacto total atrelado ao ambiente construído, é ainda maior. Sendo assim, é essencial que se considere o papel das edificações quanto ao consumo, em debates sobre o futuro energético e, consequentemente, o potencial que representam para atingir eficiência energética no setor.

A atenção focada no setor energético nos dias de hoje, em conjunto com a emergencial necessidade da adoção de novas tecnologias, sugere um questionamento mais profundo sobre o modelo energético atual. Projetando e operando edifícios considerando os gastos energéticos, é possível reduzir drasticamente o consumo (CBCS, 2015).

Pensando nas questões ambientais, busca-se alternativas para amenizar a problemática do consumo de energia elétrica. Neste estudo serão apresentadas soluções para fachadas de vidro de forma a otimizar sua eficiência energética por meio de ferramentas, materiais, técnicas e métodos construtivos, bem como a relevante importância de um bom planejamento e estudos ambientais durante a concepção do projeto com auxílio de softwares e o cumprimento de normas específicas.

O conforto térmico aliado ao consumo consciente de energia elétrica são fatores essenciais a serem aplicados nas edificações. Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de mostrar como a radiação solar atua nas fachadas envidraçadas causando intenso aquecimento nos ambientes fazendo-se necessário o uso de condicionamento de ar.

Seguindo os preceitos da eficiência energética é possível obter selos de certificação ambiental que são um diferencial para a edificação em tempos de fortalecimento da conscientização ambiental, que além dos benefícios econômicos e ambientais garantidos pela sustentabilidade, ainda tornam o empreendimento mais atrativo para os investidores e futuros usuários, essencial em tempos de recessão econômica para poder atuar e se manter num mercado tão competitivo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com a ABESCO (2016), eficiência energética é uma atividade que busca aprimorar o uso das fontes de energia. A utilização racional de energia chamada também de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para alcançar um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

A eficiência energética, de acordo com o CBCS (2015), “reduz o consumo, sem prejudicar o bem-estar. A energia economizada é mais barata que a nova geração, o que resulta em mais confiabilidade além de não exigir a construção de novas linhas de transmissão e evitar os impactos socioambientais decorrentes da construção de novas usinas”.

Conforme o INEE (2016), qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Dentre as diversas formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc.

De acordo com a CBCS (2013), a eficiência energética em edifícios é uma das áreas com maior potencial para grandes reduções no consumo de energia. Juntamente com iniciativas para melhoria de eficiência em equipamentos, como sistemas de ar condicionado, por exemplo, a aplicação dos conceitos de sustentabilidade nas novas construções vem crescendo consideravelmente no mercado Brasileiro nos últimos anos. Porém, não existem atualmente bases que estabeleçam avaliação do desempenho real da eficiência energética em uso nos edifícios. Experiências internacionais mostram que na maioria dos casos, edifícios construídos com conceitos de sustentabilidade não atingem o desempenho projetado. Devido a problemas operacionais com novas tecnologias, prédios com certificações sustentáveis podem consumir mais energia que prédios normais se não contarem com uma correta gestão e operação.

Segundo dados da *web site* do PROCEL (2016), o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. Estima-se um potencial de redução deste consumo em 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações.

O PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, foi instituído em 30 de dezembro de 1985 para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. As ações do Procel contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia e, além disso, postergam os investimentos no setor elétrico, mitigando, assim, os impactos ambientais e colaborando para um Brasil mais sustentável.

O selo Procel Edificações, estabelecido em 2014, tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. Nos edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar (PROCEL, 2016).

De acordo com a GBC (*Green Building Council*), a fachada é considerada um elemento de grande importância que pode contribuir significativamente para a melhoria da eficiência energética, conforto térmico, acústico e visual. Com relação aos ganhos energéticos e de conforto térmico proporcionados pela fachada, há uma elevada taxa de redução do uso de iluminação artificial e de sistemas de refrigeração mecânica, quando aplicada de maneira eficiente.

A certificação LEED, de acordo com publicação no *web* site da GBC, avalia a adequação das fachadas de acordo com referências da norma Standard 90.1/2007 da ASHRAE. Esta norma apresenta os requisitos obrigatórios para a análise como: definição das categorias de espaço condicionado classificadas como não residenciais, residenciais e semi-aquecidas; determinação da zona climática para o local; verificação da conformidade no que tange à documentação necessária para aprovação, informação de produto, requisitos de instalação, dentre outros; avaliação da vedação do edifício para verificar o desempenho dos materiais especificados para toda a envoltória, considerando telhado, paredes, pisos e portas; avaliação da fenestração, incluindo as aberturas de vãos e infiltrações de ar através de portas, janelas, claraboias, além do sombreamento causado pelas projeções de edificações do entorno.

Conforme NAKAMURA (2012), até pouco tempo, os arquitetos brasileiros tinham poucas alternativas para compor fachadas envidraçadas. O aperfeiçoamento tecnológico da indústria vidreira e a oferta de mais produtos trouxe mais liberdade, mais desafios aos especificadores e a possibilidade de tornar os edifícios mais eficientes do ponto de vista energético, resultando em projetos de fachada mais complexos e elaborados.

Um dos desenvolvimentos recentes nesse sentido é o vidro com capacidade de selecionar o comprimento de onda solar mais benéfico para o conforto luminoso e o controle

solar. A tecnologia, utilizada em prédios como o Burj Khalifa, em Dubai, de Skidmore, Owings and Merrill, promete controlar a entrada de calor e de luz nos ambientes internos com redução do efeito espelhado e retenção dos raios ultravioleta. Para atingir esse desempenho, uma camada de PET (politereftalato de etileno) é inserida no meio do vidro laminado aderida entre duas estruturas de PVB (polivinil butiral). Dependendo da necessidade, o material pode ser combinado com vidros comuns, incolores, coloridos e até *low-e* (NAKAMURA, 2012).

Segundo fabricantes, o vidro de espectro seletivo de alto desempenho chega a apresentar transmissão de calor de 29% e transmissão luminosa de 39%. Um vidro laminado comum apresenta fator solar de 78% e transmissão luminosa de 87% (NAKAMURA, 2012).

2.2 SISTEMAS DE FACHADA

A função da estrutura de alumínio é fixar painéis de vidros e ACM (Material Composto de Alumínio), assim como suportar a carga de pressão de vento. As dimensões são moduladas de acordo com cada projeto. O *firestop* é o elemento corta-fogo que retarda a passagem de fogo de um andar para o outro. Os arremates de alumínio têm função de dar acabamento entre esquadrias, peitoris e paredes divisórias (REIS, 2011).

A seguir serão apresentados os principais tipos de fachada tipo pele de vidro disponíveis no mercado da construção civil que são a Fachada Cortina, Fachada *Stick*, que se subdivide em Pele de Vidro e *Structural Glazing* e o Sistema *Unit*. A tabela 1 mostra resumidamente a evolução dos sistemas de fachada, fazendo um comparativo entre elas.

Tabela 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: ARRUDA, 2010. p.21

2.2.1 FACHADA CORTINA

Sistema com vidro aparente em toda fachada, composto por colunas fixadas em pontos estruturais da edificação, e perfis tipo presilha que são fixados nas colunas com parafusos, gaxetas de borracha que servem de fixação para os vidros e perfil tipo tampa que complementa o conjunto, sendo clicado na presilha para dar acabamento. O montante de alumínio visível do lado externo da fachada é de 40mm a 60mm. O vidro predominantemente utilizado neste sistema era monolítico nas cores bronze ou fumê, que tem a desvantagem de absorver muito calor transferindo para dentro do ambiente, o que leva a necessidade do uso de ar condicionado gerando grande consumo de energia (ARRUDA, 2010. p.21).



Figura 1: Fachada Cortina

Fonte: ARRUDA, 2010. p.21

Apesar de ser muito utilizado, este sistema não atendia os anseios dos arquitetos e clientes devido a grande massa de alumínio aparente. Então, nos anos 70 houve uma evolução na tecnologia onde o alumínio deixa de ser utilizado pelo lado externo da fachada, agora com formando uma moldura de 15mm nos quadros. O vidro também já apresenta grande avanço tecnológico nos quesitos termoacústico e de segurança, através do vidro laminado. Assim surge o sistema de fachada Pele de Vidro, muito utilizado nos anos 80 e 90 (ARRUDA, 2010. p.22).

2.2.2 FACHADA PELE DE VIDRO

Mesmo com o avanço da tecnologia da Fachada Cortina, este tipo de fachada ainda não oferecia segurança necessária com relação a vedação e ainda tinha grande massa de alumínio aparente. Nas fachadas tipo Pele de Vidro, os vidros eram encaixilhados (Fig.02), o que dificultava a substituição, até que chegou ao mercado o silicone estrutural para fixação dos vidros na estrutura de alumínio, contribuindo para solucionar alguns problemas de vedação, e

também reduziu alguns milímetros de perfil de alumínio aparente. Desenvolveu-se então o sistema *Structural Glazing* (ARRUDA, 2010. p.22).

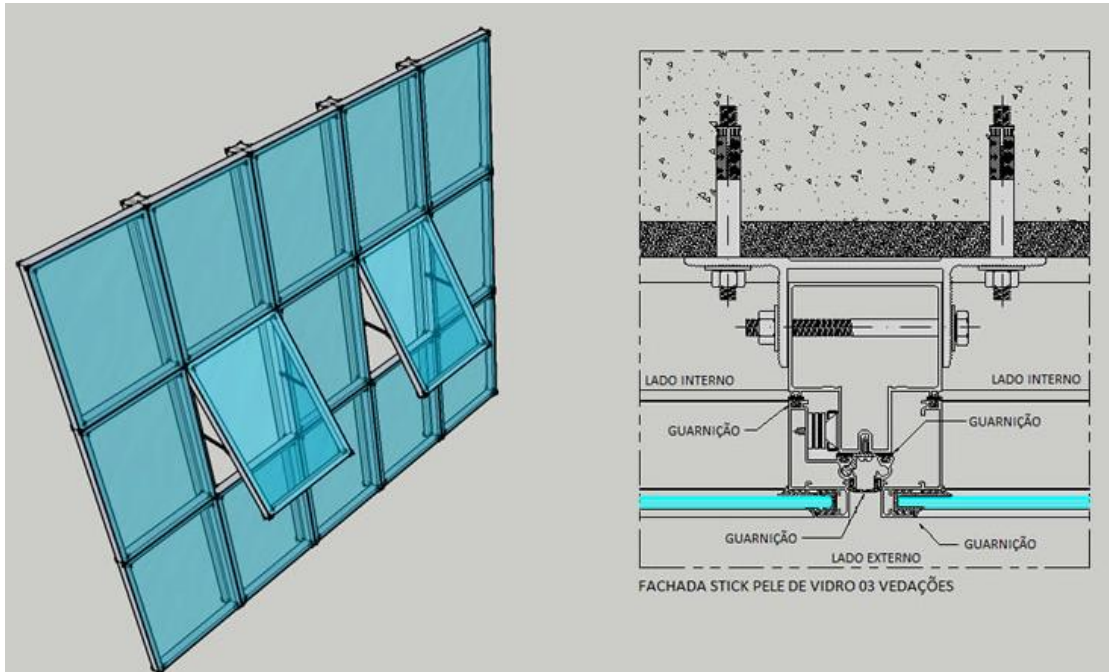


Figura 2: Fachada Stick Pele de vidro

Fonte: Aquali Esquadrias de Alumínio, 2016.

2.2.3 FACHADA STRUCTURAL GLAZING

O sistema *Structural Glazing* seguia os mesmos conceitos da fachada *Pele de Vidro*, com os vidros colados nos quadros de alumínio agora com o silicone estrutural (Fig.03). São estabelecidos padrões de limpeza e manuseio para a colagem dos vidros, além de cálculos relativos ao peso e dimensão do vidro, pressão do vento e aplicação correta do silicone (ARRUDA, 2010. p.22).

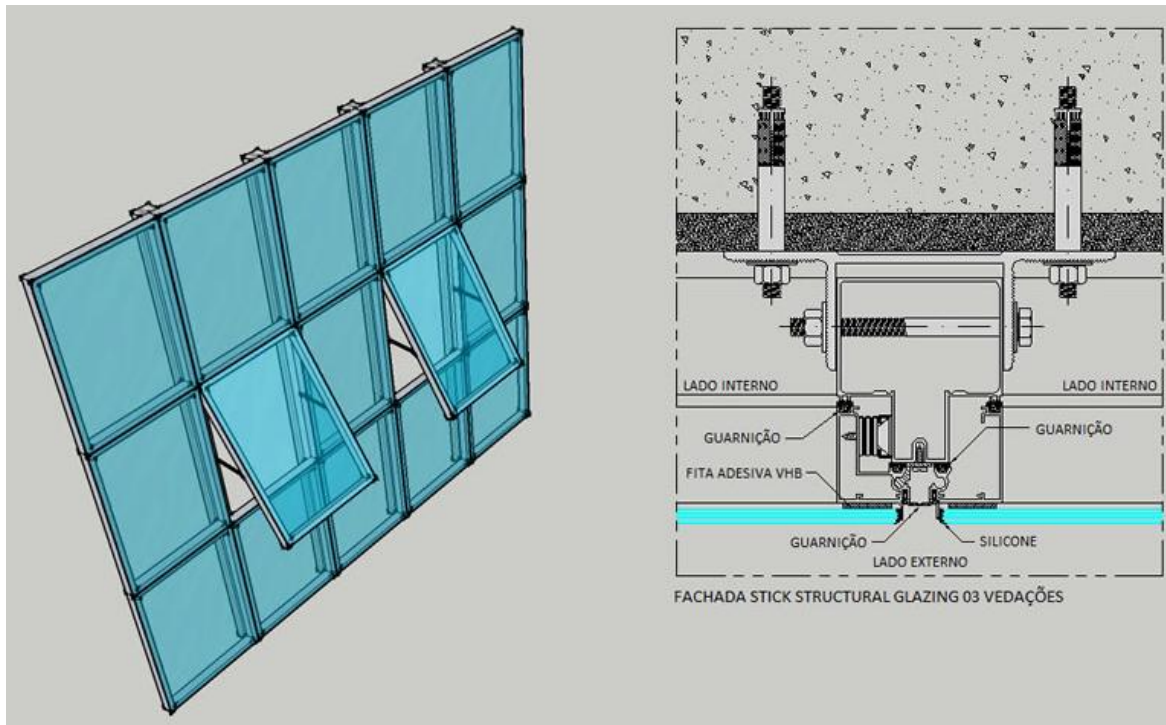


Figura 3: Fachada Stick Structural Glazing

Fonte: Aquali Esquadrias de Alumínio, 2016.

2.2.4 FACHADA STICK

No sistema *Stick*, as peças são instaladas uma a uma com o uso de andaime. Primeiro são instaladas as colunas, em seguida as travessas, formando a estrutura principal em formato de grelha, posteriormente são instalados os painéis compostos com folhas de vidro que podem ser fixos ou móveis. Esse sistema foi muito usado nas primeiras fachadas e continua sendo empregado com versões melhoradas e de alto desempenho. Suas vantagens são o baixo custo de transporte e manuseio, além de oferecer certa flexibilidade para ajustes em obra. As desvantagens estão na necessidade de toda montagem ser feita no canteiro de obra sem o controle de fábrica, e não é possível que os vidros sejam instalados previamente (ROSSO, 2007).

Com a evolução da tecnologia para fixação do vidro na estrutura de alumínio, neste caso passou de sistema encaixilhado, com uso de gaxetas, para aplicação de silicone estrutural. Este sistema foi subdividido em *Pele de Vidro* e *Structural Glazing*, apresentados anteriormente (ROSSO, 2007).

2.2.5 SISTEMA UNIT

No Brasil, desde os anos 90, o sistema de fachada Unitizada é a mais recente evolução do mercado em tecnologia de fachadas. Desenvolvido nos Estados Unidos, possibilita a redução da mão de obra e do volume de alumínio utilizado, sendo que o vidro já vem colado à esquadria, dispensando a etapa de requadrção e a montagem e instalação dos módulos é feita pelo lado interno do edifício (ARRUDA, 2010. p.24).

O sistema *Unit*, de acordo com SILVA (2011), é um sistema de fachadas modulares compostas por painéis formados por perfis de alumínio tipo macho e fêmea, montantes, travessas, arremates, componentes de acionamento e de fixação e vidros laminados, colados com silicone estrutural ou fita dupla face na própria estrutura da esquadria (fig. 4). O sistema possibilita a construção de fachadas planas, curvas ou angulares. Os perfis podem receber pintura eletrostática poliéster, polivinilideno (PVDF) ou anodização eletrolítica.

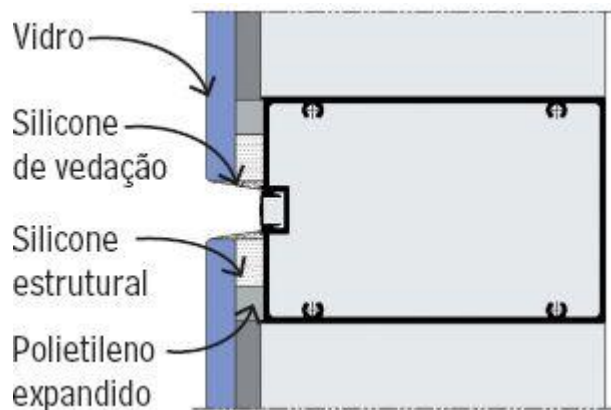


Figura 4: Detalhes do sistema - fixação do vidro ao perfil com silicone estrutural

Fonte: (SILVA, 2011)



Figura 5: Fachada Unitizada

Fonte: (SILVA, 2011)

2.3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE VIDROS

De acordo com publicação da revista Finestra (2005), os vidros especiais melhoram o desempenho energético das edificações e colaboram com a redução do uso de luz artificial, ao permitir a passagem de iluminação natural. Além de barrar a entrada de calor e ruído, os vidros especiais atendem às normas de segurança e podem ser utilizados em coberturas, fachadas e marquises.

Quanto mais envidraçadas as fachadas, maior a incidência de luz e calor solar no interior das edificações. Caso os raios do Sol não sejam barrados, certamente o edifício será um grande consumidor da energia que aciona os sistemas de ar condicionado, além de gerar desconforto ambiental aos seus usuários (Redação Finestra, 2005).

Processos industriais de laminação, metalização e fabricação de insulados, entre outros, têm colocado no mercado vidros com eficiente desempenho para as mais diversas solicitações, em fachadas e coberturas, proporcionam segurança e elevam os níveis de conforto térmico e acústico no interior das construções, garantindo uma comunicação do edifício com seu entorno devido a sua transparência (Redação Finestra, 2005).

O vidro ocupa lugar de destaque na arquitetura contemporânea, mas em países de clima tropical, como o Brasil, a atenção deve ser redobrada quanto à especificação do tipo

mais adequado, sendo que a entrada de luz e a abertura de vistas para o exterior vêm acompanhadas do excesso de energia térmica por radiação, que aquecerá os ambientes internos (Redação Finestra, 2005).

2.3.1 VIDROS TEMPERADOS

Considerados vidros de segurança, por não formar partes pontiagudas e ter arestas menos cortantes, os temperados são utilizados na produção de outros vidros especiais para arquitetura, como os laminados e de controle solar. Após passar por processo de têmpera, o vidro *float* se transforma em semitemperado ou temperado, devido ao termoendurecimento, no qual a chapa é alternadamente aquecida e resfriada (Redação Finestra, 2005).

Esse processo pode ser efetuado na horizontal ou na vertical. Na primeira posição, os vidros são transportados em roletes, que dispensam o uso de pinça, evitando as marcas deixadas por esta. Após o processo de têmpera, as chapas não podem mais ser cortadas, furadas ou recortadas. No caso de fachadas suspensas, onde os vidros são presos por parafusos especiais, os furos para receber as ferramentas de fixação devem ser feitos antes do termoendurecimento (Redação Finestra, 2005).

2.3.2 VIDROS LAMINADOS

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 polivinilbutiral (PVB). Especificados conforme a NBR 7 199, os laminados são compostos por duas ou mais chapas de vidro, intercaladas por películas 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 (Redação Finestra, 2005).

A laminação é um processo industrial de pressão e calor, no qual o sanduíche composto por PVB e vidro é prensado por uma calandra, que comprime o vidro para eliminar todo o ar entre as camadas, promovendo a adesão das chapas ao PVB. Após a calandragem, o painel passa por uma autoclave para receber nova carga de pressão e calor, garantindo total adesão dos componentes (Redação Finestra, 2005).

Além de segurança, a laminação confere ao vidro função termoacústica. O conforto acústico se dá em função da espessura da película de PVB: quanto maior esta for, maior a atenuação do som. Existem películas com espessuras de 0,38, 0,76 e 1,58 milímetros. 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. A família dos vidros para controle solar empregados nos projetos arquitetônicos é formada por refletivo, low-e (baixo emissivo) e serigrafado (Redação Finestra, 2005).

2.3.3 VIDROS REFLETIVOS

Projetar ambientes com boa iluminação natural, que contribua para a eficiência energética das edificações, é um dos desafios da arquitetura. O desempenho foto energético 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 (Redação Finestra, 2005).

A transformação do vidro *float* em refletivo consiste na aplicação de uma camada metalizada numa de suas faces, feita pelos processos pirolítico ou de câmara a vácuo. O vidro pirolítico tem desempenho como filtro solar baixo ou intermediário, mas por possuir uma camada mais resistente, pode ser curvado ou termoendurecido e serigrafado após a pirólise. Já o processo de câmara a vácuo resulta em vidros refletivos com melhor desempenho de proteção solar, porém com camada refletiva mais superficial. Não admite, portanto, a maioria dos beneficiamentos que utilizem calor - como a têmpera ou o processo de serigrafia, que devem ser feitos antes do depósito dos óxidos (Redação Finestra, 2005).

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 stress térmico causado pela alta absorção energética (Redação Finestra, 2005).

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 (Redação Finestra, 2005).

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 foto energético do vidro, que nada mais é do que o balanço desejável entre a transmissão de luz direta e o bloqueio máximo de calor (Redação Finestra, 2005).

A radiação solar se divide da seguinte forma: parte atravessa o vidro, penetrando no ambiente interno (transmissão direta), parte é refletida para fora e uma terceira porção é absorvida pelo vidro, que se aquece e redistribui essa energia, devolvendo parte para o exterior e parte para o interior. O balanço ocorre matematicamente para cada comprimento de onda e vai muito além de simples cálculos aritméticos. A dificuldade está em encontrar o equilíbrio entre a quantidade de luz e de calor transmitidos para dentro do ambiente e a quantidade de luz refletida internamente. Nesse caso, vale lembrar: se a quantidade de luz direta transmitida for diminuída, haverá um escurecimento do interior, com efeitos negativos sobre a visão e a exigência de mais energia para iluminação artificial (Redação Finestra, 2005).

A utilização de vidros coloridos influencia a cor refletida e altera o desempenho foto 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 (Redação Finestra, 2005).

2.3.4 METALIZADOS LOW-E

Transparente, com um leve tom esverdeado ou azulado, o metalizado *low-e* (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 solar e ultravioleta, permitindo, ao mesmo tempo, a passagem de luz natural (Redação Finestra, 2005).

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 chamada *low-e*, que, além de permitir a passagem de luz, possui propriedades refletivas. O resultado é um vidro com excepcional desempenho

energético, que reflete para fora principalmente as radiações no espectro do infravermelho próximo e distante. Sua refletividade externa fica entre 8% e 10% e sua transmissão luminosa, entre 70% e 80% (Redação Finestra, 2005).

Os baixo emissivos exigem muito cuidado com seu manuseio. Muito delicada, a camada metalizada pode ser facilmente destruída em solicitações mecânicas. Os vidros *low-e* são incompatíveis com o silicone butil, utilizado para produzir o vidro insulado, e/ou com o silicone usado para colagem (Redação Finestra, 2005).

Quando esses produtos entram em contato com a camada metalizada, formam um friso dourado no *low-e*, interferindo na estética da fachada. Uma das soluções para resolver essa questão é manter uma faixa em toda a periferia do quadro de vidro, sem a camada metálica (Redação Finestra, 2005).

2.3.5 VIDRO INSULADO

Eficiente como isolante do fluxo de calor por condução, o vidro insulado é composto por duas ou mais chapas, separadas por câmaras de ar. 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. A câmara interna pode conter uma mistura de ar com nitrogênio, argônio ou outros gases. Devido à inércia térmica do ar, essa câmara constitui um elemento isolante que reduz o coeficiente de transmissão de calor, dificultando a passagem deste de um ambiente para outro (Redação Finestra, 2005).

O desempenho foto energético 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 (Redação Finestra, 2005).

2.3.6 SERIGRAFADOS

A serigrafia consiste em transferir desenhos ou superfícies de cor de uma matriz para um suporte. A imagem ou desenho geométrico é fixado sobre uma tela de seda ou náilon por meio de processos fotográficos, definindo-se áreas permeáveis e impermeáveis à tinta. A técnica mais utilizada é aquela em que o esmalte cerâmico (tinta vitrificada) é aplicado na

lâmina de vidro, que passa depois pela têmpera, para que os pigmentos sejam incorporados a sua massa. Após aquecimento e resfriamento, o vidro *float* torna-se serigrafado e temperado, sendo mais resistente que o comum (Redação Finestra, 2005).

As características de transparência e translucidez, obtidas a partir de cores e desenhos aplicados, resultam em proteção de zero a 100% de cobertura da superfície do vidro, constituindo opção de sombreamento em fachadas e coberturas (Redação Finestra, 2005).

2.3.7 ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS

Um dos princípios que influencia na eficiência energética do edifício é a sua orientação, pois uma localização adequada do edifício com relação ao Norte pode evitar ganhos de calor em função do deslocamento do sol (ROULET, 2001, *apud*, OLIVEIRA, 2009, p.46).

De acordo com publicação no *web* site GBC (Green Building Council), para maximizar o desempenho da ventilação e da iluminação naturais, é preciso determinar a correta orientação das faces do edifício, baseada em estudos climáticos locais para aproveitamento das correntes de vento e proteção das faces leste, norte e oeste da incidência direta dos raios solares, além da análise do entorno, com o intuito de verificar possíveis sombreamentos.

Para proteger o edifício da excessiva radiação, deve-se determinar a posição do Sol para o local em questão e a época do ano em que se deseja barrar seus raios diretos. Para que isso possa ser feito deve-se recorrer à geometria da insolação que possibilitará determinar graficamente os ângulos de incidência do sol em função da latitude, hora e época do ano (FROTA; SCHIFFER, 2000, *apud*, LIMA, 2009, p.2).

Uma das configurações feitas através da geometria da insolação são as cartas solares que são representações gráficas do percurso do Sol na abóbada celeste da Terra, nos diferentes períodos do dia e do ano. Em geral, são representadas por projeções do percurso solar, em um plano (BITTENCOURT, 2004, p.27, *apud*, LIMA, 2009, p2). Segundo o mesmo autor, a elaboração dessas cartas é feita através da análise da implantação e orientação do edifício e em seguida da trajetória do Sol ao longo do ano e nas diversas horas do dia num plano horizontal. As projeções usadas são as ortogonais e as estereográficas. O que determina o aspecto dos gráficos é a latitude do local. O autor supracitado aponta a existência da máscara de sombra que é a representação dos obstáculos nas cartas solares que bloqueiam a visão da

abóbada celeste por parte de um observador. A confecção das cartas solares se mostra uma excelente alternativa na arquitetura, podendo designar inicialmente a implantação do edifício e posteriormente tamanho e direção das aberturas, detalhamento de componentes arquitetônicos, materiais utilizados na construção, etc.

2.4 FERRAMENTAS PARA ESTUDO DE INSOLAÇÃO NA ARQUITETURA

De acordo com as informações da página *web* do Departamento de Energia dos EUA, (*apud*, Freire; Tahara; Amorim, 2012, p.3415) atualmente existe mais de 406 softwares disponíveis no mercado com habilidades para diversas avaliações relacionadas à sustentabilidade em edifícios. Algumas ferramentas de avaliação de desempenho ambiental em edificações, com uso já consolidado, têm buscado o aperfeiçoamento de seus recursos para adequarem-se em suas novas versões ao contexto BIM. Outras, mais recentes, já se definem como ferramentas BIM, embora ainda se encontrem em fase de testes.

Contudo, apesar de muitas ferramentas já virem sendo utilizadas em simulações de desempenho térmico, e algumas delas caminham para se tornarem ferramentas BIM, o seu uso ainda requer uma evolução para superar algumas limitações. Existem aspectos de ordem prática a serem trabalhados e melhorados para que essas simulações de desempenho sejam introduzidas no processo projetual com maior eficiência. Sabe-se, por exemplo, que os programas disponíveis para a indústria da AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) ainda não são inteiramente interoperáveis, devido à falta de padronização em vários aspectos, o que dificulta a troca de informações de forma confiável e completa entre os programas afins e ou cooperativos (FREIRE; TAHARA; AMORIM; 2012, p.3415).

2.4.1 ENERGY PLUS

De acordo com manual desenvolvido pelo departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, o *EnergyPlus* é um programa computacional, criado e distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, desenvolvido para simulação de carga térmica e análise energética de edificações e seus sistemas. O programa possui capacidade de simulação diferenciada, tais como “*time-step*” de cálculo menor que uma hora, sistema modular, possibilidade de cálculo de infiltração de ar diferenciada para cada zona

térmica, cálculo de índices de conforto térmico e integração com outros sistemas (fotovoltaico, aquecimento solar, etc.) (MELO; WESTPHAL; MATOS; 2009, p.3).

O programa *EnergyPlus* apresenta algumas características que o destacam dos diversos programas de simulações termoenergéticas do mercado, como por exemplo modelo de céu anisotrópico para cálculos mais complexos da radiação difusa sobre superfícies inclinadas; cálculo de balanço de calor de janelas que permite o controle eletrônico de persianas, possibilitando a identificação do comprimento de onda da energia solar absorvida pelo vidro da janela; possui uma biblioteca versátil com diversos modelos comerciais de janela; controle da luz do dia, incluindo cálculos da iluminância interior, controle dos brilhos das luminárias e do efeito da iluminação artificial (MELO; WESTPHAL; MATOS; 2009, p.3).

Além disso, o programa *EnergyPlus* integra vários módulos que calculam a energia requerida para aquecer ou resfriar um edifício usando uma variedade de sistemas e fontes de energia, simulando o edifício e os sistemas associados em diferentes condições ambientais e operacionais. A essência da simulação está no modelo do edifício que utiliza princípios fundamentais de balanço energético (MELO; WESTPHAL; MATOS; 2009, p.4).

2.4.2 DESING BUILDER

O *Desing Builder* é um software criado como interface gráfica para o *EnergyPlus*, que oferece uma plataforma para modelagem geométrica da edificação visando a simulação do desempenho termoenergético, análise de sombreamento, cargas de aquecimento e resfriamento, conforto e transmitância térmica, emissão de CO₂, entre outras funções de simulações termodinâmicas. As análises são fornecidas através de gráficos, que são atualizados automaticamente a cada modificação de projeto. Permite a simulação do acionamento de diversos dispositivos como janelas, cortinas, brises, etc., através de padrões de uso e de valores de variáveis ambientais internas e externas (DESIGNBUILDER, 2012, apud, FREIRE; TAHARA; AMORIM, 2012, p.3416). Este software vem sendo utilizado em pesquisas como ferramenta para realização de análises de desempenho termo energético de edificações.

2.4.3 ECOTECH

O *Ecotech* é uma ferramenta idealizada para realizar diversas análises relacionadas ao desempenho térmico, energético, lumínico e acústico da edificação. O *software* permite a construção de modelos geométricos simples através de superfícies parametrizadas. Permite também, em princípio, importar modelos geométricos em formato dxf e xml, para a realização das análises. Esse é um dos softwares mais completos em termos de possibilidades de simulações relacionadas à avaliação do desempenho térmico, com ênfase nas análises relacionadas à geometria solar, tanto na escala do edifício quanto na escala urbana. Entretanto, parte das suas simulações termo-energéticas não possuem a precisão adequada (THUESEN et. all., 2010, *apud*, FREIRE; TAHARA; AMORIM, 2012, p.3415). Apesar disso, o *Ecotech* tem sido usado em diversas pesquisas publicadas em artigos de cunho científico.

2.4.4 GREEN BUILD STUDIO

O *Green Build Studio* é um software que presta auxílio nas decisões de projeto em suas fases preliminares, fornecendo análises de consumo de energia e água, emissão de CO₂, ventilação natural, iluminação natural, sistemas de aquecimento e resfriamento, geradores de energia eólica e fotovoltaica, além da verificação de potencial dos créditos LEED e a classificação do *Energy Star*. Para realização das análises, é necessário que o usuário esteja conectado à internet e tenha instalado uma das seguintes ferramentas: *Autodesk Revit Architecture*, *Autodesk Ecotech Analysis*, *AutoCAD MEP*, *Autodesk Revit MEP*, *AutoCAD Architecture* (AUTODESK, 2011, *apud*, FREIRE; TAHARA; AMORIM, 2012, p.3416).

2.4.5 GRAPHISOFT ECODESIGNER

O *Graphisoft EcoDesigner* é um aplicativo que funciona como *plugin* do *ArchiCAD*. Propõe-se a avaliar o desempenho energético dos edifícios desde as fases iniciais de projeto, atualizando as análises na medida em que o projeto vai se desenvolvendo. Realiza análises de consumo de energia, emissão de CO₂, ventilação natural, iluminação natural, sombra projetada do edifício, sistemas de aquecimento e resfriamento e elementos de sombreamento. Apresenta um relatório de avaliação energética do edifício com informações sobre o

desempenho estrutural e energético do projeto, o consumo energético anual, a pegada de carbono e o balanço energético mensal (GRAPHISOFT, 2011, *apud*, FREIRE; TAHARA; AMORIM, 2012, p.3416).

2.4.6 AUTODESK PROJECT VASARI

O *Autodesk Project Vasari* utiliza a modelagem geométrica paramétrica para as análises de desempenho térmico e energético de edifícios, nas primeiras fases da projeção, como análise integrada de energia e de carbono, radiação solar, análises de sombreamento e ventilação natural. O software somente permite gerar os relatórios de análises ambientais através de um navegador *web* que encaminha o modelo geométrico para a realização de análise no *web* site do fabricante (AUTODESK, 2011 *apud*, FREIRE; TAHARA; AMORIM, 2012, p.3417).

Com as informações obtidas sobre os softwares, foram identificados 12 tipos de análises relacionadas ao desempenho térmico das edificações que podem ser aplicados durante o processo de projetual, na perspectiva da Modelagem da Informação da Construção. Essas informações são classificadas e organizadas em forma do diagrama apresentado a seguir (Figura 6) (FREIRE, TAHARA, & AMORIM, 2012, p. 3417).

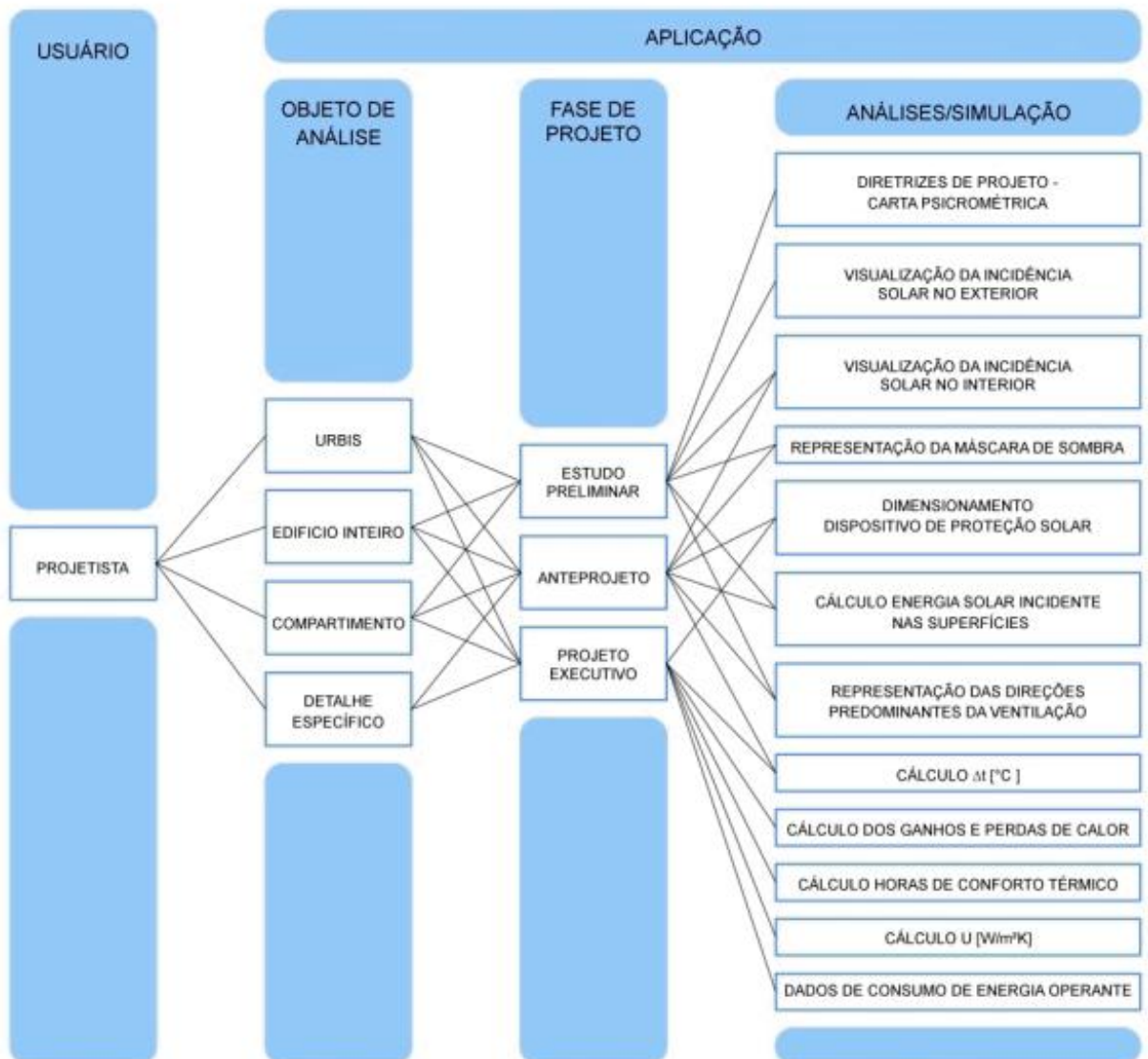


Figura 6: Diagrama indicador para avaliação de desempenho térmico

Fonte: FREIRE; TAHARA; AMORIM, 2012, p.3417

2.5 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS BENEFÍCIO

De acordo com Reis (2011), entre as várias razões para a escolha do uso da pele de vidro, mesmo sendo um sistema mais caro que o convencional, está a redução no prazo da obra, que por ser um sistema industrializado e de montagem mais rápida, a pele de vidro abrevia a execução da fachada em pelo menos cinco meses, que comparando a uma fachada de alvenaria que para ser executada no mesmo prazo da pele de vidro, seria necessário

locação de maior número de equipamentos e mais funcionários. Já na fachada de vidro, trabalha-se com mão de obra especializada e número reduzido de pessoas.

Outras vantagens do processo industrializado são a redução no desperdício de material e da geração de resíduos na obra, comuns na execução de alvenarias, e também benefícios logísticos, sendo que as peças estruturais da pele de vidro são içadas por fora do edifício com auxílio de guincho de fachada ou então pelo próprio elevador de cremalheira, já presente na obra e utilizado para abastecer outros sistemas, e que provavelmente não seria suficiente para transportar todo o material da alvenaria, considerando a execução simultânea de outras etapas da obra como pisos e azulejos, por exemplo. (REIS, 2011)

A escolha do vidro mais adequado, de acordo com as peculiaridades do projeto, oferece maior desempenho energético que a alvenaria convencional, tanto no uso de ar condicionado quanto na iluminação artificial, pois as fachadas de vidro proporcionam a iluminação natural, o que torna o ambiente mais agradável aos usuários. (REIS, 2011)

Considerando-se o valor do metro quadrado para esse tipo de fachada igual a R\$ 650,00 tem-se: 23% de vidros, 43% de alumínio e 34% de mão de obra. Os quadros de alumínio que recebem o vidro para fechamento da fachada, são dimensionados de acordo com a modulação da estrutura, ou seja, depende de cada projeto. (REIS, 2011)

As tabelas a seguir são estudos feitos pela construtora CNA Spitaletti para a obra Medic Life em São Paulo, empreendimento comercial voltado à área médica, com o intuito comparativo de sistemas para fechamento de fachadas. Este estudo foi desenvolvido com projeções referentes exclusivamente para este caso, portanto não se aplica como parâmetro para tomada de decisão de orçamento, escolha de materiais ou sistemas de outras obras.

Tabela 2: Alvenaria de vedação com caixilho de alumínio

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
Alvenaria em bloco de concreto (14 cm x 19 cm x 39 cm)	m ²	1.513,44	24,88	25,00	37.654,39	37.836,00	
Argamassa de assentamento industrializada (20 kg/m ²)	m ²	1.513,44	3,78		5.720,80		
Massa de revestimento interna industrializada (espessura 1,5 cm/m ²) (1,4 m ² /saco 40 kg)	m ²	6.220,00	4,97	28,00	30.913,40	174.160,00	
Massa de revestimento externa industrializada (espessura 3,0 cm/m ²) (0,7 m ² /saco 40 kg)	m ²	5.960,00	8,95	35,00	53.342,00	208.600,00	
Chapisco	m ²	12.180,00	4,00	4,50	48.720,00	54.810,00	
Concreto convencional dosado em central brita 0 de 30 MPa e abatimento de 10 ± 2 cm (canaleta peitoril)	m ³	222,00	332,20		73.748,40		
Aço CA 50 (bitola: 10,00 mm)	m	3.944,00	1,60		6.310,40		
Balancim leve (20 unidades com 3 m/4 meses) locação	un	20,00	7.400,00		148.000,00		
Montagem e desmontagem dos balancins	vb	1,00	20.000,00		20.000,00		
Frete dos balancins (entrega e devolução)	vb	1,00	2.000,00		2.000,00		
Pintura interna (fundo preparador, massa corrida PVA e tinta látex acrílica)	m ²	5.217,79	8,50	15,50	44.351,22	80.875,75	
Pintura externa (massa acrílica e tinta látex acrílica)	m ²	4.953,76	18,50	22,50	91.644,56	111.459,60	
Caixilhos de alumínio (módulos de 1,20 m x 1,90 m)	m ²	6.900,00	359,50	202,50	2.480.550,00	1.397.250,00	
Vidro laminado espelhado champanhe de 8 mm	m ²	6.900,00	114,50	67,50	790.050,00	465.750,00	
Custo Total (R\$)					3.833.005,17	2.530.741,35	6.363.746,51

Fonte: Revista Construção Ed. 117

Tabela 3 - Pele de vidro com painel de alumínio composto

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
Projeto de fachada	vb	1,00		110.000,00		110.000,00	
Ancoragem com perfis em alumínio tipo U com 7,5 cm x 7,5 cm x 8 cm e chumbadores de expansão em aço inox tipo parabol	m ²	9.410,00	20,72	20,72	195.000,00	195.000,00	
Estrutura de alumínio	m ²	9.410,00	91,39	74,60	860.000,00	702.000,00	
Proteção passiva contra o fogo (firestop)	m	2.600,00	25,00	25,00	65.000,00	65.000,00	
Arremates de alumínio	m ²	9.410,00	20,72	20,72	195.000,00	195.000,00	
Folhas com colagem de vidro	m ²	9.410,00	99,04	53,13	932.000,00	500.000,00	
Vidro laminado espelhado champanhe de 8 mm	m ²	5.895,00	135,71		800.000,00		
Painéis de alumínio composto (ACM)	m ²	8.131,00	135,28	61,00	1.100.000,00	496.000,00	
Balancins leves	vb	1,00		90.000,00		90.000,00	
Custo Total (R\$)					4.147.000,00	2.353.000,00	6.500.000,00

Fonte: Revista Construção Ed. 117

Analisando as tabelas podemos observar que o custo real das fachadas pele de vidro é maior comparado com o uso de alvenaria de vedação, porém, como foi abordado anteriormente, ganhe-se com o tempo de execução, limpeza na obra com a redução na geração de resíduos e desperdício de materiais, menor número de funcionários e também de equipamento, e também os ganhos a longo prazo.

Segundo informações de mercado, o custo médio da fachada é de R\$ 550,00/m², considerando perfis de alumínio, todos os componentes do sistema, mão de obra de projeto,

fabricação, montagem e instalação. O preço do vidro é contratado à parte, pois varia com o tipo de vidro a ser utilizado. Entretanto, o valor médio do sistema com vidro laminado é de cerca de R\$750,00/m² (data-base dos valores: fevereiro de 2012) (SILVA, 2011).

3 METODOLOGIA

O método de pesquisa adotado para a realização deste trabalho é de cunho bibliográfico qualitativo, por meio de levantamento bibliográfico em periódicos, dissertações e teses, através da coleta de referenciais teóricos atinentes aos temas de fachada de vidro, eficiência energética e seus adendos, abordando os principais sistemas de fachada e os tipos de vidro mais utilizados.

Para enfatizar o tema da pesquisa a cerca da eficiência energética, são apresentados dados e números levantados por órgãos do setor energéticos de forma a buscar esclarecimento para a relevância da problemática do tema proposto.

É feita uma abordagem sobre a importância do estudo das condições climáticas no local de implantação do projeto, principalmente da incidência da radiação solar nas fachadas. Neste âmbito, são apresentados também, os principais softwares para estudo de insolação, que auxiliam na elaboração do projeto, na tomada de decisões na escolha do sistema de fachada e também da orientação das faces de acordo com o uso da edificação e estudo do clima na região.

São apresentados alguns exemplos de certificações ambientais que incentivam a aplicação de técnicas sustentáveis na construção civil ao passo que o destacam como um diferencial no mercado competitivo atual. Ao final é feita uma análise de custo benefício com o uso de fachadas de vidro comparado ao fechamento convencional em alvenaria.

Para elucidar sobre o tema, foi feita uma consulta a um técnico em esquadrias e fachadas atuante nesta área na cidade de Curitiba, para saber como é a realidade no mercado da construção civil no setor de produção de esquadrias, a respeito dos fatores apresentados na hipótese deste estudo. Os resultados são apresentados em forma de entrevista seguindo um roteiro apresentado de maneira informal falando como tem sido abordadas as questões de eficiência energética na empresa em que atua o entrevistado, dando ênfase aos dados mais relevantes da pesquisa. O principal objetivo é saber se existe a preocupação da parte dos clientes para utilização de materiais e sistemas que otimizem a eficiência energética nas edificações.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

De acordo com a CBCS (2015), a atenção focada no setor energético nos dias de hoje, em conjunto com a emergencial necessidade da adoção de novas tecnologias, sugere um questionamento mais profundo sobre o modelo energético atual. Com projetos e operação mais eficiente dos edifícios, é possível obter uma redução significativa no consumo de energia. O uso de tecnologias mais eficientes, além de garantir a preservação ambiental, gera ganhos econômicos a sociedade que reduz sua dependência de um sistema tão centralizado como o atual cenário da geração de energia elétrica.

Este estudo foi realizado com o intuito de buscar alternativas para a melhora na eficiência energética nos edifícios que utilizam fachadas de vidro como fechamento externo, contribuindo para mostrar que com o avanço da tecnologia e com as exigências do mercado, o que era antes apenas uma busca pela estética, já pode ser aliado a um bom desempenho e conforto térmico, quando elaborada seguindo os preceitos técnicos para um bom desempenho das fachadas.

A evolução dos sistemas de fachada juntamente com a tecnologia de vidro aplicada contribui com a busca pela eficiência energética, de modo que com um projeto eficiente, mesmo num país de clima tropical como o Brasil, onde predominam as altas temperaturas extremas, em determinadas épocas do ano, com a escolha mais adequada do material empregado, observando as variáveis do projeto e adaptando as tecnologias desenvolvidas nos países Europeus onde a esquadria tem a função de reter o calor interno e evitar perdas de temperatura, é possível obter ganhos energéticos através deste sistema.

O estudo apresenta uma abordagem sobre os softwares disponíveis no mercado, importante ferramenta para projeto dos edifícios que auxiliam nos estudos climáticos e incidência solar, facilitando a definição da orientação das fachadas e tipo de abertura mais adequados de acordo com a incidência solar, a melhor escolha do tipo de vidro conforme o uso do edifício, e a necessidade do uso de barreiras e proteção das fachadas como os brise-soleil. As cartas solares também desempenham um papel fundamental no desenvolvimento do projeto de edifícios, ressaltando a importância do estudo das características geográficas do local de implantação do projeto.

Com o estudo da evolução das fachadas, observa-se que a preocupação com o eficiência nos sistemas de fachada está associado a evidência no setor energético, assunto muito relevante no cenário atual, de modo que abrange pouca relevância teórica e

bibliográfica sobre o tema. Para futuras discussões sobre o assunto recomenda-se a busca de alternativas para melhorar o desempenho energético em edifícios mais antigos com pele de vidro, que devido a falta de tecnologias mais avançadas na época da concepção do projeto, como temos atualmente, não receberam um tratamento adequado para amenizar a incidência solar e são grandes consumidores de energia elétrica com a grande necessidade do uso de ar condicionado.

Em resumo, observa-se que as vantagens e desvantagens no uso das fachadas de vidro devem ser analisadas levando-se em conta as características climáticas do local de implantação, a escolha do tipo do vidro a ser aplicado e a tecnologia do sistema de fachada que será utilizado, bem como o uso que será destinado.

Em termos gerais, ganha-se na escolha deste sistema na questão do tempo, onde a facilidade na montagem reduz o prazo de entrega da obra, sendo que a montagem do sistema não depende de outras etapas para ser realizado; possibilita a redução na mão de obra, pois é um sistema industrializado; reduz a quantidade de resíduos e desperdício de material na obra. Estes são alguns itens que devem ser levados em conta no comparativo com outros sistemas. O custo das fachadas de vidro é relativamente maior comparando com o fechamento convencional em alvenaria, por exemplo, porém os benefícios citados anteriormente aliados aos ganhos de longo prazo e também a imponência e estética da obra se torna um diferencial na escolha do sistema.

Foi realizada uma entrevista com um técnico em esquadrias e fachadas, atuante no ramo em uma empresa de médio porte na cidade de Curitiba, para qual foi formulado um roteiro de entrevista, disponível no Apêndice A.

A primeira questão diz respeito à demanda de serviço prestado pela empresa, que de acordo com o entrevistado vem aumentando gradativamente nos últimos anos, justamente por proporcionar alto desempenho e eficiência energética para edificações.

A segunda questão é um questionamento sobre a justificativa para a questão anterior relacionada à demanda dos serviços, onde o entrevistado aponta que o aumento das taxas se justifica pelo avanço no desenvolvimento de produtos que atendam às necessidades exigidas no mercado e, em parte, pelas vantagens econômicas que se pode obter pelo sistema de fechamento em vidro. Com os recursos atuais, inovações e a busca por melhorias no mercado brasileiro, consegue-se executar uma obra com excelente eficiência energética, combinando estética, custo e sustentabilidade.

Na terceira questão sobre as vantagens na aplicação das peles de vidro, foi citado a manutenção, a estética e a praticidade. O entrevistado citou como exemplo uma fachada pele

de vidro *Stick*, com o uso deste sistema, a facilidade de execução/ instalação é um grande atrativo para as construtoras. Na maioria dos casos, por se tratar de uma sequência fácil e rápida de trabalho – instalação da estrutura seguida por quadros e acabamento – chama a atenção daqueles que desejam um rápido avanço na obra. Neste mesmo caso, uma obra de aproximadamente 2000 m² de fachada *Stick*, executada pela empresa na qual trabalha, o tempo de fabricação/instalação foi de aproximadamente 6 meses.

A quarta pergunta se refere às expectativas dos clientes em relação ao produto oferecido pela empresa, onde o entrevistado coloca que mesmo na atual situação do país, o mercado da construção civil ainda tem movimentado uma grande quantia de capital. Ao se tratar de fachadas em alumínio e vidro, as empresas esperam receber um retorno positivo ao optarem por utilizar vidros com controle solar.

A quinta questão propõe uma análise em função do tempo, da evolução na procura por soluções em eficiência energética, onde o entrevistado expõe que dos 10 empreendimentos fechados no decorrer de 2015, 100% apresentam alguma especificação com controle solar. Cita como exemplo o embasamento de um edifício corporativo no Rio de Janeiro, em que foi aplicado o sistema *SentryGlas*. Polímeros que deixam o vidro mais rígido e resistente com a aplicação de um PVB de segurança. O produto resiste a fortes tempestades, impactos intensos e cargas estruturais elevadas. Apresenta uma vasta aplicação, por exemplo, em: fachadas, guarda-corpos, coberturas. No caso desta obra, por se tratar do embasamento, as propriedades deste material se apresentam como um vidro “anti vandalismo”, um excelente atrativo aos investidores.

5 CONCLUSÃO

Este estudo foi proposto como uma abordagem sobre as fachadas tipo pele de vidro, muitos usuais nos últimos tempos, com a finalidade de apresentar soluções para questões de eficiência energética, sendo que usualmente em ambientes com este tipo de fechamento a demanda pelo uso de condicionamento de ar é muito grande quando não recebem um tratamento e escolha de materiais adequados para barrar a incidência dos raios solares.

Conclui-se com este trabalho que já é possível aliar a estética das fachadas de vidro à eficiência energética no uso deste sistema, pois no mercado já existem produtos específicos que garantem proteção e bem estar aos usuários, desde que sejam feitos estudos adequados e um projeto de qualidade que atenda as necessidades da obra adaptando-as ao seu contexto real.

Observa-se que outra vantagem para a escolha do sistema é a redução no tempo de instalação, menor número de funcionários e redução na geração de resíduos e desperdício de materiais, já que se trata de um sistema industrializado.

Por fim, com uma análise do custo benefício e dos ganhos em longo prazo, as fachadas de vidro podem atender a necessidade do mercado da construção civil que cada vez mais se preocupa com questões ambientais.

6 REFERÊNCIAS

ABESCO. Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 16 jun.2016.

ARRUDA, Thiago Schnorr. Estudos de modalidades para a execução de fachada cortina. 2010. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CBCS. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/institucional/show.asp?ppgCode=09804C7D-A825-42C4-AE3B-D7834C71E1ED>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

FINESTRA. São Paulo: Arcoweb, mai. 2005. Edição 41. Publicação disponível em: <<https://arcoweb.com.br/finestra/tecnologia/vidros-para-arquitetura-01-05-2005>>. Acesso em 15 jun. 2016.

FREIRE, Márcia Rebouças; TAHARA, Akemi; AMORIM, Arivaldo Leão de. **Investigação sobre ferramentas computacionais de avaliação...** 2012. 6f. Projeto Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicadas à Construção de Habitações de Interesse Social – FAUFBA, Juiz de Fora, 2012.

GBC. Green Building Council. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/detalhe-noticia.php?cod=109>> Acesso: 25 jun. 2016.

INEE. Instituto Nacional de Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.inee.org.br/down_loads/edif/Provoc2_edif.pdf> Acesso em 04 jun.2016.

LIMA, Isabela Saboya Pinto. **7ª Mostra Acadêmica UNIMEP. Ciência, Tecnologia e Inovação: A Universidade e a Construção do Futuro.** Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/7mostra/4/367.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016

MELO, Ana Paula; WESTPHAL, Fernando Simon; MATOS, Michele. **Apostila do curso básico do programa Energyplus**. Florianópolis, 2009. 24 p.

NAKAMURA, Juliana. Como especificar: Antes vistos como inimigos da sustentabilidade... **Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo: Pini, out. 2012. Edição 223. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/223/artigo271207-1.aspx>>. Acesso em: 14 jun.2016.

OLIVEIRA, Luciana Alves de. **Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves**. 2009. 288 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ROSSO, Silvana. Cortina de vidro. *Revista Técnica*, São Paulo: Pini, mai. 2007. Edição 122. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/122/artigo286403-2.aspx>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. <<http://www.procelinfo.com.br>> Acesso em 15 jun. 2016.

REIS, Pâmela. Pele de vidro e painéis de alumínio X alvenaria de vedação. **Revista Construção**, São Paulo: Pini, abr. 2011. Edição 117. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/117/artigo299482-1.aspx>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

SILVA, Fernando Benigno. Sistema unitizado de fachadas modulares. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, dez. 2011. Edição 181. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/181/artigo287934-4.aspx>>. Acesso em: 15jun. 2016.

APÊNDICE A – Roteiro da entrevista

Roteiro da Entrevista:

1. Como tem sido a demanda e a procura pelo serviço prestado pela empresa (fabricação e instalação de peles de vidro) ao longo dos últimos anos?
2. Qual o motivo do aumento ou diminuição na demanda de trabalho?
3. Quais as vantagens no uso do vidro como revestimento externo nas edificações?
4. Quais as maiores expectativas dos clientes com relação ao produto oferecido pela empresa?
5. Como tem sido a procura, em função do tempo, por soluções em eficiência energética?