

UTILIZAÇÃO DE VIDROS SUSTENTÁVEIS PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES

Giuliano Silva de Oliveira¹, Ana Lúcia Rocha de Souza Melhado², Sergio Ricardo Master Penedo³, Francisco Carlos Paletta⁴

Abstract — Daylight has been a prominent element in different stages of the history of engineering. The imperative of sustainability requires that natural light is one of the few renewable resources available once again be treated with due importance. Another important factor is the excessive spending with ventilation. In order to keep the rooms of a home or office comfortable together, the current culture causes companies to adopt solutions to sustainability, putting ever more central air conditioning, increasing energy consumption. This is a paradigm to be changed. Based on these factors, this paper aims to examine the feasibility of implementing sustainable glass in construction in order to better energy performance of the building. By analyzing aspects of combining natural light with artificial lighting, as well as functional aspects of the glass that block radiation and provide better thermal comfort, reducing the consumption of air conditioning, is proven to be a good solution.

Keywords: Glass, Sustainability, Energy Efficiency, Natural Lighting.

Resumo — A luz do dia tem sido elemento de destaque em diferentes estágios da história da engenharia. O imperativo da sustentabilidade impõe que essa luz natural, que é uma das poucas fontes renováveis disponíveis, novamente tome o palco principal. Outro fator importante são os gastos excessivos com ventilação artificial. Para manter os ambientes de uma casa ou conjunto de escritórios confortáveis, a cultura atual faz com que as empresas adotem soluções contra a sustentabilidade, colocando cada vez mais centrais de ar condicionado, aumentando o consumo de energia. Esse é um paradigma a ser mudado. Baseado nesses fatores, este artigo visa a analisar a viabilidade de implantação de vidros sustentáveis na construção civil visando um melhor desempenho energético da edificação. Analisando aspectos de combinação de iluminação natural com iluminação artificial, bem como aspectos funcionais do vidro que bloqueiam a radiação e proporcionam um melhor conforto térmico, reduzindo o consumo de ar condicionado, prova-se ser uma boa solução.

Palavras-chave: Vidros, Sustentabilidade, Eficiência Energética, Iluminação Natural.

OBJETIVO

Este artigo visa a apresentar um modelo de eficiência energética, adotando as novas tecnologias implantadas nos vidros e atendendo às exigências da construção sustentável, bem como a redução de custos diretos e/ou indiretos, desempenho e estética.

METODOLOGIA

São abordados os principais tipos de vidros modernos, tais como: autolimpante, monolítico, termoendurecido, temperado, laminado, insulado, colorido e vidros de controle solar baixo-emissivo. Assim, mostram-se as características de desempenho do vidro, fazendo o relacionamento daquele de alto desempenho com as vantagens em eficiência energética proporcionadas pelo mesmo, bem como a máxima pontuação LEED a ser obtida por meio de projetos de fachadas com vidros.

Portanto, são apresentadas as melhores escolhas para vidros e suas características, sempre buscando tecnologias inovadoras, um menor consumo energético e o destaque dos tipos de vidros mais recomendados para uma construção sustentável.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é hoje a questão central na elaboração de projetos para construções comerciais e residenciais, e a eficiência energética surge como um fator essencial e indispensável no presente e no futuro.

De acordo com DOLAN (2007), apresentados pela primeira vez nos anos 80, os revestimentos baixo emissivos (low-E) mudaram a maneira de se pensar sobre o vidro. Por quê? Por seus grandes benefícios, incluindo economia de energia para aquecimento e resfriamento. O primeiro revestimento baixo emissivo, de base prata, tinha coeficientes de ganho de calor solar entre 0,4 e 0,5 e transmissão de luz visível acima de 60%. Hoje, os fabricantes de vidro continuam a dar grandes passos. Os novos produtos chegam a coeficientes de ganho de calor solar menores do que 0,3, ainda oferecendo transmissões de luz de mais de 50%. O alto desempenho das tecnologias baixo emissivas na última década tem ajudado as empresas a alcançarem uma redução de custos significativa. Segundo relatório do Conselho Nacional de Pesquisa dos

¹ Giuliano Silva de Oliveira, student in the School of Civil Engineering at FAAP, CEP 01242-902, São Paulo, SP, Brazil. (e-mail: giu_silva@hotmail.com)

² Ana Lúcia Rocha de Souza Melhado, Teacher in the School of Civil Engineering at FAAP, CEP 01242-902, São Paulo, SP, Brazil. (e-mail: almelhado@faap.br)

³ Sergio R. M. Penedo, Industrial Engineering department chair in the School of Engineering at FAAP, CEP 01242-902, São Paulo, SP, Brazil. (e-mail: srpenedo@faap.br)

⁴ Francisco Carlos Paletta, dean of the School of Engineering at FAAP, CEP 01242-902, São Paulo, SP, Brazil. (e-mail: fcpaletta@faap.br).

EUA as janelas com vidro baixo emissivo (low-E) instaladas durante 2005 gerarão US\$ 37 bilhões em economia líquida ao longo de sua vida útil. Até agora, menos da metade das janelas comerciais nos EUA tem um revestimento baixo emissivo (low-E).

JUSTIFICATIVA

Segundo DIDONÉ (2009), muitas edificações desperdiçam relevantes oportunidades de poupar energia, por não considerar os importantes avanços ocorridos na área de eficiência energética. Em edificações não residenciais, a luz natural é de grande importância por estar fartamente disponível no horário de uso dessas edificações. Entretanto, a iluminação artificial dos ambientes é responsável por grande parte do consumo de energia. O uso de luz natural, além de garantir níveis de iluminação adequados para atividades humanas, reduz a necessidade do uso da luz artificial, em conjunto com um controle de sistemas de iluminação eficiente. Deste modo, observa-se a influência das aberturas e dos equipamentos nos ganhos térmicos da edificação e no consumo total de energia. Nesse escopo, o presente artigo analisa tais aspectos, destacando a importância da escolha do tipo de vidro ideal para cada situação.

Segundo DOLAN (2007), além de controlar o ganho de calor solar em um edifício, ajudando a melhorar a eficiência dos sistemas de ar condicionado e ventilação, o vidro correto pode trazer vantagens combinadas ao controle da iluminação durante o dia. Normalmente, uma construção é projetada para bom desempenho no pior caso previsto. Ou seja, o tipo e o tamanho do equipamento de ar condicionado e ventilação costumam se basear nas temperaturas mais extremas, com os maiores níveis de ocupação. Isso muitas vezes pode levar à compra precipitada de um equipamento maior do que o necessário, além do que um sistema funcionando a menos de 50% de sua capacidade total trabalha com uma eficiência de energia exponencialmente menor. Há meios de se reduzir o tamanho de um sistema de ar condicionado e ventilação. O primeiro da lista é minimizar o ganho de calor solar, através do revestimento baixo emissivo (Low-E).

Visando a um melhor entendimento, são analisadas as variáveis humanas componentes do conforto térmico e visual. Segundo LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (1997), a importância destas variáveis se baseia na premissa de que existe uma forte correlação entre conforto e consumo de energia - embora o clima seja distinto em qualquer região da Terra, o ser humano é biologicamente parecido em todo o planeta, sendo adaptável a diferentes condições climáticas ao se utilizar de mecanismos culturais como a vestimenta, a arquitetura e a tecnologia.

A IMPORTÂNCIA DO VIDRO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA EDIFICAÇÃO

Segundo DOLAN (2007), o uso de vidro de controle solar e eficiência energética em unidades de vidro insulado pode trazer um impacto significativo no consumo de energia. Esse investimento em envidraçamento traz

rendimentos ano a ano, pela redução do uso de sistemas de refrigeração.

A luz natural é energia gratuita e, utilizada com propriedade, pode reduzir a necessidade de iluminação artificial. Aproximadamente 20% do consumo total de energia são usados para iluminação. Em um prédio de escritórios a iluminação artificial pode representar 50% do consumo total de energia.

Os vidros de controle solar reduzem a energia radiante transmitida pelo sol, quer refletindo a radiação solar antes de entrar na habitação, quer absorvendo-a no corpo do vidro. Essa energia absorvida é, então, reirradiada pelo vidro, com a maior parte fluindo para a parte externa da construção.

TIPOS DE VIDROS E SEUS BENEFÍCIOS

A presente seção usa como referência documentos da Biblioteca Técnica da empresa Guardian do Brasil Vidros Planos Ltda. e o Anuário de Tecnologia e Vidro (2002).

Especificar o tipo adequado de vidro, ou a combinação correta deles, pode fazer a diferença no sucesso do seu projeto. Definem-se aqui os vários tipos de vidro, como são feitos, suas resistências e características. Também são apresentadas técnicas de construção que combinam os diferentes tipos de vidro. Juntos, eles podem alcançar as propriedades de calor, luz e isolamento desejados. A Fig. 1 apresenta as configurações mais comuns de vidro. Os números identificam as superfícies, contando do exterior para o interior.

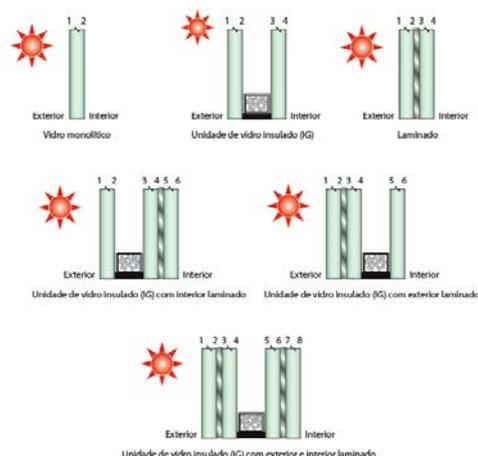


Figura 1 – Configurações mais comuns de vidros.

Vidro Monolítico – O vidro *float*, que não foi termoendurecido ou temperado, é o vidro monolítico. É feito por um processo de recozimento, ou seja, um resfriamento controlado que evita uma tensão residual no vidro. Esse vidro pode ser cortado, usinado, perfurado e polido.

Vidro Termoendurecido – O vidro termoendurecido (Hs) é aquele submetido a um ciclo de aquecimento e resfriamento. Geralmente é duas vezes mais forte que o vidro monolítico de mesma espessura e configuração. Esse tipo de vidro tem melhor resistência ao choque

térmico do que o monolítico. Quando se quebra, os fragmentos tendem a serem maiores que aqueles do vidro completamente temperado. No primeiro momento após a quebra, esses fragmentos podem permanecer na sua posição original.

O Hs não pode ser usado como vidro de segurança, segundo os parâmetros dos órgãos reguladores. É destinado às situações em que se deseja um reforço contra o vento ou a quebra térmica. O vidro termoendurecido não pode ser cortado ou perfurado após o tratamento térmico. Quaisquer alterações como, polimento das bordas, jateamento ou gravação com ácido, podem causar a quebra do vidro.

Vidro Temperado – O vidro completamente temperado é aproximadamente quatro vezes mais forte do que o vidro monolítico de mesma espessura e configuração. Ao quebrar, formará fragmentos relativamente pequenos, que oferecem menos perigo. O vidro temperado é entendido como um “vidro de segurança”: cumpre os requerimentos dos órgãos reguladores para essa função. Pode ser usado em portas corredeiras, instalações autoportantes, entradas de edifícios, áreas de banho e partições interiores, além de outras situações que demandem reforço e segurança.

O vidro temperado não pode ser cortado ou perfurado após o resfriamento. Quaisquer alterações, tais como polimento das bordas, jateamento ou gravação com ácido, podem causar a quebra do vidro.

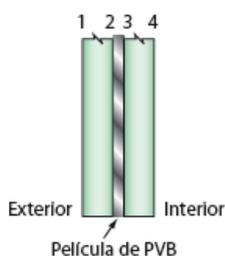


Figura 2 – Vidro laminado.

Vidro Laminado – O vidro laminado é formado por duas ou mais lâminas de vidro permanentemente unidas, com uma ou mais películas de polivinilbutiral (PVB), utilizando calor e pressão. As lâminas e as películas podem variar em cor e espessura para se adequar a cada projeto. Mesmo que o vidro laminado se quebre, os fragmentos aderem à camada de plástico. Assim, grande parte deles ficará intacta, reduzindo o risco de ferimentos.

O vidro laminado é considerado um “vidro de segurança laminado” e cumpre os requisitos das normas para tanto. Para aumentar a resistência ao impacto, é possível incorporar vidro termoendurecido ou temperado às unidades de vidro laminado. Pode ser usado na proteção contra furacões, explosões de bombas, projéteis e antivandalismo. Também é útil para atenuar a transmissão do som.

Vidro Refletivo – Tanto pelo processo a vácuo quanto pelo processo dos vidros pirolíticos, os vidros refletivos adquirem diversas cores por reflexão. Além do efeito estético que proporcionam principalmente a fachadas, barram grande parte da radiação solar e parte da transmissão luminosa, permitindo economia de energia elétrica através de menores gastos com sistema de ar condicionado.

Duplos com Micropersianas – O vidro insulado com persiana entre vidros é uma das mais recentes novidades nacionais do setor. O sistema permite reunir todas as vantagens obtidas com o vidro insulado, acrescida do controle da luminosidade e privacidade.

Uma micropersiana com lâminas de 12,5 mm foi desenvolvida para funcionar no interior da câmara de vidro insulada, ou seja, selada e dotada de produtos que eliminam a umidade interna. Esse conjunto modular é padrão e idêntico em todos os modelos. Seu sistema mecânico de sustentação e regulação das lâminas fica selado entre os vidros, isolado do ambiente externo. O sistema de acionamento é feito por um mecanismo magnético que dispensa furos no vidro.

Metalizados a Vácuo – O vidro refletivo metalizado a vácuo é um produto desenvolvido para, através do controle de entrada de calor no ambiente, proporcionar maior conforto e economia ao usuário. É o vidro que possui melhor desempenho para controle do calor solar em sua forma monolítica.

Além do controle solar, o vidro refletivo a vácuo controla a entrada de luz e calor na ambiente. A luz solar passa através do vidro, enquanto que parte do calor é refletida de volta para o ambiente externo.

Aplicado em edifícios, permite economia de energia elétrica. É chamado de metalizado a vácuo porque, em sua fabricação, uma camada de óxidos metálicos é depositada sobre uma das faces do vidro, através do processo denominado *Sputtering Coating*.

Vidro Colorido versus Vidro de Controle Solar Baixo-Emissivo (Low-e) – Os vidros com revestimento

baixo-emissivo (Low-E) reduzem a entrada direta de energia solar na construção. Antes do seu desenvolvimento, utilizavam-se vidros coloridos (vidro que absorve calor) ou revestimentos refletivos para reduzir a transmissão de energia solar. Porém, os vidros coloridos tendem a reirradiar o calor absorvido. Revestimentos refletivos são efetivos para reduzir o ganho de calor, mas também reduzem a entrada de luz visível. Os revestimentos baixo-emissivos (Low-E) refletem menos luz visível, mas limitam a entrada de energia solar permitindo redução dos custos de energia elétrica e ar-condicionado.

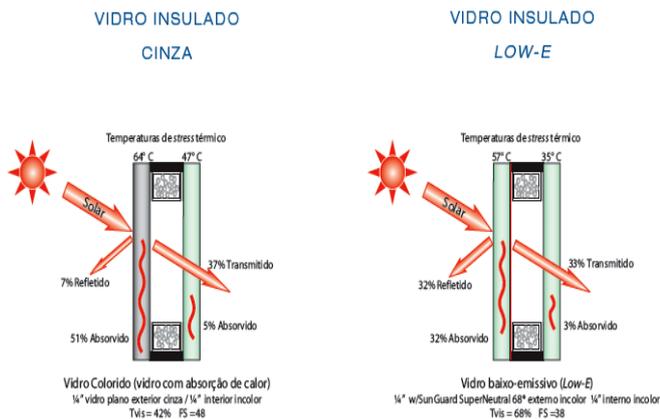


Figura 3 – Comparação entre vidro cinza e low-e.

CERTIFICAÇÃO LEED

Projeto e construção para aumentar o conforto interno e proteger o meio ambiente – esse é o objetivo do sistema de avaliação em Liderança em Energia e Projeto Ambiental (LEED), desenvolvido pelo Conselho Americano de Construção Sustentável. O sistema LEED promove construções sustentáveis, premiando com pontos o uso de materiais reciclados, a redução do uso de energia (ambos durante e após a construção) e outras formas de minimizar os impactos no meio ambiente. Na maioria dos casos, a certificação LEED é voluntária, embora cada vez mais clientes dos setores público e privado estejam tornando-a obrigatória. Visando à sustentabilidade, o edifício ecologicamente responsável é simplesmente a opção mais correta. São requisitos desta construção:

- Usar materiais de construção ou produtos que foram extraídos, coletados ou reciclados, assim como fabricados, dentro de um raio de 805 km do local do projeto por um mínimo de 10% (baseado em custos) do valor total de materiais. Se apenas uma fração de um produto ou material for extraída/colhida/recuperada e fabricada localmente, então apenas aquela porcentagem (por peso) deve contribuir para o valor da região.
- Usar materiais de construção ou produtos que foram extraídos, coletados ou reciclados, assim como fabricados, dentro de um raio de 805 km do local do projeto por um mínimo de 20% (baseado em custos) do valor total de materiais. Se apenas uma fração de um produto ou material for extraída/colhida/recuperada e fabricada localmente, então apenas aquela porcentagem (por peso) deverá contribuir para o valor da região.
- Atingir a penetração da luz do dia em 75% dos espaços normalmente ocupados. Há três formas de se alcançar isso:

- 1) Atingir um mínimo de 2% de fator de envidraçamento por método de cálculo;

- 2) Simulação em computador, demonstrando um nível mínimo de iluminação da luz do dia de 269 lux;
- 3) Registrar medições de luz interior, indicando um mínimo de 269 lux.

Alguns espaços estão excluídos desses requisitos, como copiadoras, áreas de armazenamento, salas mecânicas, lavanderias e outras áreas de apoio de baixa ocupação. Exceções podem ser abertas para áreas cuja funcionalidade possa ser prejudicada pela entrada da luz do dia. As decisões são tomadas baseadas nos méritos de cada caso.

OBTENÇÃO DE PONTOS LEED

O vidro de controle solar e eficiência energética SunGuard® pode ajudar a edificação a ganhar pontos de crédito em quatro das seis categorias LEED. Embora o LEED não certifique um produto específico, o uso de vidros inteligentes ajuda a ganhar até 20 pontos.

CATEGORIA LEED	CRÉDITO LEED	PONTOS POSSÍVEIS
ENERGIA E ATMOSFERA	Crédito 1: Desempenho Energético	1-10
MATERIAIS E RECURSOS	Créditos 4.1 e 4.2: Conteúdo Reciclado	1-4
	Créditos 5.1 e 5.2: Materiais Regionais	
QUALIDADE AMBIENTAL DE INTERIORES	Créditos 8.1 e 8.2: Luz do Dia e Vistas	1-2
PROCESSO DE INOVAÇÃO E PROJETO	Créditos 1.1 a 1.4: Inovação em Projeto	1-4
TOTAL		ATE 20

Distribuição de Pontos por Categoria LEED:

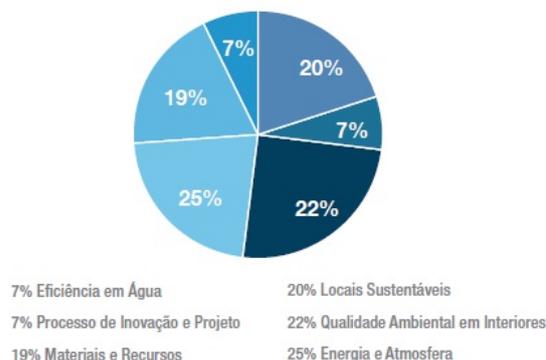


Figura 4 – Obtenção de pontos LEED.

A Tabela 1 ilustra as categorias LEED e créditos, assim como soluções para atingir os padrões LEED.

Tabela 1 – Categorias LEED, créditos e pontos.

CATEGORIA LEED	CRÉDITO LEED	PONTOS LEED	INTENÇÃO
ENERGIA E ATMOSFERA	Crédito 1: Melhora do Desempenho Energético	1-10 pontos LEED	Aumentar o desempenho energético acima do padrão pré-requisitado, reduzindo o impacto ambiental do uso excessivo de energia.
MATERIAIS E RECURSOS	Crédito 4.1: 10% Conteúdo Reciclado (pós-consumidor + ½ pré-consumidor) Crédito 4.2: 20% Conteúdo Reciclado (pós-consumidor + ½ pré-consumidor) Crédito 5.1: Materiais Regionais: 10% extraídos, processados e fabricados regionalmente Crédito 5.2: Materiais Regionais: 20% extraídos, processados e fabricados regionalmente	1 ponto por crédito	Aumentar a demanda para produtos de construção que utilizem materiais reciclados, reduzindo a necessidade de extrair e processar novos materiais. Aumentar a demanda por materiais de construção e produtos extraídos ou fabricados regionalmente, reduzindo a poluição causada por seu transporte.
QUALIDADE AMBIENTAL DE INTERIORES	Crédito 8.1: Luz do dia e área de visão – 75% dos espaços Crédito 8.2: Luz do dia e área de visão – 90% dos espaços	1 ponto por crédito	Fornecer aos ocupantes do prédio uma conexão entre espaços internos e externos. Isso significa permitir a entrada da luz do dia e possibilitar a visão do espaço externo dos ambientes normalmente ocupados no edifício.
PROCESSO DE INOVAÇÃO E PROJETO	Créditos 1.1 a 1.4: Inovação em Projeto	1 ponto por crédito	Dar a oportunidade a equipes o projeto de receber pontos pelo desempenho excepcional, acima dos requisitos LEED-NC e/ou desempenho inovador em categorias de Edifícios Verdes, não especificamente abordadas pelo Sistema.

CONCLUSÃO

A luz e o calor do sol apresentam-se em um mesmo pacote, e o objetivo do projeto de uma construção energeticamente eficiente é balancear esses dois fluxos, para reduzir o consumo de energia paga. Isso significa absorver calor do Sol para elevar a temperatura interior nos climas frios, ou bloqueá-la para reduzi-la nos países quentes. A vantagem do vidro sustentável é a de que devido a uma camada metálica de alta durabilidade e resistência aplicada no vidro, este reduz o ganho de calor e proporciona conforto térmico e beleza com as facilidades de manuseio e instalação semelhantes aos de um vidro comum, porém com as vantagens de um produto de alto valor agregado. Poucos materiais podem tornar uma edificação mais verde tão rápido quanto os vidros de controle solar e eficiência energética. Com os dados da construção é possível escolher a solução ótima para cada caso, uma vez que diversos fabricantes de vidro possuem programas de computador que determinam a solução mais econômica para cada caso em particular, desta forma se torna muito importante a utilização de vidros inteligentes de revestimento catódico (*sputter*) pós-temperáveis que, além de beleza às fachadas, proporcionam conforto, funcionalidade e economia de energia elétrica à edificação.

Para a obtenção de excelência na concepção de um projeto sustentável, visando à eficiência energética, é extremamente necessária a mudança de paradigma quando tratamos de conforto térmico. Desta forma, deverão sair de cena os potentes sistemas de ar condicionado que distribuem o ar frio partindo de tubulações que são instaladas no topo de cada andar dos edifícios, tornando-se necessária a alteração da distribuição de ar para sistemas de insuflamento, o que garante a obtenção da temperatura de conforto em um espaço de tempo menor, pois o ar se

distribuirá no ambiente a começar pela zona de circulação de pessoas.

Surgem então novas soluções para resolver o desafio da eficiência energética: novas tecnologias habilitam os proprietários das construções a ajustarem automaticamente o tratamento de suas janelas e o uso da eletricidade, conforme a entrada de luz natural e ventilação em cada sala. Para o clima do Brasil esta tecnologia é indispensável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina. Ecológicas: Concurso Nacional de Monografias em Energias Renováveis e Eficiência Energética: trabalhos selecionados. Florianópolis: Insular, 2009. 233 p. ISBN 9788574744933 (broch.).

DIDONÉ, EL. A influência da luz natural na avaliação da eficiência energética de edifícios de escritórios em Florianópolis/SC. Dissertação em Arquitetura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW EDITORES, 1997. 188 p.

ANUÁRIO de tecnologia e vidro: empresas e fornecedores do setor de vidros planos. São Paulo: RFC, 2002. 160 p.

R.H. Doremus, "Glass Science", J. Wiley and Sons, N.Y., 1994.

DOLAN, Chris. Diretor comercial de produtos de vidros da Guardian Industries Corp. – Notícia publicada no dia 8 de Janeiro de 2007 no endereço eletrônico: http://www.sa.pt.sunguardglass.com/IntroToAdvancedArchitecturalGlass/Noticias/gi_002978.

Climaguard. Disponível em:

<http://www.guardianbrasil.com.br/ClimaGuard/ClimaGuard/index.htm>. Acesso em 20/01/2012.

Tecnologia de revestimento catódico. Disponível em:

<http://www.sa.pt.sunguardglass.com/IntroToAdvancedArchitecturalGlass/IntroducaoVidrodeControleSolareEficienciaEnergetica/index.htm>. Acesso em 20/01/2012.

Biblioteca Técnica Guardian do Brasil Vidros Planos Ltda. Disponível em:

<http://www.sa.pt.sunguardglass.com/SpecificationsResources/TechnicalLibrary/index.htm>. Acesso em 18/01/2012.

Cebrace vidros. Disponível em:

<http://www.cebracevidros.com.br>. Acesso em 18/01/2012.