SELEÇÃO DE VIDROS DE FACHADAS, CONSIDERANDO O REQUISITO DE DESEMPENHO TÉRMICO.

GARCIA, Rafael Silva Suller (1); ANDRADE JUNIOR, Luiz Velloso de (2); OLIVEIRA, Luciana Alves de (3)

(1) Mestrado em Tecnologia na Construção de Edifícios, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, rafael@sullergarcia.com.br; (2) Mestrado em Tecnologia na Construção de Edifícios, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, vellenge@bighost.com.br; (3) Professora orientadora: doutora, Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

R**esumo:** As fachadas envidraçadas impactam na arquitetura e estética dos edifícios, possibilitando, maior contato com o ambiente e seu entorno. Este trabalho tem como objetivo analisar a escolha dos vidros das fachadas envidraçadas de edifícios de múltiplos pavimentos, considerando parâmetros de desempenho térmico. Na análise do desempenho térmico são considerados os seguintes requisitos: a transmitância, capacidade térmica, fator solar e sombreamento.
Além da revisão bibliográfica, foi feito um estudo de caso, durante a construção de fachadas em um edifício de escritório comercial de múltiplos pavimentos, na cidade de São Paulo, onde houve a ocorrência de grandes áreas envidraçadas em sua fachada, sendo considerado o levantamento de informações técnicas e pesquisa em campo comprobatória, em complemento a bibliografia apresentada no trabalho.
Os resultados obtidos possibilitam análise crítica para auxílio dos profissionais da construção civil na escolha de vidros de desempenho superior. As informações técnicas demonstram que determinados vidros possibilitam grandes ganhos de fator solar, porém podem apresentar baixo desempenho nos demais aspectos técnicos que devem ser levados em consideração. Além disso, coloca em discussão uma mudança cultural, onde os vidros são escolhidos inicialmente por sua qualidade estética, sem a preocupação com seus aspectos técnicos, sendo que, os aspectos técnicos devem preceder a escolha dos aspectos estéticos, uma vez que a coloração de determinados tipos de vidros está diretamente relacionada a seu desempenho.
Palavras-chave: *Fachadas envidraçadas, desempenho térmico, edifício de escritórios de múltiplos pavimentos.*
Área do Conhecimento: *Desempenho de edifícios comerciais.*

1 INTRODUÇÃO

As fachadas, incluindo as esquadrias e os revestimentos, são responsáveis por criar condições de habitabilidade para o edifício, pois servem como mediadoras entre o ambiente externo e interno. Além disso, os custos de execução e manutenção das fachadas podem representar 20% do custo total da obra. (OLIVEIRA, 2009)

A escolha das fachadas envidraçadas garante aspecto estético moderno e contemporâneo à edificação, porém devem ter seus componentes devidamente estudados para que haja a garantia de durabilidade e bom desempenho para os ocupantes da edificação.

Segundo Arruda (2010), fachada cortina é uma esquadria de alumínio que é instalada por fora da estrutura do prédio e compreende, no mínimo, dois pavimentos, representando neste trecho o revestimento e a vedação do edifício, que pode ser vidro, cerâmica, alumínio e granito.

Existem diversos sistemas construtivos de fachadas envidraçadas, onde se destacam os sistemas Stick e os Módulos Unitizados. A evolução dos sistemas de fachadas cortinas está diretamente relacionada ao desenvolvimento do *Structural Glazing* (silicones estruturais), sendo este um dos principais componentes de fixação entre os perfis de alumínio e os vidros utilizados nas fachadas atualmente.

O sistema Stick refere-se a um método construtivo empregado na execução da fachada cortina envidraçada. Neste sistema, as peças são instaladas com a ajuda de andaimes e/ou balancins, cuja sequência construtiva inicia-se com a instalação das colunas, para posterior instalação das travessas, painéis compostos e folhas de vidros.

O sistema unitizado de fachadas modulares possibilita a construção de fachadas planas, curvas ou deflexionadas (em ângulo). Permite opções de perfis de alumínio para combinar com sistemas de cortinas *mercoshade* (cortina *roll-on* em tecido de náilon revestida de fibra de vidro, com a função de reduzir a penetração da radiação solar e diminuir a intensidade luminosa) e persianas internas entre vidros. (Revista

Téchne, ed. 181)

Desde que chegou ao Brasil, a tecnologia de módulos unitizados para execução de fachadas vem sendo utilizada pela produtividade e racionalização em obras de edifícios comerciais e corporativos. O sistema é composto por painéis modulares estruturados com perfis de alumínio e fechados com vidro. Além dessa estrutura básica, os módulos podem ainda receber elementos para sombreamento ou para diversificar o acabamento - como granito, alumínio composto (ACM), brises, entre outros. (Revista Téchne, edição 191)

No sistema unitizado, os caixilhos são fabricados e montados em indústrias, com gaxetas, selantes, vidros e eventuais acessórios. Com isso, as peças chegam prontas para instalação nos locais de execução, o que favorece a rapidez na montagem. Além disso, a industrialização dos módulos faz com que se tenha um controle do desempenho em relação à produção. A sequência construtiva do sistema Unitizado inicia-se com a montagem dos painéis de alumínio e colagem dos vidros nestes painéis na indústria, fixação dos suportes dos caixilhos na estrutura da edificação, para posterior entrega e transporte vertical destes painéis na obra; instalação dos painéis, através de guincho próprio (içamento vertical) na edificação e aparafusamento dos painéis nos suportes previamente fixados.

A aplicação do conceito de desempenho no projeto de um edifício pode contribuir potencialmente para incrementar a qualidade do edifício, uma vez que existe a possibilidade da identificação mais precisa das exigências humanas e das ações externas que agem no edifício e, por consequência, dos requisitos e critérios de desempenho a serem observados. (OLIVEIRA, 2009)

O vidro é o componente das fachadas envidraçadas que influencia diretamente nas características térmicas da fachada e, consequentemente, no desempenho da edificação.

Portanto, o objetivo do trabalho de pesquisa é apresentar as características térmicas de uma fachada envidraçada de um edifício de múltiplos pavimentos, objeto de estudo de caso, bem como discutir as consequências para o desempenho térmico da edificação.

A pesquisa teórica ocorreu através de revisão bibliográfica, abrangendo assuntos referentes a desempenhos em fachadas e processos executivos de fachadas envidraçadas. Já a pesquisa prática foi realizada através do levantamento de informações e pesquisa em campo comprobatória no edifício A, onde o autor deste trabalho conduziu os serviços.

2 DESEMPENHO TÉRMICO DE FACHADAS

2.1 Características térmicas de fachadas envidraçadas

As principais características térmicas das fachadas envidraçadas de edificações são: transmitância térmica, capacidade térmica, fator solar e sombreamento do vidro.

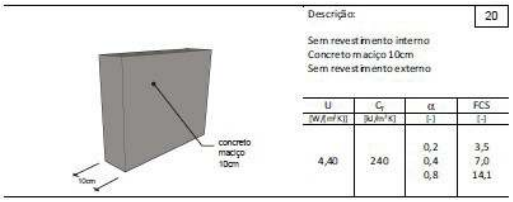
2.1.1 Transmitância térmica

O coeficiente global de transmitância térmica (U) é o inverso da resistência térmica (U = 1/R). Segundo Givoni (1998), a transmitância térmica é a transmissão através da unidade de área de um elemento, em unidade de tempo, por unidade de temperatura, ou seja, a diferença entre a temperatura externa e interna.

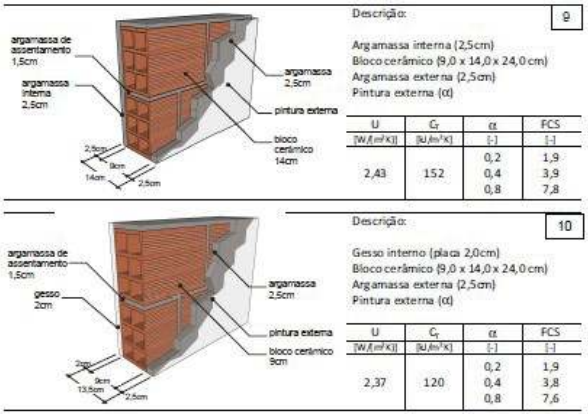
As trocas térmicas entre a fachada e o ambiente podem ocorrer por diferenças de temperatura e por radiação solar, sendo que, quando há radiação solar, há sempre um ganho de calor.

No processo de transferência de calor, ocorrem: reflexão de parte do calor; condução através do material; convecção nas partes externa e interna do material.

Para efeito de comparação, seguem exemplos de transmitância térmica de elementos utilizados na construção civil:



Fonte: Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas (v.5) – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – UFSC



Fonte: Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes e Coberturas (v.5) – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – UFSC

Nº	Tipo de vidro	Camadas e espessuras (mm)	FS	α	U
01	Laminado incolor A	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,44	22%	5,7
02	Laminado incolor B	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,57	37%	5,7
03	Laminado incolor C	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,43	44%	5,7
04	Laminado incolor D	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,34	38%	5,7
05	Duplo incolor A	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,42	26%	2,8
06	Duplo incolor B	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,53	40%	2,8
07	Duplo incolor C	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,37	47%	1,9
08	Duplo incolor D	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,28	42%	1,6
09	Laminado verde A	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,37	50%	5,7
10	Laminado verde B	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,40	49%	5,7
11	Laminado verde C	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,45	59%	5,7
12	Laminado verde D	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,39	64%	5,7
13	Laminado verde E	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,31	44%	5,7
14	Duplo verde A	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,28	60%	2,8
15	Duplo verde B	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,35	51%	2,8
16	Duplo verde C	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,33	68%	2,8
17	Duplo verde D	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,26	70%	1,9
18	Duplo verde E	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,27	50%	1,6
19	Laminado cinza A	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,39	56%	5,7
20	Laminado cinza B	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,37	60%	5,7
21	Laminado cinza C	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,28	49%	5,7
22	Duplo cinza A	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,28	67%	2,8
23	Duplo cinza B	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,29	62%	2,8
24	Duplo cinza C	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,26	56%	1,6
25	Laminado prata A	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,27	63%	5,7
26	Laminado prata B	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,28	61%	5,7
27	Duplo prata A	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,19	66%	2,8

Fonte: Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – UFSC

28	Duplo prata A	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,21	63%	2,8
29	Laminado azul A	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,28	69%	0,32
30	Laminado azul A	Vidro de controle solar (4mm) + Pvb incolor + Vidro incolor (4mm)	0,39	63%	0,44
31	Duplo azul A	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,20	71%	0,23
32	Duplo azul A	Vidro de controle solar (6mm) + Ar seco (12mm) + Vidro Laminado incolor (6mm)	0,26	70%	0,29

Fonte: Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – UFSC

Com as tabelas descritas a seguir, podemos constatar que os vidros duplos possuem transmitância térmica superior em comparação com os vidros laminados, porém a utilização de vidros de controle solar "coloridos" pode garantir um bom desempenho às edificações, dependendo de seu uso e o local que será construída.

2.1.2 Capacidade Térmica

Capacidade térmica é uma propriedade física que indica a capacidade de um corpo para armazenar calor, ou seja, determina a relação entre a quantidade de calor fornecida a um corpo e a variação de temperatura observada nele. De modo geral, esta propriedade é mais alta em corpos cujas massas e densidades sejam mais altas. Em climas com maiores amplitudes térmicas, sistemas construtivos mais espessos e mais densos acumulam calor nas horas mais quentes do dia e o liberam durante a madrugada, quando o ar é normalmente mais frio, contribuindo assim para a reduzir as oscilações das temperaturas internas e proporcionar mais conforto aos usuários. (RORIZ, 2016)

A capacidade térmica é dada pelo quociente entre a energia fornecida sob forma de calor e o aumento resultante na temperatura do corpo.

Os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar das vedações externas de ambientes de permanência prolongada devem ser atendidos de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação se localiza, conforme ilustrado abaixo:

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m²K)]	Capacidade térmica [kJ/(m²K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência
ZB3 a ZB6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB7	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB8	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sem exigência
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

Fonte: ABNT NBR 15.575-4, NBR 15.575-5 e NBR 15.220-3

2.1.3 Fator Solar

O fator solar é a parcela de energia solar transmitida diretamente somada à parcela de energia solar

absorvida pelo vidro e retransmitida para dentro do ambiente. Portanto, fator solar é a quantidade total de calor que atravessa o vidro. Quanto menor o fator solar, menor o ganho de calor.

2.1.4 Sombreamento

Coeficiente de sombreamento é a relação entre o ganho de calor solar através de um determinado vidro, sob condições ambientais específicas, e o ganho de calor solar através do vidro de referência nas mesmas condições. O vidro de referência para a norma americana é o DSA (*double strenght sheet glass*), vidro estirado incolor de 1/8 de polegada e resistência mecânica duas vezes maior do que o vidro comum (he=22,7 W/m2 .ºC e hi=8,3W/m2 .ºC). As características ópticas do DSA são: transmissividade direta de 0,86, refletividade de 0,08 e absorvidade de 0,06. O coeficiente de sombreamento pode ser definido também como CS = (transmissividade total do vidro) / (transmissividade total do DAS = 0,87). (http://www.fau.usp.br, acessado em 05/05/2017).

2.2 Desempenho Térmico da Edificação

A NBR 15.575/2013 estabelece que uma edificação possui desempenho satisfatório superior, quando a temperatura interna do edifício se encontra à -4 ºC (menos quatro graus Celsius) da temperatura externa. Esta análise não é suficiente para edifícios comerciais, pois, em dias quentes, a redução de 4 graus Celsius não tornam o ambiente agradável para as pessoas trabalharem, sendo que, o excesso de temperatura poderá tornar o ambiente improdutivo a seus ocupantes.

Para análise do desempenho térmico necessário em edifícios comerciais, se faz necessária à análise das seguintes normas:

- NR 17: recomenda que os ambientes de trabalho, como laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento, análise de projetos, devem ter temperatura efetiva entre 20 e 23 graus Celsius, com umidade relativa não inferior a 40%;
- ISO 9241: recomenda os ambientes de trabalho devem ter temperatura entre 20 e 24 graus Celsius no verão e entre 23 e 26 graus Celsius no inverno, com umidade relativa entre 40% e 80% e a velocidade do ar menor que 0,75 m/s.

A escolha do vidro está diretamente relacionada ao desempenho térmico da edificação em São Paulo, uma vez que, quanto pior o desempenho do vidro, maior será a utilização de equipamentos de condicionamento de ar para obtenção dos limites definidos nas normas analisadas. No caso de São Paulo, a temperatura máxima diária que deve ser considerada é de 31,9 graus Celsius (NBR 15.575).

A envoltória da edificação deve atuar como um filtro entre as condições internas e externas, servindo de controle para a entrada de ar, calor, frio, luz, ruídos e odores (ANDREIS, 2014).

Besen e Westphal (2012) desenvolveram uma análise de conforto térmico e desempenho energético de fachadas com vidros laminados e vidros duplos em quatro cidades brasileiras: São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza e Curitiba, ratificando que, quanto maior o WWR (*window-to-wall ratio*) e o fator solar, maior o consumo energético. Comparando-se vidros laminados e duplos, constatou-se que ambos geram desempenho energético semelhante em Curitiba e São Paulo, enquanto que em Fortaleza e Rio de Janeiro vidros duplos de controle solar promovem maior economia, visto que aumentam o isolamento térmico da edificação, reduzindo as trocas térmicas entre o interior e o exterior da edificação. Avaliando-se Fator Solar (FS) dos vidros e WWR, Yamakawa e Westphal (2009) constataram por meio de simulação computacional que, empregando-se vidros de alto desempenho FS 25% em fachadas com WWR 60%, o consumo energético do modelo equivale ao uso de vidro com FS 45% e WWR 30%.

Neveen (2008) estima que 45% da carga de resfriamento das edificações seja proveniente das fachadas, sendo que, as escolhas dos materiais corretos estão diretamente relacionadas a este desempenho.

3 ESTUDO DE CASO

A fachada do Edifício A, empreendimento de Escritórios comerciais classe AAA, o objeto do estudo de caso, tem área de 29.000 metros quadrados.

Figura 1: planta do andar tipo



Fonte: autores do artigo.

Diversos aspectos foram considerados na escolha do tipo de fachada deste edifício, devido à certificação Leed Platinum que o edifício veio a obter após sua conclusão. Trata-se de uma fachada, iniciada antes da conclusão da estrutura do edifício (redução de prazo de execução), cuja fabricação ocorreu em indústria montada no subsolo do edifício. A fachada unitizada foi executada em painéis variáveis com larguras entre 1,25m e 3m e altura de 3,80m.

Para execução da fachada, executou-se a extrusão de 230 toneladas de perfis de alumínio, incluindo montantes, montantes de canto, travessas e contraventamentos.

Os vidros foram importados da Bélgica e Holanda, cuja principal característica foi possibilitar o conforto térmico, considerando os índices de transmitância térmica e luminosa do material e a exigência de esquadrias estanques, que reduzem a penetração de ar, aumentando, assim, a eficiência energética do sistema de ar condicionado. As janelas não podem ser abertas, para evitar perdas térmicas e a entrada de poluição.

O baixo percentual de área envidraçada e transparente na fachada (43%) e utilização de vidros de alto desempenho reduziram o ganho de carga térmica pelos ambientes internos e, consequentemente, reduziram a demanda de condicionamento de ar.

Os vidros “transparentes” verdes utilizados na fachada possuem como principais características:

- Possibilita a entrada de 70% da luz solar para dentro do edifício;
- Permite a entrada de 30% do calor solar incidente no edifício;
- Vidros laminados pirolítico *low-e Sunergy* de 12 milímetros, na cor verde;
- Condutância térmica superficial (*U-value*): 4,1W/m2.k;
- Transmitância UV: 16%;
- Coeficiente de sombreamento: 0,7;
- Fator solar: 0,6.

Os vidros brancos e verdes opacos foram obtidos com o uso de peças *extraclear* de seis e oito milímetros, serigrafados e semitemperados. Trata-se de um produto livre de ferro em sua composição, sendo este o principal motivo da eliminação dos tons esverdeados dos vidros comuns.

As principais características analisadas para escolha da fachada unitizada foram:

- Um grande número de tipos de vidro com diferentes espessuras pode ser usado: Vidro simples, Vidro de segurança laminado;
- Espessura da junta entre painéis: 13 ± 10 mm (neste caso);

- Juntas de topo e uniões de canto com parafusos;
- Disponível como viga simples ou multiapoiada.

Figura 2: Detalhe dos perfis utilizados e das fixações do caixilho na estrutura



Fonte: AGC Vidros

Figura 3: Processo executivo



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos possibilitam análise crítica para auxílio dos profissionais da construção civil na escolha de vidros de desempenho superior. As informações técnicas demonstram que determinados vidros possibilitam grandes ganhos de fator solar, porém podem apresentar baixo desempenho nos demais aspectos técnicos que devem ser levados em consideração. Além disso, coloca em discussão uma mudança cultural, onde os vidros são escolhidos inicialmente por sua qualidade estética, sem a preocupação com seus aspectos técnicos, sendo que, os aspectos técnicos devem preceder a escolha dos aspectos estéticos, uma vez que a coloração de determinados tipos de vidros está diretamente relacionada a seu desempenho.

Devido ao fato de que aproximadamente 45% da carga de resfriamento das edificações seja proveniente das fachadas, a escolha do vidro é fator de importante análise para o bom desempenho da edificação. Com os resultados obtidos, verifica-se que:

- a transmitância térmica de vidros laminados comuns oferece desempenho inadequado, cujos valores se aproximam de 5,7 W/(m2.K). Já os vidros laminados com controle solar podem possuir características cuja transmitância térmica se aproxima de 0,32 W/(m2.K), valor que satisfaz o bom desempenho térmico da edificação, sem o uso excessivo de equipamentos de condicionamento de ar;
- a capacidade térmica dos vidros deve ser analisada, sendo que o desempenho térmico poderá ser satisfatório quando obtidos valores maiores que 130 KJ/(m2.K);
- o fator solar dos vidros com controle solar possui valor de referência de 0,38, sendo que, quanto menor seu

valor, menor o ganho de calor e melhor o desempenho térmico da fachada envidraçada da edificação;
- o coeficiente de sombreamento dos vidros com controle solar deve ser menor que 0,40, sendo que, quanto menor seu valor, menor será o ganho de calor, o que representa um melhor desempenho térmico para a edificação.

No estudo de caso analisado verificou-se que o vidro utilizado possui características técnicas que não garantem o desempenho térmico satisfatório para a edificação, sendo que, para garantir a redução do consumo de ar condicionado da edificação e aumento do desempenho térmico da fachada foram necessárias as instalações de persianas automáticas, cujos fechamentos ocorrem com a incidência do sol; redução da área envidraçada transparente, com a alteração do projeto arquitetônico e aumento da área envidraçada opaca (vidros brancos opacos).

5 REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.575 - Edificações habitacionais — Desempenho.

_____. NR 17 – Ergonomia.

_____. ISO 9241 - Ergonomics of Human System Interaction.

AGC Vidros. Catálogo técnico de vidros de controle solar. São Paulo, 2016.

ANDREIS, Cínthia. Desempenho energético de fachadas envidraçadas em climas brasileiros. Artigo do XV encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

ARRUDA, Tiago Schnorr. Estudos de modalidades para a execução de fachada cortina. Tese de graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

BESEN, Priscila; WESTPHAL, Fernando Simon. Uso de vidro duplo e vidro laminado no Brasil: avaliação do desempenho energético e conforto térmico por meio de simulação computacional. ENTAC. Minas Gerais, 2012.

NEVEEN, Hamza. Double versus single skin facades in hot arid areas. Energy and Buildings. Northumbria University, UK, 2008.

OLIVEIRA, Luciana Alves. Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves. Tese de doutorado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

Revista Techne – edição 181: Sistema Unitizado de fachadas modulares, 2011.

_____. Edição 191: Sistema de fachadas unitizadas com caixilhos pré-fabricados favorece alta produtividade em obras de edifícios comerciais e corporativos, 2013.

Revista Tecnologia e Vidro – edição 72: Atenuação acústica com vidros. 2016.

RORIZ, Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Núcleo de Referência das Paredes de Concreto: http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto, acessado em 29 de abril de 2017.

WESTPHAL, Fernando Simon. Influência do Percentual de Abertura nas Fachadas e do Fator Solardos Vidros na Etiquetagem do PROCEL / INMETRO: Método Prescritivo X Simulação. XI Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído. Rio de Janeiro, 2011.