

# ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO REFRAATÓRIO EM VIDRO HABITAT VIA TESTE DE INCIDÊNCIA LUMINOSA

## ANALYSIS OF THERMAL COMFORT AND REFRACTORY PERFORMANCE IN HABITAT GLASS VIA LUMINOUS INCIDENCE TEST

Édson De Sousa Lima Júnior<sup>1</sup>, João Marcus Pereira Lima e Silva <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Integração do Sertão – FIS, Serra Talhada-PE, Brasil.

### Resumo

As superfícies translúcidas são bastantes frágeis no que diz respeito à ganho de calor, permitindo facilmente a entrada de radiação no interior dos ambientes das edificações. A proporção entre superfícies translúcidas e opacas de uma edificação constitui em um fator decisivo para o conforto térmico do ambiente, já que em grandes áreas envidraçadas usadas sem critérios técnicos são as principais responsáveis pelo ganho de calor no interior dos ambientes das edificações. O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento dos vidros refletivos da linha Habitat, vidros de proteção solar, em ambiente de exposição de incidência luminosa controlada, simulando fachadas de grandes envidraçamentos. Para este teste foram utilizadas amostras-teste construídas no laboratório da Faculdade de Integração do Sertão – FIS, providas de amostras de diversas tonalidades da tecnologia habitat. Neste estudo se analisa o desempenho fotométrico de cada tonalidade de vidro, por meio de utilizando o luxímetro, verificando melhores tonalidades para envidraçamentos inteligentes buscando o conforto térmico e a eficiência energética.

**Palavras-chave:** Vidros Refletivos. Teste Refratório. Eficiência Energética.

### Abstract

The translucent surfaces are quite fragile with regard to heat gain, allowing the entry of radiation into building environments easily. The proportion between translucent and opaque surfaces of a building is a decisive factor for the thermal comfort of the environment, since large glazed areas used without technical criteria are the main responsible for the heat gain inside building environments. The objective of this work is to study the behavior of reflective glasses from the Habitat line, solar protection glasses, in an environment of exposure with controlled light incidence, simulating large glazing facades. For this test, test samples constructed in the laboratory of the Sertão Integration Faculty – FIS were used, provided with samples of different shades of habitat technology. In this study, the photometric performance of each shade of glass is analyzed, using a luxmeter, verifying the best shades for intelligent glazing, seeking thermal comfort and energy efficiency.

**Keywords:** Reflective Glass. Refractory Test. Energy Efficiency.

## Introdução

A fachada de edifícios deve atuar como mediador entre o interior e o exterior, desta forma, controlar as variáveis climáticas que influenciam no conforto da edificação. O conforto térmico influencia diretamente na produtividade satisfação e qualidade de vida dos usuários. De acordo com Harkness (1978), a radiação solar relaciona-se diretamente ao conforto térmico das edificações. Em se tratando de ganho e perda de calor, as janelas constituem uma parte frágil da edificação (RIVERO,1986). Ainda Szokolay (1977) coloca que

“[...] todas as edificações são edificações solares: todas têm algum ganho de energia solar, apenas algumas são maiores e outras são menores na utilização da energia radiante recebida [...]”.

Os sistemas de envidraçamento, além de afetarem na estética do edifício, são responsáveis pela ventilação e iluminação natural, influenciando diretamente no conforto dos usuários e no consumo energético. No inverno há perda de calor através desses envidraçamentos, enquanto que no verão ocorre a entrada indesejada de calor.

O aquecimento excessivo devido a superfícies transparentes é causado por um efeito térmico conhecido como efeito estufa (GIVONI,1976). Os vidros são transparentes à radiação de onda curta e opacos à radiação de onda longa. A maior parte da radiação solar, que é transmitida diretamente por esses materiais, é absorvida pelas superfícies internas e objetos, aquecendo-os. Essas superfícies aquecidas emitem radiação térmica, de onda longa, que não consegue ser transmitida para o ambiente externo, pois esses materiais são opacos à mesma.

Por esse motivo, a quantidade de superfícies envidraçadas ou a localização das mesmas influenciam muito no controle térmico e luminoso de um edifício. Porém, muitos edifícios são projetados sem a menor preocupação com as questões de conforto, e por isso se faz necessário o uso de sistemas artificiais de iluminação e refrigeração, provocando assim um aumento no consumo de energia.

Buscando solucionar estes problemas, foram lançados pelo vidreiro os vidros termo absorventes. Porém com o uso desses vidros, os problemas de conforto não foram plenamente resolvidos.

Depois surgiram os vidros refletivos, também com o objetivo de minimizarem os problemas de conforto. Estes vidros, considerados de controle solar, foram e continuam sendo muito empregados na arquitetura nacional e internacional. Porém, muitas vezes estes vidros acabam sendo usados e não se consegue o desempenho térmico e luminoso esperado.

O uso de vidros em fachadas sem o devido critério tem se mostrado nas últimas décadas como um dos grandes responsáveis pelo desconforto térmico, principalmente em locais de grande insolação e calor, como é o caso do Brasil. As fachadas passaram a apresentar áreas cada vez maiores de vidros, chegando a atingir praticamente 100% em muitos casos, ocasionando um ganho extra de radiação solar (ROMERO; GONÇALVES; DILONARDO, 1999).

O engenheiro civil tem um papel muito importante ao iniciar o processo de concepção de um projeto. A eficiência energética de um edifício pode ser maior ou menor em função de um projeto consciente que considere as variáveis ambientais envolvidas. Elementos como implantação, orientação, ventilação, materiais e componentes construtivos empregados na obra precisam ser decididos durante a concepção do projeto. Segundo Petrone (1993), a utilização racional de energia não consiste apenas na redução do consumo, mas principalmente na adequação e otimização dessa energia. O objetivo desse estudo foi de avaliar a relevância do uso de vidros com a tecnologia habitar em regiões de alta incidência luminosa e confrontar o seu desempenho com os resultados obtidos de vidros comuns.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### CONFORTO DO AMBIENTE

O homem, devido a sua grande capacidade de adaptação tem conseguido fixar-se em diferentes locais. Mesmo suportando diferentes tipos de clima, ele apenas se sente termicamente confortável em estreitos limites de condições ambientais (RORIZ, 2001).

O projeto arquitetônico afeta diretamente o consumo de energia e o conforto da edificação, pois interfere no fluxo de ar, na iluminação e calor solar recebidos pela edificação.

Segundo Harkness (1978), em se tratando de conforto ambiental, as superfícies transparentes da fachada precisam permitir a passagem da luz, proteger do calor e do frio, além de estar atrelada a um elemento estético. Com isso, a quantidade de envidraçamento ou a localização do mesmo determina o controle luminoso, térmico e acústico do edifício.

Analisando a evolução tecnológica das esquadrias e envidraçamentos, é notória a maior procura por espaços de vidro cada vez maiores. Nota-se claramente na arquitetura do começo do século XX, edifícios de vidro protótipos de centros administrativos, sem levar em consideração questões sociais, tecnológicas ou econômicas, chegando a uma homogeneização.

De acordo com Mascaró (1980), após um levantamento realizado em edifícios envidraçados sem proteção adequada e climatizados artificialmente apresentou que estes prédios chegam a consumir, em média, durante sua vida útil, 23 vezes mais energia que a utilizada em sua construção. A pele de um edifício opera como filtro entre as condições internas e externas controlando assim a entrada da luz, do calor, do ar, do frio, dos ruídos e dos cheiros. Desta maneira os materiais que constituem a pele de vidro das edificações têm um papel fundamental na utilização e no controle dos raios solares (OLGYAY, 1998).

De acordo com Roriz (2001) a radiação solar transmitida pelo vidro para o interior do ambiente é absorvida e/ou refletida pelos objetos existentes no ambiente. Essa energia aquece os objetos e é reemitida ao ambiente na forma de infravermelho longo. Processo este que acaba provocando o "efeito estufa", já que o vidro não filtra a entrada da radiação solar de onda curta, mas não deixa sair as radiações de onda longa emitidas pelas superfícies internas, provocando o aquecimento do ambiente.

### RADIAÇÃO SOLAR

É a energia que é transmitida no espaço a alta velocidade, sem a necessidade de meio material para propagar-se. Ela compõe a principal fonte de energia para o planeta. A radiação solar é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética, e os principais parâmetros relacionados são: frequência, comprimento de onda e a velocidade de propagação.

De acordo com Givoni (1976), a radiação é seletivamente absorvida na atmosfera, conforme o seu comprimento de onda. O sol emite radiação de ondas curtas em alta temperatura, depois de passar pelo vácuo e ser filtrado pela atmosfera, atinge a superfície da Terra, e então começa a emitir radiação de ondas longas de baixa temperatura. O principal fator na definição do clima é a radiação solar, é também um dos mais importantes na definição de um projeto arquitetônico, já que influencia na posição das fachadas, no tamanho dos vãos de aberturas e nos tipos de vidro a serem empregados (SANTOS 2002).

Cada um dos três componentes de radiação mencionados acima corresponde a uma faixa de comprimento de onda. Dependendo das condições atmosféricas, da cobertura de nuvens e da presença de vapor d'água, essas proporções podem variar.

### CARACTERÍSTICAS ÓTICAS DOS ELEMENTOS TRANSLÚCIDOS

De acordo com Barrows (1960) a radiação solar ao incidir sobre uma superfície pode ser absorvida, refletida ou refratada de acordo com a propriedade da substância que forma a superfície.

Ao projetar-se uma luz sob uma superfície translúcida, basicamente os seguintes fenômenos são apresentados:

- a) Reflexão das interfaces entre os meios a qual a luz é projetada;

- b) Refração devido à diferença na velocidade de propagação de um meio para outro;
- c) Absorção de parte da radiação, reduzindo sua intensidade;
- d) Transmissão de radiação para o meio, após absorções e reflexões.

### **Características Óticas dos Elementos Transparentes**

A da radiação que incide sobre a superfície transparente é absorvida pela espessura e, em seguida, dissipada por convecção, e a outra parte é refletida sem aquecer o material; a terceira é transmitida. A quantidade em que isso acontece depende das características do vidro usado e do ângulo de incidência da radiação. As propriedades espectrofotométricas de transmissão, reflexão e absorção permitem que o vidro atue seletivamente sobre a radiação solar incidente (SHOLZE,1980).

### **FATOR SOLAR**

Este parâmetro corresponde à razão entre a energia total que entra em um local através do vidro e a energia solar incidente. É determinado pela soma da parte transmitida diretamente pelo vidro mais a parte da energia absorvida e re-irradiada para o meio ambiente.

### **GANHO DE CALOR SOLAR**

A parte da radiação transmitida ao ambiente afetará diretamente o conforto instantâneo e constituirá a parte principal do ganho de calor. A densidade do fluxo de ganho de calor é determinada pela soma do fator solar e a transferência de calor devido à diferença de temperatura entre o ar externo e interno.

### **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

No Brasil, país de clima tropical, os ambientes de trabalho costumam ser equipados com ar-condicionado para tornar a temperatura ambiente mais agradável. No entanto, o consumo de energia dos edifícios é alto.

Os vidros ensaiados nesse trabalho proporcionam diferentes temperaturas ao ambiente, bem como luminosidade e radiação peculiar em cada caso, visto isso pode-se abaixo iniciar as demonstrações da experimentação.

## **Materiais e Métodos**

### **ESTUDO DE CASO**

O presente experimento tem por finalidade medir a incidência luminosa em um anteparo preto fosco após atravessar vidros da tecnologia *Habitat*, determinando assim o grau de eficiência das diferentes tonalidades de vidros.

Os vidros utilizados nos ensaios foram: Vidro Incolor, Vidro *Habitat* Refletivo Neutro Incolor, Vidro *Habitat* Refletivo Cinza (Fumê), Vidro *Habitat* Refletivo Champanhe, Vidro *Habitat* Refletivo Azul, Vidro *Habitat* Refletivo *Reflecta Float*, e Vidro *Habitat* Refletivo Esmeralda, todos de 8 mm. Todos os vidros fornecidos para este ensaio foram fornecidos pela Casas Bandeirantes Ltda. As colorações escolhidas tiveram como base seu desempenho diante do mercado vidreiro nas regiões norte e nordeste.

Foi utilizado a lanterna policromática com três aberturas modelo: EQ045M.01 (Figura 1), um anteparo negro fosco, uma lente de plano convexo modelo EQ045.33 (Figura 2) de distância focal 250mm, uma lente de plano convexo modelo EQ045.34 (Figura 3) de foco em 125mm, um banco óptico linear e um luxímetro. Material fornecido pela Faculdade de Integração do Sertão.

**Figura 1 - Lanterna Policromática**



Fonte: Autor (2021)

**Figura 2 - Lente Modelo EQ045.33**



Fonte: Autor (2021)

**Figura 3 - Lente convexa EQ045.34**



Fonte: Autor (2021)

O estudo foi composto do posicionamento da lanterna policromática no banco óptico linear (Figuras 4 e 5), sendo considerado zero o seu início do raio luminoso, a uma distância de quinze centímetros foi fixo uma lente convexa de foco 250mm, partindo da primeira lente convexa foi instalada uma posteriormente a mesma a uma distância de vinte e cinco centímetros, só que está com um foco de 150mm, após a fixação da segunda lente foi posto um anteparo fosco que foi posicionado a 20 cm onde foi utilizado para medição da luminosidade com um luxímetro.

**Figura 4 – Montagem da Bancada de teste**



Fonte: Autor (2021)

**Figura 5 – Montagem da Bancada de teste**



Fonte: Autor (2021)

## Resultados e Discussões

Na Tabela 1 abaixo foram obtidos os seguintes resultados, todas as unidades de medida foram consideradas em ordem de  $10^3$  lux:

**Tabela 1 - Medições experimentais na superfície fosca**

Tonalidade	1º Medição	2º Medição	3º Medição	Média
Incolor	28,00	28,00	28,00	28,00
<i>Habitat</i> Neutro Incolor	17,50	17,30	17,40	17,40
<i>Habitat</i> Refletivo Cinza	6,30	6,60	6,00	6,30
<i>Habitat</i> Refletivo Champanhe	12,00	11,46	11,48	11,65
<i>Habitat</i> Refletivo Azul	7,80	7,60	7,40	7,60
<i>Habitat</i> Refletivo Esmeralda	9,80	9,90	9,90	9,87
<i>Reflecta Float</i>	8,70	8,90	8,80	8,80

Fonte: Autor (2021)

Tendo os resultados obtidos pode-se verificar o percentual de absorção tendo os seguintes resultados apresentados na Tabela 2 a seguir:

**Tabela 2- Resultados**

Tonalidade	Percentual de Absorção Luminosa
Incolor	100%
<i>Habitat</i> Neutro Incolor	37,86%
<i>Habitat</i> Refletivo Cinza	77,50%
<i>Habitat</i> Refletivo Champanhe	58,40%
<i>Habitat</i> Refletivo Azul	72,86%
<i>Habitat</i> Refletivo Esmeralda	64,76%
<i>Habitat</i> Refletivo Reflecta Float	68,57%

Fonte: Autor (2021)

Com a análise dos dados pode-se verificar que a tecnologia *Habitat* tem uma redução significativa na quantidade de radiação transmitida para os ambientes, com os dados apresentados pode-se analisar separadamente cada tonalidade de vidro e observar cada resultado acrescentando as características de cada aplicação.

O vidro incolor monolítico é o mais simples de todos, ele possui nível de translucido de 100%, não possui proteção UV e termicamente ele não possui nem um nível de isolamento em comparação com a tecnologia *Habitat*. Vantagens em detrimento da tecnologia é o baixo custo, fácil instalação em envidraçamentos e alta demanda de matéria prima, em duas desvantagens pode-se verificar a inexistência de isolamento térmico, a falta de capacidade de filtro UV em relação a tecnologia analisada.

O vidro *Habitat* neutro incolor é o nível mais simples da tecnologia, ele tem característica de baixo filtro de UV e baixo nível de isolamento, essa tonalidade de vidro é muito utilizada em envidraçamentos de interiores, como jardins de inverno, ou envidraçamentos de arquiteturas de interiores. As vantagens dessa tonalidade são baixo custo em comparação ao restante da tecnologia, fácil aplicabilidade, pois não necessita de grandes artifícios tecnológicos para sua instalação, geralmente são utilizadas esquadrias em alumínio de baixa tecnologia. As desvantagens dessa coloração são: O filtro de UV é considerado de baixa capacidade, ele tem limitação em relação a sua usualidade, não possui camada protetora metálica que não dá o efeito de espelhamento e assim esteticamente o vidro assemelha-se ao monolítico.

O Vidro *Habitat* Refletivo Cinza analisada como a melhor qualidade de absorção de luminosidade de todas as tonalidades analisadas, possui nível de absorção de mais de 75%, é amplamente utilizada em envidraçamentos de sacadas e em peles de vidros de alto desempenho, o desempenho desse material está diretamente ligado a qualidade de instalação.

As vantagens dessa tecnologia são o seu alto desempenho em relação as restantes da paleta de tonalidades, película metalizada de alta qualidade que causa o efeito de espelhamento. Suas desvantagens são os altos custos para aquisição, manutenção, instalação, baixa rotatividade de mercado e dificuldade de matéria-prima.

O Vidro *Habitat* Refletivo Azul analisado como a segunda melhor tonalidade em relação a qualidade de absorção luminosa, possui níveis de absorção de mais de 70%, amplamente utilizado em envidraçamento de alto desempenho, o desempenho desse material e o as suas características estéticas ressalta essa tonalidade como a linha de luxo da tecnologia *Habitat*. Suas vantagens são alto desempenho de absorção UV, tonalidade especial considerada a linha de luxo, fácil aplicabilidade tendo como principais envidraçamentos em alumínio e em fibra de carbono. As suas principais desvantagens são: Custo de manutenção elevados, pois sua camada metálica desgasta-se 15% mais rápido do que as demais colorações, possui baixa quantidade de matéria prima no mercado brasileiro, tendo como suas principais componentes sendo de origem europeias.

O Vidro *Habitat* Refletivo Reflecta Float analisando como a melhor tonalidade de envidraçamento residencial do mercado vidreiro, possui alta capacidade de absorção UV protegendo ambientes residenciais como eficiência e com baixo custo, entretanto sua produção será descontinuada em 2025, tendo em vista a entrada da tonalidade esmeralda. A descontinuação da tonalidade se deu pela utilização de suas camadas metálicas para espelhamento. Suas vantagens têm-se fácil aplicação em nível residencial, ampla adaptabilidade de aplicação, e custo-benefício compatível com o mercado. Principais desvantagens têm-se a descontinuidade de produção, a falta de vidro no mercado para reposição de peças, e dupla laminação, que torna mais suscetíveis a degradação térmica.

O Vidro *Habitat* Refletivo Esmeralda nova linha da tecnologia *Habitat* tem o conceito de ser a nova modalidade de vidros sem camada metálica e ainda matem os espelhamentos por meio de aditivos adicionados a massa dos componentes vidreiros. Sua vantagem seria as novas tecnologias aderidas a massa do vidro, baixo custo devido ao lançamento. Nas suas desvantagens temos a falta de informações adequadas referente a um produto novo no mercado ainda não teve tempo suficiente para a coleta de dados.

O Vidro *Habitat* Refletivo Champanhe atualmente é o mais amplamente utilizado no mercado norte e nordeste, tem o custo baixo e ampla facilidade de instalação, entretanto é o de menor de proteção UV de todas as tonalidades. As vantagens dessa tonalidade é custo baixíssimo, fácil aplicação, de muita aceitação dentro do mercado da arquitetura e ampla disponibilidade de matéria prima, e matéria de reposição. As desvantagens são baixo nível de proteção UV, sensibilidade térmica elevada diminuindo assim a degradação do material, e fragilidade na sua manutenção.

## Referências

ARNAUD, A. Industrial production of coated glass: future trends for expanding. *Journal of Non-Crystalline Solids*, Amsterdam, v.218, p.12-18, Sept. 1997.

BARROWS, W.E. Luz, fotometria y luminotecnia. Buenos Aires: Hispano Americana, 1960.

BRATKE, C. Desenho Prismático - Edifício Attilio Tinelli. *Finestra Brasil*, São Paulo, ano 6, n. 23, p.72-76, 2000.

CASTRO, A.P.A.S. Desempenho térmico de vidros utilizados na construção civil: estudo em células-teste. 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

CEBRACE CRISTAL PLANO. Disponível em: <<http://www.cebrace.com.br>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

CHVATAL, F.M.S. A prática do projeto arquitetônico em Campinas, SP e diretrizes para o projeto de edificações adequadas ao clima. 1998. 173f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

GELINSKI, G. Torre de vidro e granito. *Finestra Brasil*, São Paulo, n.32, p.62-67, jan./mar. 2003.

GRANQVIST, C.G. Materials science for solar energy conversion systems. Suécia: Physics Department, Chalmers University of Technology, 1991.

LABAKI, L.C.; CARAM, R.M.; SICHIERI, E.P. Os Vidros e o conforto ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, 3./ ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995, Gramado. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 1995. p.215-220.

SAINT-GOBAIN GLASS. Manual do vidro. Milão: Rotolito Lombarda, 2000.

SANTA MARINA. O Vidro na arquitetura. São Paulo: Projeto, 1993.

SANTOS, J.C.P. et al. Procedimento prático para cálculo de ganhos de calor solar através de materiais transparentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7./ CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO, 3., 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ANTAC, 2003.

SCARAZZATO, P.S. Conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural: dados referenciais para localidades brasileiras. 1995. 2v. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

TEIXEIRA, F. O Vidro plano no Brasil. São Paulo: Prêmio Editorial, 2001.

Recebido em: 10/05/2021

Aprovado em: 20/06/2021