



## UTILIZAÇÃO DE PELÍCULA REFLEXIVA EM FACHADAS ENVIDRAÇADAS DE EDIFÍCIO SITUADO EM LOCAL DE CLIMA TROPICAL ÚMIDO DE ALTITUDE

**BORDEIRA, Jose A.S. (1); BASTOS, Leopoldo E. G. (2); QUEIROZ, Teresa C. F. (3)**

(1) Engenheiro Mecânico M.Sc. Prof. Escola de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis. R. Barão do Amazonas, 124 Centro Petrópolis RJ CEP 25600-000 e-mail: [bordeira@compuland.com.br](mailto:bordeira@compuland.com.br)

(2) Engenheiro Mecânico, D.Sc. Prof. PROARQ Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ. Av. Mal Trompowski, s/n Prédio da Fau sala 433 Ilha do Fundão CEP 21941-590 Rio de Janeiro e-mail: [leaurico@terra.com.br](mailto:leaurico@terra.com.br)

(3) Arquiteta, D.Sc. Prof. PROARQ FAU UFRJ. e-mail: [gaudinpr@oceanetpro.net](mailto:gaudinpr@oceanetpro.net)

### RESUMO

Este trabalho tem por objetivo evidenciar o ganho de energia solar que as fachadas envidraçadas impõem aos ambientes interiores das edificações em um local de clima tropical úmido de altitude. Para tanto é realizada uma comparação entre os registros temporais de parâmetros do ar ( temperatura e umidade) nos ambientes interiores e exterior. O objeto de estudo é um edifício comercial na cidade de Petrópolis, RJ, cujas fachadas são constituídas integralmente por superfícies de vidro. Foram selecionados dois conjuntos de salas, numa mesma fachada externa, cujas vidraças apresentam diferentes características quanto à transmissão de energia solar e luz natural. O estudo comparativo está baseado em três séries de registros de dados de temperatura de bulbo seco e de umidade relativa do ar exterior e dos parâmetros do ar interior nos ambientes. O estudo também pretende evidenciar que a utilização de uma película reflexiva sobre a superfície interna do vidro comum reduz o ganho de energia para o ambiente protegido. Os resultados são apresentados em forma de gráficos, a partir dos quais são realizadas as análises comparativas entre as condições internas das salas. O estudo permite concluir que a utilização de meios simplificados de proteção dos vidros comuns atenuam o ganho de energia solar para o interior dos ambientes, mas implica em emissões radiantes menores para o meio externo após o período de insolação nos vidros, favorecendo um aquecimento ambiental em períodos de ocupação noturna.

### ABSTRACT

The purpose of this study is to emphasize the solar energy gain through the window glasses of a building in an altitude tropical humid climate site, Petrópolis city, RJ. The selected building has façades constituted by pane windows. There were selected two flats at a same façade but not sited at the same floor and having different optical pane windows. Experimental data are obtained from the two flats: indoor ambient air temperatures and humidity histories. Also the same for the exterior ambient air. A comparative study is performed, based in three data set of dry bulb and relative humidity indoor and outdoor air. Besides the paper intends to show that the use of a reflexive film on the ordinary glass reduces the solar heat gain through the window. The results are presented in a graphical form being shown a comparison between the indoor air conditions and the thermal comfort sensations from the users inside the rooms. The study concludes that the use of simple solutions, as a reflexive thin film sheet bonded to ordinary glass, can reduce the solar energy flux through the window, but also reduces the infra-red radiant emissions from the room to the outdoor space.

## **1. INTRODUÇÃO**

Em nosso país de larga extensão territorial e clima predominantemente tropical há regiões, com características do tipo quente-úmido, evidenciadas pelos registros variáveis de temperaturas e umidades do ar, que provocam nos habitantes acentuadas sensações de desconforto notadamente no interior dos edifícios durante os meses de verão.

Associado a essas características climatológicas, há o fato de, nos partidos arquitetônicos dos edifícios, não serem utilizadas, nas últimas décadas, soluções de projeto com recursos passivos para minimizar os ganhos de calor nos ambientes interiores através dos envelopes das fachadas .

Esses fatos induzem ao largo emprego de sistemas de ar condicionado na busca do desejado conforto térmico ambiental em edificações residenciais, públicas, comerciais e industriais.

No caso industrial, há que se considerar que o uso da energia elétrica é destinado, preponderantemente, ao acionamento de equipamentos. Portanto, tal consumo de energia, a princípio, independe de parâmetros arquitetônicos. No entanto, a arquitetura fabril deve estar em consonância com as questões ambientais e proporcionar aos operários condições de salubridade, conforto e segurança.

De outro modo, nos setores residencial, comercial e público, o papel da arquitetura é decisiva para o estabelecimento do conforto térmico adequado com uma redução do consumo de energia elétrica.

O emprego de sistemas de ar condicionado induz a um aumento no consumo de energia elétrica. Dessa forma, atualmente, a busca de soluções que reduzam o consumo de energia elétrica é recomendável e, portanto, deve ser alcançada na medida do possível.

Este artigo constata, em um primeiro momento, o expressivo ganho de carga térmica através de fachadas envidraçadas no envelope das edificações.

Além disso, avalia a hipótese de que a redução de carga térmica é possível se obter, quando são utilizados elementos de proteção às superfícies envidraçadas, que atenuem os efeitos de incidência da radiação solar sobre as fachadas.

O trabalho de caráter experimental utilizou como objeto de estudo um edifício comercial de dez pavimentos, com escritórios e consultórios de profissionais liberais. O edifício é situado em Petrópolis – RJ, cuja principal característica arquitetônica é ter suas fachadas constituídas, quase inteiramente, por superfícies de vidro.

## **2. OBJETO DE ESTUDO**

### **2.1. Condições Climáticas do Sítio**

A cidade de Petrópolis apresenta clima caracterizado como clima tropical úmido de altitude, segundo a classificação climática de Hertz (1998).

O clima tropical úmido de altitude encontra-se, predominantemente, entre 400 e 1200 metros acima do nível do mar. Geralmente, apresenta duas estações: quente-úmida durante o verão e a estação seca no inverno. Sobretudo no verão, a temperatura mais elevada durante o dia pode causar sensação de desconforto aos indivíduos. A temperatura média, durante o dia, situa-se na faixa compreendida entre 19° e 26° C. À noite, a temperatura sofre um declínio situando-se, muitas vezes, abaixo do limite de conforto. Na estação seca, há uma perda de energia por radiação à noite. No verão, a radiação direta é intensa, mas constata-se que a radiação difusa é maior no verão do que aquela ocorrida durante o inverno (ROMERO, 2001).

### **2.2. Características Arquitetônicas**

O edifício objeto deste estudo é uma construção de 1983, constituída de dez pavimentos-tipo com salas para profissionais liberais, um pavimento térreo, um subsolo e três pavimentos para estacionamento de veículos.

Nesse edifício foram selecionados dois conjuntos de salas: um no oitavo pavimento onde funciona um escritório de advocacia e um outro, no segundo pavimento, onde está instalado um consultório de odontologia. Ambos os conjuntos pertencem à mesma orientação solar de fachada do edifício (norte).

Todavia, as superfícies de vidro das salas do oitavo pavimento estão protegidas internamente por uma película reflexiva, enquanto que os vidros das salas do segundo pavimento não possuem qualquer tipo de proteção.

Esses conjuntos de salas servem de base para as medições de temperaturas de bulbo seco e de umidade relativa do ar interior. Na cobertura do prédio é instalado, também, um registrador para medições de temperaturas de bulbo seco e de umidade relativa do ar exterior.

A figura, a seguir, apresenta o edifício objeto do estudo, onde se observa a fachada norte onde estão localizadas as salas, onde foram registradas medições de temperaturas de bulbo seco e umidades relativas do ar.



Figura nº 1: Fotografia da fachada norte do edifício

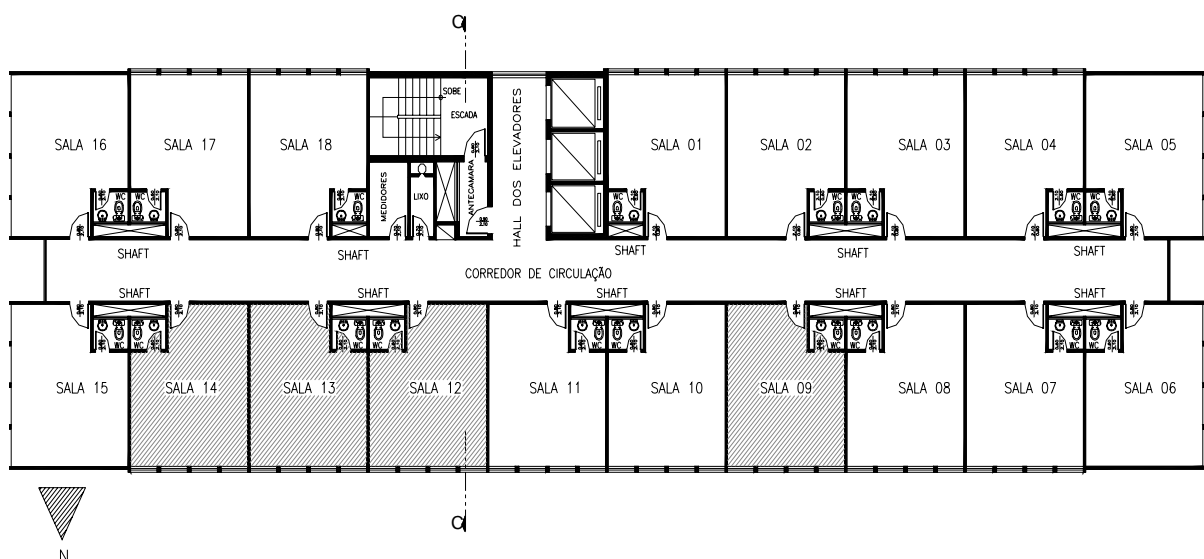


Figura nº 2: Planta baixa do pavimento-tipo escala 1/50 (reduzida)

Cada pavimento-tipo é constituído de dezoito salas de 24,4 m<sup>2</sup> cada. O edifício dispõe de três elevadores e uma escada enclausurada com antecâmara

As salas que são estudadas neste trabalho são as de nº 12 , 13 e 14, no oitavo pavimento, que constituem o escritório de advocacia e a sala de nº 9, no segundo pavimento, onde está instalado o consultório de odontologia, conforme ilustrado na figura nº 2 acima.

Apresentam-se, nas figuras a seguir, uma vista interna e o detalhamento das fachadas envidraçadas do consultório de odontologia e do escritório de advocacia:



**Figura nº 3: Fachada envidraçada (sem película) do consultório de odontologia (2º pavimento)**



**Figura nº 4: Fachada envidraçada (com película) do escritório de advocacia (8º pavimento)**

Além dos detalhes do tipo de montagem dos vidros na esquadria e da caracterização da abertura da janela, observa-se, na figura nº 4, a diferença de luminosidade entre as visualizações do exterior quando realizadas através do vidro com a película reflexiva e dos pequenos trechos externos que são visualizados pelas frestas propiciadas pela abertura da janela “*maxim-air*” (lado esquerdo na fotografia). Essa diferença é promovida pela redução de luminosidade que a película aplicada no vidro impõe à radiação solar na faixa visível do espectro eletromagnético.

A película reflexiva que protege as superfícies de vidro do escritório de advocacia tem a seguinte especificação<sup>1</sup>, do fabricante *Sun Control*:

- a) *film standart* reflexivo prata; b) espessura do filme: 2 mm; c) transmissão solar: 42 %;
- d) reflexão de luz solar: 58 %; e) coeficiente de sombra<sup>2</sup>: 0,26

A película foi aplicada na face interna dos vidros. A aplicação da película na face externa, no caso de fachadas já existentes, requer a retirada do painel de vidro da esquadria. Essa opção também torna a durabilidade da película menor em face de sua exposição às precipitações que, a médio prazo, podem danificar o adesivo usado em sua aplicação<sup>3</sup>

### **3. REGISTROS DE DADOS DE TEMPERATURA E DE UMIDADE RELATIVA DO AR**

Através dos registros de temperatura de bulbo seco, verifica-se a influência da radiação solar e o efeito da temperatura do ar sobre a superfície envidraçada com um tipo de proteção - película reflexiva - comparativamente à outra sala, no segundo pavimento, cujas superfícies de vidro não dispõem de proteção.

Para a realização dos registros de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar externo e dos ambientes do escritório de advocacia e do consultório de odontologia foram utilizados os registradores do fabricante *Onset Corporation* – USA, cujos modelos estão indicados a seguir: registradores internos: Hobo H8-003-02 e H8-007-02; registrador externo: Hobo Pro H8-032-08. Foram também registradas as temperaturas de bulbo seco dos vidros de ambos os ambientes estudados: o vidro comum de 3mm de espessura do consultório de odontologia (2º pavimento) e do vidro comum de 3mm de espessura, protegido com uma película reflexiva, do escritório de advocacia (8º pavimento). Os registros das temperaturas dos vidros foram realizados na face interna dos vidros e os sensores foram protegidos da incidência solar direta (ver figura nº 4).

Foram realizadas três séries de medidas de temperaturas de bulbo seco e de umidade relativa nos seguintes períodos: 1ª série: 26 de junho a 05 de julho de 2004; 2ª série: 9 a 30 de julho de 2004; 3ª série: 5 a 31 de outubro de 2004. O intervalo entre as medidas realizadas foi definido em uma hora em todas as séries de medidas.

Com esses registros de temperatura de bulbo seco e de umidade relativa externa e interna, verifica-se a influência da radiação solar e o efeito da temperatura do ar sobre a superfície envidraçada com um tipo de proteção - película reflexiva - comparativamente à outra sala, no segundo pavimento, cujas superfícies de vidro não dispõem de proteção.

### **4. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES E ANÁLISE COMPARATIVA**

Os resultados dos registros de temperatura de bulbo seco são apresentados, a seguir, em forma de gráficos.

---

<sup>1</sup> Dados fornecidos pela empresa que aplicou a película na superfície dos vidros.

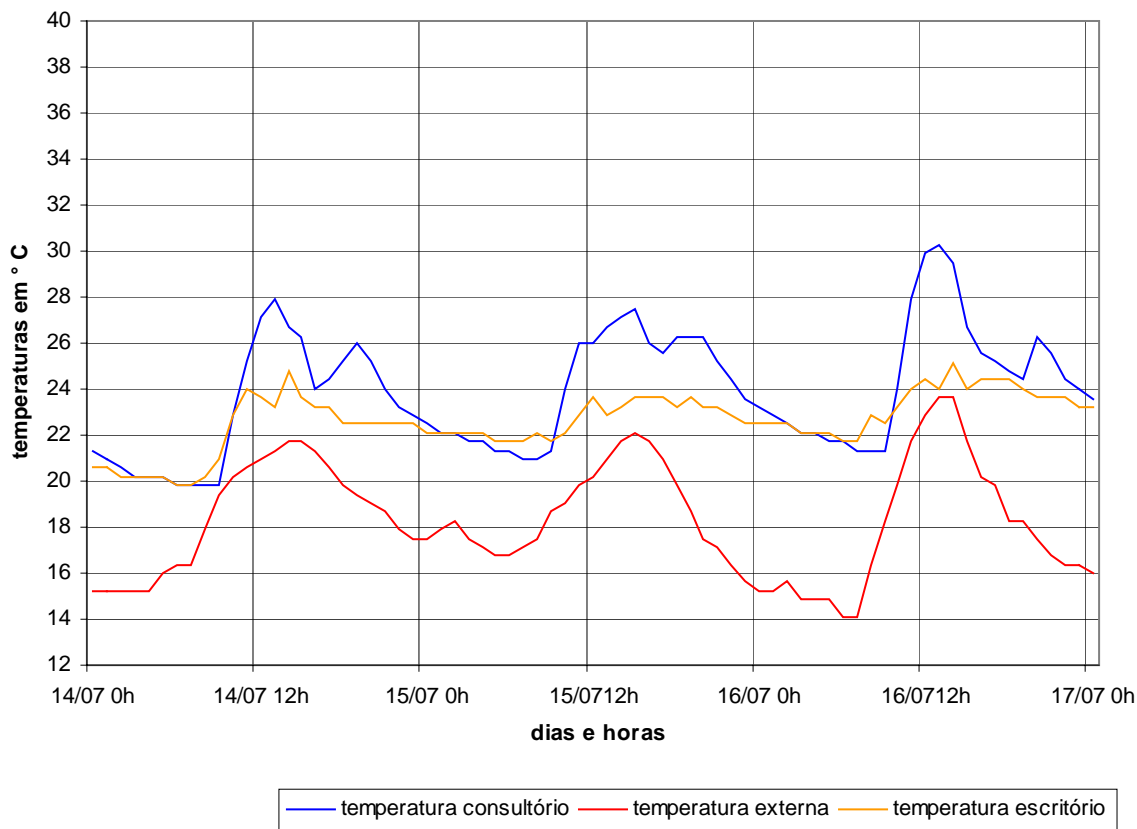
<sup>2</sup> Coeficiente de sombra: é a razão entre os coeficientes de ganho de calor solar de um determinado vidro e o vidro comum (transparente e de 3 mm de espessura), considerados um ângulo de incidência e o espectro solar do raio incidente (ASHRAE, 1997).

<sup>3</sup> Informações prestadas pela empresa que aplicou a película.

Selecionou-se o período de 14 a 16 de julho de 2004 para realizar as análises pretendidas neste artigo. Verificando-se todas as séries, constata-se que o comportamento dos perfis de temperatura são similares.

O gráfico nº 1 apresenta uma comparação entre as temperaturas internas de bulbo seco dos ambientes estudados e a temperatura externa no mesmo período.

#### Consultório de odontologia x Escritório de advocacia



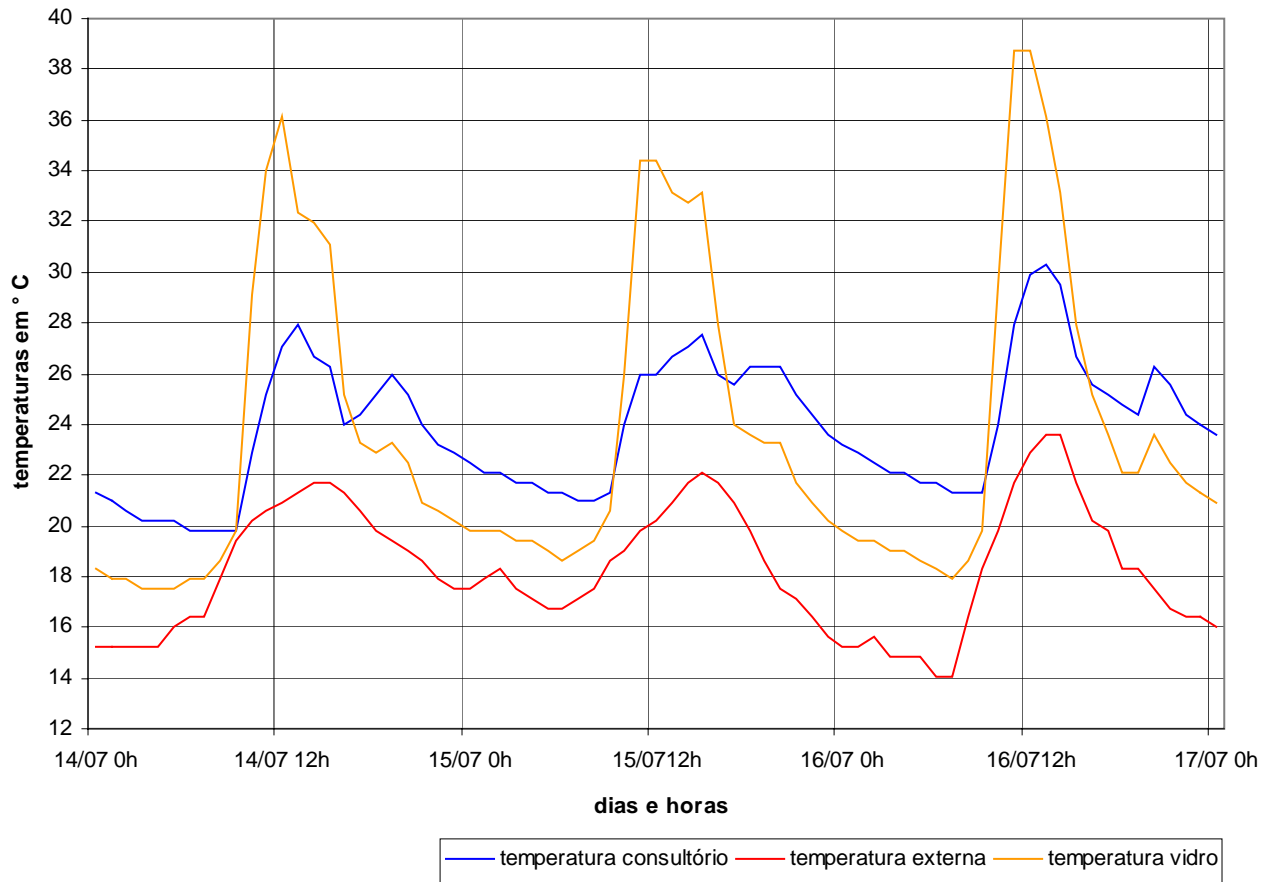
**Gráfico nº 1: Comparativo entre as temperaturas de bulbo seco do ar interior e ar externo**

O gráfico 1 compara diretamente as temperaturas de bulbo seco do escritório e do consultório. Nesta análise nota-se que:

- as temperaturas internas do escritório de advocacia apresentam uma variação de menor amplitude do que aquelas do consultório de odontologia;
- as taxas de aquecimento e resfriamento do escritório (vidros com película) são menores que aquelas apresentadas pelo consultório (vidros sem película), para um mesmo período de tempo considerado;
- nos períodos de tempo próximos à ocorrência da temperatura mínima do dia, ocorre uma inversão nas temperaturas internas do escritório e do consultório, apresentando este uma temperatura menor.

O gráfico nº 2, a seguir apresentado, ilustra o comportamento das temperaturas externa, interna do consultório e a temperatura do vidro (sem película):

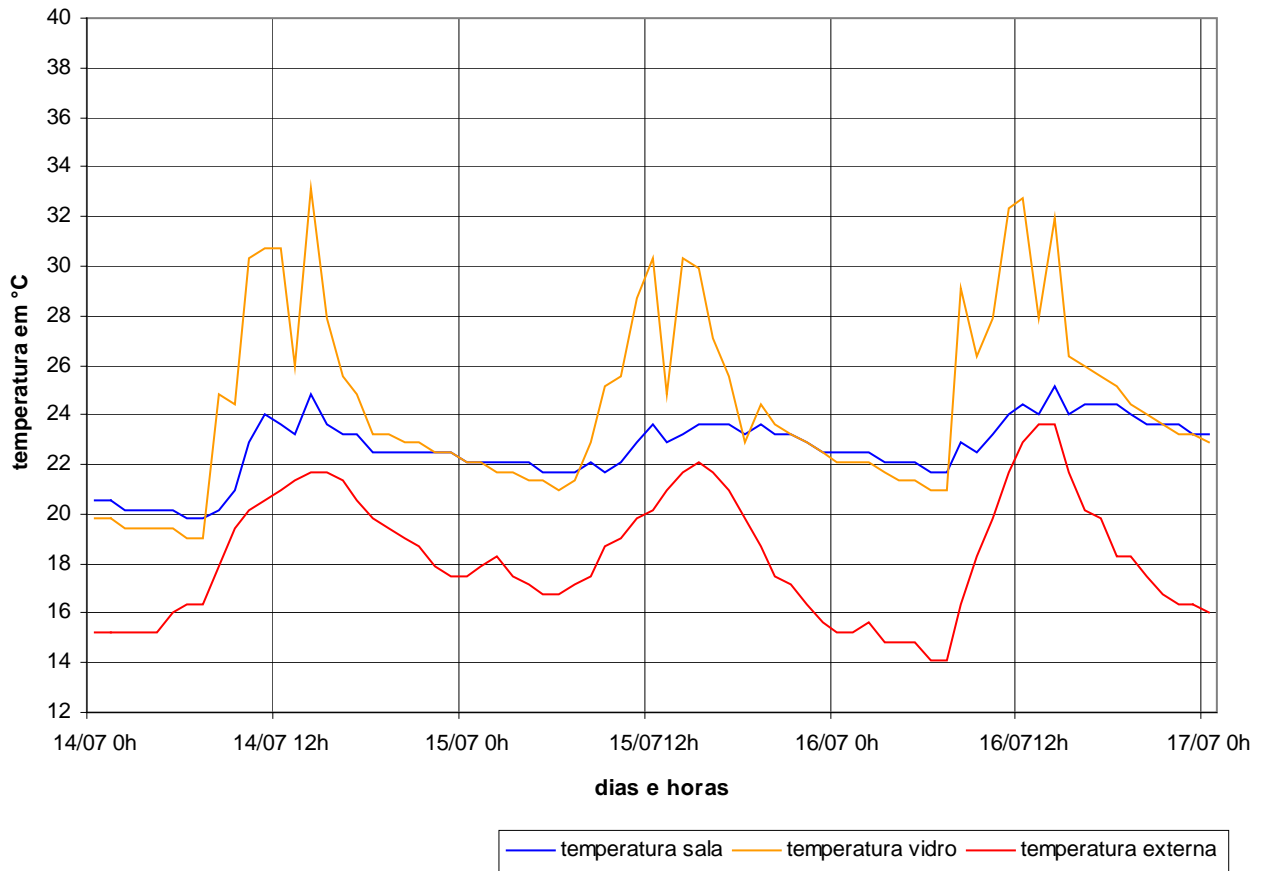
### Consultório de odontologia



**Gráfico nº 2: Temperaturas do ar exterior, interior e do vidro (sem película) do consultório**

O gráfico nº 3, a seguir apresentado, ilustra o comportamento das temperaturas externa, interna do escritório de advocacia e a temperatura do vidro (com película reflexiva):

### Escritório de advocacia



**Gráfico nº 3: Temperaturas do ar exterior, interior e do vidro (com película) do escritório de advocacia**

Os gráficos 2 e 3 ilustram as temperaturas de bulbo seco do escritório de advocacia e do consultório de odontologia, a temperatura do ar externo e as temperaturas da superfície dos vidros dos dois ambientes respectivamente. Examinando-se os dois gráficos nota-se que:

- as temperaturas internas do escritório de advocacia apresentam uma variação de menor amplitude do que aquelas do consultório de odontologia;
- no período diário de insolação, a temperatura da superfície do vidro do escritório de advocacia é menor do que aquela do vidro do consultório de odontologia;
- após o período de incidência da insolação, a temperatura da superfície do vidro do consultório de odontologia apresenta-se menor do que aquela do vidro do escritório de advocacia. Nesse caso, é possível observar que a temperatura do vidro do escritório situa-se muito próxima da temperatura do interior da sala, enquanto que a temperatura do vidro do consultório afasta-se da temperatura interna, aproximando-se da temperatura do meio externo;
- ao longo do perfil de temperaturas do vidro, verifica-se, em alguns momentos, uma queda e, em seguida, uma elevação no valor da temperatura. O perfil apresenta uma “depressão” em alguns momentos do dia. Julga-se que nesses momentos alguma nebulosidade impede, por determinado tempo, a incidência solar direta sobre o vidro. A temperatura do ar externo, para os momentos correspondentes, não apresenta significativa oscilação e, em alguns casos, não há variação.



## 5. CONCLUSÃO

Este artigo contribui com uma análise comparativa das condições internas de temperatura em dois ambientes: um ambiente de consultório de odontologia, que dispõe de vidro comum em sua janela, e um ambiente de escritório de advocacia, com vidro do mesmo tipo onde foi aplicada uma película reflexiva.

A utilização dessa proteção sobre o vidro comum apresenta custo de aplicação acessível quando comparado com o emprego de vidro especial. Acresça-se que o emprego de vidro especial, embora disponível, eleva o custo inicial do projeto. Na maioria dos casos, esse fato influencia a decisão do empreendedor de não utilizá-lo, sobretudo se a operação do edifício não estiver sob sua gestão.

A análise comparativa dos gráficos obtidos com as medições de temperatura de bulbo seco do ar nos ambientes interiores indica a redução de ganho de energia solar no ambiente protegido por vidro com película reflexiva, sobretudo nos períodos do dia em que as fachadas estão submetidas à incidência de radiação solar direta.

Verifica-se, ainda, que nos momentos de ausência de radiação solar direta, o vidro comum impõe uma perda de energia do ambiente interno para o meio exterior maior do que aquela propiciada pelo vidro protegido com a película. Indicando que para o clima tropical de altitude a aplicação da película aos vidros pode ser uma estratégia interessante.

O vidro comum, ao ser ensolarado, transforma-se em um painel radiante, como já foi verificado nos dias analisados. Este fato - a incidência de energia radiante no recinto estudado - recomenda que, ao se avaliarem as condições internas de conforto, seja utilizada a temperatura de globo, substituindo a temperatura de bulbo seco para a estimativa da temperatura efetiva. Observa-se, ainda, que na ausência de radiação solar, o vidro comum apresenta sua temperatura em declínio, com a tendência de se aproximar da temperatura externa. De outra forma, o vidro comum sem a película contribui para o resfriamento maior do ambiente, mormente em sítios de amplitude diária elevada, como é o caso de Petrópolis.

O vidro que está dotado de película reflexiva, após a ausência da insolação, resfria-se com uma taxa de perda de calor em relação ao tempo menor que aquela taxa do vidro comum (o exame das inclinações das curvas indica essa diferença de taxa de resfriamento dos vidros). Justifica-se esse comportamento do vidro com a película tendo em vista que a emissividade da composição vidro-película é menor que aquela do vidro comum (ASHRAE 1997).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. ASHRAE, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Fundamentals Handbook 1997*. Atlanta, 1997. capítulo 29

BORDEIRA, Jose Antonio Simões. **Redução de carga térmica em edifícios de fachadas envidraçadas – Um estudo no clima tropical de altitude**. 2005. 152 f. Dissertação de Mestrado. ProArq Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro

HERTZ, John B. **Ecotécnicas em Arquitetura – Como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. São Paulo: Editora Pioneira, 1998

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2003**. Disponível em <http://www.mme.gov.br/BEN/>; acesso em: 08/11/2004

RIVERO, Roberto. **Arquitetura e Clima: acondicionamento térmico natural**. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores. Tradução de José Miguel Aroztegui, 1986.

ROMERO, Marta A Bustos. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília DF: Editora Universal de Brasília, 2001.