



ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE FACHADAS VENTILADAS COM TIJOLOS CERÂMICOS SEGUNDO O PROJETO DE NORMA BRASILEIRA - DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES.

R.J.K. Mendes, M.Sc. & F. Barth, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Dept. de Engenharia Civil

Núcleo de Pesquisa em Construção – NPC

88.40-900 – Florianópolis/SC – Brasil

fone/fax: + 55 (48) 331-9272

e-mail: ecv3rkm@ecv.ufsc.br, ferbarth@arq.ufsc.br

RESUMO. Este trabalho tem como objetivo a análise de fachadas ventiladas, com base no projeto de norma brasileiro para o desempenho térmico de edificações. É avaliada a adequação das especificações do projeto de norma para a verificação do desempenho térmico de fachadas ventiladas. Para isto foi desenvolvido estudo teórico do comportamento térmico de alguns sistemas de fachadas com tijolos maciços cerâmicos. As comparações foram estabelecidas em função das transmitâncias térmicas e dos atrasos térmicos para cada sistema, calculados segundo as preconizações do projeto de norma brasileiro. Foi utilizado também um método simplificado de cálculo do fluxo de calor para as condições de verão. Questões não contempladas ou contempladas de forma implícita pelo projeto de norma como orientação e tipo de acabamento das superfícies das fachadas são também discutidas.

ABSTRACT. The aim of this paper is to analyze the natural ventilated wall system based on the Brazilian Standard draw for thermal performance in buildings. Theoretical research about thermal performance of some wall systems with clay blocks was carried out. Comparisons were established due to thermal transmittance and thermal delay for each wall system. Performance requirements of the Brazilian standard draw were available. A simple method of heat flow for summer conditions was used to evaluate the thermal performance of the walls. Aspects not commented by the Brazilian Standard draw as solar orientation and types of cladding are also discussed.

1. Introdução

As alvenarias historicamente desempenharam as funções estruturais, higrotérmicas, acústicas e de estanqueidade à chuva e ao vento, através de uma estrutura homogênea que buscava solucionar, com grau de eficácia diferenciado, as variáveis envolvidas. A utilização de estruturas nos edifícios de forma independente de suas vedações geram condições para que as vedações possam satisfazer funções específicas de forma mais eficiente.

Dentro desta diversidade de soluções para as vedações compostas, podemos destacar as fachadas ventiladas, que incorporam uma câmara de ar no seu interior, com o objetivo de melhorar o desempenho térmico nas situações de verão. O efeito de ventilação natural deste tipo de fachada é acentuado quanto maior for o grau de exposição à radiação solar, o que faz com que este tipo de vedação seja particularmente recomendável para reduzir o rigor térmico de fachadas super expostas à radiação solar.

É de sentimento empírico a compreensão que a ventilação da câmara de ar entre as paredes diminui os ganhos de calor da edificação para a condição de verão. Os fenômenos envolvidos, bem como suas variáveis, são muitos e bastante complexos.

As fachadas com câmaras de ar podem ser consideradas não ventiladas, pouco ventiladas ou muito ventiladas, conforme o projeto de norma brasileiro. Esta classificação depende basicamente das áreas de ventilação (aberturas nas paredes) em relação a área sólida. Porém nada é estabelecido se a ventilação se dá apenas nos extremos inferior e superior da fachada ou se em vários pontos ao longo da altura da mesma. Segundo Meroni et al 1991, o efeito chaminé é muito mais acentuado no primeiro caso provocando concentrações de calor na parte superior das fachadas ventiladas contínuas em edifícios com três andares.

Existem hoje vários sistemas que empregam materiais diferentes, com diferentes tecnologias de fachadas. São sistemas que se adequam não só às novas construções mas também se prestam para a recuperação de edifícios. Os sistemas industrializados de fachadas começam a ser utilizados no Brasil, permitindo novas possibilidades compositivas com melhorias da construtividade e da qualidade da construção. Além dos sistemas industrializados, fachadas ventiladas que empregam sistemas de vedações tradicionais, tijolos e blocos cerâmicos ou blocos de concreto, também são empregados e possuem mecanismos de funcionamento higrotérmico idênticos.

O projeto de norma brasileiro de desempenho térmico de edificações deve ser uma ferramenta de análise de sistemas de construção, possibilitando a comparação de soluções arquitetônicas na busca de conforto e eficiência energética. É apresentado a seguir estudo e discussão do comportamento térmico de vedações empregando tijolos maciços cerâmicos.

2 Procedimentos e Resultados

As transmitâncias térmicas dos sistemas (U em $W/m^2.K$) e os atrasos térmicos (δ_j em h) foram calculados conforme os itens 4 a 7 do projeto de norma brasileiro, desempenho térmico de edificações parte 2. As propriedades dos materiais envolvidas

são: condutividade térmica λ (W/m.K), densidade de massa aparente do material ρ (kg/m³), calor específico c (kJ/kg.K) e espessura da camada em metros.

Foram considerados neste estudo os sistemas construtivos apresentados na Figura 1:

- (PS) Parede simples de tijolos maciços sem reboco, espessura 10 cm, junta de argamassa de 1 cm;
- (PD) Parede dupla de tijolos maciços sem reboco, com câmara de ar não ventilada de 5 cm, espessura total do sistema 25 cm;
- (PDI) Parede dupla de tijolos, vão entre as paredes de 5 cm divididos em 2 cm de câmara de ar não ventilada e camada de isopor de 3 cm, espessura total do sistema 25 cm;
- (PDR) Parede dupla de tijolos maciços, com câmara de ar não ventilada de 5 cm e barreira radiante (manta com superfície aluminizada), espessura total do sistema 25 cm;
- (PVD) Parede dupla de tijolos maciços com câmara de ar ventilada de 5 cm, espessura total do sistema 25 cm;
- (PVDI) Parede dupla de tijolos maciços vão entre as paredes de 5 cm divididos em 2 cm de câmara de ar ventilada e camada de isopor de 3 cm, espessura total do sistema 25 cm;

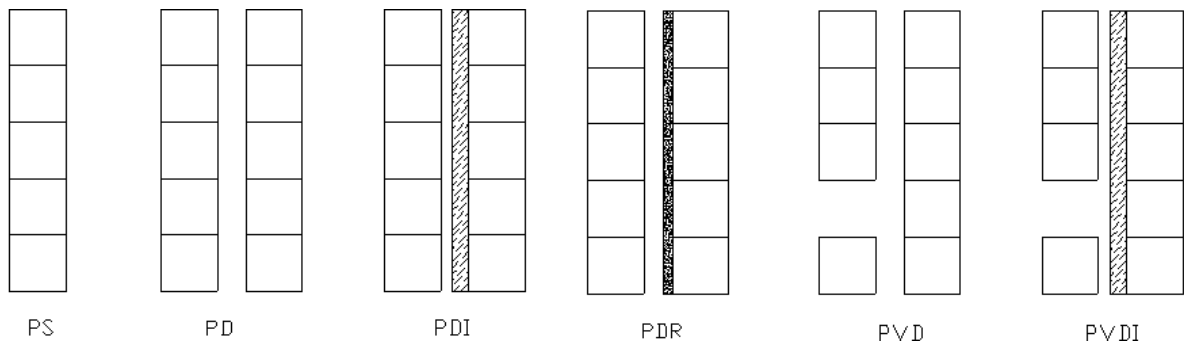


Fig. 1 Sistemas de vedações avaliados

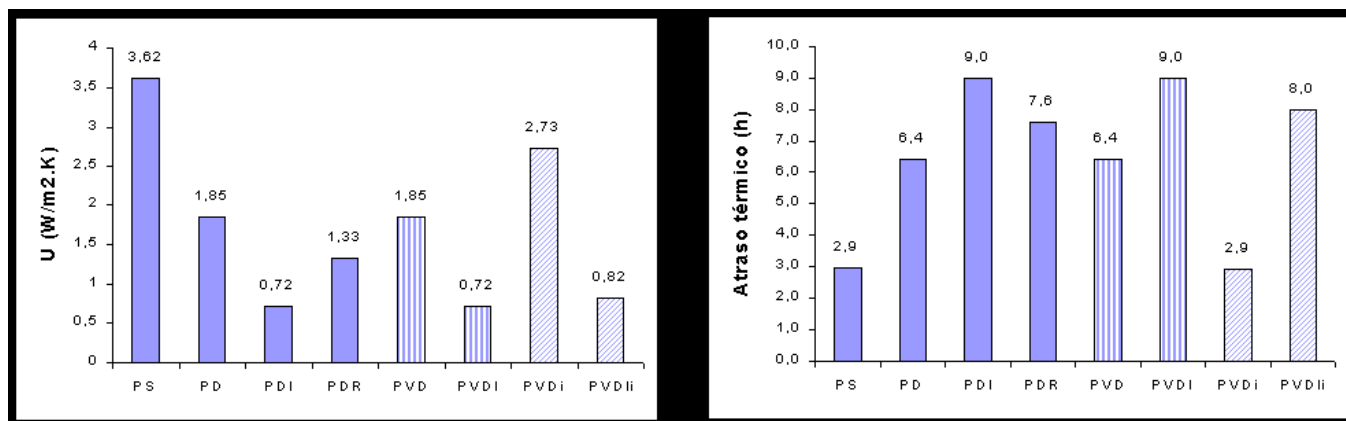


Gráfico 1 – Transmitâncias térmicas (U) e atrasos térmicos (ϕ) dos sistemas.

PVDi e PVDIi, sistemas com paredes muito ventiladas em condição de inverno.

Conforme pode ser observado do Gráfico 1, os procedimentos de cálculo do projeto de norma não contemplam a ventilação de câmaras de ar de fachadas. O Projeto de norma limita-se a afirmar que a ventilação de câmaras de ar pode aumentar a resistência térmica do sistema, porém nos procedimentos de cálculo, para efeitos de avaliação, não fornece as ferramentas necessárias, orientando para se proceder o cálculo em situações de verão, de maneira conservativa, da mesma forma de câmaras de ar não ventiladas.

O projeto de norma alerta para o fato de que a ventilação pode diminuir a resistência térmica do sistema em condições de inverno. Porém, conforme pode ser observado no Gráfico 1, a parede dupla quando ventilada, na situação de inverno, tem sua transmitância térmica aumentada em relação a parede dupla sem ventilação da câmara de ar. No entanto, sua transmitância térmica é inferior à da parede simples. Isto ocorre porque a parede externa apesar de não contribuir para a resistência térmica do sistema de fachada, contribui criando uma região menos turbulenta de ar na superfície externa da parede interior, aumentando assim a resistência superficial externa desta camada. Isto é contemplado pelo projeto de norma, ao tomar-se a resistência térmica superficial exterior igual a superficial interior.

Até aqui foi verificada a falta de ferramenta na norma para uma melhor avaliação de fachadas ventiladas. As propriedades de transmitância térmica e atraso térmico são indicadores do comportamento térmico de uma fachada, porém sabe-se que a quantidade de calor absorvida depende de fatores locais, como a orientação e posição geográfica da fachada, bem como propriedades da superfície da fachada, como cor e rugosidade. A posição e a orientação determinam a intensidade de radiação solar que a fachada será exposta. A absorção é determinada pela cor da fachada e determina o quanto de radiação será absorvida pela superfície exposta. O gráfico 2 apresenta dados da radiação solar incidente sobre planos verticais e horizontais (W/m^2) para a latitude de 25° sul no solstício de verão.

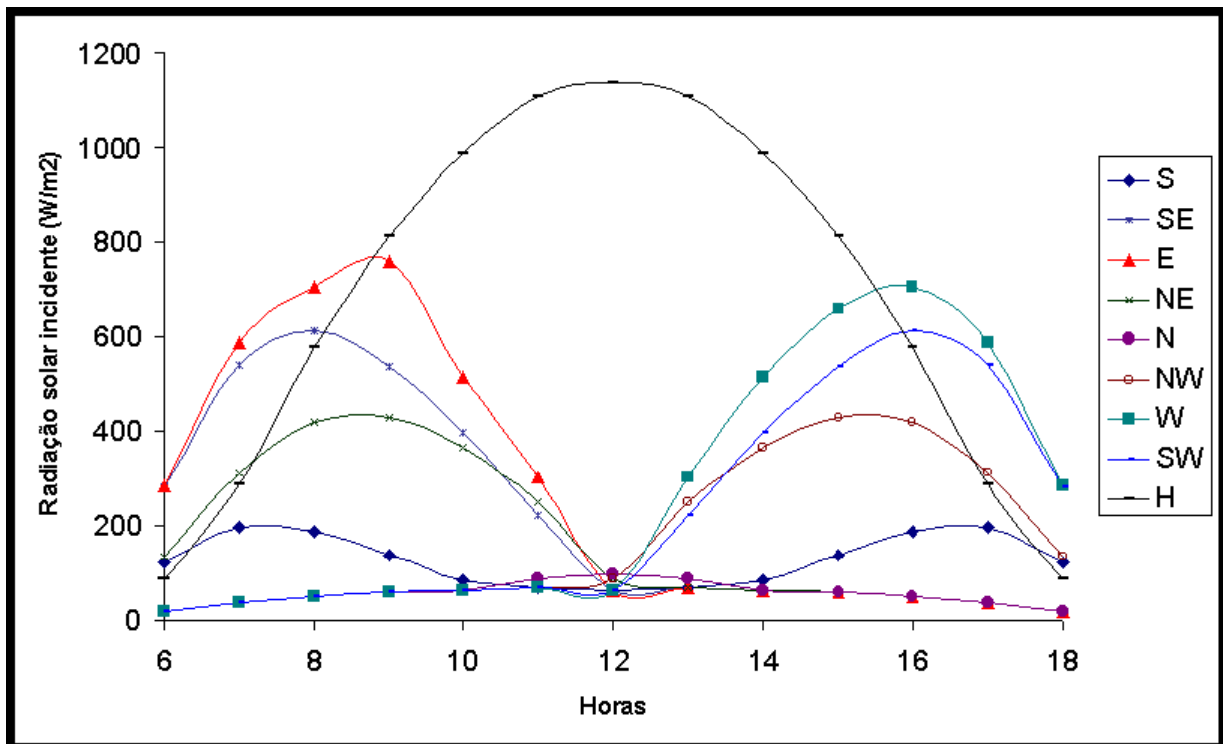


Gráfico 2 – Radiação solar incidente (lg) sobre planos verticais e horizontais, 22 de dezembro. Latitude: 25° sul.(Frota 1995)

Analisando o Gráfico 2, verifica-se a superexposição das superfícies horizontais (H) em relação as diversas orientações das superfícies verticais. Isto significa que para casas, o ponto crítico para intervenção é a cobertura e não as paredes. As paredes passam a ter maior importância em edifícios onde as áreas de fachada começam a ter valores significativamente maiores do que as de cobertura, inclusive individualizando-se por unidade e por orientação geográfica. Observa-se no Gráfico 2 que as fachadas críticas na condição de verão, para latitude 25° sul, são as fachadas oeste e sudoeste, sendo estas as expostas ao sol vespertino. A fachada norte, embora exposta ao longo de todo dia, apresenta radiação solar incidente baixa, devido ao ângulo de incidência da radiação solar ser bastante elevada.

Um bom indicativo que pode ser utilizado para a comparação de sistemas de vedação quanto ao desempenho térmico é o fluxo de calor, que pode ser avaliado de maneira simples, para condições de verão, através da temperatura sol-ar ($T_{sol\ ar}$, Equação 1). Esta equação leva em conta as características de absorção das superfícies através do coeficiente α . Esta característica está relacionada com a cor das superfícies e é de importância para determinar o quanto de calor será absorvido pelas mesmas, conseqüentemente de quanto será transmitido ao interior da edificação.

$$T_{sol\ ar} = T_{ext} + \alpha \cdot I_g \cdot R_{se} - \epsilon_{ioc} \quad \text{Equação 1; Rivero (1986)}$$

sendo: T_{ext} é a temperatura externa; α é o coeficiente de absorção da superfície; I_g é a radiação solar incidente; R_{se} é a resistência superficial externa; ϵ_{ioc} é quanto de radiação a superfície perde para o céu, tomado igual a 4 para coberturas e igual a 0 para superfícies verticais.

O fluxo de calor q (W/m^2) é então determinado multiplicando-se a transmitância U do sistema pela diferença de temperatura entre a $T_{sol\ ar}$ e a temperatura interna do

ambiente considerado, que pode ser inferior ou igual à temperatura externa T_{ext} , sendo neste caso obtido o fluxo de calor devido exclusivamente à radiação solar.

O Gráfico 3 apresenta o fluxo de calor, obtido através da equação 1, considerando temperatura interna do ambiente igual à externa, ao longo do dia de maior radiação solar do ano (22 de dezembro) para os sistemas de vedações avaliados aplicados na orientação oeste, 25° latitude sul. As linhas cheias equivalem aos sistemas com a cor natural do tijolo, α igual a 0,60. As tracejadas e o índice b significam paredes brancas, α igual a 0,20.

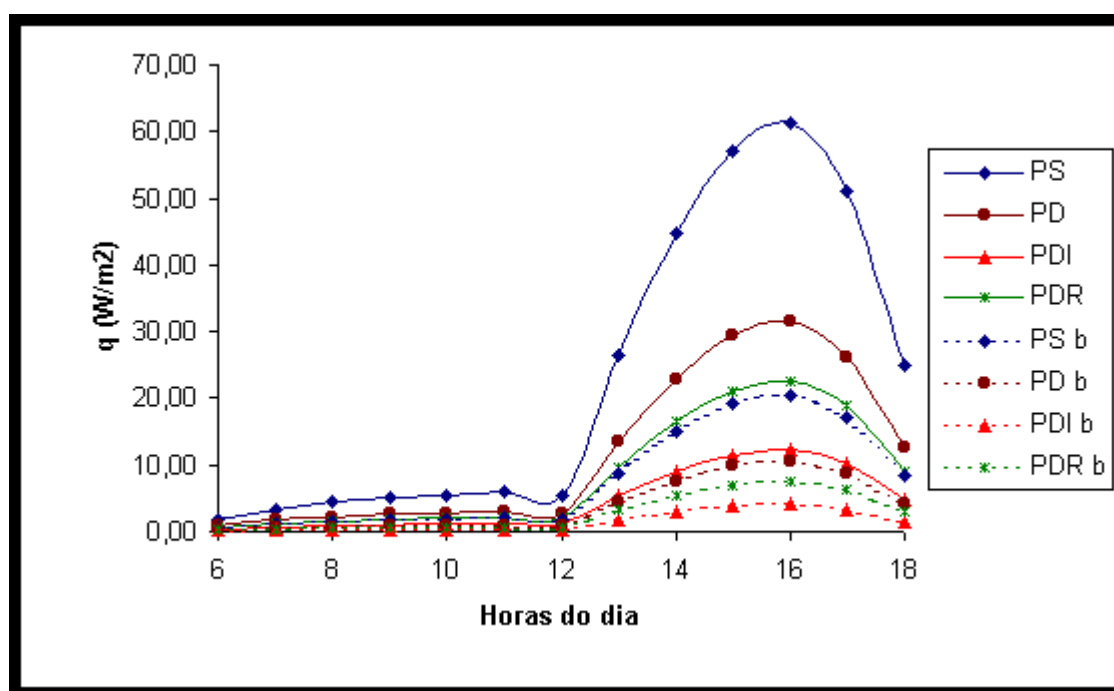


Gráfico 3 – Fluxo de calor através dos sistemas de vedações. Fachada oeste, latitude 25° sul.

O Gráfico 3 mostra o fluxo de calor dos vários sistemas de fachadas em função horas do dia. O sistema de paredes duplas com isolante térmico inserido na câmara de ar e com superfície branca foi o mais eficiente (PDI b). Este gráfico indica ainda a forte influência da cor da superfície no comportamento térmico das vedações. Muitas vezes, uma intervenção simples e barata sobre a cor da superfície pode significar uma grande melhora no desempenho térmico. Neste caso, paredes simples pintadas de branco (PS b) obtiveram melhores resultados do que sistemas mais complexos como paredes duplas com câmara de ar (PD) e paredes duplas com barreira radiante (PDR) com superfícies na cor natural do tijolo.

Cabe observar que as paredes ventiladas, devido suas transmitâncias terem sido calculadas de forma igual aos sistemas semelhantes não ventilados, apresentam curvas do fluxo de calor iguais a estes sistemas. Diferentes curvas poderiam ser obtidas se suas transmitâncias fossem melhor apuradas, através de experimentos práticos. Sobre as propriedades de absorção das superfícies o projeto de norma leva ao cálculo de um fator solar FS, o qual busca-se enquadrar a vedação a uma condição mínima prescrita para cada região bioclimática brasileira. Este procedimento não

permite a comparação do desempenho de sistemas de vedações para uma mesma região e com superfície externa de mesma cor.

3 Conclusões

As orientações críticas para a região sul do país em condições de verão, com respeito ao comportamento térmico das vedações são a oeste, sudoeste e a noroeste. A fachada oeste $\pm 45^\circ$ apresenta elevada radiação solar no período em que as temperaturas do ar já estão bastante altas, causando desconforto quando as vedações não apresentam o devido isolamento térmico.

As propriedades de transmitância e atraso térmicos não podem isoladamente caracterizar o comportamento das vedações. Dados como radiação solar a que a fachada estará exposta e propriedades de absorção podem melhorar a caracterização do desempenho térmico da fachada, e orientar na escolha do sistema de vedação. A absorção da radiação solar é determinante no comportamento térmico das vedações. A pintura da superfície com cores claras pode reduzir significativamente o fluxo de calor, superando inclusive o desempenho das vedações duplas e ventiladas.

O projeto de norma aproxima-se das condições de funcionamento da fachada ventilada em condições de inverno na determinação das transmissões térmicas ao desconsiderar a resistência térmica da camada exterior. Conjuntamente considera a contribuição da resistência térmica superficial do ar na câmara interna devido a criação de uma região menos turbulenta de ar na superfície externa da parede interior.

Por outra parte o projeto de norma é bastante conservativo na determinação do comportamento térmico das fachadas ventiladas em situação de verão. Como simplificação de cálculo, propõe que o desempenho da fachada ventilada seja tomada igual ao da não ventilada. Isto representa desconsiderar todos os fenômenos benéficos ao comportamento deste sistema. Análises experimentais sobre o comportamento das paredes duplas ventiladas podem gerar modelos e subsídios para melhor avaliação do desempenho térmico em situação de verão.

4 Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – *Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações*. Projeto 02:135.07-002: 1998.

_____. *Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Projeto 02:135.07-003: 1998.

BARTH, F. *Las fachadas de hormigón arquitectónico y GRC en Catalunya: Aplicación y comportamiento de cerramiento prefabricados*. ETSAB-UPC. Barcelona 1997.

FROTA, A. B. e SHIFFER, S. R. *Manual de conforto térmico*. São Paulo: Nobel, 2ª edição, 1995.

LAMBERTS, R., DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo, PW editores, 1997.

MERONI, I., ESPOSTINI, W., TIRLONI, P. e POLLASTRO, C. "Facciate ventilate: il comportamento igrometrico". *L'Edilizia*, abril de 1991, p. 203-208.

RIVERO, Roberto. *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre, RS, Luzzato editores, 1986.