



# APLICAÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS EM EDIFICAÇÕES: EFEITO NO CONFORTO TÉRMICO E NAS CARGAS TÉRMICAS DE CONDICIONAMENTO DE AMBIENTES

Maria Akutsu e Fúlvio Vittorino  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.  
São Paulo - Brasil

Este trabalho apresenta alguns exemplos que ilustrem os efeitos no conforto térmico e nas cargas térmicas de condicionamento, da aplicação de isolantes térmicos nas paredes e na cobertura de edificações. Tais efeitos foram analisados para diferentes inércias térmicas da edificação, variando-se a orientação das janelas e as condições de exposição ao clima. Com relação aos isolantes térmicos, analisou-se a influência do posicionamento dos mesmos nas paredes (internamente ou externamente, em todas as paredes ou somente nas paredes expostas) e dos valores da sua resistência térmica.

This paper presents some examples that illustrate the effects on thermal comfort and cooling and heating loads of applying insulating materials on walls and/or ceilings, for different types of building while considering different window orientations and climatic conditions. Also, the influence of the positioning of the insulating materials on the walls (on outside or inside surface, only on external walls or on all the walls and of the insulation thermal resistance value was verified.

## 1 INTRODUÇÃO

Em regiões de clima frio, onde é comum o aquecimento durante o inverno, é importante o uso de isolantes térmicos nas edificações com o objetivo de se aumentar a resistência térmica de seus componentes, a fim de se diminuir as perdas de calor por condução. Nessas condições, predominam os fluxos de calor no sentido de dentro do ambiente para fora e a modelagem do fenômeno, considerando-se a hipótese de regime permanente para o cálculo das cargas térmicas de aquecimento, é plenamente justificável e produz resultados bastante precisos. Assim, é fácil entender que, quanto maior a resistência térmica dos componentes da edificação, menor será a sua perda global de calor e, conseqüentemente, menor o seu consumo energético para aquecimento.

Contudo, no nosso país, na maior parte das situações, tem-se um problema inverso a resolver: garantir condições satisfatórias de conforto térmico no verão. Neste caso, não basta simplesmente inverter o equacionamento exposto anteriormente, o que levaria a se concluir que, quanto maior a resistência térmica dos componentes da edificação, menores serão os ganhos de calor e, portanto, melhores serão as condições de conforto térmico obtidas ou que menores serão as cargas térmicas de resfriamento quando se condiciona o ambiente. Nestas condições, os componentes atuam, em algumas horas, como uma barreira aos ganhos de calor e, em outras, como uma barreira às perdas de calor, sejam as provenientes do meio externo quanto as produzidas internamente em decorrência da ocupação. A modelagem dos fenômenos envolvidos, neste caso, torna-se bem mais complexa, pois a hipótese de regime permanente não é mais adequada. Ressalte-se ainda que a resistência térmica dos

componentes da edificação não é suficiente para caracterizar o comportamento térmico da mesma, devendo-se portanto, considerar-se as demais propriedades térmicas dos materiais e componentes da edificação de modo a caracterizar a sua "inércia térmica". Dessa forma, ao se fazer uso de isolantes térmicos numa edificação, deve-se ter em mente não só o quanto o isolante vai contribuir para reduzir os ganhos de calor, mas também o quanto o mesmo contribuirá no sentido de impedir as perdas de calor. A solução mais adequada representa, portanto, um equilíbrio entre tais ganhos e perdas e varia conforme o tipo de edificação, seja quanto à sua inércia térmica, quanto às soluções de projeto adotadas.

Este trabalho apresenta alguns exemplos que ilustram o efeito, tanto nas condições de conforto térmico como nas cargas térmicas de condicionamento, de isolantes térmicos aplicados na cobertura e/ou nas paredes, conforme a "inércia térmica" da edificação, a orientação da janela, o sombreamento da mesma e a ventilação do ambiente. Estes exemplos foram gerados através de simulações computacionais da resposta térmica das edificações, utilizando-se um software (programa NBSLD<sup>1</sup>) que reproduz o caráter transitório das trocas térmicas entre um recinto e o exterior, sob condições dinâmicas de exposição.

## 2 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS E DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Para os fins deste estudo adotou-se um "recinto padrão" dentro de três tipos de edificações caracterizadas como "pesada", "média" e "leve" em função da massa da sua estrutura, o que corresponde, respectivamente, às classes de inércia térmica alta, média e

baixa.

A edificação "pesada" compõe-se de paredes externas em alvenaria de 1 tijolo maciço, paredes internas em alvenaria de 1/2 tijolo maciço, ambas revestidas com argamassa de 2 cm de espessura nas duas faces; laje de piso em concreto maciço de 10 cm, revestido com carpete de 7 mm de espessura; laje de cobertura em concreto maciço de 10 cm de espessura e telhado em telhas de barro, diretamente sobre a laje.

A edificação "média" é constituída por paredes externas em alvenaria de blocos cerâmicos de 14 cm de espessura, paredes internas em alvenaria de blocos cerâmicos de 9 cm de espessura, ambas revestidas com 2 cm de argamassa nas duas faces; laje de piso mista em concreto e elementos cerâmicos, com 12 cm de espessura, revestida com carpete de 7 mm de espessura; laje de cobertura mista em concreto e elementos cerâmicos com 9 cm de espessura e telhado em telhas de cimento-amianto, com 8 mm de espessura, diretamente sobre a laje (ambiente situado no andar superior).

Na edificação "leve" tem-se paredes exteriores compostas por dois painéis em madeira maciça de 2 cm de espessura cada um, com um espaço de 5 cm entre os mesmos; paredes interiores compostas por dois painéis em madeira maciça de 1,5 cm de espessura cada um, com um espaço de 5 cm entre os mesmos; piso em contato com o solo, composto de 10 cm de contrapiso de concreto, revestido com tacos de madeira; cobertura com telhado em telhas de cimento-amianto de 8 mm de espessura e forro de madeira maciça de 12 mm de espessura.

Para as coberturas, que são compostas por telhado e forro, considerou-se o isolante colocado diretamente sobre o forro. Para as paredes das edificações "pesada" e "média", foram consideradas duas situações: isolante na face interior ou na face exterior das paredes, colocado imediatamente abaixo da argamassa de revestimento, em ambos os casos. Para as paredes da edificação "leve", considerou-se o isolante colocado entre as duas camadas de madeira.

O recinto adotado como padrão apresenta área do piso igual a 15 m<sup>2</sup>, pé direito igual a 2,5 m, duas paredes expostas, com cor média, como por exemplo bege, e duas internas, uma porta de madeira situada numa das paredes internas, com área igual a 1,68 m<sup>2</sup>, uma janela com vidro simples de 3 mm de espessura e área correspondente a 17% da área do piso e taxa de infiltração do ar exterior no ambiente igual a 1 Ren/h.

No tocante às condições de exposição ao clima foram tomados os dados de três cidades bastante diferenciadas quanto às variações de temperatura: Salvador, onde não se observam problemas de conforto térmico no inverno mas há a necessidade de resfriamento no verão; Porto Alegre, onde o condicionamento térmico se faz necessário tanto no inverno como no verão; São Paulo onde é possível obter-se condições satisfatórias de conforto térmico sem condicionamento. As Figuras 1.a e 1.b mostram o perfil horário da temperatura do ar exterior num dia de verão e de inverno respectivamente, para as três cidades, com indicação dos valores limites de temperatura tomados como referência para o conforto térmico.

FIG.1.a TEMPERATURA DO AR EXTERIOR - VERAO

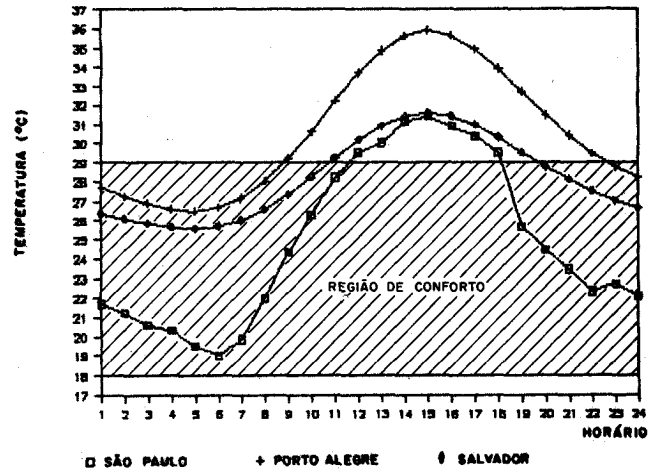


FIG.1.b TEMPERATURA DO AR EXTERIOR - INVERNO

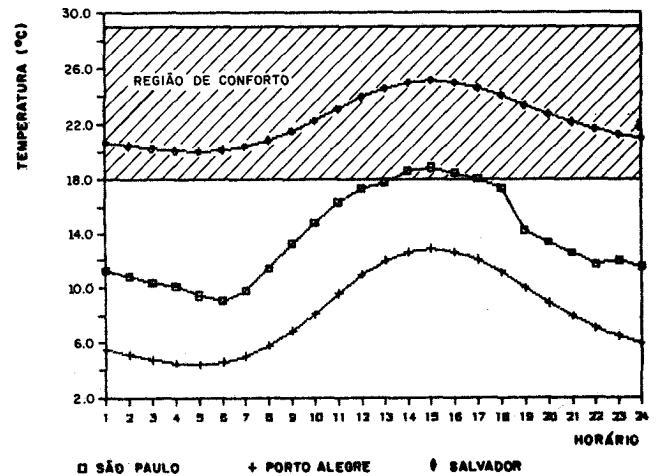


FIGURA 1: Temperatura do ar exterior, referente às cidades de São Paulo, Porto Alegre e Salvador, juntamente com a indicação da zona de conforto térmico.

### 3 EFEITO DA ISOLAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO

#### 3.1 Efeito da resistência térmica da isolação

De modo geral, a colocação de isolante na cobertura tem como efeito a redução dos valores máximos diários e o aumento dos valores mínimos diários da temperatura do ar interior. No verão, a redução dos valores máximos implica em melhoria das condições de conforto térmico, sendo que o aumento dos valores mínimos, se ultrapassarem os limites aceitáveis, significarão um prejuízo para o conforto, mas que poderá ser contornado com o sombreamento das janelas e a ventilação do ambiente em períodos adequados. No inverno, contudo, a diminuição dos valores máximos não constitui uma regra generalizável pois, dependendo da intensidade da radiação solar do local e da orientação da janela, tem-se, ao contrário, um aumento nos valores máximos da temperatura do ar interior, o que, via de regra, é sempre benéfico. Ver Figuras 2.a, 2.b, 3.a e 3.b. As Figuras 2.a e 2.b mostram como varia a temperatura do ar interior, num dia de verão e num dia de inverno, respectivamente, na cidade de São Paulo, num recinto da edificação "pesada" com janela de orientação Norte, para a cobertura com diferentes níveis de isolação térmica. As

FIG. 2.a SAO PAULO - ED.PESADA - VERAO

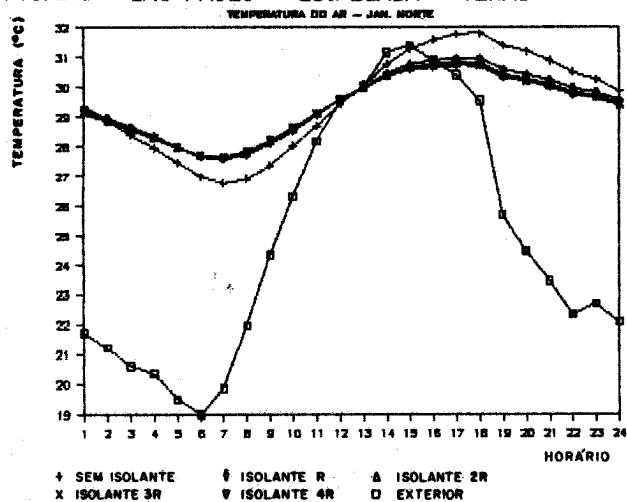


FIG. 2.b SAO PAULO - INVERNO - ED.PESADA

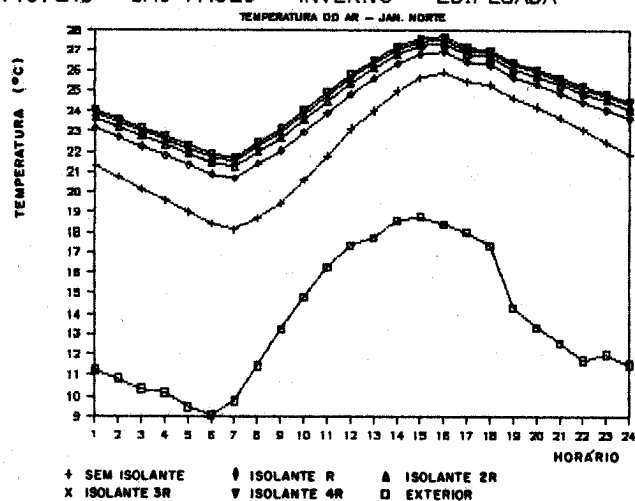


FIGURA 2: Temperatura do ar exterior e interior para o ambiente com isolante de resistência térmica variável (0, R, 2R, 3R e 4R) aplicado na cobertura - janela Norte.

FIG. 3.a SAO PAULO - VERAO - ED.PESADA

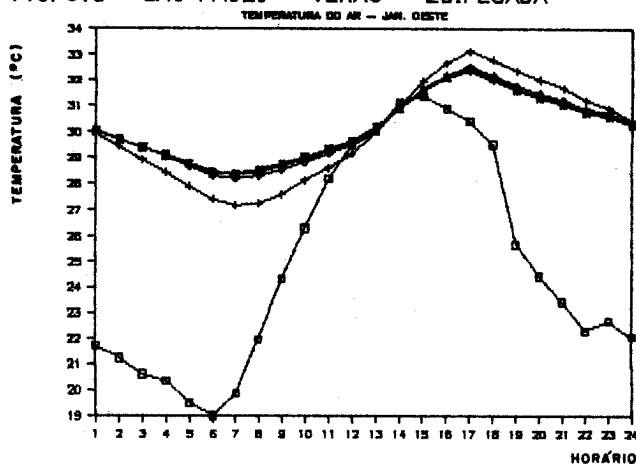


FIG. 3.b SAO PAULO - INVERNO - ED.PESADA

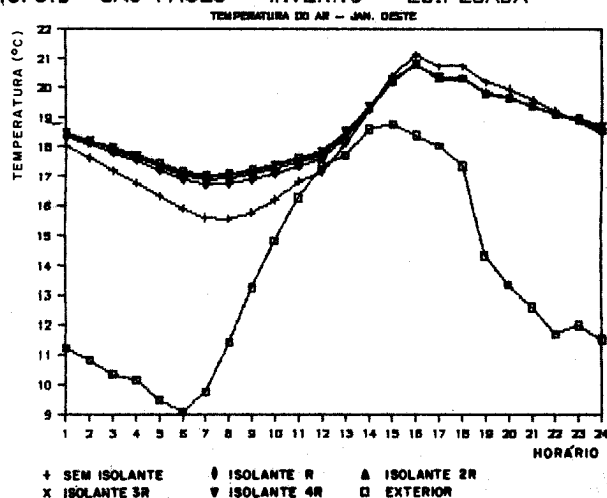


FIGURA 3: Temperatura do ar exterior e interior para o ambiente com isolante de resistência térmica variável (0, R, 2R, 3R e 4R) aplicado na cobertura - janela Oeste.

Figuras 3.a e 3.b referem-se às mesmas condições, para o recinto com janela face Oeste. A resistência R indicada nas figuras corresponde a uma camada de 2,5 cm de isolante com condutividade térmica da ordem de 0,03 W/mK, colocada sobre o forro da cobertura.

Por outro lado, como pode-se também verificar nessas figuras, aumentando-se a resistência térmica do isolante, não se observam variações nos valores máximos e mínimos da temperatura do ar interior nas mesmas proporções em que a resistência térmica do isolante foi aumentada, ou seja, tais variações tendem a um valor limite. Este mesmo comportamento é observado com relação à temperatura da superfície interna da cobertura (face inferior do forro). As Figuras 4.a e 4.b mostram a variação da temperatura máxima diária do ar interior e da superfície interna da cobertura num recinto com janela orientada para Oeste, com o aumento da resistência térmica do isolante aplicado na cobertura, para as edificações "leve" e "pesada" respectivamente. Neste caso, as condições climáticas adotadas correspondem a um dia de verão em Porto Alegre. Assim, pode-se dizer que, com a colocação de uma camada deste isolante, tem-se reduções significativas nos

valores máximos das temperaturas em qualquer um dos casos. Ao se dobrar a resistência do isolante tem-se ainda uma pequena redução adicional nas temperaturas, não se obtendo, para resistências maiores, diminuições adicionais significativas. Analogamente, tem-se o mesmo efeito com relação ao aumento das temperaturas mínimas no inverno, como pode-se verificar nas Figuras 5.a e 5.b. Os exemplos apresentados indicam que as variações nas temperaturas são maiores para o caso da edificação "leve". Embora não estejam apresentados os exemplos referentes à edificação "média", as mesmas conclusões se estendem a este caso, sendo que as variações nas temperaturas se colocam num nível intermediário entre os casos referentes às edificações "leve" e "pesada".

As Figuras 6 e 7 mostram ainda a variação das temperaturas do ar e da superfície interna da cobertura, respectivamente, com a resistência térmica do isolante aplicado na cobertura, na edificação "pesada", para as situações em que a janela do recinto é orientada para Norte, Sul, Leste e Oeste, numa condição de verão. Neste caso é interessante observar que, devido à incidência diferenciada da radiação solar, tanto os valores da temperatura do ar quanto os da superfície

FIG.4.a PORTO ALEGRE-VERAO-ED.LEVE-JAN.OESTE

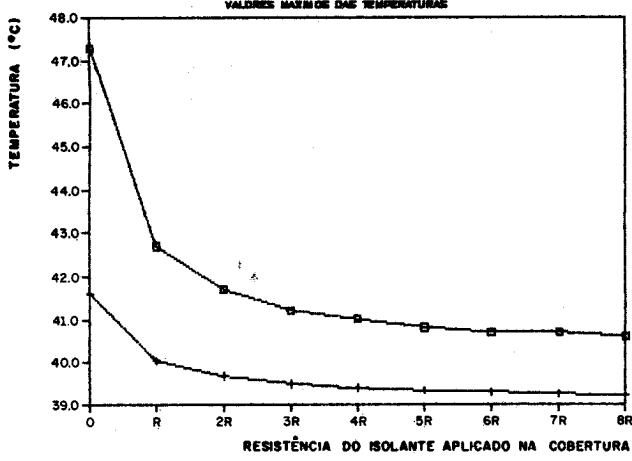


FIG.4.b PORTO ALEGRE-VERAO-ED.PESADA-JAN.OESTE

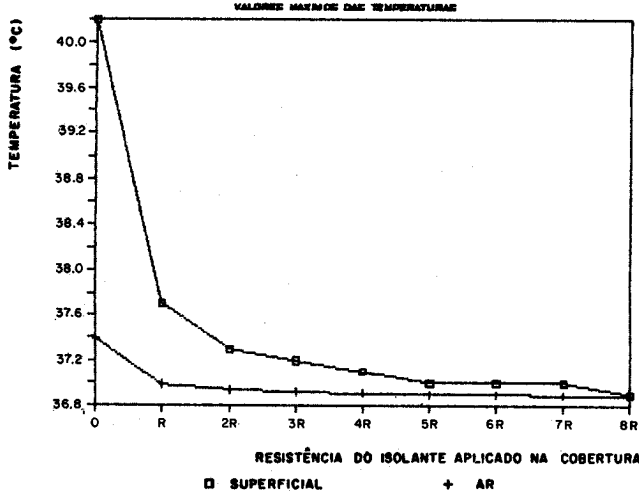


FIGURA 4: Variação das temperaturas máximas diárias do ar interior e da superfície interna da cobertura em função da resistência térmica do isolante aplicado na cobertura.

FIG.5.b PORTO ALEGRE - INVERNO - ED.PESADA

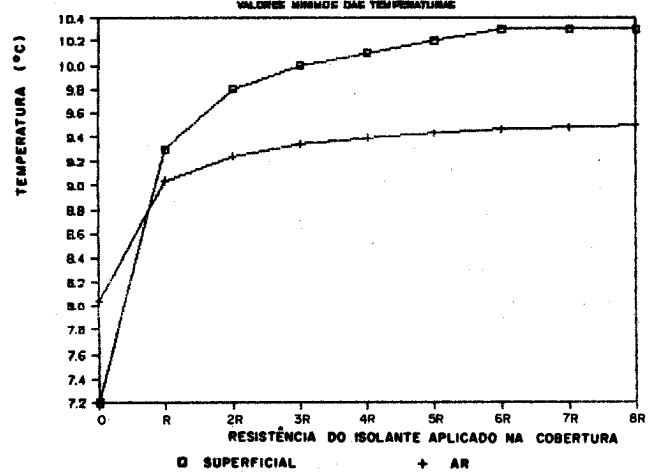


FIGURA 5: Variação das temperaturas mínimas diárias do ar interior e da superfície interna da cobertura em função da resistência térmica do isolante aplicado na cobertura.

FIG.6 PORTO ALEGRE - VERAO - ED.PESADA

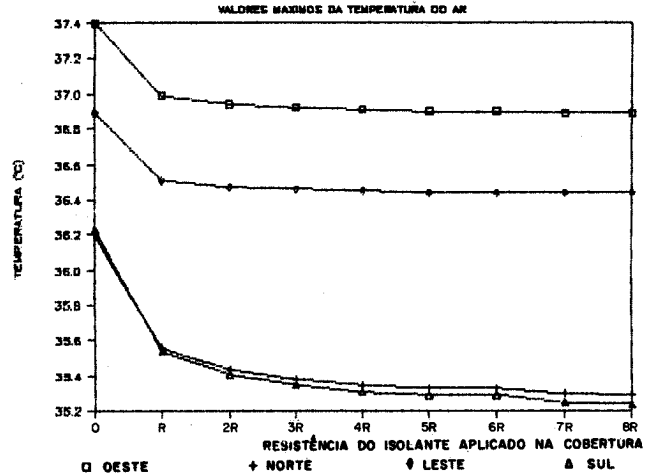


FIGURA 6: Variação das temperaturas máximas diárias do ar interior em função da resistência térmica do isolante aplicado na cobertura para diferentes orientações da janela.

FIG.5.d. PORTO ALEGRE-INVERNO-ED.LEVE-JAN.OESTE

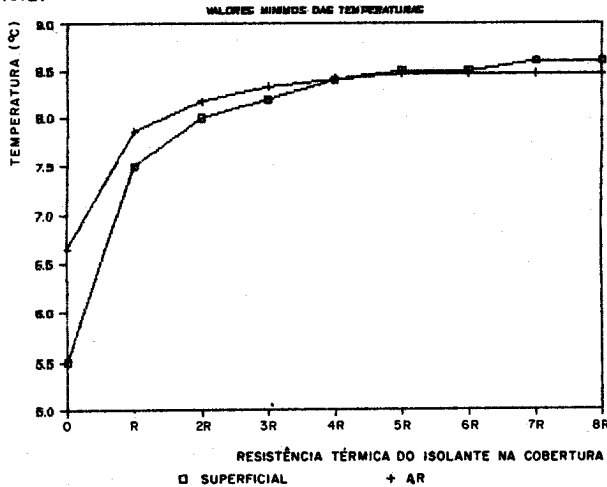


FIGURA 5: Variação das temperaturas mínimas diárias do ar interior e da superfície interna da cobertura em função da resistência térmica do isolante aplicado na cobertura.

FIG.7 PORTO ALEGRE - VERAO - ED.PESADA

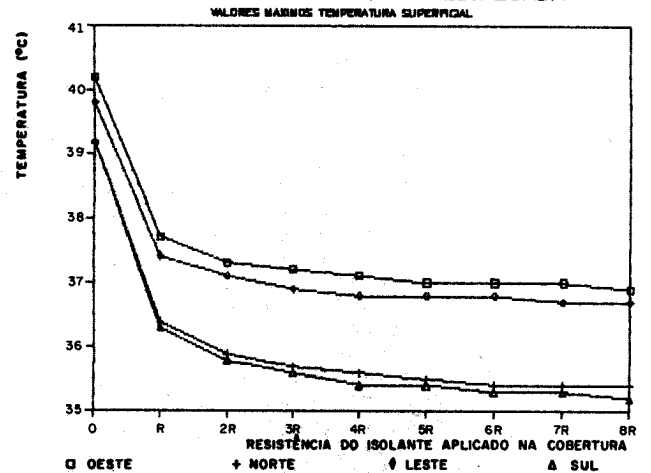


FIGURA 7: Variação das temperaturas máximas diárias da superfície interna da cobertura em função da resistência térmica do isolante aplicado na cobertura para diferentes orientações da janela.

interna da cobertura variam significativamente conforme a orientação da janela, embora o efeito acima descrito seja o mesmo para todas as orientações.

As mesmas conclusões referentes ao efeito da resistência térmica do isolante aplicado na cobertura são observadas quando se coloca o isolante na face exterior das paredes externas da edificação "pesada" com cobertura não exposta (andar térreo). Ver exemplos apresentadas nas Figuras 8 e 9.

FIG.8 PORTO ALEGRE-ED.PESADA-TERREA-VERAO

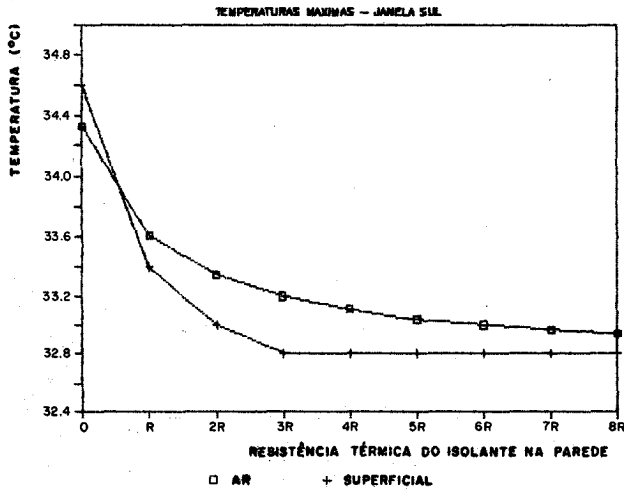


FIGURA 8: Variação das temperaturas máximas diárias do ar interior e da superfície interna da parede (exposta) em função da resistência térmica do isolante (aplicado na face exterior das paredes expostas).

FIG.9 PORTO ALEGRE-ED.PESADA-TERREA-INVERNO

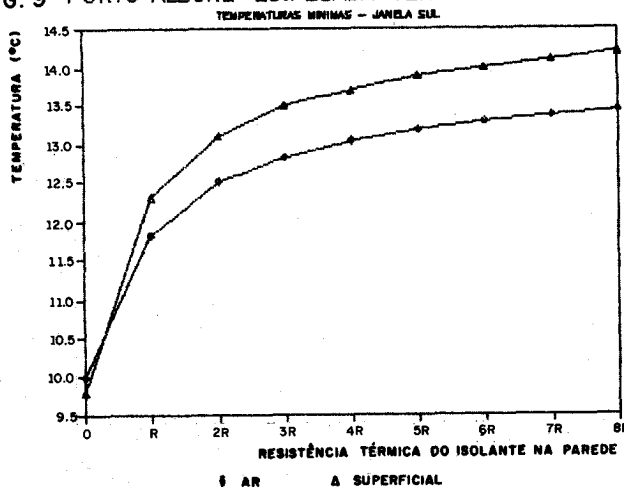


FIGURA 9: Variação das temperaturas mínimas diárias do ar interior e da superfície interna da parede (exposta) em função da resistência térmica do isolante (aplicado na face exterior das paredes expostas).

### 3.2 Efeito do Posicionamento do Isolante

No caso da edificação "pesada" com cobertura não exposta (ambientes situados no andar térreo) a colocação de isolante na face exterior das paredes provoca, de modo geral, melhorias nas condições de conforto térmico, ou seja, redução da temperatura do ar interior no verão e elevação no inverno. Já a colocação de isolantes na face interior das paredes provoca, de maneira geral, tanto no verão como no inverno, elevações na temperatura do ar interior, piorando as condições de conforto no verão e não atingindo, no inverno, os valores observados quando o isolante é aplicado na face exterior das paredes, conforme exemplificado nas Figuras 10.a e 10.b. A magnitude da variação da temperatura do ar interior é afetada pelas condições climáticas do local que pode ser observado na Figura 11.

Também nas Figuras 10.a e 10.b pode se observar que a isolação de todas as paredes não causa melhorias significativas nas condições de conforto térmico em relação à situação com isolantes apenas nas paredes expostas, acarretando, no verão, elevações

FIG.10.a.P.ALEGRE-VERAO-ED.PESADA-TERREA

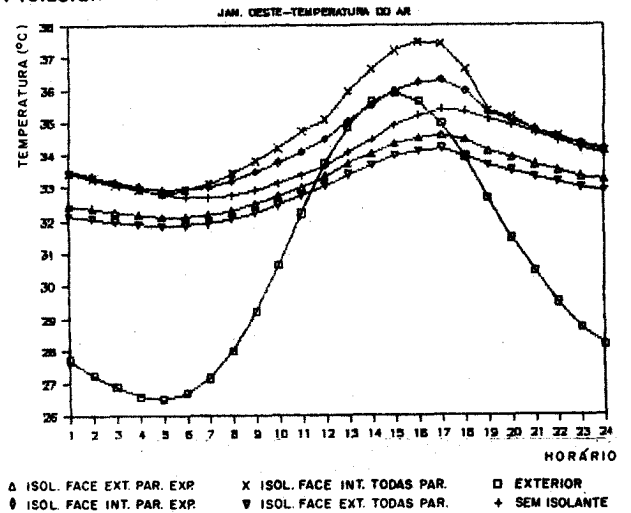


FIG.10.b.P.ALEGRE-INVERNO-ED.PESADA-TERREA

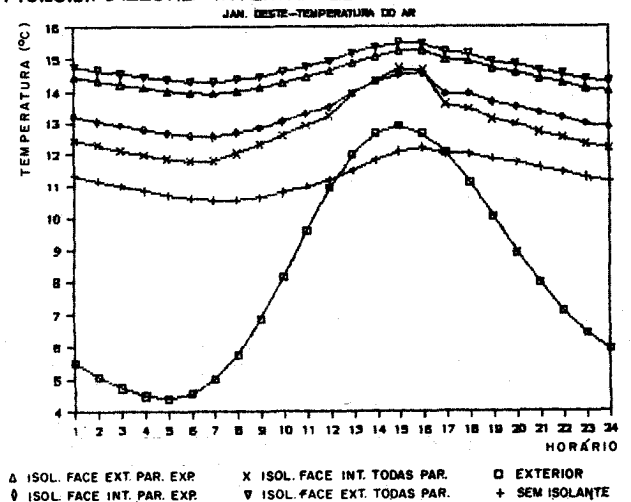


FIGURA 10: Temperatura do ar exterior e interior para o recinto com diferentes condições de isolação da parede.

significativas nas temperaturas máximas diárias quando colocados na face interior das paredes. Tais elevações serão maiores quanto maior for a produção interna de calor ou a entrada de radiação solar pela janela.

FIG.11.VERAO - ED.PESADA - TERREA - JAN.OESTE

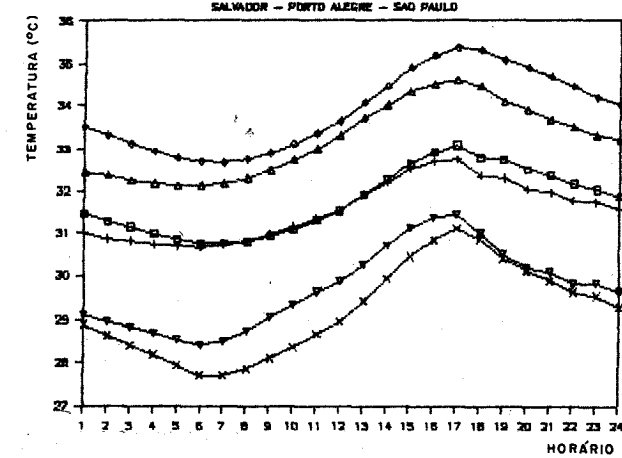


FIGURA 11: temperatura do ar interior para os ambientes sem isolante e com isolante na face exterior das paredes expostas referente às cidades de São Paulo, Salvador e Porto Alegre.

Outro fator que afeta significativamente o efeito do posicionamento dos isolantes na temperatura do ar interior é a orientação da janela. Na Figura 12 pode-se observar que as reduções de temperatura no verão serão maiores nos recintos cujas janelas recebem a menor incidência de radiação solar. Para as condições de inverno, as maiores elevações de temperatura são observadas nos recintos cujas janelas recebem a maior incidência de radiação solar como pode ser verificado na Figura 13.

Por outro lado, a colocação do isolante na face interior das paredes provoca um aumento na amplitude da temperatura do ar interior em relação à situação sem isolantes. Isto se deve ao fato de o isolante impedir que

FIG.12.PORTO ALEGRE-VERAO-ED.PESADA-TERREO

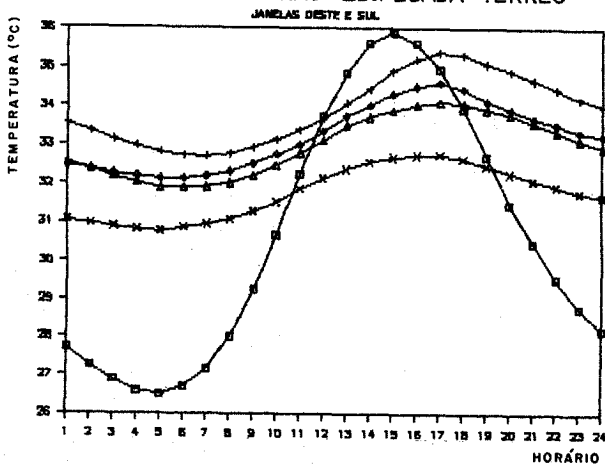


FIGURA 12: Temperatura do ar exterior e interior para os ambientes sem isolante e com isolante na face exterior das paredes expostas para os casos referentes à janela com orientação Sul e Oeste.

FIG.13.PORTO ALEGRE-INVERNO-ED.PESADA-TERREO

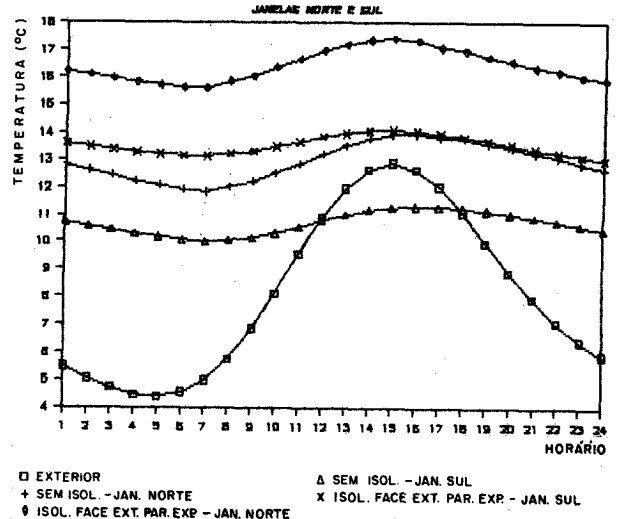
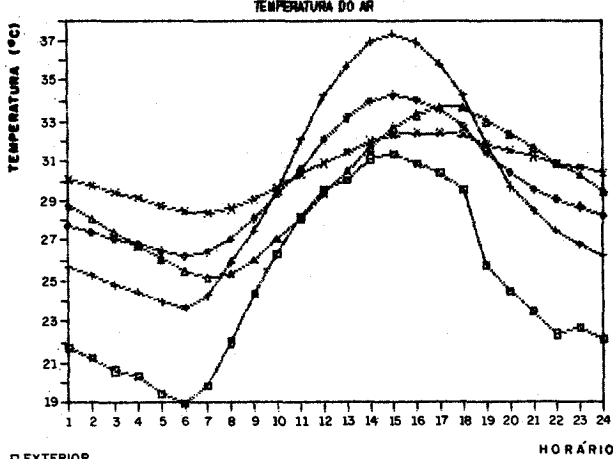


FIGURA 13: Temperatura do ar exterior e interior para os ambientes sem isolante e com isolante na face exterior das paredes expostas para os casos referentes à janela com orientação Norte e Sul.

o calor que entra no ambiente ou que é gerado no seu interior seja armazenado nas paredes, sendo transferido mais rapidamente para o ar, como ocorre nas edificações leves.

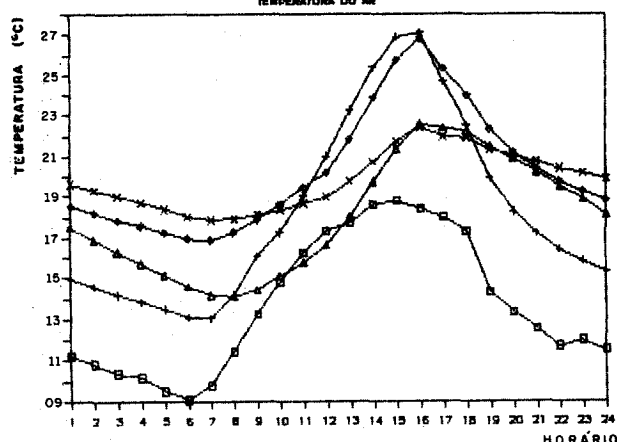
A combinação da isolamento da cobertura com a das paredes expostas causa nas edificações "leve" e "média", tanto no verão como no inverno, elevações nas temperaturas mínimas e reduções nas temperaturas máximas diárias, podendo resultar em condições insatisfatórias de conforto térmico, principalmente no verão, como pode ser visto na Figura 14.a. Já no inverno, as reduções das temperaturas máximas são menores que as elevações das temperaturas mínimas, conforme ilustrado na Figura 14.b, com exceção de recintos com janela voltada para Sul onde as reduções nas temperaturas máximas são, em geral, muito maiores que as elevações nas temperaturas mínimas, conforme Figura 15. No caso da edificação "pesada", observa-se um comportamento diferente, ou seja, elevações das temperaturas máximas e mínimas diárias, tanto no verão como no inverno, resultando, no verão em condições de conforto piores do que as verificadas para o recinto sem isolantes. Constituem exceção os casos em que a janela é voltada para Norte e Sul onde verificam-se, no verão, reduções das temperaturas máximas diárias como ilustrado na Figura 16. Entretanto, combinando-se, no verão, esta condição de isolamento com o sombreamento das janelas e a ventilação do ambiente, obtém-se temperaturas máximas do ar interior inferiores às observadas para a edificação sem isolante, mesmo quando esta também está sombreada e ventilada, como está apresentado na Figura 17. Ressalte-se ainda que estas reduções nas temperaturas máximas do ar interior serão tão mais significativas quanto menor for a inércia térmica da edificação como ilustrado nas Figuras 17 e 18.

FIG.14.a. SAO PAULO - JANELA NORTE - VERAO



□ EXTERIOR  
+ LEVE SEM ISOLANTE  
△ MÉDIA SEM ISOLANTE  
○ LEVE ISOL. COB. E PAREDE EXTERNA  
× MÉDIA ISOL. COB. E PAREDE EXTERNA

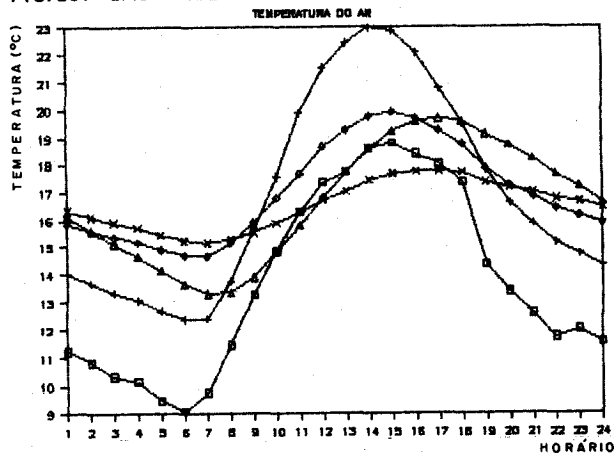
FIG.14.b. SAO PAULO - INVERNO - JANELA OESTE



□ EXTERIOR  
+ LEVE SEM ISOLANTE  
△ MÉDIA SEM ISOLANTE  
○ LEVE ISOL. COB. E PAREDE EXTERNA  
× MÉDIA ISOL. COB. E PAREDE EXTERNA

FIGURA 14: Temperatura do ar exterior e interior para os ambientes sem isolante e com isolante na face exterior das paredes expostas para os casos referentes às edificações "leve" e "média".

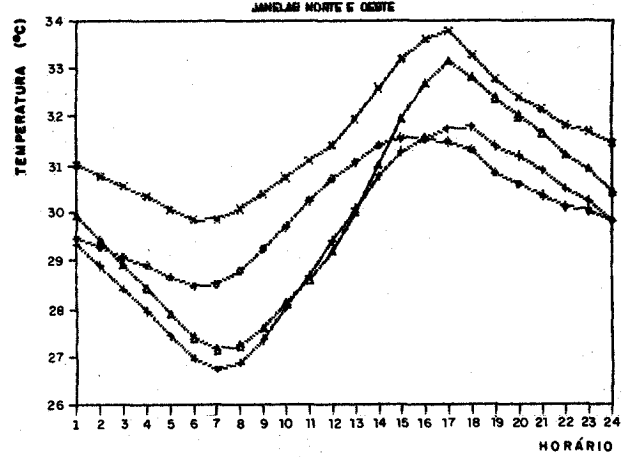
FIG.15. SAO PAULO - INVERNO - JAN. SUL



□ EXTERIOR  
+ LEVE SEM ISOLANTE  
△ MÉDIA SEM ISOLANTE  
○ LEVE ISOL. COB. E PAREDE EXTERNA  
× MÉDIA ISOL. COB. E PAREDE EXTERNA

FIGURA 15: Temperatura do ar exterior e interior para os ambientes sem isolante e com isolante na face exterior das paredes expostas para os casos referentes às edificações "leve" e "média".

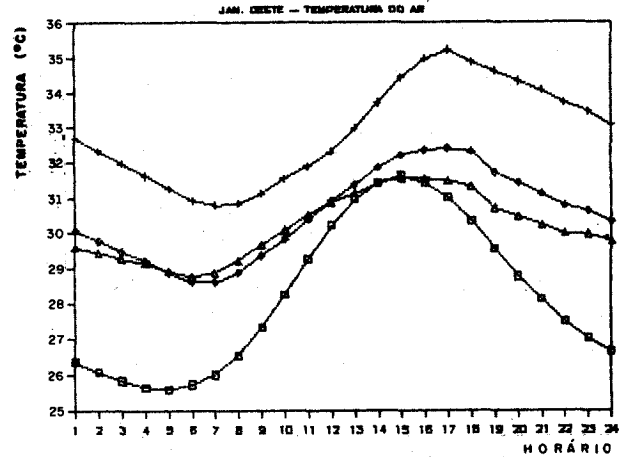
FIG.16. SAO PAULO - ED. PESADA - VERAO



○ ISOL. COB. E FACE EXT. PAR. EXP. - JAN. NORTE  
+ SEM ISOL. - JAN. NORTE  
△ ISOL. COB. E FACE EXT. PAR. EXP. - JAN. OESTE  
× SEM ISOL. - JAN. OESTE

FIGURA 16: Temperatura do ar exterior e interior para os ambientes sem isolante e com isolante na face exterior das paredes expostas para os casos referentes à janela com orientação Norte e Oeste.

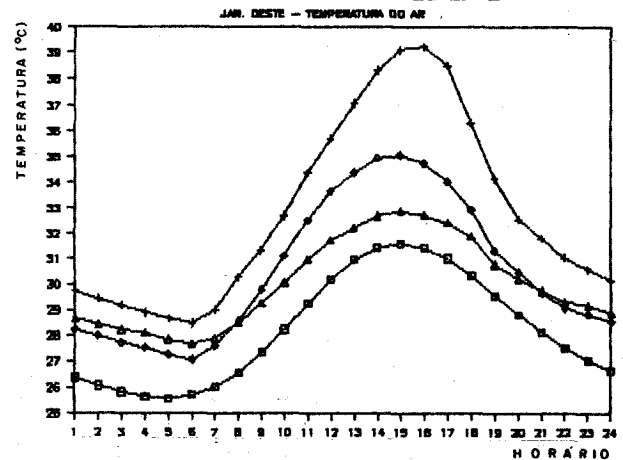
FIG.17. SALVADOR - VERAO - ED. PESADA



△ ISOL. COB. E FACE EXT. PAR. EXP. SOMBR. E VENTIL.  
○ SEM ISOLANTE SOMBR. E VENTIL.  
□ EXTERIOR  
+ SEM ISOLANTE

FIGURA 17: Temperatura do ar exterior e interior para o ambiente nas seguintes condições: sem isolantes; sem isolantes, ventilado e janela sombreada e com isolante na face exterior das paredes expostas, ventilado e com janela sombreada.

FIG.18. SALVADOR - VERAO - ED. LEVE



△ ISOL. COB. E PAR. EXT. SOMBR. E VENTIL.  
○ SEM ISOL. SOMBR. E VENTIL.  
□ EXTERIOR  
+ SEM ISOLANTE

FIGURA 18: Temperatura do ar exterior e interior para o ambiente nas seguintes condições: sem isolantes; sem isolantes, ventilado e janela sombreada e com isolante na face exterior das paredes expostas, ventilado e com janela sombreada.

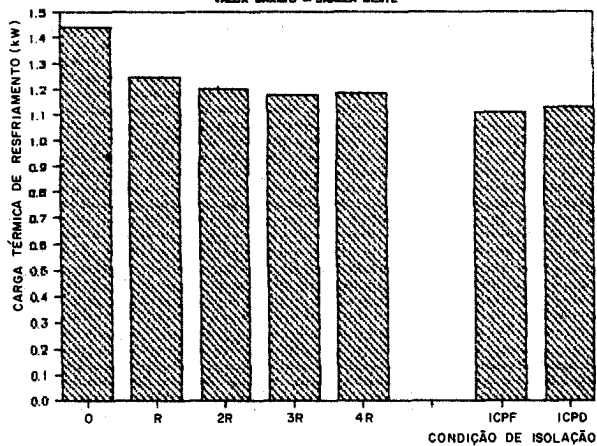
#### 4 EFEITO DA ISOLAÇÃO NAS CARGAS TÉRMICAS DE CONDICIONAMENTO

Para os efeitos da análise referente às situações em que o condicionamento térmico é necessário, foram adotados os seguintes parâmetros: o valor máximo e o total diário das cargas térmicas para o período adequado de condicionamento, ou seja, o período em que o ambiente deve estar condicionado (à temperatura de 24 °C e umidade relativa de 50% no verão e à temperatura de 20 °C no inverno) de forma que, fora deste período, a temperatura do ar interior não exceda 28 °C no verão e não seja inferior a 18 °C no inverno.

A aplicação de isolantes na cobertura resulta sempre na diminuição, tanto do valor máximo como do total diário, das cargas térmicas de condicionamento. Tais reduções crescem com o aumento da resistência térmica do isolante em proporções cujo comportamento se assemelha ao observado com relação à variação da temperatura do ar interior, anteriormente descrito, como pode se verificar nos exemplos apresentados nas Figuras 19 e 20.

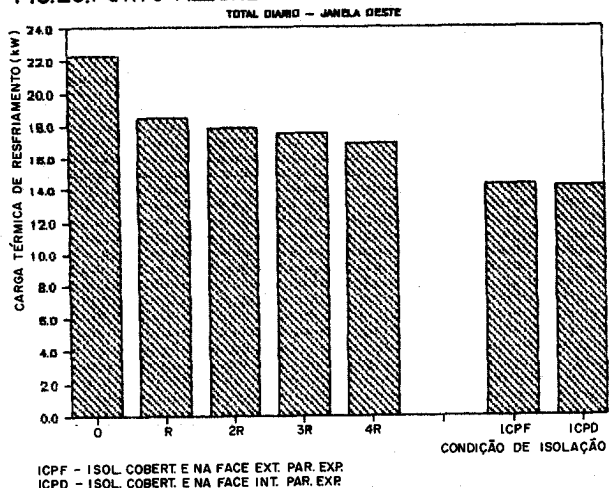
Ainda nestas figuras, pode-se observar que reduções adicionais nas cargas térmicas são conseguidas isolando-se também as paredes. Neste caso, o posicionamento do isolante, na face exterior ou interior das paredes, não resulta em diferenças significativas nas cargas térmicas de condicionamento. Contudo, dependendo das condições de exposição e do regime de operação do sistema de condicionamento, como no exemplo apresentado na Figura 21, a isolação das paredes pode ao contrário provocar elevações no valor total diário da carga térmica de condicionamento. A Figura 21 mostra os valores do total diário da carga térmica de condicionamento para o ambiente da edificação "pesada" com janela face Oeste, com produção interna de calor correspondente à presença de 3 ocupantes mais iluminação e equipamentos (taxa de 900 W) das 8 às 17 horas, com o sistema de condicionamento ativo neste mesmo período, nas seguintes condições: sem isolantes; com

FIG.19. PORTO ALEGRE — ED.PESADA — VERAO  
VALOR MÁXIMO — JANELA OESTE



ICPF - ISOL. COBERT. E NA FACE EXT. PAR. EXP.  
ICPD - ISOL. COBERT. E NA FACE INT. PAR. EXP.  
FIGURA 19: Valores máximos das cargas térmicas de resfriamento para várias condições de isolação: isolante aplicado na cobertura com resistência térmica variável (0, R, 2R, 3R e 4R); isolante (2R) aplicado na cobertura e nas faces interior e exterior das paredes expostas.

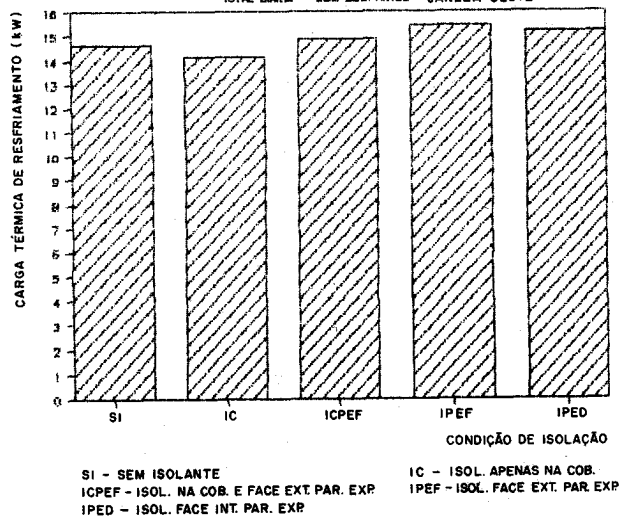
FIG.20. PORTO ALEGRE — ED.PESADA — VERAO



ICPF - ISOL. COBERT. E NA FACE EXT. PAR. EXP.  
ICPD - ISOL. COBERT. E NA FACE INT. PAR. EXP.  
FIGURA 20: Totais diários das cargas térmicas de resfriamento para várias condições de isolação: isolante aplicado na cobertura com resistência térmica variável (0, R, 2R, 3R e 4R); isolante (2R) aplicado na cobertura e nas faces interior e exterior das paredes expostas.

isolante (resistência 2R) apenas na cobertura; com isolante (resistência 2R) na cobertura e na face exterior das paredes expostas; com isolante (resistência 2R) apenas na face exterior das paredes expostas; com isolante (resistência 2R) apenas na face interior das paredes expostas.

FIG.21. SAO PAULO — VERAO — ED.PESADA  
TOTAL DIÁRIO — COM OCUPANTES — JANELA OESTE



SI - SEM ISOLANTE  
IC - ISOL. APENAS NA COB.  
ICPEF - ISOL. NA COB. E FACE EXT. PAR. EXP.  
IPEF - ISOL. FACE EXT. PAR. EXP.  
IPED - ISOL. FACE INT. PAR. EXP.  
FIGURA 21: Totais diários das cargas térmicas de resfriamento para várias condições de isolação: sem isolante; isolante (2R) aplicado na cobertura; isolante (2R) aplicado na cobertura e na face exterior das paredes expostas e isolante (2R) aplicado nas faces interior e exterior das paredes expostas.

Estas diferenças, embora pequenas para um único ambiente, serão significativas para as edificações em que se tem múltiplos recintos a serem condicionados através da utilização de sistemas centrais, onde o consumo total do equipamento será função da soma dos consumos individuais de cada zona.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se trata de definir os efeitos de um determinado parâmetro da edificação, seja nas condições de conforto térmico como nas cargas térmicas de condicionamento, a generalização é praticamente impossível, como também mostram os exemplos aqui apresentados. Cada efeito está sempre vinculado à combinação dos diversos parâmetros que caracterizam, de um lado, a edificação, e de outro, as condições de ocupação e de exposição ao clima. Assim, considerando-se os efeitos dos isolantes térmicos, a sua aplicação mais adequada pode significar, em determinada situação, a garantia de condições satisfatórias de conforto térmico, e numa outra, apenas a melhoria dessas condições, ainda insatisfatórias. Por outro lado, a melhor solução quando se faz uso de sistemas de condicionamento térmico, pode não ser a mais adequada quando os mesmos não estão ativos, o que impõe um tratamento mais abrangente do projeto arquitetônico, tendo em vista a compatibilização destes dois aspectos.

## 6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- 1 - KUSUDA, T. NBSLD, the computer program for heating and cooling loads in buildings. Washington, DC, National Bureau of Standards, 1976. (Building Science Series 89)