

ANÁLISE TÉRMICA E ENERGÉTICA DA APLICAÇÃO DE ISOLANTE TÉRMICO EM FACHADAS E COBERTURA DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL

Ana Paula Melo

Engenheira Civil, Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Docente Faculdade Meridional IMED, E-mail: <apaula_melo@labeee.ufsc.br>.

Michele Matos Barcelos

Engenheira Civil, Consultora em eficiência energética. E-mail: <michele@technobuild.com.br>.

Daiane Folle

Engenheira Civil, Docente Faculdade Meridional IMED. Email: <daiane.folle@imed.edu.br>.

RESUMO

Este estudo apresenta os resultados das simulações realizadas no programa EnergyPlus do comportamento térmico e energético de um edifício comercial. Com base nesta edificação foram analisadas diferentes alternativas de percentual de abertura nas fachadas, densidade de cargas internas, fator solar e condições de isolamento térmico das paredes e coberturas para a cidade de São Paulo. Através das simulações concluiu-se que a isolação de paredes e cobertura reduz o consumo de energia elétrica de grande parte dos casos simulados para a tipologia analisada, principalmente para os casos com baixa densidade de carga interna, sendo a redução na capacidade instalada em sistema de condicionamento de ar mais significativa.

Palavras-chave: isolamento térmico, simulação térmica e energética, EnergyPlus, consumo de energia.

INTRODUÇÃO

A princípio poderíamos entender que a eficiência energética de edificações está relacionada basicamente com o uso de sistemas de iluminação e equipamentos mais eficientes. Contudo, observamos que além do uso de sistemas eficientes a arquitetura também representa uma parcela significativa na conservação de energia elétrica de edificações.

Atualmente, a preocupação com o uso racional de energia está cada vez mais em evidência em razão dos custos operacionais para as edificações climatizadas. Como consequência, busca-se soluções com o intuito de proporcionar reduções para o uso da climatização das edificações.

Nota-se que em grande parte dos Estados Unidos e Europa, as edificações são construídas com o objetivo de conservar o calor interno e evitar a infiltração do ar externo para o ambiente interno. Este fato está relacionado com as baixas temperaturas no período de inverno destas regiões. Analisando do território brasileiro, observa-se que a maioria das regiões tem a preocupação em reduzir o ganho de calor através do envelope da edificação em razão das elevadas temperaturas de verão.

Consequentemente, vem-se observando o surgimento de pesquisas (Chvatal et al., 2005; Westphal & Lamberts, 2007; Melo, 2007; Masoso & Grobles, 2008; Roriz et al., 2009) relacionadas com o comportamento térmico das paredes e coberturas. Sendo que estas estão demonstrando que dependendo do clima onde a edificação está

inserida, o desempenho térmico das edificações pode reduzir com a utilização do uso do isolante térmico. O uso do isolamento pode ser viável para determinadas edificações localizadas em determinados climas. Entretanto, nota-se que para regiões onde o período de verão é intenso e os invernos amenos, o uso de isolamento térmico pode não ser viável do ponto de vista energético. Para as edificações comerciais localizadas em regiões onde há grande incidência solar e com elevada densidade de carga interna instalada, o uso de isolamento nas paredes e coberturas podem dificultar a dissipação destes ganhos do ambiente interno para o externo. Consequentemente, refletindo no aumento do consumo dos sistemas de condicionamento de ar para carga de resfriamento e no aumento do custo final de energia elétrica.

Nota-se que para analisar o impacto do aumento do isolamento nos edifícios devem ser analisados outros fatores que também influenciam no desempenho térmico da edificação. O valor ideal de transmitância térmica de paredes e coberturas de edificações comerciais vem sendo analisadas através de simulações paramétricas com o uso de programas computacionais, verificando a influência deste parâmetro com relação ao consumo final de edificação e/ou graus hora de aquecimento e resfriamento.

Neste contexto, para avaliar a viabilidade da utilização do isolamento térmico nas paredes e coberturas das edificações comerciais, combinado com as variações de diversos parâmetros, procurou-se desenvolver equações que permitam analisar o desempenho térmico destas edificações. Através dos resultados destas equações, os projetistas poderão avaliar de uma forma mais rápida e prática a utilização de diferentes parâmetros ainda na fase de projeto; e tomar decisões de quais medidas para a melhoria do desempenho térmico da edificação. A metodologia adotada será baseada nos ganhos e perdas de calor através do cálculo de fluxo de calor por convecção entre as superfícies internas de cada superfície com a temperatura do ambiente no qual está inserida, adotando o programa computacional *EnergyPlus*.

MÉTODO

O edifício comercial foi modelado de acordo com o código de interpretação do programa *EnergyPlus*. Para cada zona térmica dos modelos

foram definidos os valores de carga interna, incluindo: sistema de iluminação, equipamentos elétricos e ocupação (pessoas).

Rotinas de ocupação e uso dos sistemas das edificações foram estabelecidos e representados através de *schedules* no programa de simulação. A absorptância à radiação solar das paredes e coberturas foi mantida em 50%, representando uma cor neutra, para todas as alternativas. A orientação das edificações foi tal que as paredes de maiores dimensões estivessem localizadas nas orientações Leste e Oeste.

Os padrões de uso das cargas internas e do sistema de condicionamento de ar foram modelados para representar atividades pertinentes a cada modelo, ou seja, edifício de escritórios, galpão comercial e edificação pública.

Para todos os sistemas de condicionamento de ar foi adotada uma faixa de temperaturas de *set-point*, entre 20°C e 24°C, ou seja, o sistema de condicionamento de ar vai adicionar calor no ambiente quando a temperatura deste estiver abaixo de 20°C, e retirar calor quando a temperatura estiver acima de 24°C. Quando a temperatura do ambiente estiver dentro da temperatura de *set-point*, não haverá a utilização do sistema de condicionamento de ar (*deadband*). A taxa de infiltração adotada foi de 0,3 trocas de ar por hora.

Sobre o modelo base da edificação, foram criadas alternativas variando-se o percentual de abertura nas fachadas, a transmitância térmica das paredes e coberturas, fator solar e a densidade de cargas internas (iluminação, pessoas e equipamentos elétricos).

A TIPOLOGIA ADOTADA

O caso básico representativo do edifício de escritórios possui pé-direito de 3,5m e um total de 15 pavimentos + 2 subsolos para garagens, com ocupação exclusiva para escritórios de serviços. A área projetada é de 1.500 m², sendo a parcela de 20% de área não-condicionada em cada pavimento, correspondente a escadas, elevadores e sanitários. O sistema de condicionamento de ar adotado foi do tipo central de água gelada.

O croqui, apresentado na Figura 1, indica as dimensões para o pavimento tipo deste modelo. A área sombreada representa a zona não condicionada. Nas primeiras simulações foi considerada a utilização do sistema de condicionamento de ar

em todos os pavimentos da edificação. Posteriormente, optou-se por analisar a não utilização do sistema de condicionamento de ar no último andar desta edificação, a fim de representar a típica utilização da cobertura como sala de máquinas.

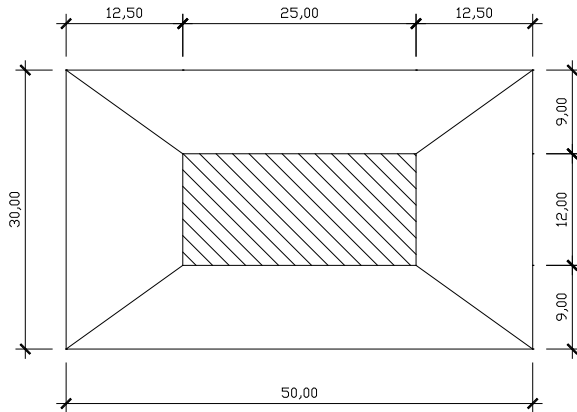


Figura 1. Croqui do pavimento tipo do edifício de escritórios, dimensões em metros, sem escala.

DADOS CLIMÁTICOS

Os programas de simulação térmica reproduzem as condições climáticas através de arquivos representativos do clima de determinada região. O programa *EnergyPlus* (DOE, 2012), por exemplo, necessita de um arquivo climático com registro horário de dados de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, velocidade e direção do vento, etc., para o período de um ano, ou seja, 8.760 horas. Foram utilizados dois tipos de arquivos climáticos: TRY e TMY. O Ano Climático de Referência – TRY (*Test Reference Year*) é um conjunto de dados climáticos horários, obtido através da análise de uma série de 10 anos, da qual foi extraído um ano sem extremos de temperatura. O arquivo climático TMY, obtido através da base de dados do projeto SWERA (*Data for Solar and Wind Renewable Energy*), é uma compilação de meses sem extremos de temperatura provenientes de diferentes anos, gerando um ano climático que nunca existiu, mas que apresenta temperaturas sem extremos para cada mês.

A NBR 15220, Norma de Desempenho de Edificações (ANBT, 2005), propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima. Para o estudo em questão, foi selecionada a cidade de São Paulo da zona bioclimática brasileira 03.

ALTERNATIVAS DE SIMULAÇÃO

Alternativas de simulação foram propostas a partir do caso básico da edificação, ou seja, sem a utilização de isolamento térmico, com o objetivo de mapear os casos para os quais o uso do isolamento térmico melhora o desempenho térmico da edificação, o impacto no consumo de energia e no dimensionamento do sistema de condicionamento de ar. Pois, se o isolamento térmico é capaz de reduzir a carga térmica instantânea para certas condições de projeto de edificações, certamente haverá uma redução na necessidade de carga instalada em condicionamento de ar. As alternativas contemplam mudanças no envelope das edificações – percentual de abertura nas fachadas e fachada envidraçada, tipo de vidro, transmitância térmica de paredes e cobertura – e na densidade de carga interna das áreas climatizadas. A Tabela 1. Valores adotados nos parâmetros variados nas simulações do edifício. apresenta os valores adotados para os parâmetros variados nas simulações.

Tabela 1. Valores adotados nos parâmetros variados nas simulações do edifício.

Parâmetros variados	
Percentual de abertura das fachadas	- 40%
	- 60%
Fachadas envidraçadas	- 1 com valor fixo de 20% e as demais com percentuais variáveis
	- 4 fachadas com valores variáveis
	- 0,5 W/m ² .K
	- 1,0 W/m ² .K
Transmitância térmicas das paredes	- 1,5 W/m ² .K
	- 2,0 W/m ² .K
	- 2,5 W/m ² .K
	- 3,5 W/m ² .K
Tipo de vidro (SHGC*)	- 0,71
	- 0,30
Transmitância térmicas da cobertura	- 1,0 W/m ² .K
	- 2,75 W/m ² .K
Densidade de carga interna das áreas climatizadas	- 20W/m ²
	- 60W/m ²

A Tabela 2 apresenta a composição dos diferentes valores de densidade de carga interna adotada. A importância desse parâmetro está no fato de que simulações realizadas em pesquisas anteriores (Melo & Lamberts, 2008; Chvatal;

Corvacho, 2009) mostraram que os benefícios do isolamento térmico de paredes em alguns climas brasileiros são altamente dependentes da geração de calor interno na edificação. De acordo com essas pesquisas, prédios com alta densidade de carga interna necessitariam de um envelope com resistência térmica mais baixa para permitir maior dissipação de calor e prédios mais eficientes, com carga interna mais baixa, teriam maior necessidade de isolamento térmico em suas paredes de acordo com o clima em que estariam inseridos.

A densidade de carga interna leva em consideração a potência instalada em iluminação artificial, a densidade de ocupação e equipamentos elétricos em cada zona térmica. A opção de 20 W/m², por exemplo, representa um sistema de iluminação eficiente (11 W/m²) e escritório com baixa densidade de ocupação, com cerca de 30 m² por pessoa. Para representar a carga de equipamentos elétricos – especialmente microcomputadores – considera-se cerca de 150 W para cada ocupante do prédio.

Tabela 2. Composição dos valores de densidade de cargas internas adotadas.

Densidade = 20 W/m²

	Qtd	W/m ²
Ilum. (w/m ²)	11	11,00
Pes. (m ² /pes)	30	4,00
Equip. (W/pes)	150	5,00
Total	-	20,00

Densidade = 60 W/m²

	Qtd	W/m ²
Ilum. (w/m ²)	19,5	19,50
Pes. (m ² /pes)	6,7	18,00
Equip. (W/pes)	150	22,50
Total	-	60,00

As rotinas de ocupação e funcionamento de equipamentos possuem valores diferenciados para os dias úteis e finais de semana. Durante os dias de semana, no período compreendido entre 9h00 e 18h00 (exclusive) a edificação possui 100% de ocupação, como mostra a Figura 2. Schedule de ocupação.. A partir desse horário a ocupação é de 50% e depois 25%. Aos sábados, a ocupação é de 10% do total e ocorre entre 9h00 e 13h00.

O padrão de uso da iluminação e dos equipamentos é o mesmo, como pode ser observado na Figura 3. Padrão de uso de iluminação. e na Figura 4. Padrão de uso de equipamentos.. Porém, durante o período noturno, entre 20h00 e 9h00, e aos sábados, 5% da iluminação total é utilizada e apenas 2,5% do total de equipamentos é ligado.

O sistema de condicionamento de ar pode funcionar entre 8h00 e 18h00 durante os dias de semana e entre 9h00 e 12h00 durante os sábados, dependendo das condições ambientais. A Figura 5. Padrão de uso do sistema de condicionamento de ar. apresenta o padrão de uso do sistema.

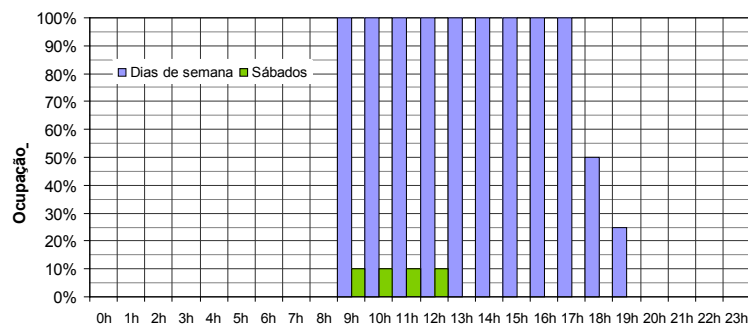


Figura 2. Schedule de ocupação.

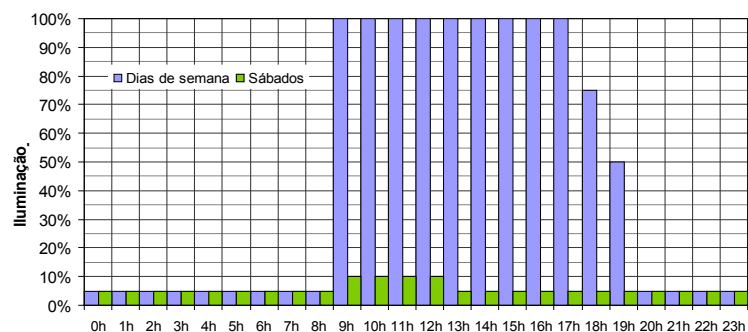


Figura 3. Padrão de uso de iluminação.

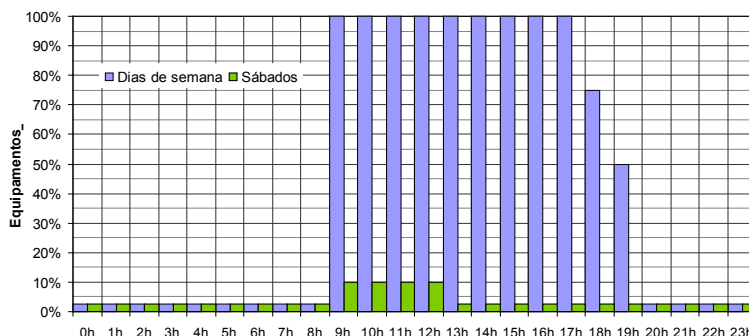


Figura 4. Padrão de uso de equipamentos.

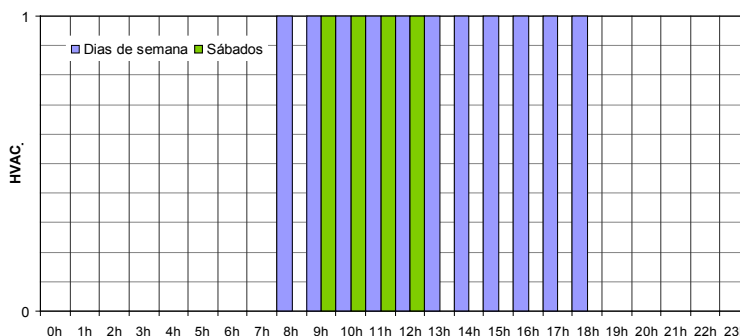


Figura 5. Padrão de uso do sistema de condicionamento de ar.

6 RESULTADOS

CONSUMO FINAL

Observa-se através da Figura 6. Consumo final do edifício com SHGC de 0,71 e carga interna de 60W/m². e através da Figura 7. Consumo final do EE com SHGC de 0,71 e carga interna de 20W/m², que apresentam os resultados para os casos com ILD de 60W/m² e 20W/m² respectivamente, que, independente do valor de carga interna instalada, o uso do isolante térmico na cobertura reduz o consumo final da edificação. Para os primeiros casos a redução é da ordem de 1% ao ano e para os casos mais eficientes, ou seja, com densidade de carga interna baixa a redução é maior, em torno de 2% e 3% ao ano. Enquanto que para os casos com alta densidade de carga interna instalada a utilização de isolante térmico nas paredes resultou em um aumento do consumo final da ordem de 1,5% (entre os casos sem isolamento e mais isolados), os casos com ILD de 20W/m² apresentam pouca influência das transmitâncias térmicas das paredes no consumo final da edificação. Porém, para os casos com baixa densidade de carga interna, houve redução de 1% no consumo anual de energia elétrica dos casos com U_{cob}=1,0W/m².K e U_{cob}=2,75W/m².K e WWR de 40% e 20% Oeste

em comparação com os valores de transmitância térmica de paredes de 3,5 W/m².K e 2,5 W/m².K. Percebe-se ainda, que os resultados das diferentes áreas de janelas com relação à fachada possuem comportamento semelhante com relação à alteração da transmitância de paredes e coberturas.

A Figura 7 apresenta os resultados das simulações dos casos do edifício de escritórios com a alteração do SHGC do vidro de 0,71 para 0,30. Apesar da diminuição do consumo anual de energia com a mudança do SHGC para 0,30, o comportamento dos resultados é o mesmo observado anteriormente, onde houve a redução do consumo final com a utilização de isolamento térmico na cobertura (1,5% para 60W/m² e 3% para 20W/m²). Observa-se que a utilização de isolante térmico nas paredes prejudica a dissipação do calor interno para o ambiente externo para os casos com alta densidade de carga interna instalada, aumentando o consumo final da edificação. Para os casos com ILD de 20W/m², houve pouca influência das transmitâncias térmicas das paredes no consumo final da edificação. Porém, comparando-se os casos menos isolados com os casos isolados termicamente, obteve-se redução de 3% para os casos com WWR de 60% e 4% para os casos com WWR de 40% e 20% Oeste.

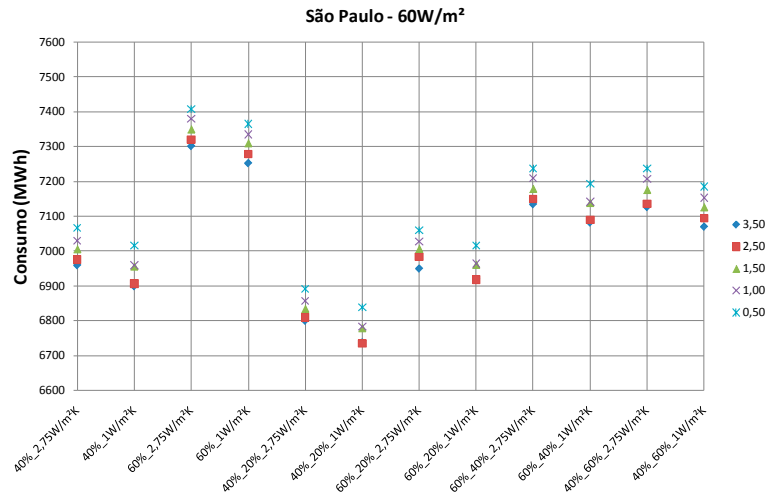


Figura 6. Consumo final do edifício com SHGC de 0,71 e carga interna de 60W/m².

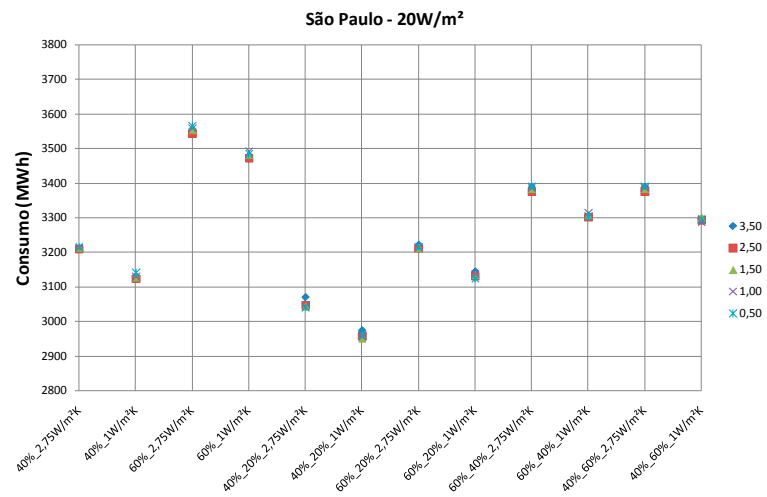
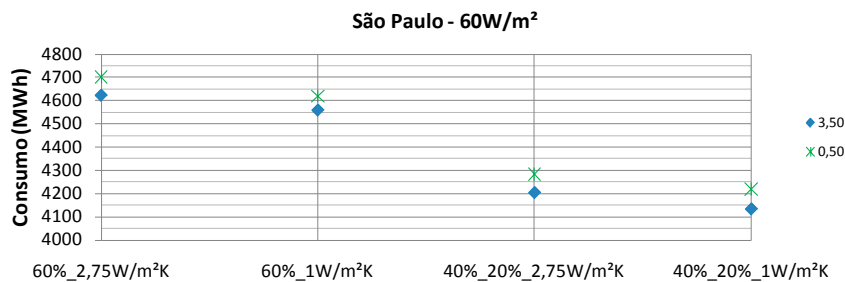


Figura 7. Consumo final do EE com SHGC de 0,71 e carga interna de 20W/m².

Analisando o consumo por uso final de um caso em particular, com WWR de 40% e 20% na fachada oeste, ILD de 20W/m², com o uso de isolante térmico nas paredes e cobertura nota-se, através da Figura 8, que o consumo do sistema de condicionamento de ar representa 42% do uso final (Figura 9). O total do consumo de energia elétrica utilizado pelo sistema de iluminação é de 43%, e pelos equipamentos de 15%. Ou seja, a utilização de isolamento térmico em edificações eficientes reduz o consumo de energia elétrica do

sistema de condicionamento de ar ao reduzir a carga térmica da edificação.

Dessa forma, a redução efetiva no consumo de energia elétrica é maior do que a redução obtida no consumo total. Para o caso em questão, enquanto a redução no consumo total (iluminação + equipamentos + sistema de condicionamento de ar) é de 3,5%, tem-se que o consumo anual do sistema de condicionamento de ar do caso com isolamento é de 1.286 MWh, 7,6% menor do que o consumo do mesmo caso sem isolamento (1.392 MWh).



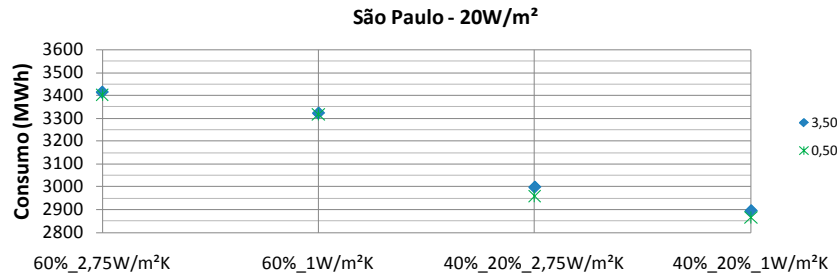


Figura 8. Consumo final do EE com SHGC de 0,30 - São Paulo.

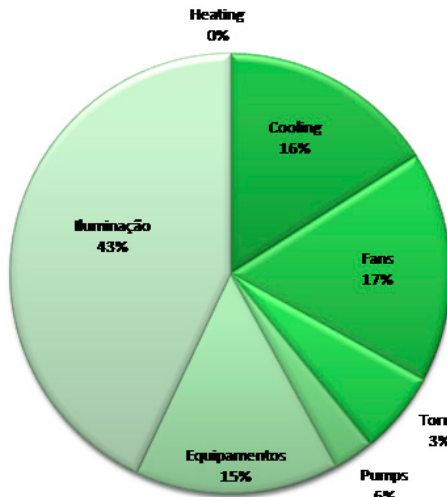


Figura 9. Consumo por uso final do edifício analisado.

CAPACIDADE INSTALADA

Para o arquivo climático de São Paulo, percebe-se que em todos os casos, tanto para alta densidade de carga interna (Figura 10. Capacidade instalada do edifício com SHGC de 0,71 e carga interna de 60W/m².) quanto para baixa densidade de carga interna (Figura 11. Capacidade

instalada do edifício com SHGC de 0,71 e carga interna de 20W/m².), há redução da capacidade instalada do sistema de condicionamento de ar com a utilização de isolante térmico na cobertura em comparação com o mesmo modelo sem a utilização do isolante. A redução varia de 2% a 3% para os primeiros casos, e de 3% a 6% para os últimos.

Porém, nota-se menor influência da utilização do isolante nas paredes. Para os casos com alta densidade de carga interna, houve redução de 1% na capacidade instalada dos casos com U_{cob}=1,0W/m².K e WWR de 40% e 20%Oeste e WWR de 60% e 20%Oeste em comparação com os valores de transmitância térmica de paredes de 3,5 W/m².K e 2,5 W/m².K. Não houve redução para os outros casos. Para os casos com baixa densidade de carga interna, houve redução de 2% (4TR) na capacidade instalada do sistema do caso com WWR de 40% e 20%Oeste e U_{cob}=2,75W/m².K. A redução foi de 1% para os casos com U_{cob}=1,0W/m².K e WWR de 40% e 20%Oeste e WWR de 60% e 20%Oeste; e do caso WWR de 60% e 20%Oeste e U_{cob}=2,75W/m².K; em comparação com os valores de transmitância térmica de paredes de 3,5 W/m².K e 2,5 W/m².K. Não houve redução para os outros casos.

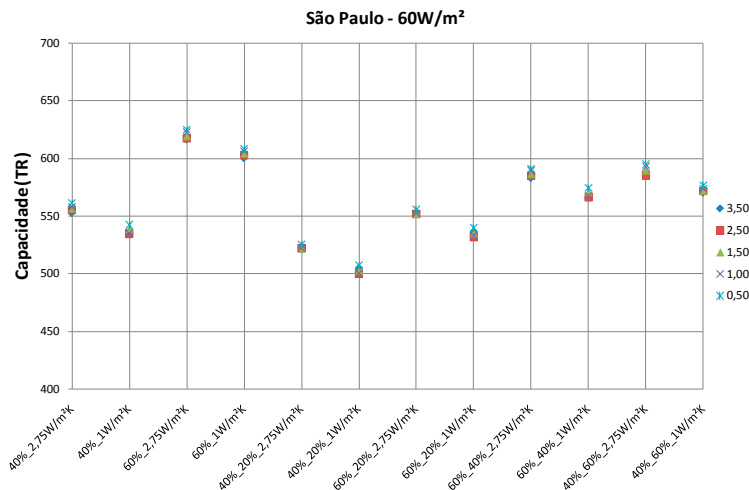


Figura 10. Capacidade instalada do edifício com SHGC de 0,71 e carga interna de 60W/m².

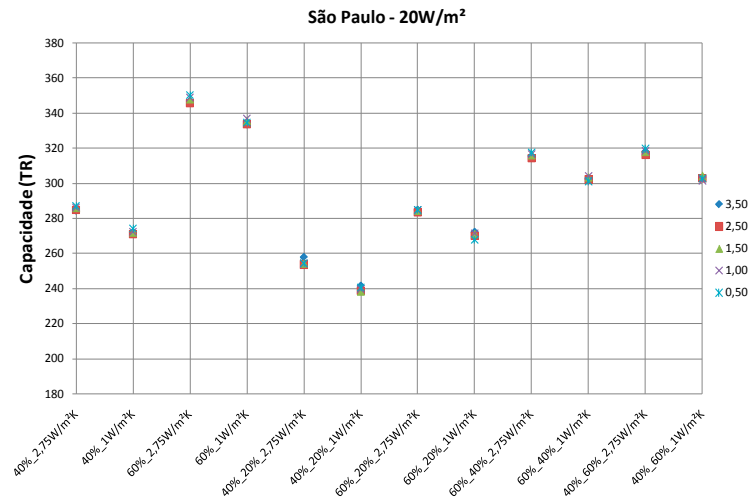


Figura 11. Capacidade instalada do edifício com SHGC de 0,71 e carga interna de 20W/m².

Mesmo com a mudança do SHGC para 0,30, a influência da transmitância térmica com relação à capacidade instalada em sistema de condicionamento de ar das paredes continua sendo pequena, como pode ser observado através da Figura 12. A redução obtida fica em torno de 1% e 2% para os casos com baixa densidade de carga interna. Entretanto, a utilização do isolante térmico na cobertura representou uma redução para todos os casos analisados. Para os casos com ILD de

60W/m² a redução encontrada foi de 4%; e para os casos com ILD de 20W/m² a redução foi também de 4% para os casos com WWR de 60% e de 7% para os casos com WWR de 40%. Comparando-se os casos sem isolamento térmico em paredes e coberturas e casos isolados, obteve-se redução de 3% (16TR) e 4% (19TR) para os casos com elevada carga interna e 4% (14TR) e 8% (19TR) para os modelos de baixa carga interna, para WWRs de 60% e 40% e 20% Oeste, respectivamente.

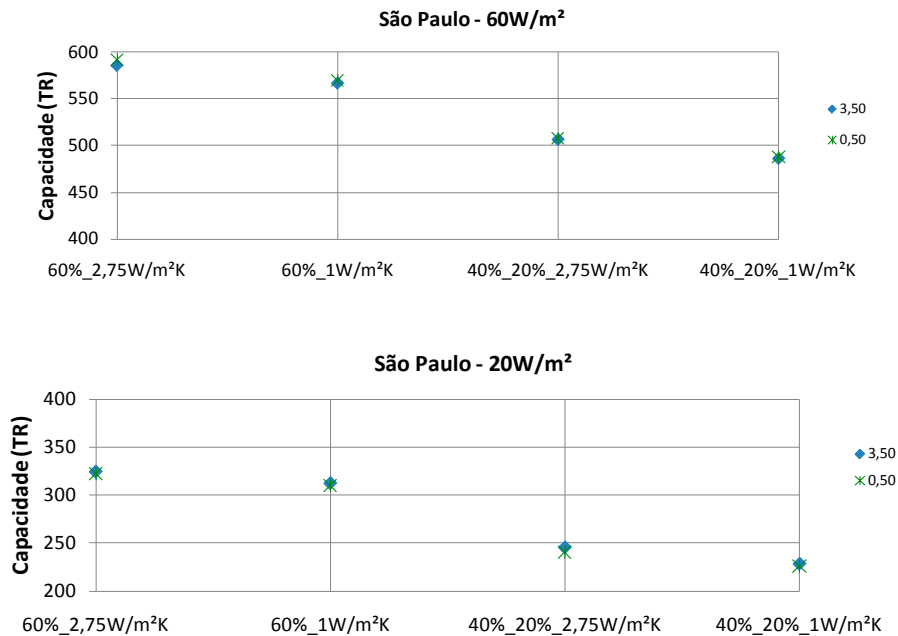


Figura 12. Capacidade instalada do edifício com SHGC de 0,30.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do estudo referente à simulação térmica e energética de uma edificação comercial e respectivas alternativas para avaliação da utilização do isolamento térmico em fachadas e em cobertura no consumo de energia elétrica foram aqui apresentados.

Para a simulação computacional foi adotado o programa EnergyPlus, utilizando a versão 7.2. Este programa calcula a carga térmica necessária para aquecer ou resfriar um ambiente, baseado no comportamento térmico e energético da edificação, no clima que a edificação está inserida e nos valores de cargas térmicas encontradas.

Foi adotado um edifício comercial com um total de 15 pavimentos, representando uma área em planta total de 1.500m² por andar. Os parâmetros de percentual de área de aberturas em relação à fachada, tipos de vidro, transmitância térmica das paredes e cobertura e densidades de carga interna ou ILD (iluminação, equipamentos e pessoas) variaram a fim de se obter a análise do desempenho da edificação com relação ao envelope. Os resultados obtidos foram o consumo anual de energia elétrica, expresso em MWh/ano, capacidade instalada em sistema de condicionamento de ar, em Toneladas de Refrigeração (TR). A cidade selecionada foi São Paulo (Zona Bioclimática 3).

Com relação aos resultados obtidos para consumo anual de energia elétrica e capacidade instalada em sistema de condicionamento de ar, constatou-se que para o edifício de escritórios, as maiores reduções foram obtidas para os casos modelados com baixa densidade de carga interna (ILD=20W/m²). Com a alteração do tipo de vidro, de SHGC de 0,71 para SHGC de 0,30 as reduções foram ainda mais significativas. Para a cidade de São Paulo (Zona Bioclimática 3), a redução obtida no consumo de energia elétrica foi de até 3% e na capacidade do condicionamento de ar foi entre 3% e 4% na comparação entre os casos extremos de isolamento do envelope. Para os casos com vidros de menor fator solar, a capacidade instalada foi reduzida entre 4% e 8%. A participação do sistema de condicionamento de ar no consumo final de energia elétrica foi de 42% em um desses casos.

Através dos resultados das simulações pôde-se identificar que os edifícios de escritórios possuem uma grande participação do sistema de condicionamento de ar no uso final de energia elétrica anual, em torno de 40% para edificações com baixa densidade de carga interna. Analisando-se

o consumo por uso final de um caso em particular, com WWR de 40% e 20% na fachada oeste, ILD de 20W/m², com o uso de isolante térmico nas paredes e cobertura observou-se que o consumo do sistema de condicionamento de ar representou grande parcela do uso final.

Somado ao exposto acima, foram constatadas reduções significativas na capacidade instalada em ar-condicionado para todas a tipologia adotada. Portanto, o uso de isolantes é justificável nesses casos devido à significativa redução de demanda e conseqüente redução do custo de energia elétrica. Além é claro de possibilitar um menor investimento em equipamentos condicionadores de ar, já que é possível adquirir máquinas de menor capacidade de refrigeração.

A relação entre o impacto na carga instalada em condicionamento de ar e o uso de isolantes térmicos, constatada no presente estudo, indica forte influência na demanda de energia a ser solicitada pela edificação. Para abastecer um edifício comercial de médio porte no Brasil são necessários grandes investimentos em estrutura de geração e transmissão de energia elétrica. Constatou-se que a aplicação de isolamento térmico nas edificações contribuiu para a redução de consumo e capacidade instalada em sistemas de condicionamento de ar para a maioria dos casos simulados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS [ABNT]. (2005). *NBR 15220: Desempenho térmico de edificações: Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social* Rio de Janeiro.
- Chvatal, K. M. S., Maldonado, E. A. B., & Corvacho, M. H. P. (2005). Study of the impact of the increase of the thermal insulation of the building envelope upon its thermal performance. In: PALENC – Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Santorini. *Proceedings...* Santorini: PALENC.
- Chvatal, K. & Corvacho, H. (2009). The impact of increasing the building envelope insulation upon the risk of overheating in summer and an increased energy consumption. *Journal of Building Performance Simulation*, v.2, n.4, p. 267-282.
- Department of Energy [DOE]. (2012, out. 21). *Programa EnergyPlus - versão 7.2*. Recuperado de <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

- Masoso, O.T. & Grobler, L.J. (2008). A new and innovative look at anti-insulation behaviour in building energy consumption. *Energy and Buildings*, v. 40, p. 1889-1894.
- Melo, A. P. (2007). Análise da influência da transmitância térmica no consumo de energia de edificações comerciais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Melo, A.P. & Lamberts, R. (2008). Opaque envelope parameters versus energy consumption in commercial buildings in Brazil. *Journal of Building Performance Simulation*, v. 1, n. 4, p. 237-244.
- Roriz, M., Chvatal, K., & Cavalcanti, F. (2009). Sistemas construtivos de baixa resistência térmica podem proporcionar mais conforto. In: Anais do X Encontro Nacional e VI Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. *Natal. Anais...Natal, 2009.*
- Westphal, F. S. & Lamberts, R. (2007). Análise do impacto de variáveis arquitetônicas e cargas internas no consumo de energia em condicionamento de ar de edificações comerciais. In: *Anais do IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*. Ouro Preto: Antac.

Endereço de correspondência do autor:

Ana Paula Melo

Universidade Federal de Santa Catarina.

Campus Universitário - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

88040-900 - Florianópolis, SC - Brasil