



A INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO – EPS (ISOPOR) NA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA APLICADO EM EDIFICAÇÕES E SUA RECICLAGEM

Z V Grote; J Luz-Silveira & R M Bittencourt

Universidade Estadual Paulista

Dept. de Energia

R. Ariberto Pereira da Cunha, 333

12.500-000 – Guaratinguetá/SP - Brasil

fax: 55 (12) 525 2466 tel: 55 (12) 525 2800

e-mail: zilmara@feg.unesp.br, joseluz@feg.unesp.br

RESUMO Neste trabalho analisa-se a conservação de energia elétrica como conseqüência do uso de um material isolante (EPS - Poliestireno Expandido) como elemento construtivo para isolamento de paredes e lajes na construção de um edifício comercial. Visa-se a diminuição da potência frigorífica de refrigeração do sistema de condicionadores de ar, a fim de buscar uma economia nos gastos anuais com energia elétrica, considerando o fato de tal material apresentar condutividade térmica menor em relação a alvenaria de tijolos comuns. Busca-se a viabilidade do uso desse material alternativo como elemento construtivo e faz-se o levantamento de custos/benefícios comparativamente entre os sistemas construtivos considerados (alvenaria comum e alvenaria com o isolamento proposto). Em fase final, conclui-se com os aspectos relevantes associados as vantagens do uso do EPS na construção civil, tanto do ponto de vista energético como do ponto de vista econômico.

ABSTRACT In this work, are analyzed the electrical energy savings as a consequence of the use of an insulating material (EPS – Expandable Polystyrene) like a constructive element for isolation of walls and flagstones in the commercial building. The decrease of the frigorific power in the refrigeration system, in order to search a reduction in the annual costs with electric energy, considering which the material presents thermal conductivity lesser in relation to conventional constructions methods. The viability of the of this alternative material is looked for, as constructive element and to be makes comparatively the costs/benefits rising among the considered constructive systems (conventional and proposed insulation materials). In conclusion, are related import aspects of the advantages of the use of EPS in the civil construction, so much of the energy and economic point of view.

1 Introdução

Devido a necessidade do ser humano manter satisfeitas as suas exigências fisiológicas primárias de conforto e equilíbrio térmico, a maioria das edificações tem sido providas de condicionadores de ar para refrigeração, que favorecem o conforto térmico dentro dos ambientes. Com isso há um aumento no consumo de energia elétrica e conseqüentemente gera-se uma preocupação em relação a otimização destes gastos, sem afetar o conforto obtido.

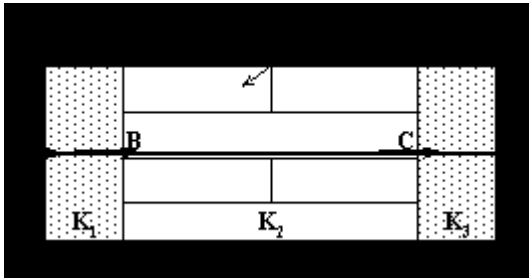
O trabalho propõe-se a analisar a influência do isolante térmico de EPS (em placas) na conservação de energia quando aplicado em paredes e teto de edificações. Essa análise consiste na diminuição da carga térmica devido ao isolamento aplicado, visando a conservação térmica e economia com os gastos de energia elétrica associados ao sistema de refrigeração. No desenvolvimento da pesquisa adotou-se como metodologia o estudo da carga térmica de um determinado ambiente sem e com o emprego do isolante proposto, enfatizando o dimensionamento dos equipamentos de refrigeração necessários nos dois casos analisados. Através deste estudo é realizada a análise de viabilidade técnica e econômica. O trabalho ainda apresenta os resultados obtidos comprovando a hipótese do bom desempenho deste isolante térmico e essencialmente expõe o grau de influência de sua aplicação na conservação de energia, considerando entre outros aspectos os investimentos, as taxas de juros anuais e o período de amortização do capital investido. Dando seqüência a pesquisa, faz-se uma abordagem sobre a reciclagem e reaproveitamento dos resíduos de EPS os quais podem ser utilizados na construção que os originou.

2 Análise da Carga Térmica

Para o desenvolvimento deste estudo, optou-se por analisar o caso de um edifício comercial localizado na cidade de Campinas, estado de São Paulo. São consideradas 22 pessoas realizando atividades moderadas por andar. A temperatura interna desejada é de 25°C e a externa de 35°C, considerando as características do verão local (20 de fevereiro e o horário 16 h). A latitude do local é de 22°53' e longitude de 47°04'.

Definidas as informações básicas como dimensões do ambiente, localização (latitude, longitude), características do verão local, posição do sol em face do prédio, fim a que se destina a instalação, números de pessoas, equipamentos utilizados, características da construção, tais como cores de parede e tipo de material utilizado na construção; calculou-se a carga térmica, com o qual se dimensionou os sistemas de ar condicionado a serem instalados. O cálculo da carga térmica é a somatória de todos os itens que influenciam na quantidade de calor que o sistema de refrigeração vai retirar do ambiente para que este se mantenha à temperatura de conforto desejada. São eles: calor de condução, insolação, infiltração, iluminação, pessoas, etc. [Creder, 1990].

Os parâmetros construtivos para os cálculos de calor de condução são apresentados na Figura 1 para alvenaria sem isolamento .



$$K_1 = K_3 = 0,989 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad e_1 = e_3 = 0,030 \text{ m}$$

$$K_2 = 0,774 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad e_2 = 0,10 \text{ m}$$

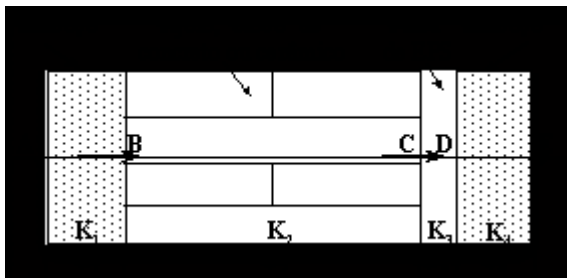
$$K_{2'} = 0,602 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad e_{2'} = 0,12 \text{ m}$$

$$K_{2''} = 0,170 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad e_{2''} = 0,15 \text{ m}$$

Fig. 1 Corte da alvenaria.

Obs.: K_2 e e_2 são os valores dos tijolos maciços, $K_{2'}$ e $e_{2'}$ são dos tijolos cerâmicos e $K_{2''}$ e $e_{2''}$ são dos blocos de concreto. Dados conforme Holman (1983), Creder (1990) e Grote (1999).

Os parâmetros construtivos para a alvenaria com o isolamento de placas de EPS estão apresentados na Figura 2.



$$K_1 = K_4 = 0,989 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad e_1 = e_4 = 0,030 \text{ m}$$

$$K_2 = 0,774 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad e_2 = 0,10 \text{ m}$$

$$K_{2'} = 0,602 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad e_{2'} = 0,12 \text{ m}$$

$$K_{2''} = 0,170 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad e_{2''} = 0,15 \text{ m}$$

$$K_3 = 0,030 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad e_3 = 0,05 \text{ m}$$

Fig. 2 Corte da alvenaria com placas de EPS.

Para o cálculo da carga térmica seguiu-se as equações segundo Creder (1990). Os resultados dos cálculos da carga térmica (calor a ser retirado) para as alvenarias propostas (constituída de alvenaria comum, outra de alvenaria mais as placas de EPS de 50mm de espessura), variando a temperatura externa de 25 a 40°C, são apresentados na Figura 3.

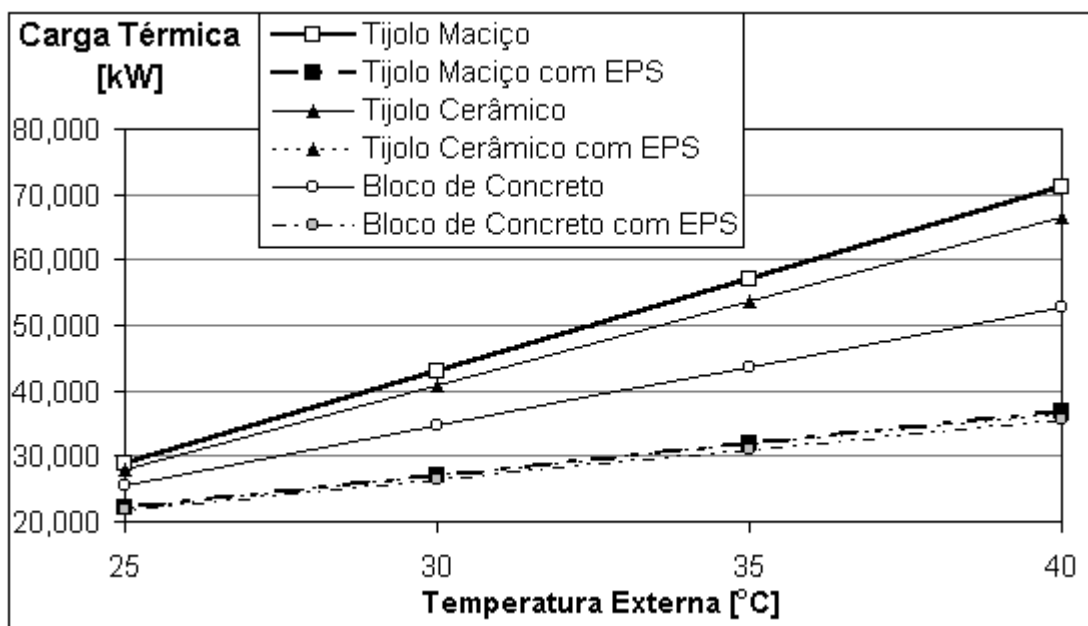


Fig. 3 Gráfico da carga térmica em função da temperatura externa.

Observa-se que quando se aplicam as placas isolantes, os valores do cálculo da carga térmica ficam muito próximos, independente do material que se está usando como fechamento, isto é, tijolos maciços, cerâmicos ou blocos de concreto. A diferença entre esses materiais sem o isolamento e com o isolamento das placas de EPS são de 40,7% a menos no valor da carga térmica total para os tijolos cerâmicos mais as placas em relação ao uso destes sem o isolamento, 28,9% a menos para os blocos de concreto isolados e 44,1% a menos para os tijolos maciços isolados. Esse resultado mostra que o uso das placas de EPS como isolante é eficiente, praticamente não importando o material que está sendo utilizado em conjunto, portanto o que definirá a composição ideal para o fechamento das paredes é um material que seja mais econômico e que tenha maior eficiência na obra em relação a facilidades de manuseio, melhor qualidade, menor tempo de construção, etc.

Na Figura 4 é mostrada a influência da espessura da placa de EPS no edifício considerado para cada andar, variando a espessura a uma temperatura externa de 35°C.

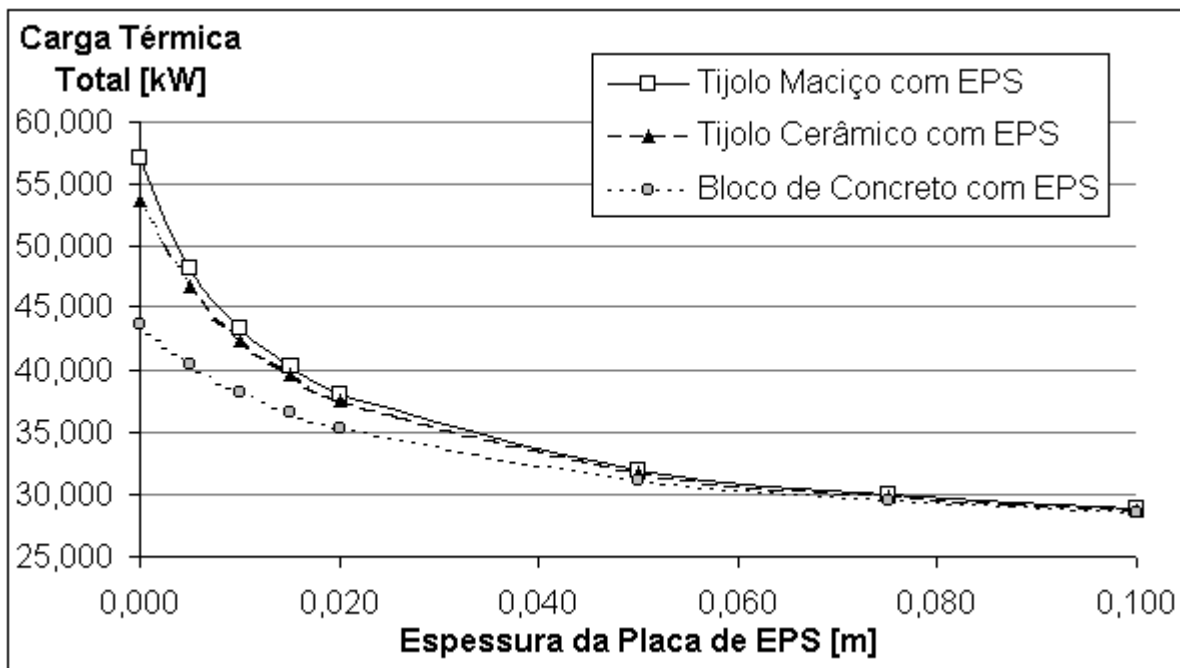


Fig. 4 Gráfico da influência da espessura das placas de EPS aplicadas sobre os materiais construtivos convencionais.

Como se pode observar, quanto maior a espessura do isolante, menor será a carga térmica total. As placas de EPS influenciam diretamente nas parcelas de condução e insolação da carga térmica total, se esses valores forem modificados, a carga térmica também será.

3 Orçamento dos Sistemas Construtivos e do Sistema de Refrigeração

Para compor os custos da construção do edifício especificado foram considerados os materiais utilizados e suas quantidades, a mão de obra, etc. Para a alvenaria estudou-se: tijolos maciços, tijolo cerâmico furado, bloco de concreto, revestidos de: chapisco, emboço e reboco. A estrutura: laje maciça, vigas, pilares e fundação compatível aos carregamentos, com concreto armado de fck 20MPa (resistência característica do concreto). Depois foram verificados os custos com a aplicação de placas de EPS sobre esses materiais.

Os materiais e seus insumos foram extraídos do TPCO - Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (1986) e os custos (preços dos materiais utilizados) das revistas Boletim de Custos (1999) e Construção (1999). As composições de custos para os métodos construtivos são apresentadas na Tabela 1. Os resultados indicam que para um edifício térreo o maior custo é o método usando os tijolos maciços, e o menor é o do tijolo cerâmico (que é o mais usado nas obras atualmente). Os blocos de concreto podem não ter o revestimento de reboco, tendo assim seu custo reduzido em 10,86%.

Na escolha do maquinário para refrigeração usou-se o calor a ser retirado, calculado para cada tipo de material, onde se obtiveram os valores dos custos apresentados também na Tabela 1. O equipamento foi dimensionado para um sistema de "Self Contained" a Água, definida juntamente com fabricantes de equipamentos de

refrigeração e o custo conforme a revista Boletim de Custos (1999) com valor médio adotado de 362,26 US\$/kWh.

Tab. 1 Composição dos custos em obra civil.

Custos [US\$]	Tijolos maciços		Tijolo furado		Bloco de concreto	
	Normal	+ EPS	Normal	+ EPS	Normal	+ EPS
Obra civil	55926,84	58833,80	50394,15	53301,11	51787,71	54694,67
Sistema de refrigeração	20683,87	11565,82	19461,81	11526,49	15837,04	11248,90

4 Análise de Viabilidade Econômica

Os cálculos dos custos de refrigeração, gastos com eletricidade e economia anual esperada para o edifício foram desenvolvidos com base no estudo de viabilidade econômica realizado por Silveira *et al* (1998). Deve-se salientar que esses resultados buscam a viabilidade em relação ao consumo do sistema de refrigeração, para que este retire o acréscimo de carga térmica do ambiente, mantendo-o a uma temperatura de conforto desejada.

Fazendo-se as considerações para a apresentação dos resultados tem-se:

- Tempo de operação estimada (H) para o sistema de refrigeração é de 2920 [h/ano];
- Coeficiente de performance adotado para o sistema de refrigeração (COP) é:

$$COP = \frac{P_f \text{ [kW]}}{E_c \text{ [kW]}} = 3,0 \quad (1)$$

- As temperaturas consideradas são para o ambiente externo de 35°C e para o interno de 25°C, portanto, uma variação de 10°C;
- Valor fixo para a tarifa de eletricidade (Pel) é de 0,09 US\$/kWh, em alguns casos com variação entre de 0,07 a 0,12 US\$/kWh;
- A taxa anual de juros (r) adotada é de 6% e o período de amortização do capital investido (k) varia de seis meses a cinco anos;
- A espessura das placas isolantes de EPS aplicadas junto às paredes e sobre o teto é de 50mm. Na maioria dos gráficos, os resultados são para um pavimento somente;
- Os valores dos investimentos civis (Ic) e investimentos com os sistemas de refrigeração (Imaq) estão mencionados no item anterior.

A seguir, mostra-se o equacionamento para o estudo de viabilidade econômica dos materiais propostos.

Energia elétrica anualmente consumida (Ec):

$$E_c = \frac{P_f}{COP} \cdot H \text{ [kWh/ano]} \quad (2)$$

Gasto e Economia anual com energia elétrica por faixa de tarifa de eletricidade (GEc):

$$GEc = Ec \times Pel \times H \quad [US\$/ano] \quad (3)$$

Economia anual esperada (R) dado em US\$/ano:

$$R = GEc \text{ (material proposto)} - GEc \text{ (material convencional)} \quad (4)$$

Diferença de investimento - DI [US\$]:

$$DI = [Ic + I_{maq} \text{ (m.proposto)}] - [Ic + I_{maq} \text{ (m.convencional)}] \quad (5)$$

Diferença de período de amortização do capital investido (k) dado em ano:

$$k = \frac{DI}{R} \quad (6)$$

A Figura 5 mostra os gastos anuais com energia elétrica consumida no sistema de refrigeração relacionando todos os tipos de composição de alvenarias considerados, em função da tarifa de eletricidade, e conforme as considerações anteriores.

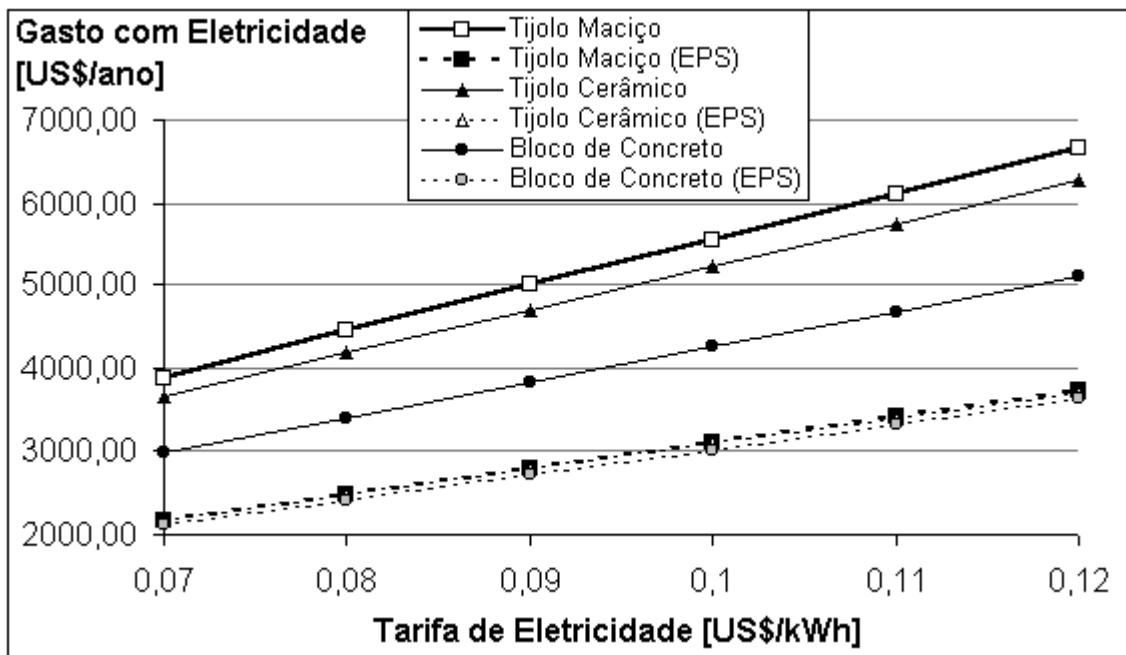


Fig. 5 Gráfico dos gastos anuais em função da tarifa de eletricidade.

Observa-se a vantagem do uso de isolantes térmicos no edifício, sendo que os gastos com energia elétrica consumida no sistema de refrigeração apresentam valores maiores para os edifícios sem isolamento em relação aos que usam as placas de EPS em suas paredes e sob o telhado. Enquanto um edifício térreo de tijolos maciços isolados com placas de EPS consome anualmente em energia 2790 US\$/ano, um edifício térreo sem esse isolamento consome 5000 US\$/ano (79% a mais nos gastos elétricos) para uma tarifa de 0,09US\$/kWh.

Defini-se, neste trabalho, o custo unitário de isolamento ou de referência (C_R) em US\$/ hm^2 como sendo o custo que envolve os investimentos em obras que influenciam no conforto térmico (como as placas de EPS), investimentos no sistema de refrigeração necessário e a operação desse por unidade de tempo e área útil do edifício a ser refrigerado. A equação usada para esses resultados é:

$$C_R = \frac{(I_{civil} + I_{maq}) \times f}{H \times A} + \frac{P_{el} \times E_C}{A} \quad [US\$/hm^2] \quad (7)$$

A Figura 5 mostra a variação do custo unitário de isolamento ou de referência comparando as obras com e sem placas de EPS.

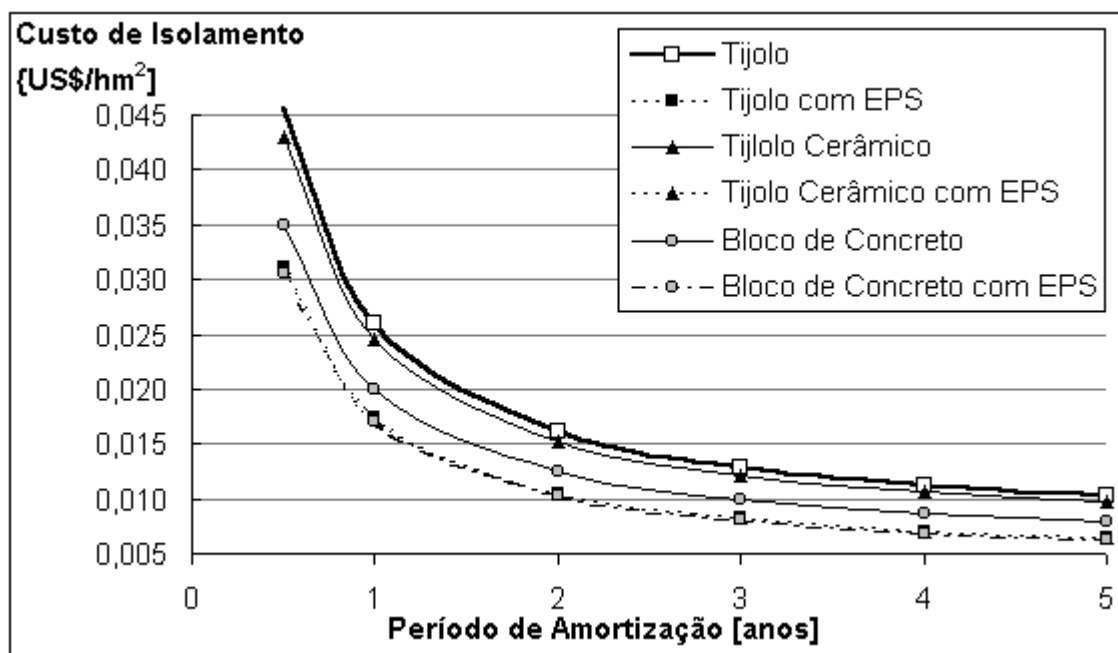


Fig. 5 Gráfico do custo de isolamento em relação ao período de amortização.

Verifica-se que o maior custo unitário de isolamento é para a alvenaria de tijolos maciços, seguido dos custos que não contém isolamento térmico das placas de EPS. Mesmo com o investimento das placas isolantes, os custos unitários para os métodos que contém as placas de EPS são menores, mostrando a vantagem desses métodos, as diferenças são de aproximadamente de 35% a menos comparando o tijolo maciço com e sem placa, 31% para tijolos cerâmicos com e sem placa e 17% para os blocos de concreto (com e sem placa) .

5 Considerações Finais

Através desse estudo verificou-se a viabilidade técnica e econômica para os sistemas propostos, isto é, o uso de placas de EPS em edificações, onde se obtém economia nos gastos de eletricidade relacionada ao consumo dos sistemas de refrigeração, isto ocorre devido à redução da carga térmica e conseqüentemente, também se obteve redução nos seus custos do equipamento. Mesmo havendo aumento no custo da construção com a aplicação das placas de EPS. É importante ressaltar que a redução em carga térmica através de um melhor isolamento pode ser adaptada a edificações já

existentes, trazendo um ganho não só do ponto de vista econômico, mas em relação ao conforto térmico proporcionado. Com esse estudo, pode-se concluir que o uso do EPS em obras civis é uma tecnologia viável e representa efetivamente uma forma racional de conservação de energia, necessitando de uma maior divulgação de suas qualidades.

Outro aspecto importante é sobre a reciclagem dos resíduos de EPS, estes podem ser incorporados na obra em forma de concreto leve (substituindo a brita no concreto por pérolas de EPS) para estruturas que não exijam grandes esforços, para aeração de solo em jardins ou até mesmo ser transformados em formas desejadas para utilização (placas ou blocos).

6 Bibliografia

Boletim de Custos (1999), Ed. Boletim de Custos, v. 39, n. 488, 62p.

Construção (1999), PINI. v.52, n.2666, 144p.

Creder, H. (1990): *Instalações de ar condicionado*, 4. ed., Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro.

Grote, Z.V. (1999): *Estudo do uso do EPS na construção civil: uma opção para a conservação de energia*. Guaratinguetá. 143p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista.

Holman, J.P. (1983): *Transferência de calor*, Mc.Graw Hill do Brasil, São Paulo.

Silveira, J.L, Grote, Z. V., Travassos, S.E.P. (1998): Análise comparativa entre materiais empregados na construção de uma câmara frigorífica: Styroblock e Alvenaria de tijolos maciços, *Anais do VII Latcym - Congresso Latinoamericano De Transferencia De Calor Y Materia*, Salta/Argentina, pp. 476-80

TABELA de composição de preços para orçamentos – TPCO (1986). 8. ed., Pini, São Paulo.