

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE UM TELHADO VERDE NA FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

GUILHERME BISSOLI PEREIRA DE MELLO¹, MÁRIO DAVID PINHEIRO COSTA*¹, MAURÍCIO SANCHES ALBERTI¹, RICARDO DANTAS GADELHA DE FREITAS FILHO¹

¹Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP

*E-mail do autor correspondente: mariodpinheiro@gmail.com

RESUMO: Este estudo tem como objetivo viabilizar a implantação de um telhado verde na faculdade de engenharia mecânica. Para isso é feito um modelo de transferência de calor, onde é calculado quanto de energia é consumida com o controle de temperatura, no telhado que é usado hoje, e quanto será consumido se for implantado um telhado verde. No final do estudo conclui-se que apesar do grande investimento inicial, é um projeto viável, que trará uma grande economia de consumo energético na Faculdade de Engenharia Mecânica, trazendo benefícios ao meio-ambiente e ao mesmo tempo, haverá uma diminuição de gastos energéticos que compensaria o gasto inicial em menos de cinco anos.

STUDY ON THE ESTABLISHMENT OF A GREEN ROOF ON FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ABSTRACT: This study aims to enable the implementations of a green roof on the faculty of mechanical engineering. For this is done a heat transfer model, where it is calculated how much energy is consumed with temperature control, on the roof that is used today, and how much will be consumed if a green roof is deployed. At the end of the study, it is concluded that despite the large initial investment, is a viable project that will bring a great economy os energy consumption on the Faculty of Mechanical Engineering, bringing benefits to the environment and at the same time, there will be a decrease in energy expenditure to offset the initial outlay in less than five years.

INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica no Brasil, segundo a ANEEL, é de cerca de 120GW sendo 67.21% gerados por hidrelétricas e o restante é em grande parte termelétricas. Ambas as fontes causam muitos impactos no meio ambiente.

Na construção de hidrelétricas, inunda-se uma grande área que antes era ocupada por vegetação e seres humanos, gerando problemas sociais e também impactos ambientais com o apodrecimento das vegetações, o que produz gases carbônico e metano. As termoelétricas também geram muitos impactos com a geração

de poluentes como óxidos de enxofre e nitrogênio. (Seva, 2008).

Nesse sentido, vemos que a solução para os problemas energéticos tem que obrigatoriamente passar pela utilização mais racional da energia elétrica. Um grande consumidor de energia elétrica é o ar-condicionado. Durante o verão, em residências que possuem esse aparelho, ele representa um terço do consumo.

Os telhados-verdes, conhecidos também como cobertura viva, telhado vivo, ou ecotelhado, entre outras denominações, existem há algum tempo, pelos povos tradicionais da

América Central que o utilizavam para criar isolamento térmico nas residências, pelos povos nórdicos na Europa, desde o século XIX, que também colocavam plantas para garantir a manutenção da temperatura antes da invenção dos aquecedores. Esse método, que foi deixado de lado com as inovações e as novas tecnologias, está voltando à tona, com as crescentes preocupações climáticas.

Só nos Estados Unidos e Alemanha já existem mais de 2000 empresas especializadas nesse tipo de construção. A Ford, em sua unidade de fábricas de caminhões em Michigan, instalou esse tipo de telhado e tem economizado desde então 30% de energia com refrigeração. Já na Alemanha há mais de 14 milhões de metros quadrados de telhados verdes (Bock, 2008). Edifícios como a prefeitura de São Paulo, a de Chicago e a Trump Tower Center em Nova York são exemplos de construções que possuem esse tipo de teto.

A primeira vantagem do sistema é que a camada de matéria orgânica viva (das plantas) e de terra funciona como isolante térmico. Em locais quentes, ela mantém frescor e em locais frios, guarda o calor. Nos países de clima temperado, a calefação é um dos principais gastos de energia. Um esquema de como é construído o sistema está mostrado na Figura 1.

Um telhado verde é feito em camadas. Próximo da base fica uma membrana impermeável normalmente feita de PEAD para evitar que a água das chuvas penetre no telhado e provoque infiltrações. Acima tem uma camada que vai armazenar parte da água das chuvas, que

será usada pelas próprias plantas como reserva. Em cima tem uma camada de terra, que pode variar em espessura. Esta camada torna o sistema bastante pesado e, por isso, é imprescindível analisar a estrutura da obra antes de qualquer implantação. Por último, vem a camada de plantas – e as espécies podem ser diferentes para cada região. Normalmente ela é composta de plantas resistentes à falta de água e que não necessitam poda, para diminuir a manutenção.

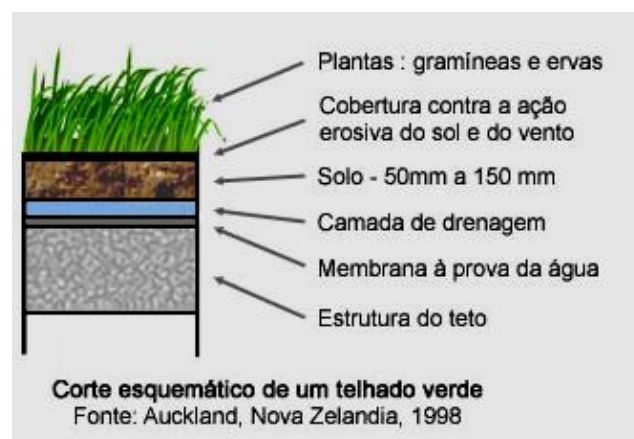


Figura 1. Corte esquemático de um telhado verde.

Além da vantagem do conforto térmico citada anteriormente, temos várias outras, como redução da velocidade de escoamento da água da chuva na fonte (telhado), aumento da retenção da água da chuva na fonte (drenagem urbana), limpeza da água pluvial, contribuindo para redução da poluição, redução da emissão de carbono, atenuante da poluição do ar, diminuição da temperatura do micro e macro ambiente externo, e contribui para a maior durabilidade dos prédios, pois diminui a amplitude térmica (Castro, 2008).

Tendo em vista todos esses benefícios do teto verde, nosso trabalho consiste na análise da viabilidade econômica de sua implantação na faculdade de engenharia mecânica analisando os investimentos necessários para fazê-lo e a economia de energia que seria obtida.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para calcularmos a energia que deixaria de ser gasta nos condicionadores de ar da FEM com a utilização do telhado verde, foi necessário modelar o problema matematicamente. Na modelagem, consideramos que a temperatura do ar no interior da sala suficiente para um conforto térmico satisfatório seria de 21°C. Medimos a temperatura do telhado no período da tarde e encontramos o valor de 56°C. Portanto, utilizamos este valor a fim de simplificar os cálculos (já que na realidade a temperatura do telhado varia ao longo do dia). Assumimos essa temperatura porque o que nos interessa é o conforto térmico nos horários em que a FEM é mais freqüentada, e nesses horários a temperatura aproximada do telhado é aproximadamente a de 56°C.

Também consideramos, na modelagem, que as trocas de calor por radiação, tanto no interior da sala como entre a sala e o exterior, seriam desconsideradas para o cálculo ser simplificado. Outra hipótese que consideramos válida foi de que a única transferência de calor do interior da sala para fora seria devida aos condicionadores de ar, já que o ar frio retira calor do ambiente. Portanto, as únicas fontes de calor

para o nosso modelo foram o sol e os condicionadores de ar.

Esquemáticamente, a sala foi modelada como mostra a Figura 2.

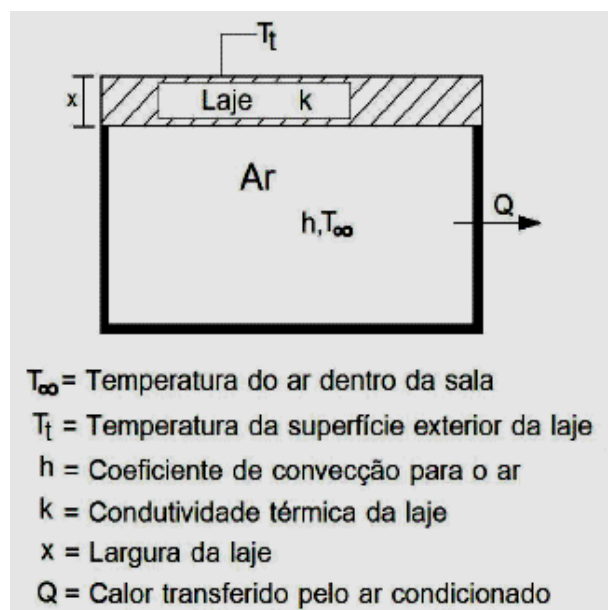


Figura 2. Modelagem de transferência de calor da sala em questão

Para facilitar os cálculos de transferência de calor, utilizamos para o nosso modelo a analogia com um circuito elétrico, conforme mostra a Figura 3.



Figura 3. Analogia do problema em questão com um circuito elétrico

Nessa figura, R1 simboliza a resistência à transferência de calor por condução na laje, e R2 é a resistência à transferência de calor por convecção natural do ar na sala. Assim sendo, temos o seguinte equacionamento para encontrar o valor de Q:

$$Q = \frac{T_t - T_{\infty}}{R_1 + R_2}$$

Porém, temos que R1 e R2 são dados por:

$$R1 = \frac{x}{k \cdot A} \text{ e } R2 = \frac{1}{h \cdot A}$$

Logo, a equação final fica:

$$Q = \frac{T_t - T_{\infty}}{\left(\frac{x}{k \cdot A}\right) + \left(\frac{1}{h \cdot A}\right)}$$

Temos os valores para as temperaturas do telhado (56°C) e do ar (21°C), para x (10cm), h (5,11W/m²*K), k (1,4W/m*K), sendo o valor da temperatura do telhado medido com um termômetro a laser disponibilizado pela própria faculdade.

Para o valor da área A, utilizamos um somatório de todas as áreas dos tetos das salas onde há condicionadores de ar na FEM. Esse valor foi encontrado como sendo 3600m².

Considerando que a FEM possui 11 condicionadores de ar tipo split, com uma potência de 14067W e consumo elétrico de 4385W cada, e 130 condicionadores de ar do tipo janela, com potência de 2198W e consumo elétrico de 800W cada, conseguimos calcular o seu gasto diário de energia multiplicando o somatório de potências pelo tempo durante o qual eles ficam ligados por dia e depois relacionando esse valor com o seu consumo elétrico. Os aparelhos tipo janela ficam ligados aproximadamente 8 horas por dia, enquanto que os do tipo split permanecem 15 horas por dia em funcionamento.

Já para o cálculo da potência desenvolvida nos condicionadores de ar quando se faz uso do telhado verde, conseguimos um valor significativamente menor, já que a temperatura do telhado diminui, nesse caso, para uma média de 41°C.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi calculado o consumo de energia dos condicionadores de ar da FEM, para o teto de concreto, substituindo seus respectivos valores, conseguimos encontrar o valor de Q correspondente à potência total empregada pelos condicionadores de ar, igual a 471.600W.

Agora, com a implantação do teto verde na FEM, calculamos novamente o valor do calor Q, usando os dados para essa situação e obtivemos o valor de 243.360W.

Fazendo uma razão entre a potência calculada sem telhado verde e a potência com ele, percebemos que a energia utilizada para manter a sala a 21°C, utilizando o telhado verde, corresponderia a apenas 51,6%, aproximadamente, da energia utilizada sem ele. Isso levaria a uma redução de 48,4% no consumo de energia elétrica, portanto. Porém, nosso cálculo está sujeito a erros e imprevisões, já que não foram levadas em consideração a perda de calor pelas paredes das salas e a influência do calor do chão na temperatura do ambiente. Assim, consideramos que um valor plausível para a economia geral com a instalação do telhado verde é de 40%.

O gasto de energia elétrica diário atual com ar condicionado na FEM é, segundo os cálculos, de aproximadamente 1.555,5kWh. Com a utilização do telhado verde, o valor cairia para 60% desse valor, o que corresponde a 933,3kWh. Analisando uma conta de energia da distribuidora regional de energia elétrica, obtivemos que o valor de quilowatt-hora é de 2,225kWh/real.

Fazendo uma regra de três simples, conseguimos encontrar, finalmente, que a economia diária na FEM caso se fizesse o uso do telhado verde em todos os blocos seria de aproximadamente 40% do valor total. Traduzindo em termos monetários, esse valor corresponde a R\$279,64 por dia, o que resultaria em mais de R\$70.000 por ano.

Em contato com as empresas que instalam esse tipo de telhado, o preço médio do metro quadrado custa R\$90,00 para grandes aplicações. Assim, o custo inicial para sua aplicação na FEM seria de R\$324.000. Esse investimento é relativamente alto, mas analisando a economia que seria feita com a redução do consumo de energia elétrica, o investimento compensa. Em menos de 5 anos o dinheiro já seria recuperado, além da grande economia de energia feita.

<http://www.ecotelhado.com.br/pt.asp?exibir=28> . Acesso em: 28 de novembro de 2010.

NASCIMENTO, L., 2010. A onda dos telhados verdes. O eco, junho, 2010. Disponível em: <http://www.oeco.com.br/reportagens/24075-a-onda-dos-telhados-ecologicos> . Acesso em: 28 de novembro de 2010.

SEVA, O., 2008. Estranhas catedrais. Notas sobre o capital hidrelétrico, a natureza e a sociedade. **Ciência e Cultura**, revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, ano 60, v.3, p. 44-50,

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Matriz de energia elétrica, 2010. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp> Acesso em: 28 de novembro de 2010.

BOCK, L., 2008. O jardim subiu no telhado. Revista Época, julho, 2008. Disponível em: <http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI59886-15224,00.html> Acesso em: 28 de novembro de 2010.

CASTRO, A.; GOLDENFUM, J., 2008. Uso de telhados verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano. Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH/UFRGS. Disponível em: