

CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA PASSIVO DE CLIMATIZAÇÃO UTILIZANDO SOLO COMO TROCADOR DE CALOR

Carlos Henrique Diedrich, chd145@hotmail.com¹

Gerson Henrique Dos Santos, gsantos@utfpr.edu.br²

Thiago Antonini Alves, antonini@utfpr.edu.br³

Douglas Pereira Vasconcellos, douglasvasconcellos@yahoo.com.br⁴

¹Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Ponta Grossa, Avenida Monteiro Lobato, km 4, Jardim Carvalho, 84016-210, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

⁴Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Imaculada Conceição, 1155, 80215-901, Curitiba, Paraná, Brasil

Resumo. Com o aumento da demanda energética e a crescente preocupação com a disponibilidade dos recursos naturais surgiram pesquisas ligadas às áreas com maior demanda energética. Diante disto, cresceu nos últimos anos a importância e o enfoque a temas relacionados à melhoria da eficiência energética nas edificações, e as soluções passivas para projetos arquitetônicos ineficientes em aquecimento ou resfriamento. Deste modo para economizar energia tornou-se necessário à incorporação de soluções passivas para o controle da temperatura no interior das edificações. Entre elas é possível destacar o trocador de calor solo ar (TCSA), um sistema que utiliza o solo como trocador de calor para aquecer ou resfriar um ambiente. Neste contexto este trabalho tem como objetivo a construção de um trocador de calor solo-ar para futura utilização em experimentos. O sistema é composto por tubulações de PVC, tubulações de aço galvanizado, isolantes térmicos e ventilador. O sistema foi montado nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), junto ao Bloco J1 e ao seu lado. O sistema vai permitir o estudo do efeito da velocidade do ar na troca de calor, a investigação das temperaturas do ar no sistema e na sala de captação do ar.

Palavras chave: Trocador de calor. Solo. Tubos de PVC.

Abstract. With the increase in energy demand and the growing concern about the availability of natural resources, researches have emerged related to areas with higher energy demand. In view of this, the importance and focus on issues related to improving energy efficiency in buildings, and passive solutions for inefficient architectural projects in heating or cooling, have grown in recent years. Thus, to save energy, it became necessary to incorporate passive solutions to control the temperature inside the buildings. Among them, it is possible to highlight the soil-air heat exchanger (SAHE), a system that uses the soil as a heat exchanger to heat or cool an environment. In this context, this work aims to build a soil-air heat exchanger for future use in experiments. The system consists of PVC pipes, galvanized steel pipes, thermal insulation and fan. The system was set up on the premises of the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), next to Block J1 and beside it. The system will allow the study of the effect of air velocity on heat exchange, the investigation of air temperatures in the system and in the air intake room.

Keywords: Heat Exchanger. Soil. PVC pipes.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil o consumo de energia elétrica em edificações correspondeu a cerca de 50% do total consumido nas últimas décadas e, no mesmo período, o consumo de energia cresceu proporcional ao Produto Interno Bruto (PIB). Entretanto a economia de energia não teve o mesmo crescimento no período (MENDES et al. 2005) Estudos sobre a normalização da eficiência energética em países em desenvolvimento, indicaram que no Brasil caso fossem aplicadas regras para os setores consumidores de energia, seria possível gerar uma economia de até 12% de energia consumida em 20 anos. Casals (2006) diz que é possível alcançar este potencial de economia de energia com duas formas de políticas públicas: programas de certificação e leis rígidas.

Com intuito de mudar este cenário, ainda na década de 80, foram criados alguns programas como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). O PROCEL somente entregava publicações para diversos setores da sociedade sobre o tema, mas atualmente trabalha ativamente com o controle de inflações e ajustes de tarifas para a energia e para os combustíveis. Já o PBE, é aplicado para todos os

equipamentos que consomem combustíveis, aplicando uma etiqueta que varia de A, maior eficiência, até E, menor eficiência (PROCEL, 2019).

Em 2003 foi criado o Programa Nacional de eficiência energética em edificações (PROCEL EDIFICA) que atua em conjunto com o Ministério de Minas e Energia (MME), Universidades e centros de pesquisa. Ele promove o uso de energia elétrica em edificações de forma racional e incentiva o uso de sistemas de climatização passivos nas edificações, para reduzir os impactos sobre a natureza (Procel Info). Em 2014, foi criada a Etiqueta Procel para Edificações, que trouxe a mesma ideia da etiquetagem presente nos equipamentos que consomem energia para as edificações residenciais, comerciais e públicas (MASSUCCI, 2014). Com isso, surge um mecanismo que promove a eficiência energética de edificações, comparando as de elevado desempenho com o mínimo obrigatório pela norma (Instrução Normativa SLTI n.º 2/2014) (CASALS, 2006).

Uma das formas de melhorar as condições térmicas das edificações, reduzindo a energia elétrica consumida pelos meios de aquecimento ou resfriamento, é usando um Trocador de Calor Solo-Ar (TCSA) (Rodrigues et al. 2017). Que consiste em um sistema construído de tubos enterrados no solo, em que o ar passa movido por ventiladores, absorvendo ou perdendo calor para alterar a temperatura de um desejado ambiente.

Dessa forma o objetivo deste trabalho é a construção de um trocador de calor solo-ar (TCSA) de sistema fechado que possibilite a realização de experimentos, permitindo que dados sejam captados e assim modificando diferentes índices identificar possíveis melhorias no sistema.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi construído para que permita estudar um trocador de calor aproveitando-se da inércia térmica do solo através da circulação do ar ambiente.

A montagem experimental foi desenvolvida nas instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Câmpus* Ponta Grossa, junto ao Bloco J1 e ao seu lado. As Figuras 1, 2, e 3 apresentam o local onde foi construído o trocador de calor, o local onde realizou-se a escavação do solo com a ajuda de uma retro escavadeira e o espaço onde foi montado o trocador de calor. As dimensões da escavação foram de 1,5m de profundidade, 6m de comprimento por 5m de largura. O nivelamento do solo foi realizado de maneira manual, bem como o aterramento das tubulações depois de instaladas.



Figura 1. Local de Instalação (Autoria própria, 2019)



Figura 2. Escavação do solo (Autoria própria, 2019)



Figura 3. Local para instalação do trocador de calor (Autoria própria, 2019).

3. RESULTADOS

A tubulação do trocador de calor foi montada com tubos de PVC branco da marca *Tigre*, de 100 mm de diâmetro, formando uma serpentina com dimensões de 5,20 m de comprimento e espaçamento de 0,60 m como mostra a Figura. 4. Totalizando 47 m. A tubulação em sua entrada possui altura de 1,20 m sendo isolada com uma manta térmica de 3 mm de espessura até sua conexão com a tubulação de saída do ventilador.

A captação do ar interno é realizada por uma rede de tubos em aço galvanizado de 2" isolados com lã de rocha que conduzem o ar até o ventilador e depois levam através de tubos de PVC de 50 mm de diâmetro enterrados a baixo da casinha até o trocador de calor, como mostrado na Figura 5 e 6.



Figura 4. Tubulação do trocador de calor (Autoria própria, 2019)



Figura 5. Captação do ar para o trocador (Autoria própria, 2020)

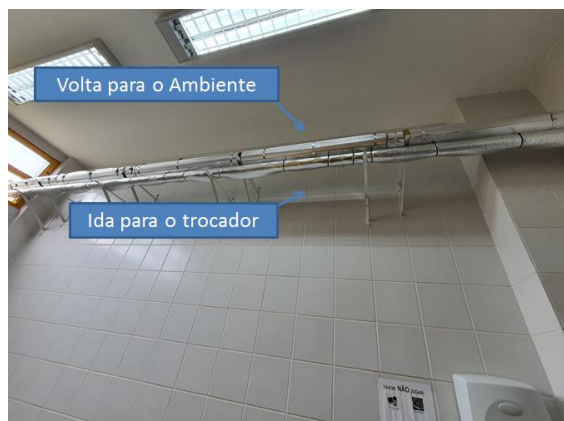


Figura 6. Tubulação para entrada e saída de ar (Autoria própria, 2020)

Para Circulação do ar foi utilizado um ventilador radial *AeroMack* modelo cre-03 de potência 2 CV e vazão máxima de 3,2 m³/min, instalado de uma casinha construída para proteção como mostra a Figura 7.



Figura 7. Vista interna da casinha de proteção (Autoria própria, 2020)

Para medição da temperatura no interior da tubulação e para facilitar a manutenção e instalação dos sensores nos tubos enterrados, colocou-se conexões em T com uma redução de forma que um tubo de diâmetro 25 mm de PVC *Tigre* marrom fosse direcionado para superfície e os sensores pudessem descer através deles até o trocador de calor.

Foram montados 15 sensores no trocador de calor, sendo cinco com distância de 1m cada logo no início do trocador e os de mais espaçados a cada 5 m como mostra a Figura 7. Utilizou-se o sensor termopar tipo K (max 6675) para leitura das temperaturas no interior do trocador.

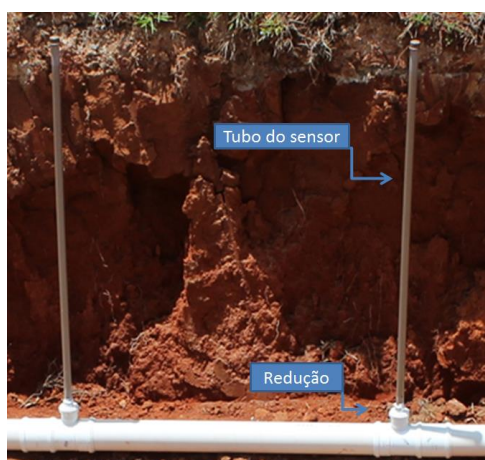


Figura 7. Tubulação para os sensores (Autoria própria, 2019)

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta a construção de um trocador de calor solo-ar (TCSA), descrevendo os materiais e métodos empregados na montagem e apresentando as possibilidades para realização de experimentos.

Foi possível cumprir os objetivos da montagem, deixando o sistema operando para obtenção de resultados.

A partir da instalação dos sensores os dados coletados irão apresentar as temperaturas do ambiente analisado, do ar circulando no trocador, do solo e do ambiente externo. Permitindo desta forma, identificar as possíveis interferências das temperaturas externas na temperatura de operação do trocador.

Para trabalhos futuros sugere-se a variação de materiais da tubulação e da profundidade de instalação do trocador a fim de que sejam verificadas as influências da mesma nos resultados no interior da sala estudada.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a CAPES pelo apoio recebido para o desenvolvimento deste trabalho e para a participação neste evento.

6. REFERÊNCIAS

Casals, Xavier García. 2006. “Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences”. *Energy and Buildings* 38(5): 381–92.

Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional - BEN. Brasília: MME, 2017.

Mendes, Nathan, Fernando Simon Westphal, Roberto Lamberts, e José Antônio Bellini da Cunha Neto. 2005. “The use of computational tools for thermal and energy performance analysis of buildings in Brazil”. *Ambiente Construído* 5(4): 47–68. <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3657>.

Mendes, Nathan, Fernando Simon Westphal, Roberto Lamberts, e José Antônio Bellini da Cunha Neto. 2005. “The use of computational tools for thermal and energy performance analysis of buildings in Brazil”. *Ambiente Construído* 5(4): 47–68. <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3657>.

Rodrigues, Michel Kepes et al. 2017. “ESTUDO DO POTENCIAL TÉRMICO DE TROCADOR DE CALOR SOLO-AR EM DOIS TIPOS DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE RIO GRANDE (RS)”. *Revista Brasileira de Energias Renováveis* 6: 489–506.

VASCONCELLOS, Douglas Pereira. Análise numérica de um sistema passivo de climatização utilizando o solo como trocador de calor. 2019. 59 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.