

AVALIAÇÃO DE COMPORTAMENTO DE TROCADOR DE CALOR SOLO-AR COM GEOMETRIA T INSTALADO NA CIDADE DO RIO GRANDE/RS

LUCAS COSTA VICTORIA¹; IGOR SILVA VAZ²; ELIZALDO DOMINGUES DOS SANTOS³; MICHEL KEPES RODRIGUES⁴; LIÉRCIO ANDRÉ ISOLDI⁵

¹Universidade Federal do Rio Grande – FURG – lucasvitoria@furg.br

²Universidade Federal do Rio Grande – FURG – igorsilvaz@furg.br

³Universidade Federal do Rio Grande – FURG – elizaldosantos@furg.br

⁴Universidade Federal do Rio Grande – FURG – michelkrodrigues@gmail.com

⁵Universidade Federal do Rio Grande – FURG – liercioisoldi@furg.br

1. INTRODUÇÃO

O conforto é um importante fator a ser considerado em projetos habitacionais de Construção Civil. Dentre as suas diferentes categorias, é possível destacar o térmico como sendo um grande responsável pelo consumo de energia elétrica em edificações, através de sistemas tradicionais de ar condicionado. Nesse sentido, novas tecnologias vêm sendo estudadas no intuito de proporcionar soluções sustentáveis do ponto de vista ambiental. Dentre esses estudos, Vaz et al. (2014) destaca o uso de Trocares de Calor Solo-Ar (TCSA) através do emprego do solo como um reservatório de energia térmica, que ocorre em função da radiação solar, sendo esta uma das principais fontes renováveis de energia (SEN, 2008).

Os Trocares de Calor Solo-Ar são dispositivos de simples construção e operação: um escoamento de ar é feito através de dutos enterrados, onde o solo circundante é responsável por proporcionar trocas térmicas. Com isso, é possível atingir uma temperatura mais amena, quando comparada com aquela presente na entrada. Essa diferença de temperatura entre a saída e a entrada é chamada de potencial térmico (PT) e é utilizado para análise de comportamento de diferentes instalações, em busca de otimização geométrica e paramétrica (Rodrigues et al., 2015).

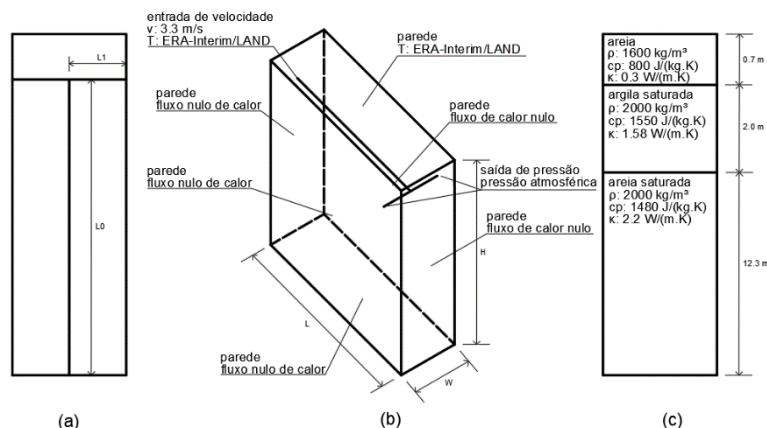
Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar uma instalação em formato T. Essa geometria, caracterizada por uma entrada e duas saídas de ar, proporciona a possibilidade de atender a dois ambientes edificadas na mesma instalação, possibilitando um melhor aproveitamento do solo. A análise será feita para a cidade do Rio Grande/RS, mais especificamente no Campus Rio Grande do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, no ano de 2016.

2. METODOLOGIA

O estudo de comportamento com abordagem numérica de Trocares de Calor Solo-Ar na literatura disponível atualmente apresenta-se disposto em duas vertentes: análises em uma dimensão, mais simples, realizadas a partir de modelos analíticos e com resultados ideais para etapas de pré-dimensionamento; e análises mais complexas, com três dimensões, e domínios computacionais mais completos (Hermes et al., 2020). Neste trabalho, a segunda abordagem foi adotada para representar as instalações aqui utilizadas. A primeira é referente à instalação de referência (IR), sendo considerada como um duto reto de 30 m de comprimento, com diâmetro de 110 mm e instalado a 2 m de profundidade. Já a segunda é referente à instalação estudada (IE) e tem sua geometria em T, com soma dos ramos principal e bifurcados de 30 m, instalado na mesma

profundidade e com relação entre L_1/L_0 de 1, sendo estas notações equivalentes ao disposto na Figura 1. Este estudo já fora realizado para a cidade de Viamão/RS em Rodrigues et al. (2019), para a localidade do estudo experimental de Vaz et al. (2014).

Figura 1. Domínio computacional: (a) vista superior; (b) condições de contorno em perspectiva isométrica; e (c) estratificação do solo para a região.



É possível inferir, na Figura 1, as condições de contorno utilizadas para a simulação numérica do TCSA. Para as paredes laterais do prisma de solo, foi considerado fluxo nulo de calor. Nas saídas das instalações, considerou-se pressão atmosférica, tanto para a referência quanto para a estudada. Já com relação às prescrições de temperatura e propriedades termofísicas do solo, foi adotada a metodologia proposta por Victoria et al. (2020), considerando a utilização do conjunto de dados ERA-Interim para a superfície do solo e para a temperatura do ar na entrada do duto, bem como as características do solo disponíveis na literatura. Pela brevidade do trabalho, esta metodologia não será rerepresentada.

Quanto à modelagem matemática do problema, o estudo foi baseado no princípio da conservação da massa, da quantidade de movimento e da energia. Considerou-se o escoamento como incompressível e turbulento, uma vez que não há mudanças no peso específico do ar durante todo escoamento e o número de Reynolds para ambas as instalações excedeu o valor máximo para fluxos laminares. Com isso, foi necessário realizar a modelagem da turbulência, a qual foi feita utilizando-se o método $k-\varepsilon$, amplamente utilizada para problemas de engenharia.

O pré-processamento, etapa de criação da geometria e geração da malha, foi feito através dos softwares ANSYS DesignModeler e ANSYS Meshing, respectivamente. A malha computacional foi gerada com elementos tetraédricos considerando estudos de convergência de malha de Rodrigues et al. (2015), sendo $3d$ para o solo, $d/3$ para o duto, sendo d o diâmetro do duto. O processamento da solução foi realizado com o auxílio do software ANSYS Fluent, que é baseado no Método dos Volumes Finitos (MVF). As simulações numéricas transientes foram realizadas com 17568 passos de tempo de 3600 s, totalizando 2 anos.

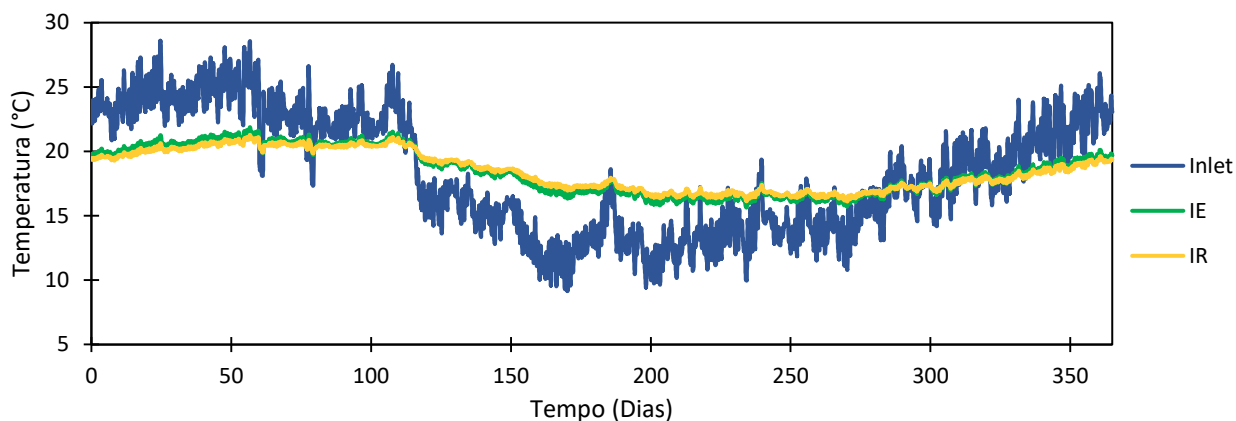
Por fim, a análise de comportamento se deu através do cálculo de potencial térmico (PT) para ambas as instalações, cujos resultados foram comparados entre si. O potencial térmico é uma medida utilizada na literatura para avaliação

de performance de diferentes instalações de Trocadores de Calor Solo-Ar e de estudos de otimização geométrica destes equipamentos (Rodrigues et al., 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

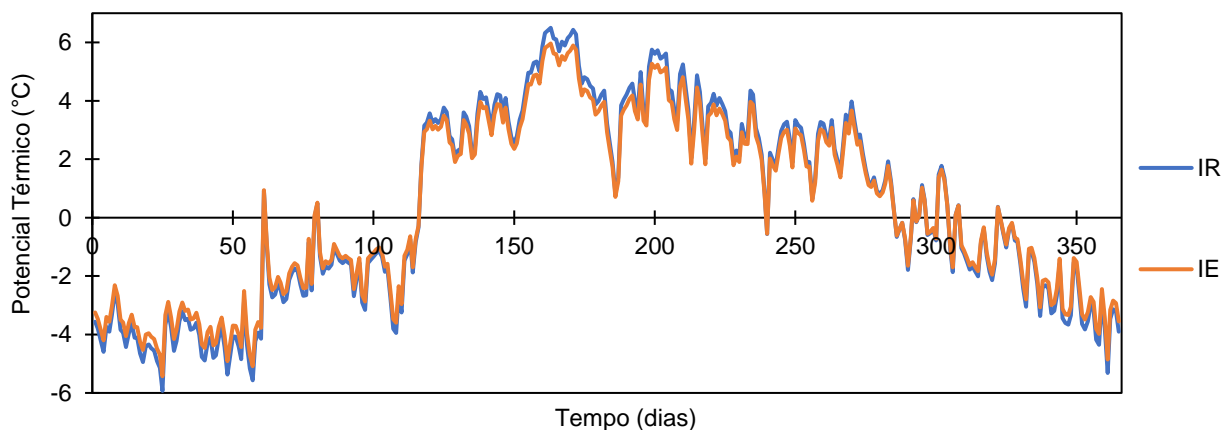
A Figura 2 apresenta a variação anual de temperatura para o ar na entrada, igual para ambas instalações, e as temperaturas nas saídas das instalações referência e estudada. É possível notar que a proposta do Trocador de Calor Solo-Ar pode ser muito bem compreendida através do gráfico que mostra os valores na saída mais amenos e com um comportamento amortecido, quando comparado com os dados na entrada, que possuem uma amplitude térmica muito maior. Ambas instalações, com duto reto e com geometria T, mostraram-se com comportamento térmico bastante similares, com valores quase sobrepostos em muitos dos pontos avaliados durante o ano.

Figura 2. Variação anual de temperatura para as localidades indicadas.



O cálculo de potencial térmico é feito tomando a diferença entre a temperatura de saída e a temperatura de entrada. Através disso, é possível calcular potenciais térmicos médios para quaisquer intervalos de tempo, de maneira que possam indicar adequadamente o comportamento do TCSA num determinado período. Diante disso, calculou-se o PT diário médio para cada um dos casos. Os resultados podem ser conferidos na Figura 3 e indicaram que a Instalação Referência tem capacidade máxima de prover aquecimento de +6,50 °C e resfriamento de -5,93 °C, enquanto que a Instalação Estudada é capaz de aquecer o ar em +5,96 °C e esfriar em -5,43 °C. A diferença, portanto, entre as instalações é de apenas +0,54 °C e -0,50 °C.

Figura 3. Variação anual do potencial térmico diário médio.



4. CONCLUSÕES

Através do presente estudo, foi possível concluir que a utilização de Trocadores de Calor Solo-Ar com geometria em T é indicada para atender dois ambientes edificadas na mesma instalação. Apesar da sua forma causar uma diminuição na vazão à metade daquela na instalação referência em cada ambiente em função da bifurcação, o desempenho térmico se apresentou bastante similar àquele da instalação referência. As máximas diferenças no potencial térmico diário médio foram menores do que 1 °C. Isso indica que é possível reduzir o volume de solo ocupado em 19 %, se comparado ao volume de solo necessário para atender 2 ambientes com a instalação em duto reto, sem perdas de desempenho. Portanto, essa geometria gera uma vantagem em função da sua possibilidade de instalação áreas urbanas, onde há menor disponibilidade de espaço e maior demanda por sistemas de ar condicionado.

Trabalhos futuros podem investigar outras razões entre ramos, geometrias e também adicionar à análise parâmetros operacionais para otimizar o funcionamento destes equipamentos e maximizar as economias em energia elétrica e o aproveitamento de energias renováveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HERMES, V. F.; RAMALHO, J. V. A.; ROCHA, L. A. O.; DOS SANTOS, E. D.; MARQUES, W. C.; COSTI, J.; RODRIGUES, M. K.; ISOLDI, L. A. "Further realistic annual simulations of earth-air heat exchangers installations in a coastal city." **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, 37, 2020. DOI: [10.1016/j.seta.2019.100603](https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100603)

RODRIGUES, M. K.; BRUM, R. S.; VAZ, J.; ROCHA, L. A. O.; DOS SANTOS, E. D.; ISOLDI, L. A. "Numerical investigation about the improvement of the thermal potential of an Earth-Air Heat Exchanger (EAHE) employing the Constructal Design method." **Renewable Energy**, 80, nº 1, 2015. DOI: [10.1016/j.renene.2015.02.041](https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.02.041)

RODRIGUES, G. C.; RODRIGUES, M. K.; ROCHA, L. A. O.; DOS SANTOS, E. D.; ESTRADA, E. S.; ISOLDI, L. A. "Simulação Numérica e Método *Constructal Design* Aplicados à Avaliação Geométrica de um Trocador de Calor Solo-Ar com formato T." **Revista Cereus**, 11, nº 1, 2019. DOI: [10.18605/2175-7275/cereus.v11n1p65-80](https://doi.org/10.18605/2175-7275/cereus.v11n1p65-80)

SEN, Z. "**Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques: Atmosphere, Environment, Climate Change and Renewable Energy**". Springer, 2008.

VAZ, J.; SATTler, M. A.; DOS SANTOS, E. D.; ISOLDI, L. A. "An experimental study on the use of Earth-Air Heat Exchangers (EAHE)." **Energy and Buildings**, 72, nº 1, 2014. DOI: [10.1016/j.enbuild.2013.12.009](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.009)

VICTORIA, L. C.; HERMES, V. F.; VAZ, J.; COSTI, J.; MARQUES, W. C.; ROCHA, L. A. O.; DOS SANTOS, E. D.; RODRIGUES, M. K.; BISERNI, C.; ISOLDI, L. A. "Methodology allying standard penetration test and era-interim data set for numerical simulations of earth-air heat exchangers". **Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences**, 2020. (em publicação)