

## Desenvolvimento do projeto e montagem de uma bancada de sistemas de condicionamento de ar convencional e modificado

### RESUMO

**Bruno Silva Ladeira**

[brunoladeira@alunos.utfpr.edu.br](mailto:brunoladeira@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**Prof. Dr. Ismael de Marchi Neto**

[ismaelneto@utfpr.edu.br](mailto:ismaelneto@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**Prof. Dr.-Ing. Rodrigo Corrêa da Silva**

[rodrigossilva@utfpr.edu.br](mailto:rodrigossilva@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**Prof. Dr. Rafael Sene de Lima**

[rafaellima@utfpr.edu.br](mailto:rafaellima@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**Prof. Dr. Ricardo de Vasconcelos Salvo**

[ricardosalvo@utfpr.edu.br](mailto:ricardosalvo@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**OBJETIVO:** O presente estudo tem como objetivo projetar e construir uma bancada experimental onde serão instalados dois aparelhos de ar condicionado, um convencional e o outro a ser modificado. **MÉTODOS:** O sistema convencional, foi instrumentado para a obtenção das temperaturas de entrada e saída do condensador. Já o segundo sistema foi modificado ao ser acoplado um novo trocador de calor tipo casco-tubo, onde o fluido refrigerante deverá ser condensado através da troca de calor com a água. **RESULTADOS:** O comprimento do novo trocador de calor foi calculado a partir do valor médio das temperaturas de entrada e saída. Dessa forma, foi obtido o comprimento de 2,9 m com diâmetro de 1/4", considerando-se uma eficiência térmica de 70%. **CONCLUSÕES:** Espera-se que a troca de calor cause um aumento na temperatura da água, que posteriormente poderá ser utilizada, permitindo a redução do consumo de energia elétrica, quando comparado com sistemas de aquecimento direto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reaproveitamento de calor. Ar condicionado. Trocador de calor.

## INTRODUÇÃO

Segundo o Balanço Energético Nacional (EPE, 2017), a matriz de fornecimento elétrica brasileira é composta por fontes hidráulicas (68,1%), a gás natural (9,1%), biomassa (8,2%), eólica (5,4%), derivados de petróleo (3,7%), carvão e derivados (2,9%), nuclear (2,6%) e solar representando uma porcentagem ínfima em comparação com as outras. Ao analisar-se o consumo, verifica-se que o uso residencial é responsável por 21,4% de toda a eletricidade fornecida, consumindo em torno de 132,9 TWh.

Segundo a Avaliação da Eficiência Energética e Geração Distribuída (EPE, 2014), os equipamentos de ar condicionado são os que apresentam maior impacto no consumo elétrico doméstico, em média 668 kWh por ano. Em comparação com outros equipamentos como freezer (513 kWh/ano) e chuveiro (487 kWh/ano), verifica-se que o consumo visando o conforto térmico representa uma parcela considerável da demanda elétrica brasileira.

Com o passar dos anos, verifica-se que através de melhorias na eficiência dos sistemas, o consumo de energia por aparelho irá reduzir. Porém, estima-se que até 2050 o número de equipamentos deve subir de 23 para 65 a cada 100 domicílios (EPE, 2014), gerando um aumento significativo no consumo, mesmo quando comparado com a redução gerada devido ao aumento da eficiência projetada a 0,2% ao ano.

Devido ao grande impacto no consumo elétrico dos aparelhos de ar condicionado, deve-se encontrar formas de se economizar energia. O reaproveitamento, torna-se interessante pois ao invés da aquisição de novos aparelhos mais eficientes, desenvolve-se formas de se reutilizar a energia desperdiçada pelos equipamentos.

O presente estudo tem como principal objetivo projetar e construir uma bancada para dois sistemas de condicionamento de ar, convencional e modificado. Desta forma, busca-se a reutilização do calor a ser liberado através da condensadora para o aquecimento de água. Por apresentar um calor específico maior que o ar, a água consegue um maior armazenamento de energia, realizando uma troca de calor mais eficiente. Posterior ao aquecimento, ela será armazenada permitindo seu uso.

## METODOLOGIA

O projeto da bancada experimental, foi idealizado de acordo com as normas de instalação dos aparelhos de ar condicionado presentes no manual. As características que apresentam maior influência no projeto são a altura mínima de 2,3 m e o espaçamento da parede de 0,15 m, e estas são necessárias para evitar bloqueios no fluxo de ar. O projeto foi desenvolvido com auxílio do software Autodesk Inventor como visto na Figura 1a.

Para a construção, foram empregadas cantoneiras perfil “L” com 1/8” de espessura e abas iguais com 1.1/2”, que posteriormente foram unidas utilizando-se o processo de soldagem por eletrodo revestido. Toda estrutura foi pintada na cor preto fosco a fim de evitar a oxidação. Com o objetivo de minimizar o esforço causado por possíveis vibrações foram fixados pés emborrachados, além da instalação de cabos de aço para reforço da estrutura (Figura 1b).

Figura 1 - Bancada construída para realização do experimento. a) Modelo em Autodesk Inventor®. b) Fotografia da bancada completa para aquisição de dados.



Fonte: Autoria própria (2017)

Após a montagem da bancada, foram instalados aparelhos de ar condicionado com capacidade de 9000 Btu (Marca Philco – modelo PH9000FM3). Para a instalação dos equipamentos, fixou-se as evaporadoras à parte superior da bancada e as condensadoras na parede externa do laboratório. Em seguida, acoplou-se as tubulações de cobre à condensadora através de conexões e à evaporadora utilizando solda foscooper. Após a instalação foi realizado vácuo na tubulação para remover umidade e garantir a estanqueidade do sistema.

Com a necessidade de obter as temperaturas do sistema, foram confeccionados e calibrados termopares tipo “T” (cobre - constantan), com diâmetro da esfera na ponta inferior a dois mm, para garantir um baixo tempo de resposta. Foram instalados dois sensores nas tubulações de entrada e outros dois na de saída devido as bifurcações existentes, outro termopar foi instalado em um tubo envolto em papel alumínio, contendo um ventilador com baixa vazão de ar para medição de temperatura ambiente sem influência da radiação térmica.

Para o sistema de aquisição de dados, foram conectados os termopares ao equipamento NI cDAQ-9178 da National Instruments™ (Figura 1b), e através do software LabVIEW® foi gerada uma interface gráfica utilizada para aquisição e monitoramento das temperaturas obtidas do sistema.

Com o objetivo de calcular o comprimento do trocador de calor (casco-tubo), utilizou-se um balanço de energia (Equação 1), onde conceituou-se que a água no trocador seria capaz de retirar a mesma quantidade de calor que o ar para o sistema convencional. Para a solução foram necessários cálculos complementares fundamentados nos conceitos da transferência de calor (Incropera, 2008).

$$h_{H_2O} \cdot A_{Troc} \cdot \eta \cdot (\Delta T) = h_{Ar} \cdot A_{Cond} \cdot W \quad (1)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a operação dos aparelhos de ar condicionado, foram realizados testes de estanqueidade onde verificou-se através da ausência de quedas na

pressão de trabalho, que as tubulações não apresentam vazamentos do fluido refrigerante (R22).

O período de aquisição, foi utilizado para definir os valores médios das temperaturas adquiridas na condensadora. Foram calculados 59,66 °C para as tubulações de entrada e 31,28 °C para as de saída, e estas foram utilizadas para a definição do coeficiente convectivo ( $h_{Ar}$ ) do balanço energético (Equação 1).

Para a solução dos cálculos utilizou-se o software Engineering Equation Solver® (EES), onde ao ser aplicada uma eficiência de 70% no balanço de energia (Equação 1), obteve-se um comprimento da tubulação igual a 2,9 m.

Para a construção do trocador, foi considerada uma eficiência de 50% devido às incertezas pertinentes aos cálculos. Na confecção foram dispostos de forma concêntrica dois tubos de cobre com 1/4" em formato helicoidal, sendo necessário um total de quatro metros de tubulação. A parede externa do trocador foi construída com um tubo de PVC de 3" (Figura 2).

Figura 2 – Instalação externa do aparato experimental



Fonte: Autoria própria (2017)

## CONCLUSÃO

O presente estudo, teve como principal objetivo definir o comprimento do trocador de calor (casco-tubo) a ser instalado em série com a condensadora do aparelho de ar condicionado modificado. Para isso foram desenvolvidos cálculos através dos dados obtidos pela instrumentação do sistema convencional.

Apesar do comprimento obtido pelos cálculos ser de 2,9 m, foi utilizada uma estratégia mais conservadora a fim de evitar a ineficiência na extração de calor, sendo necessário utilizar uma tubulação maior pois, 7u a eficiência utilizada na construção foi de 50%.

Futuramente o sistema de ar modificado deverá ser instrumentado, inclusive com transdutores de pressão que vão possibilitar uma análise completa do comportamento do trocador de calor construído.

A tubulação do trocador necessita ser isolada, assim como o armazenador para evitar perdas de calor para o ambiente. Também deve ser verificada a influência no aquecimento da água causada pelos efeitos da radiação térmica.

## Development of the project and assembly of conventional and modified air conditioner systems' bench.

### ABSTRACT

**OBJECTIVE:** The present study has as aim to design and build an experimental bench where is going to be installed two air conditioners, a conventional one and another one to be modified. **METHODS:** The conventional system was instrumented to obtain the inlet and outlet temperatures of the condenser. The other system was modified when a new heat exchanger (shell and tube) was coupled, where the refrigerant should be condensed by the heat exchange with water. **RESULTS:** The length of the new heat exchanger was calculated from the mean value of the inlet and outlet temperatures. Thus, a length of 2.9 m with a diameter of 1/4 "was obtained, considering a thermal efficiency of 70%. **CONCLUSIONS:** It is expected that the heat exchange would cause a rising of the water's temperature, which, furtherly, could be utilized, allowing a decrease on the electric power consume, when compared to conventional direct heating systems.

**KEYWORDS:** Heat recovery. Air conditioner. Thermal disposal.

---

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a UTFPR câmpus Londrina e aos integrantes do Grupo de Estudo em Energia e Ciências Térmicas (GEECT)

## REFERÊNCIAS

INCROPERA, Frank P.; DEWITT, David P.; BERGMAN, Theodore L. **Fundamentos de Transferência de Calor E de Massa**. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: Grupo Gen-LTC, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2017** - Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Ministério De Minas E Energia. Empresa De Pesquisa Energética EPE. **Demanda de Energia 2050**. Rio de Janeiro, RJ, 2014.

BRASIL. Ministério De Minas E Energia. Empresa De Pesquisa Energética EPE. **Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos**. Rio de Janeiro, 2014.

**Recebido:** 31 ago. 2017.

**Aprovado:** 02 out. 2017.

**Como citar:**

LADEIRA, B. S.; MARCHI NETO, I.; CORRÊA DA SILVA, R.; LIMA, R. S.; SALVO, R. V. Desenvolvimento do projeto e montagem de uma bancada de sistemas de condicionamento de ar convencional e modificado. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Bruno Silva Ladeira

Avenida dos Pioneiros, 3131 - Jd. Morumbi, Londrina, Paraná, Brasil.

**Direito autoral:**

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

