

ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DO EVAPORADOR DE UM APARELHO DE AR CONDICIONADO SPLIT COM GEOMETRIA OTIMIZADA

**Tese inédita apresentada ao Departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade Federal do
Paraná, como requisito para fins de progressão
funcional para Professor Titular por avaliação
(Resolução nº 10/14-CEPE).**

Autor: Rudmar Serafim Matos



Universidade Federal do Paraná

Setor de Tecnologia

Departamento de Engenharia Mecânica - DEMEC

APRESENTAÇÃO

- INTRODUÇÃO
- MATERIAIS E MÉTODOS
- RESULTADOS E DISCUSSÃO
- CONCLUSÃO

INTRODUÇÃO

■ MOTIVAÇÃO

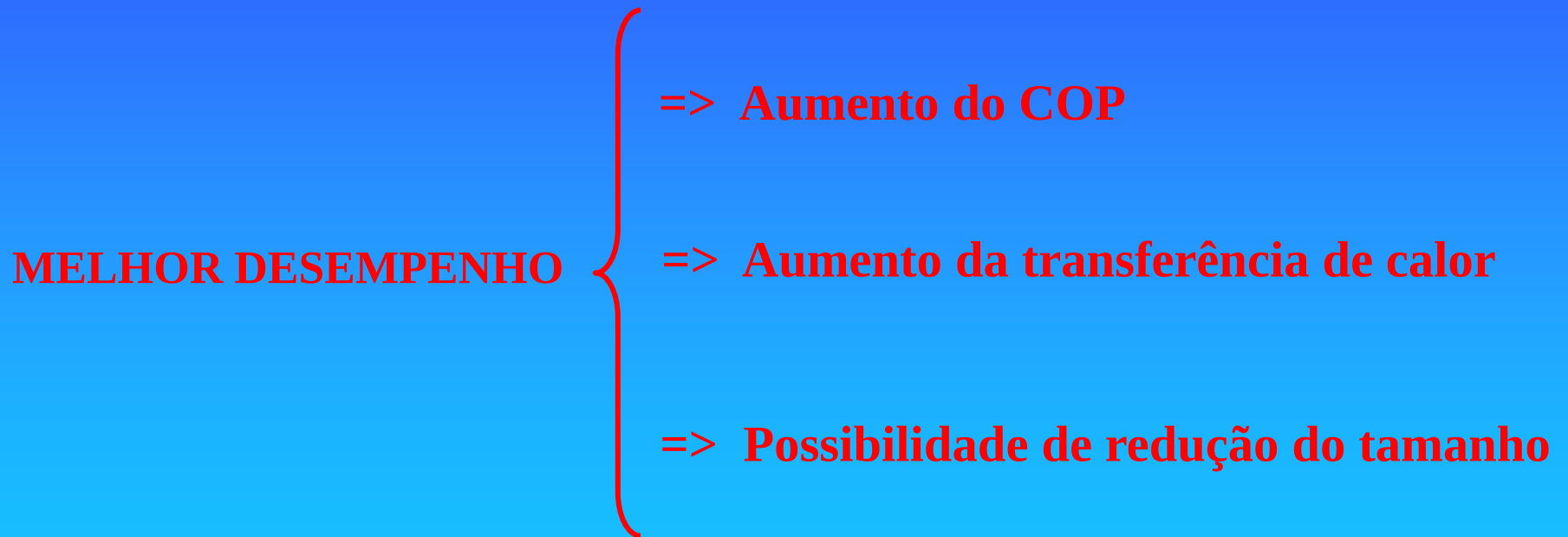
- Otimizar geometricamente o trocador de calor de um condicionador de ar produzido em série;
- Limitação do espaço disponível e/ou redução de volume dos equipamentos;
- Maior eficiência energética do condicionador de ar.

INTRODUÇÃO

- **OBJETIVO GERAL:**
 - Analisar o desempenho do evaporador de um aparelho de ar condicionado do tipo split com geometria otimizada.
- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - a) Confecção dos evaporadores protótipos circular e elíptico;
 - b) Montagem dos evaporadores no equipamento;
 - c) Realização dos testes experimentais;
 - d) Finalmente, definir e quantificar claramente as vantagens dos arranjos de tubos elípticos sobre os de tubos circulares convencionais, instalados em um equipamento de ar condicionado do tipo split comercial, viabilizando do ponto de vista de engenharia a possibilidade de fabricação em massa de equipamentos com geometria otimizada.

REVISÃO DA LITERATURA

- Otimização de trocadores de calor



REVISÃO DA LITERATURA

1. **Geometria do tubo:** (Brauer, 1964), (Webb, 1989), (Ximenes, 1981), (Rocha et al., 1997), (Jang e Yang, 1998), (Bordalo e Saboya, 1999), (Saboya e Saboya, 2001), (Webb e Iyengar, 2000), (Hasan e Siren, 2004), (Hasan, 2005).
2. **Espaçamento entre tubos:** (Bejan e Morega, 1993), (Bejan e Sciubba, 1992), (Bejan et al., 1995), (Bar-Cohen e Rohsenow, 1984), (Kim et al., 1991), (Stanescu et al., 1996).
3. **Número de fileiras de tubos:** (Rich, 1975), (Rosman et al., 1984), (Jang et al., 1996), (Jang e Chen, 1997), (Rocha et al., 1997), (Wang et al., 1997), (Jang e Yang, 1998).
4. **Disposição dos tubos:** (Ay et al., 2002), (Kundu et al., 2006)
5. **Condições ambientais dos tubos/aletas:** (Jang et al., 1998), (Lin e Jang, 2002).
6. **Potencial de aplicação dos tubos elípticos:** (Schulemberg, 1966), (Matos, 2000), (Hasan, 2005).

REVISÃO DA LITERATURA

7. **Geometria da aleta:** (Huang e Pu, 1995), (Jang e Chen, 1997), (Kundu e Das, 1997), (Wang et al., 1997), (Yun e Lee, 1999), (Yan e Sheen, 2000), (Leu et al., 2004), (Erek et al., 2005), (Kundu et al., 2006).
8. **Espaçamento entre aletas:** (Rich, 1973), (Jang et al., 1996), (Mendez et al., 2000), (Wang e Chui, 2000), (Erek et al., 2005).
9. **Material da aleta:** (Rocha et al., 1997).
10. **Correlações:** (Elsayed et al., 2003), (Khan et al., 2004), (Elshazly et al., 2005).

REVISÃO DA LITERATURA

■ ARRANJO DE TUBOS ALETADOS

Matos et al.

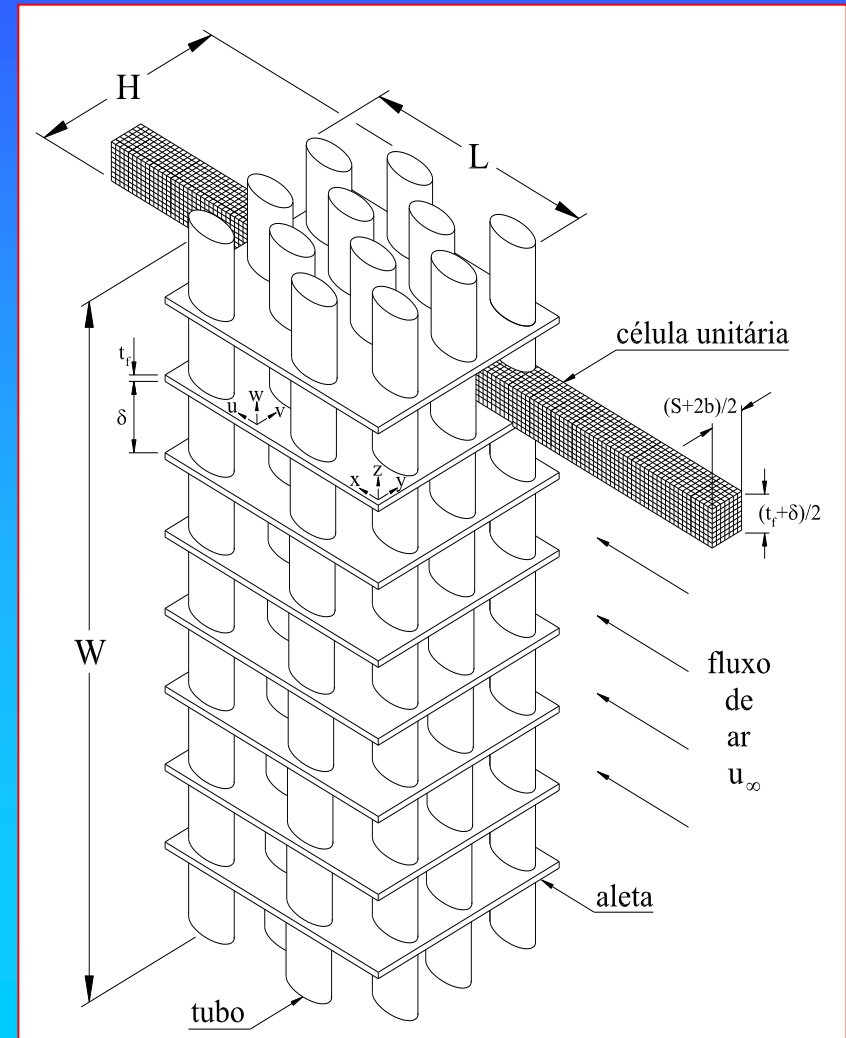
**ESCOLHEU PARA
OTIMIZAÇÃO GLOBAL**

$S: (S/2b)$

$e : (b/a)$

$\delta : (\phi_f = t_f/t_f + \delta)$

TROCADOR DE CALOR



REVISÃO DA LITERATURA

- **Condicionador de ar split**
- **Ciclo de refrigeração**
- **Processos de tratamento do ar**
- **Psicrometria**
- **Dispositivos básicos para condicionamento de ar**

MATERIAIS E MÉTODOS

■ APARATO EXPERIMENTAL

- Antecâmara



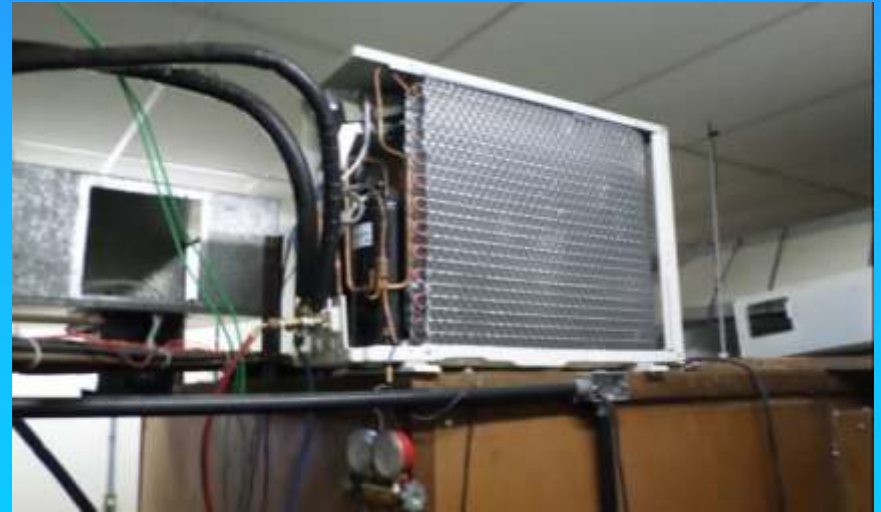
- Câmara de teste



MATERIAIS E MÉTODOS

■ APARATO EXPERIMENTAL

- Aparelho de ar condicionado analisado



MATERIAIS E MÉTODOS

■ APARATO EXPERIMENTAL

- Evaporador original



- Evaporadores de teste



MATERIAIS E MÉTODOS

■ APARATO EXPERIMENTAL

- Construção dos evaporadores de teste



MATERIAIS E MÉTODOS

■ APARATO EXPERIMENTAL

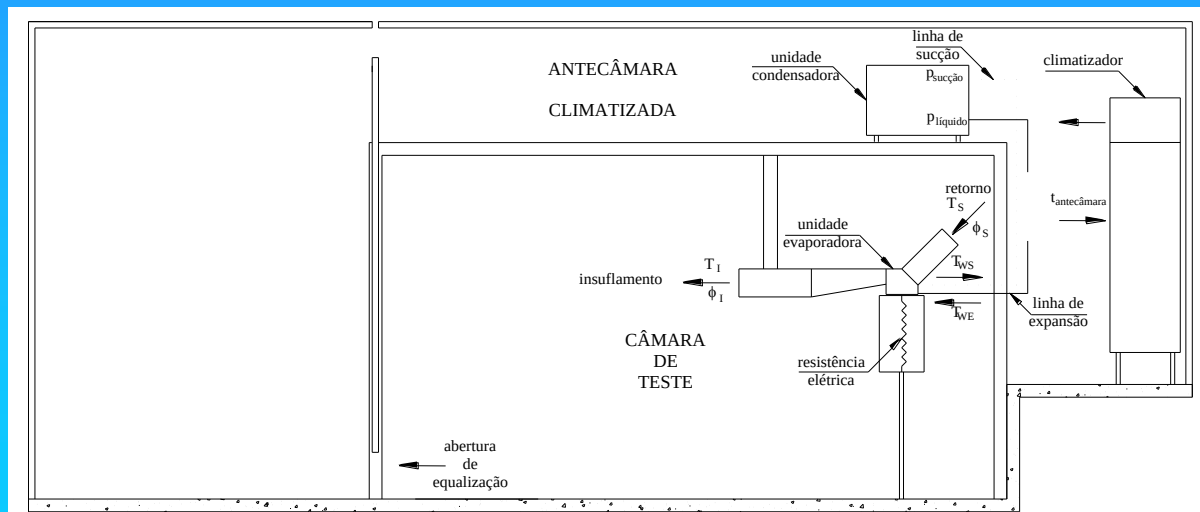
- Dutos de insuflamento e retorno



MATERIAIS E MÉTODOS

■ APARATO EXPERIMENTAL

- Manômetros, Balança, Termômetro digital, Termo_anemômetro, Medidor de energia, Termistores, Sensores de umidade relativa, Sistema de aquisição de dados,



MATERIAIS E MÉTODOS

■ METODOLOGIA

- Capacidade de refrigeração

$$\dot{Q}_e = \frac{\dot{V}}{V} (h_s - h_I) + \dot{Q}_p$$

- Potência consumida pelo compressor

$$\dot{P}_{cp} = \dot{P}_T - \dot{P}_V$$

- Coeficiente de performance

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{P}_{cp}}$$

MATERIAIS E MÉTODOS

■ METODOLOGIA

- **Densidade volumétrica de transferência de calor adimensional total**

$$\tilde{q} = \frac{\dot{Q} / (\bar{T}_S - \bar{T}_{WE})}{k LHW / (2b)^2}$$

- **Taxa de transferência de calor total entre os tubos aletados**

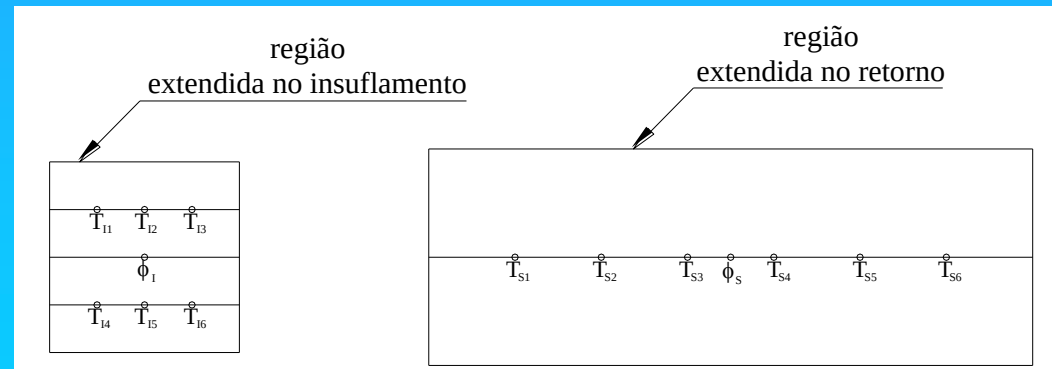
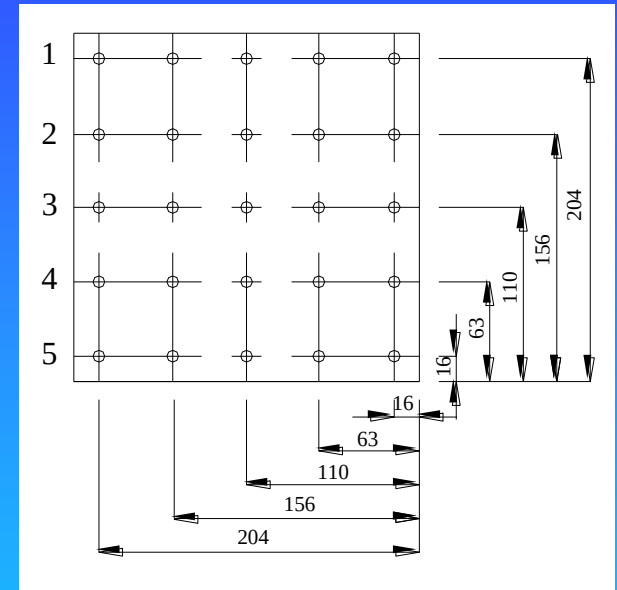
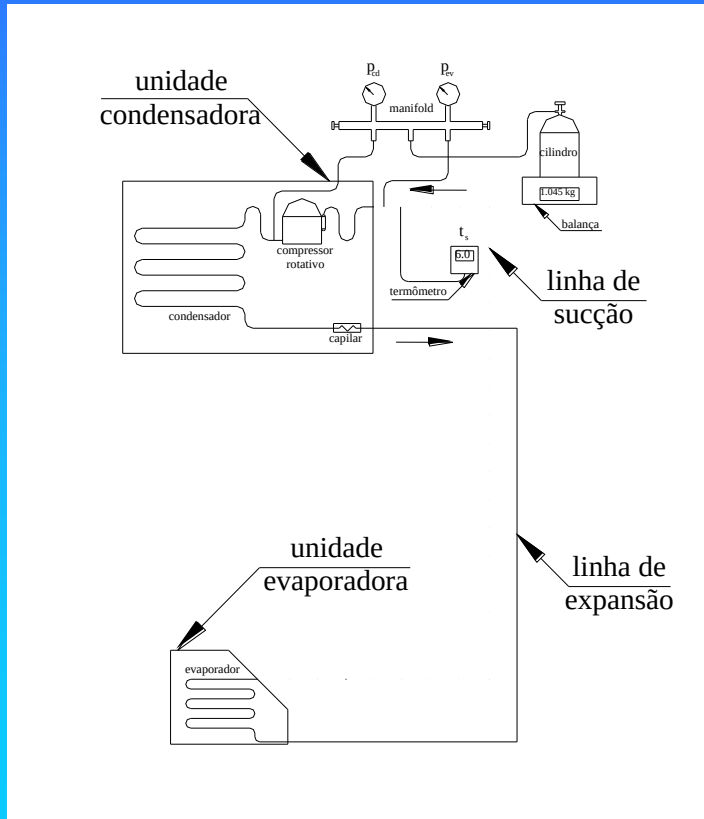
$$\dot{Q} = \frac{\dot{V}}{V} c_p (\bar{T}_S - \bar{T}_I)$$

- **Incerteza das medições**

$$U_a = \sqrt{(P_a)^2 + (B_a)^2} \quad \text{ou} \quad \frac{U_a}{a} = \sqrt{\left(\frac{P_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{B_a}{a}\right)^2}$$

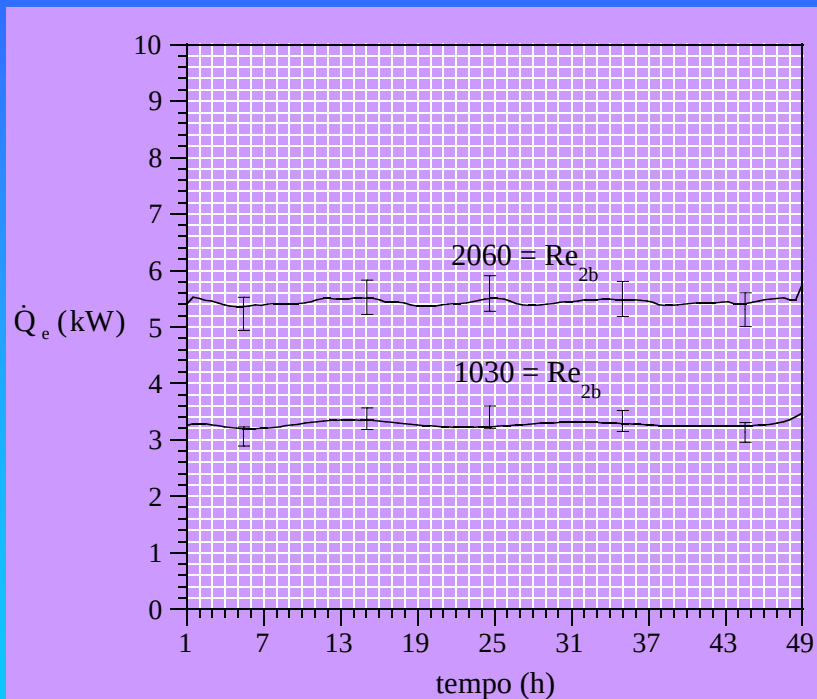
MATERIAIS E MÉTODOS

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

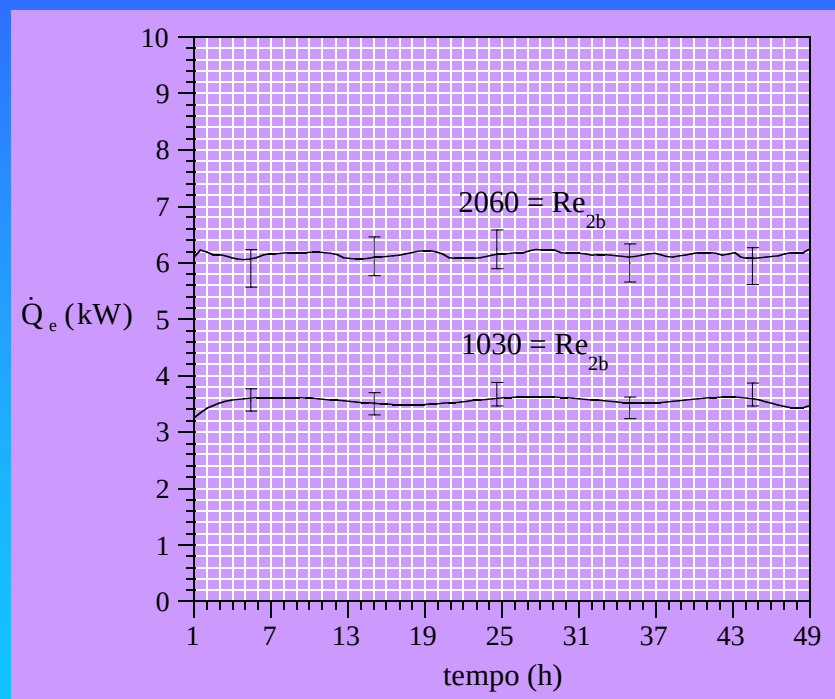


RESULTADOS E DISCUSSÃO

■ RESULTADOS DE OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL



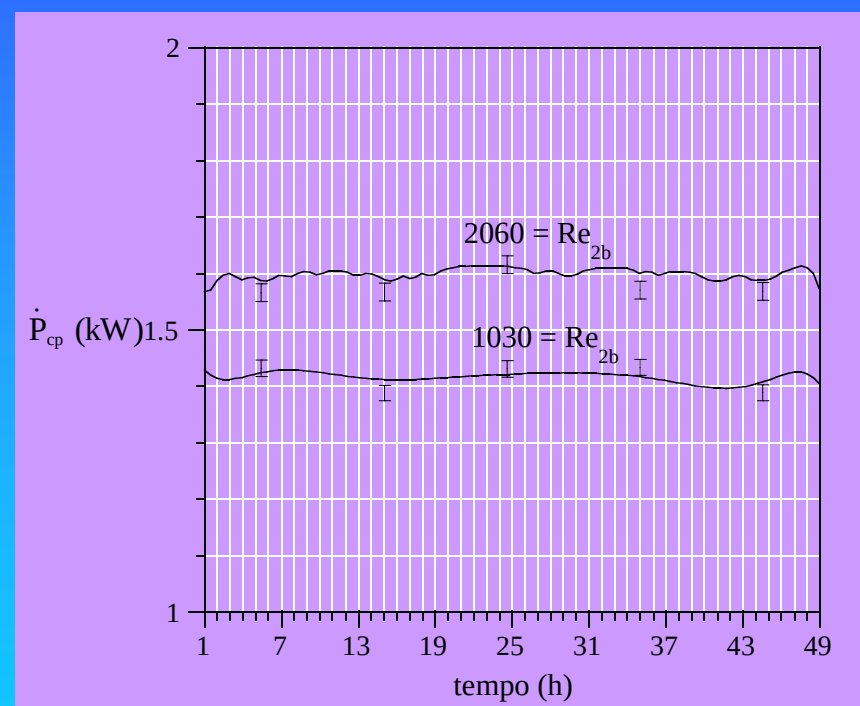
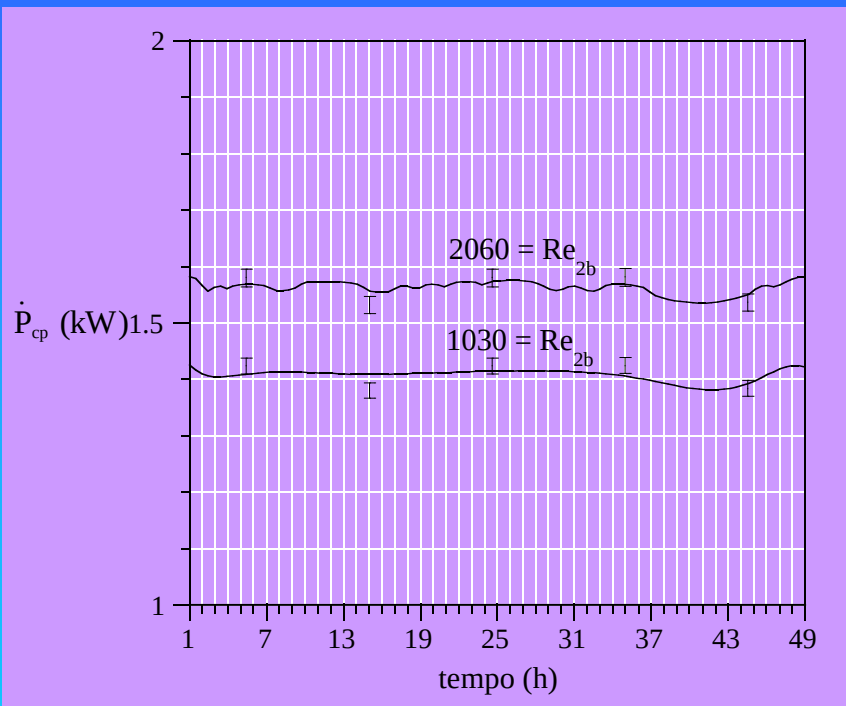
Capacidade de refrigeração do evaporador circular



Capacidade de refrigeração do evaporador elíptico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

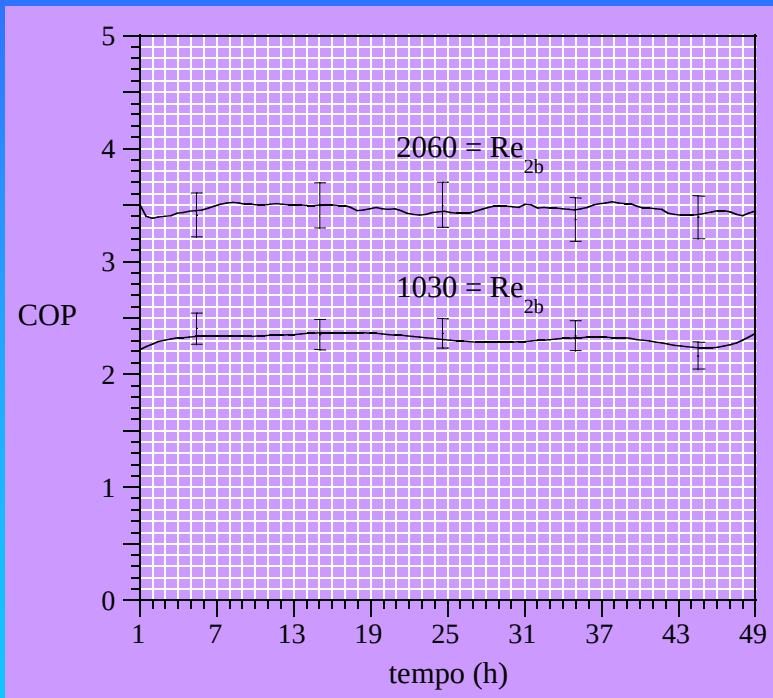
■ RESULTADOS DE OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL



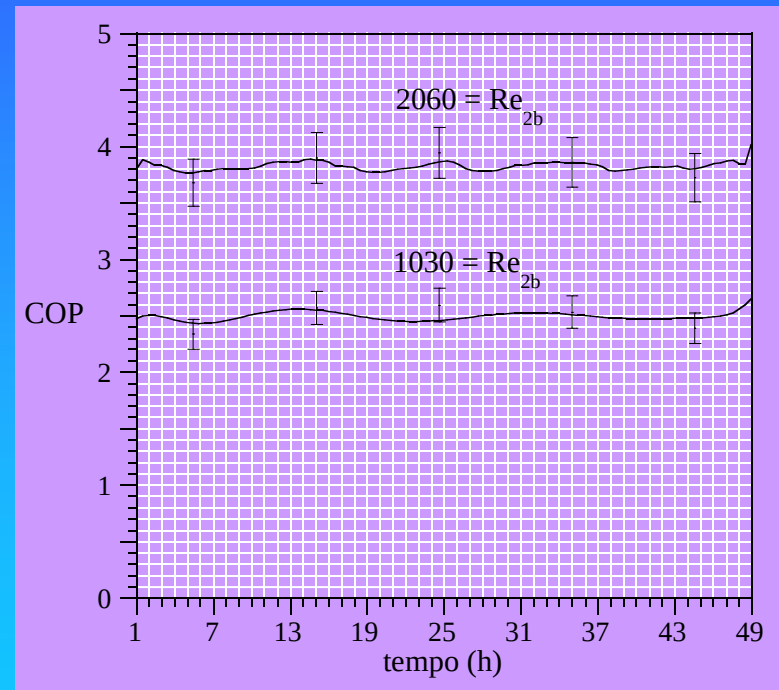
Potência de compressão do evaporador circular Potência de compressão do evaporador elíptico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

■ RESULTADOS DE OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL



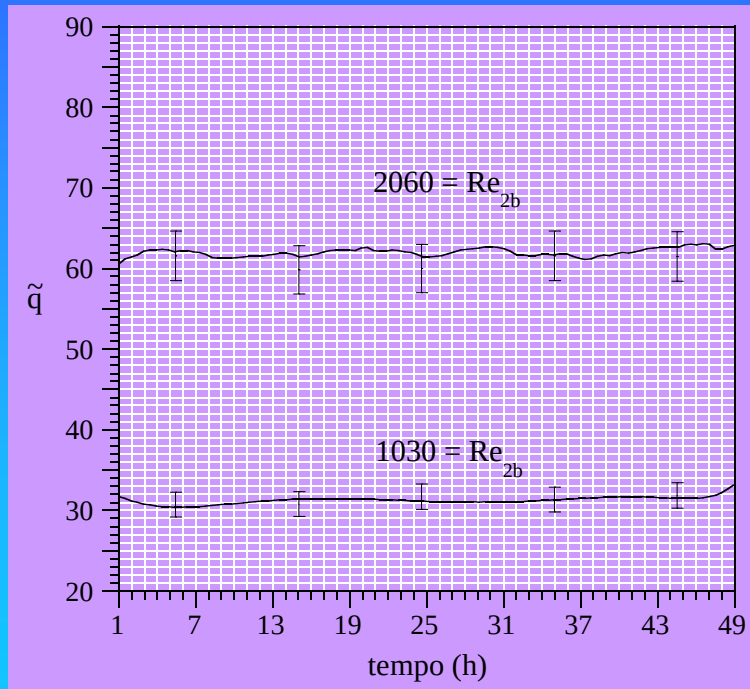
COP para o evaporador circular



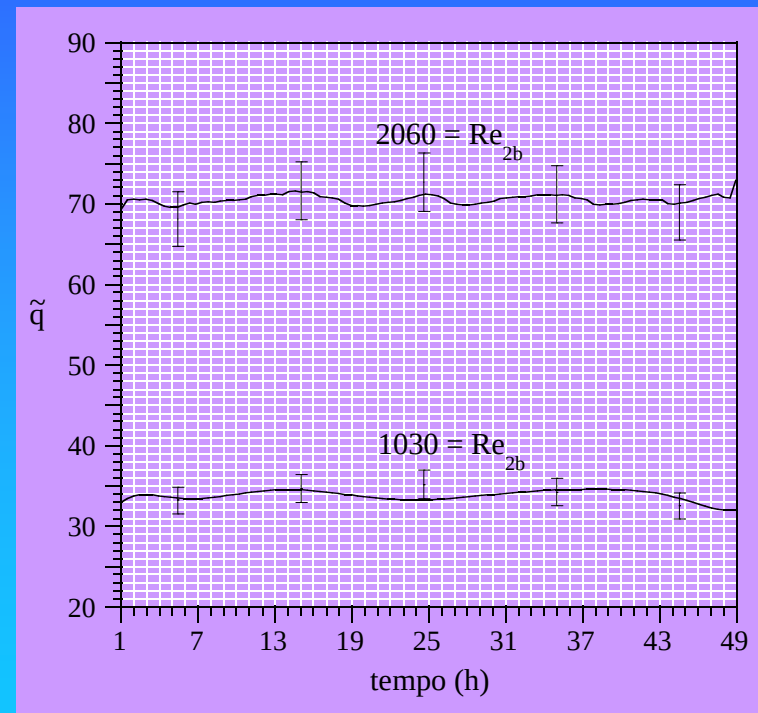
COP para o evaporador elíptico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

■ RESULTADOS DE OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL



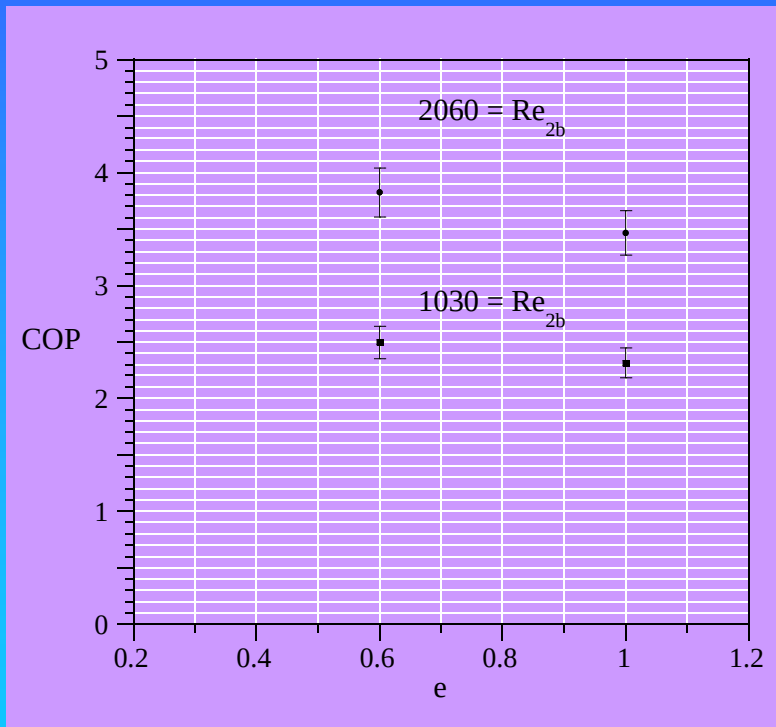
Densidade volumétrica de transferência de calor adimensional total para o evaporador circular



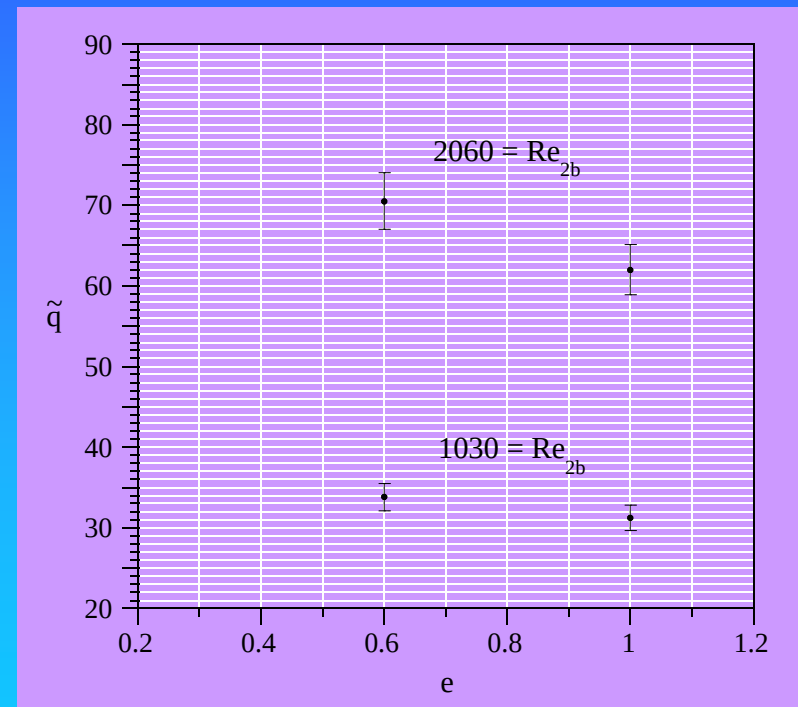
Densidade volumétrica de transferência de calor adimensional total para o evaporador elíptico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

■ RESULTADOS DE OTIMIZAÇÃO EXPERIMENTAL



Ganho no Coeficiente de performance a favor do evaporador elíptico



Ganho na densidade volumétrica de transferência de calor adimensional total a favor do evaporador elíptico

CONCLUSÃO

- AS CONCLUSÕES CHAVES PARA ESTE TRABALHO ESTÃO LISTADAS COMO SEGUE:
 1. Este trabalho desenvolveu, construiu e testou dois protótipos de trocadores de calor de tubos circulares e elípticos para ser adaptado em um aparelho comercial de ar condicionado do tipo split para aumento da sua eficiência.;
 2. Testes comparativos foram conduzidos de acordo com as normas técnicas de ensaio de equipamentos de ar condicionado;
 3. Estes resultados evidenciam a possibilidade do desenvolvimento mais aprofundado de métodos de fabricação de acordo com as características geométricas almejadas;
 4. Os resultados demonstram que a geometria otimizada apresenta um ganho médio de 8 e 10,5%, no coeficiente de performance e de 8,3 e 13,7% na densidade volumétrica de transferência de calor adimensional total para $Re_{2b} = 1030$ e 2060, respectivamente, a favor do evaporador elíptico, mostrando que os resultados são robustos, ressaltando a sua importância nos atuais projetos de engenharia.

ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DO EVAPORADOR DE UM APARELHO DE AR CONDICIONADO SPLIT COM GEOMETRIA OTIMIZADA

**Tese inédita apresentada ao Departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade Federal do
Paraná, como requisito para fins de progressão
funcional para Professor Titular por avaliação
(Resolução nº 10/14-CEPE).**

Autor: Rudmar Serafim Matos



Universidade Federal do Paraná

Setor de Tecnologia

Departamento de Engenharia Mecânica - DEMEC