

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CCT
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ANDRÉ LUIZ FLORIANO
ANTONIO VINÍCIUS SOUZA MENEZES

PROJETO DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

JOINVILLE
2025

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	2
2	DESENVOLVIMENTO	3
2.1	ESCOLHA DO PRODUTO E REFRIGERANTE	3
2.2	ESTIMATIVA DA TAXA DE CALOR NECESSÁRIO DE RESFRIA- MENTO	3
2.3	CICLO DE REFRIGERAÇÃO PADRÃO:	4
	REFERÊNCIAS	9

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo propor o dimensionamento de um sistema de refrigeração, destinado ao armazenamento de peixe, em um compartimento de 200 litros, partindo da temperatura ambiente (35 °C) até a temperatura de operação desejada em até 8 horas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 ESCOLHA DO PRODUTO E REFRIGERANTE

Para o início do projeto, decidiu-se que o produto a ser resfriado seria o peixe, transportado e armazenado em temperatura comercial. As propriedades do produto, bem como as temperaturas de operação estão de acordo com 1.

Com o produto definido, partiu-se para a definição do fluido refrigerante, em virtude do seu baixo custo e disponibilidade, o fluido refrigerante $R - 134A$ se mostrou o mais apto para a realização da operação proposta.

2.2 ESTIMATIVA DA TAXA DE CALOR NECESSÁRIO DE RESFRIAMENTO

Para a escolha do compressor a ser utilizado, primeiramente foi estimado a taxa de calor a ser retirada do sistema, a partir da Equação 2. Como temos o volume, o tempo de pulldown e o material a ser refrigerado, podemos calcular a carga térmica mínima necessária.

$$m_{peixe} = \rho V_{refrigerador} \quad (1)$$

$$\dot{Q} = mc\Delta T / \Delta t \quad (2)$$

ρ [kg/m ³]	972
$V_{refrigerador}$ [m ³]	0.14
c [J/kgK]	1.71
ΔT [K]	25
Δt [s]	$2.88 \cdot 10^4$

Tabela 1 – Valores utilizados

Obtemos:








$$\dot{Q} = 202.6W \quad (3)$$

Com a carga térmica definida, é necessário selecionar um compressor adequado para a operação. Para isso, será utilizado o seletor de produtos disponível no site do fabricante Embraco ©. Para a aplicação em questão, que envolve baixas temperaturas, recomenda-se a utilização de compressores do tipo LBP. Uma vez selecionados os compressores que atendiam aos requisitos, os dados de operação individuais foram obtidos no site do fabricante.

embraco *Nidec* PSS Product Selector Software

Compressores Unidades Condensadoras Onde Comprar

Para refinar sua pesquisa utilize os filtros das colunas clicando no ícone ▼

▼ MODELO	▼ REFRIGERANTE	▼ FREQUÊNCIA ROTACIONAL	▼ HP	▼ VOLUME E FREQUÊNCIA	▼ APLICAÇÃO DO COMPRESSOR	▼ CONDIÇÃO DE NORMA	▼ APLICAÇÃO DE TESTE	▼ CAPACIDADE W	▼ EFICIÊNCIA W/W	▼ DESLOCAMENTO
 EG100HLR	R-134a	50 Hz	1/3	220-240 V 50 Hz	LBP	ASHRAE	LBP	264	1.42	9.04 cm³
 EG100HLR	R-134a	50 Hz	1/3	220-240 V 50 Hz	LBP	ASHRAE	LBP	264	1.42	9.04 cm³
 EG100HLR	R-134a	50 Hz	1/3	220-240 V 50 Hz	LBP	CECOMAF	LBP	193	1.09	9.04 cm³
 EG100HLR	R-134a	50 Hz	1/3	220-240 V 50 Hz	LBP	CECOMAF	LBP	193	1.09	9.04 cm³
 EG130HLR	R-134a	50 Hz	1/3+	220-240 V 50 Hz	LBP	ASHRAE	LBP	301	1.36	10.61 cm³
 EG130HLR	R-134a	50 Hz	1/3+	220-240 V 50 Hz	LBP	CECOMAF	LBP	221	1.05	10.61 cm³
 EG700CLP	R-500a	60 Hz	1/4	220 V 50-60 Hz	U/MSP	ASHRAE	MBP	437	1.82	11.14 cm³

Total 770 < 1 AO 386 >

Figura 1 – Seletor de produtos.

O documento contém as temperaturas de condensação e evaporação empregadas nos testes de desempenho, além de parâmetros como capacidade de refrigeração, consumo de energia, corrente elétrica, entre outros. Dessa maneira, foram selecionados os compressores descritos na Tabela 2.

Modelo	Potência [W]
EGAS80HLR	240
EGZS60HLP	180
EGZS70HLC	202
FFU70HAK	221

Tabela 2 – Compressores escolhidos.

2.3 CICLO DE REFRIGERAÇÃO PADRÃO:

Com os dados preliminares obtidos, foi desenvolvida uma rotina em Python para calcular as propriedades do sistema, de acordo com o ciclo descrito na Figura 2.

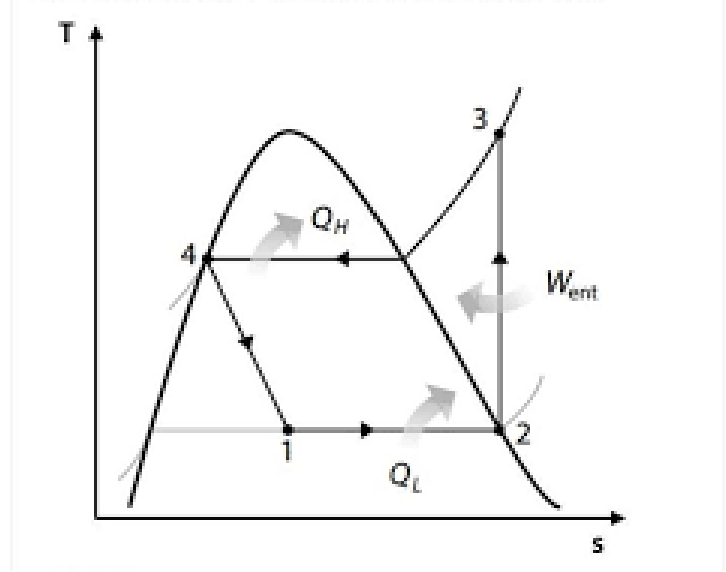


Figura 2 – Ciclo padrão.

O programa utiliza um método iterativo para determinar a mínima temperatura operacional possível, com o objetivo de reduzir custos ao evitar o superdimensionamento do compressor, utilizando como base os parâmetros descritos a seguir:

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (4)$$

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad (5)$$

Onde \dot{Q}_L e \dot{Q}_H , são a taxa com que sai e que entra calor no sistema, respectivamente. O trabalho do compressor pode ser calculado apartir da equação 6, utilizando as propriedades do fluido antes e depois da compressão.

$$\dot{W}_{comp} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (6)$$

$$\Delta h_{1-2} \simeq c_p(T_2 - T_1) \quad (7)$$

E a eficiência do sistema é dada como:

$$COP = \frac{T_H}{T_H - T_L} \quad (8)$$

Simultaneamente, são calculadas as propriedades do fluido refrigerante em cada estado do ciclo de refrigeração. Para efeito de comparação com o ciclo real, também é realizado o cálculo do ciclo ideal de Carnot, a fim de se obter a eficiência máxima possível e as temperaturas mínimas requeridas pelo sistema.

Depois de uma rodada de análises, dois compressores destacaram-se, o desempenho de ambos nos ciclos pode ser visto nas figuras 3 e 4.

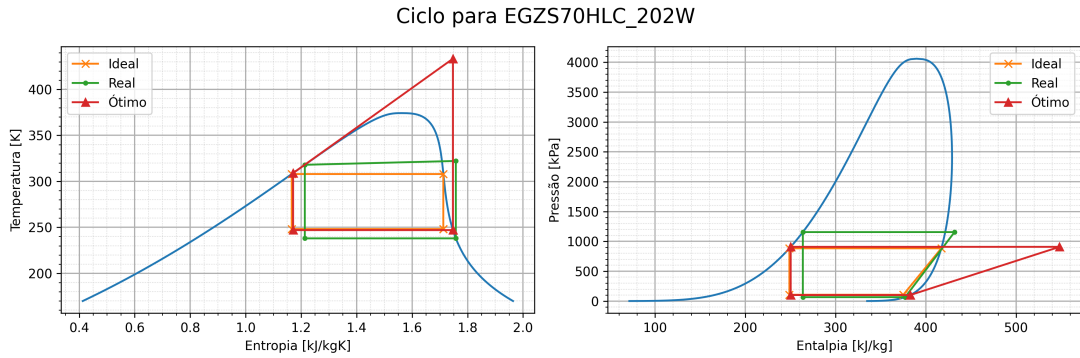


Figura 3 – Ciclo para o EGZS70HLC.

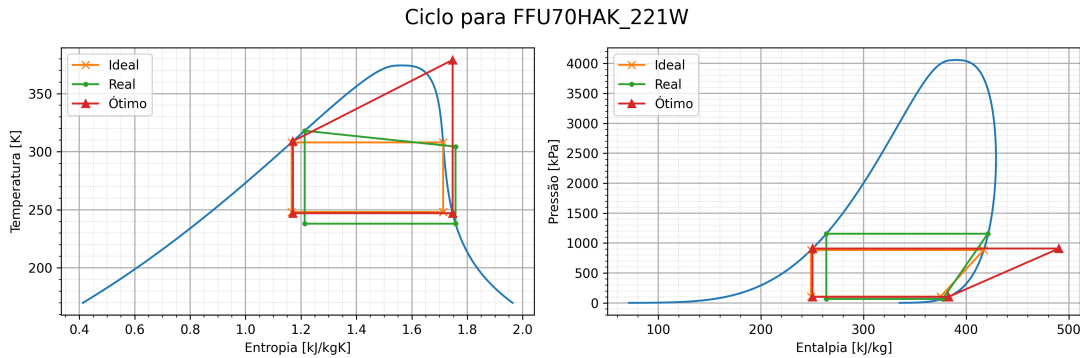


Figura 4 – Ciclo para o FFU70HAK.

É possível notar uma grande diferença entre o ciclo real e o ótimo, causada pelas perdas do sistema real. A rotina desenvolvida também calcula outros parâmetros de desempenho do sistema, tais como fluxo mássico, potência, COP e Q_L .

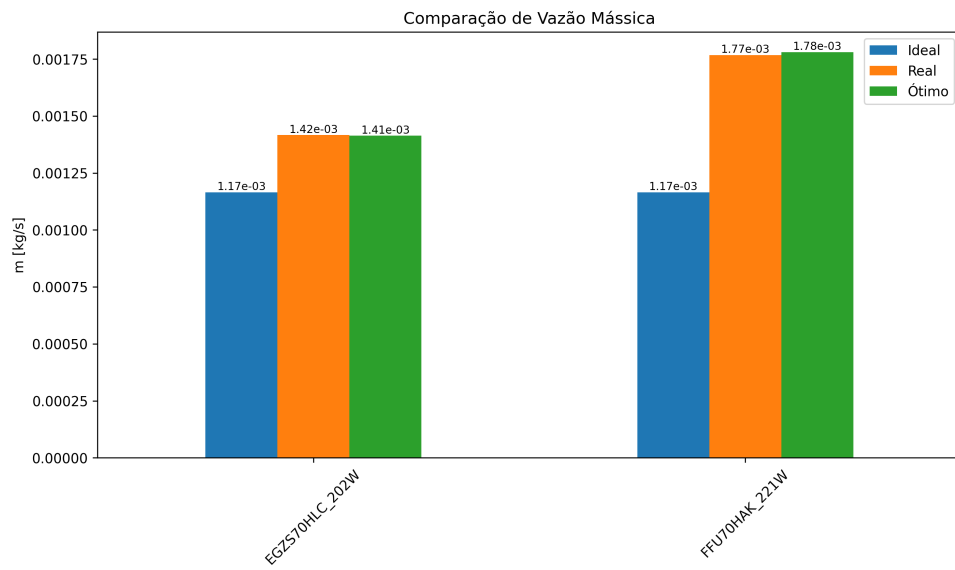


Figura 5 – Comparação do \dot{m} .

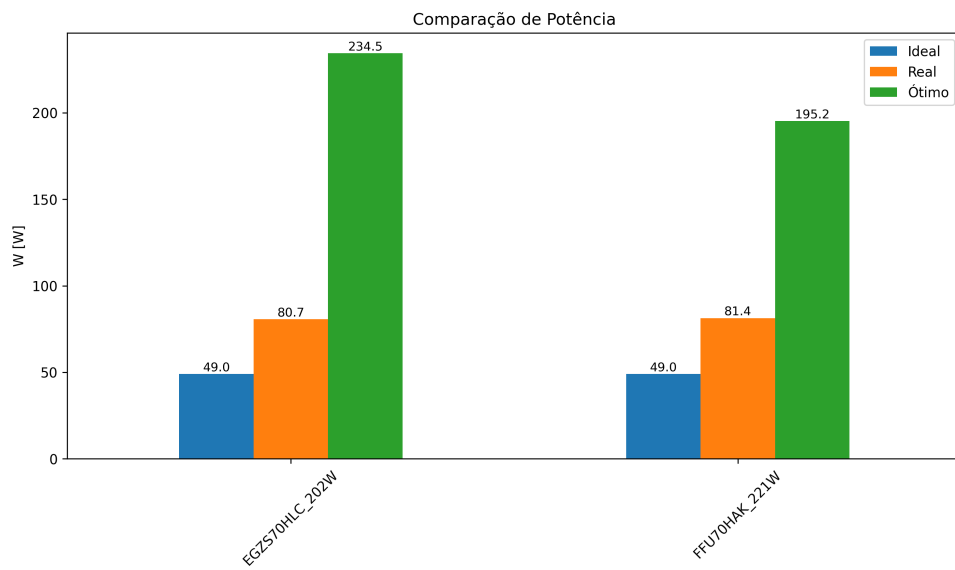


Figura 6 – Comparação da potência.

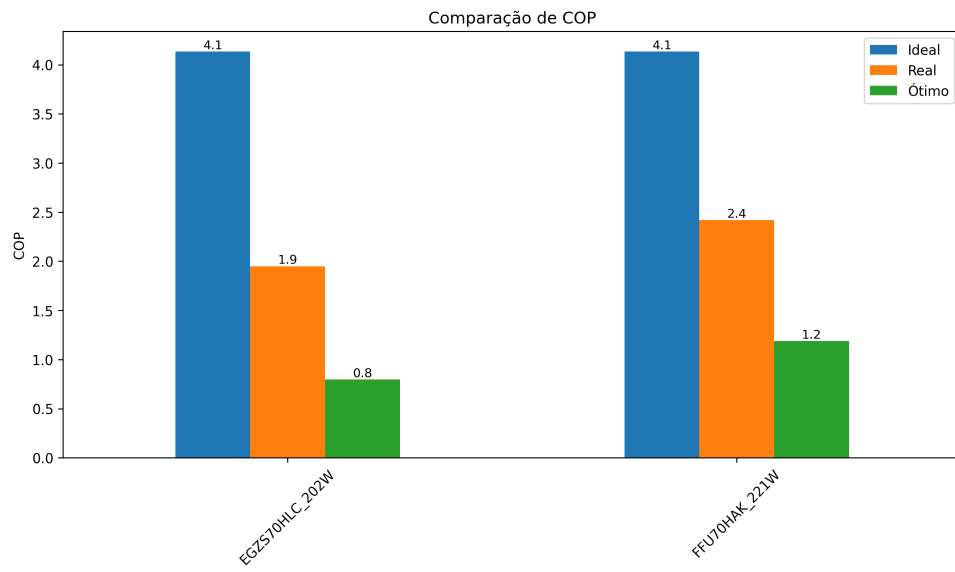
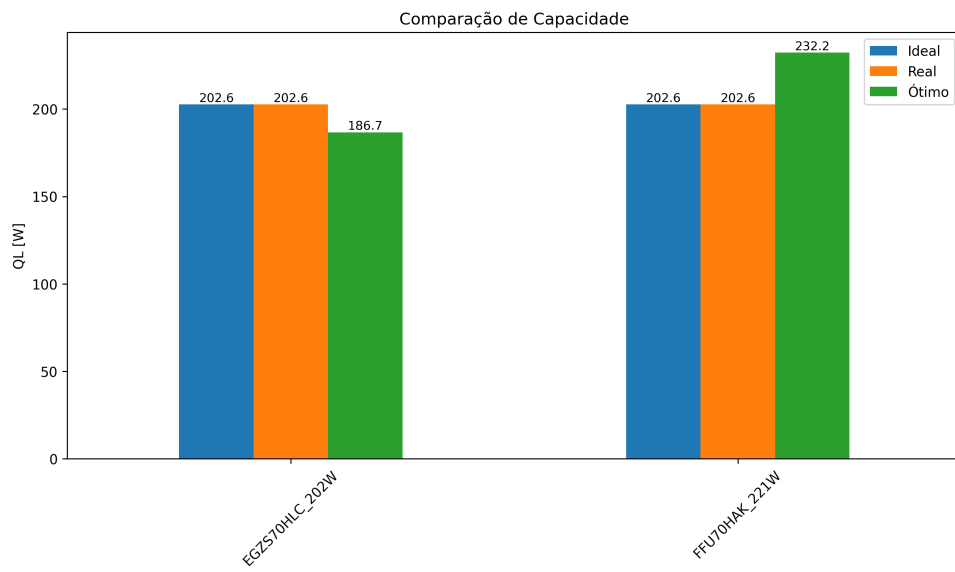


Figura 7 – Comparação do COP.

Figura 8 – Comparação do Q_L .

REFERÊNCIAS