

# CAPÍTULO V

## Resultados

Com o objetivo de avaliar a influência exercida pela quantidade de gás injetado ao sistema de condicionamento de ar automotivo, as experiências foram realizadas da seguinte forma:

A temperatura na câmara (2) varia na faixa entre 18 e 27°C e na câmara (1) entre 34 e 37°C. Para uma melhor visualização do fenômeno houve a preocupação de se abranger uma ampla faixa de relações entre eles com o fim de observar, comparar e registrar as influências das variações da quantidade de refrigerante no sistema automotivo.

As diversas relações foram obtidas mantendo a temperatura no habitáculo automotivo (câmara 2) a partir de 18°C, passando a análise para 21°C, 24°C e 27°C. Para cada caso particular foram analisadas quatro variações:

- 1) A temperatura da câmara (1), onde fica o condensador. Para cada temperatura fixa da câmara (2) foram testadas as temperaturas: 34 °C, 37°C e 40°C.
- 2) As rotações e respectivos torques, combinando com a temperatura na câmara (1) e mantendo a temperatura na câmara (2) para cada caso. Foram avaliadas as seguintes rotações do compressor: 800, 1000, 1300, 1900, 2200, 2500, 2800, 3100 e 3400 rpm, com 10 leituras por cada temperatura na câmara (1) e para cada caso da câmara (2).
- 3) As rotações dos eletroventiladores do condensador e do evaporador, para cada temperatura na câmara (1) mantendo fixa a temperatura na câmara (2) para cada caso, e para uma velocidade de  $N=1600\text{rpm}$  no sistema de refrigeração.

Foram registradas quatro variações de velocidade em função das resistências como segue:

Tabela 5.A.1- Posições da Resistência variável do evaporador

<b>Velocidade</b>	<b>Ohm</b>
1 <sup>a</sup>	1,16
2 <sup>a</sup>	0,8
3 <sup>a</sup>	0,34
4 <sup>a</sup>	Excluída

4) A carga de gás refrigerante R-134a. Foram avaliadas três cargas, respectivamente, insuficiência de carga com 633,4g, carga adequada com 850,5g e sobre-carga com 1050,5g.

Os testes compreendem 39 experiências por carga, fazendo um total de 117 testes para as três cargas e um total global de 468 leituras por carga e por temperatura na câmara (2).

A tabela 5.A.2. mostra a primeira das quatro tabelas que representam as quatro temperaturas mantidas fixas na câmara (2), onde fica o evaporador. Deste modo, uma possível dependência do problema, em relação à carga de gás refrigerante no sistema de condicionamento de ar automotivo de cada uma das fases separadamente, pode ser detectada e avaliada.

Tabela 5.A.2- Variação de parâmetros no sistema mantendo a temperatura na câmara (2) a 18°C

**Distribuição Testes**

Temperatura Câmara (2)	<b>18</b>																																			
Temperatura Câmara (1)	<b>34</b>										<b>37</b>										<b>40</b>															
RPM	1	2	3	1600			5	6	7	8	9	10	1	2	3	1600			5	6	7	8	9	10	1	2	3	1600			5	6	7	8	9	10
Eletro-Ventilador	1ra 2da 3ra 4ta								1ra 2da 3ra 4ta								1ra 2da 3ra 4ta																			
# Carga de GAS	<b>1</b>																																			
Condição	<b>Insuficiencia de Carga</b>																																			

Temperatura Câmara (2)	<b>18</b>																																			
Temperatura Câmara (1)	<b>34</b>										<b>37</b>										<b>40</b>															
RPM	1	2	3	1600			5	6	7	8	9	10	1	2	3	1600			5	6	7	8	9	10	1	2	3	1600			5	6	7	8	9	10
Eletro-Ventilador	1ra 2da 3ra 4ta								1ra 2da 3ra 4ta								1ra 2da 3ra 4ta																			
# Carga de GAS	<b>2</b>																																			
Condição	<b>Carga Adequada</b>																																			

Temperatura Câmara (2)	<b>18</b>																																			
Temperatura Câmara (1)	<b>34</b>										<b>37</b>										<b>40</b>															
RPM	1	2	3	1600			5	6	7	8	9	10	1	2	3	1600			5	6	7	8	9	10	1	2	3	1600			5	6	7	8	9	10
Eletro-Ventilador	1ra 2da 3ra 4ta								1ra 2da 3ra 4ta								1ra 2da 3ra 4ta																			
# Carga de GAS	<b>3</b>																																			
Condição	<b>Excesso de Carga</b>																																			

As experiências são iniciadas ligando-se o condicionador de ar e a aquisição de dados. Atingido o regime permanente calcula-se a capacidade frigorífica. Considerando-se desprezível a variação de energia potencial, da primeira lei da termodinâmica, tem-se:

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{m}_f (h_1 - h_4) \quad (4.1)$$

Da mesma forma, a quantidade de calor, por unidade de tempo, a ser rejeitada no condensador é calculada pela equação abaixo:

$$\dot{Q}_{cd} = \dot{m}_f (h_2 - h_3) \quad (4.2)$$

Aplicando-se a equação de abaixo, calcula-se a potência do ciclo em função do Torque (kg-m) e velocidade angular obtidos através da Célula de Carga e do encoder:

$$W_c = Tw \quad (4.3)$$

$$w = \frac{2\pi N}{60} \quad (4.4)$$

Onde :

$$[N] = rpm$$

Para o cálculo de desempenho usa-se o coeficiente de performance:

$$COP = \left( \frac{\dot{Q}_{ev}}{W_c} \right) \quad (4.5)$$

Para avaliar a relação entre a vazão mássica e a rotação do compressor, foram fixadas as temperaturas em ambas as câmaras, assim como a umidade que variou entre 45% – 55%, enquanto a rotação era variada. Os resultados obtidos apresentam uma tendência crescente para a vazão mássica à medida que se incrementa a rotação do compressor. Pode-se observar nas figuras a seguir.

Fluxo de massa em função das rotações do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.

$T_{ev} = 18^\circ C$  constante.

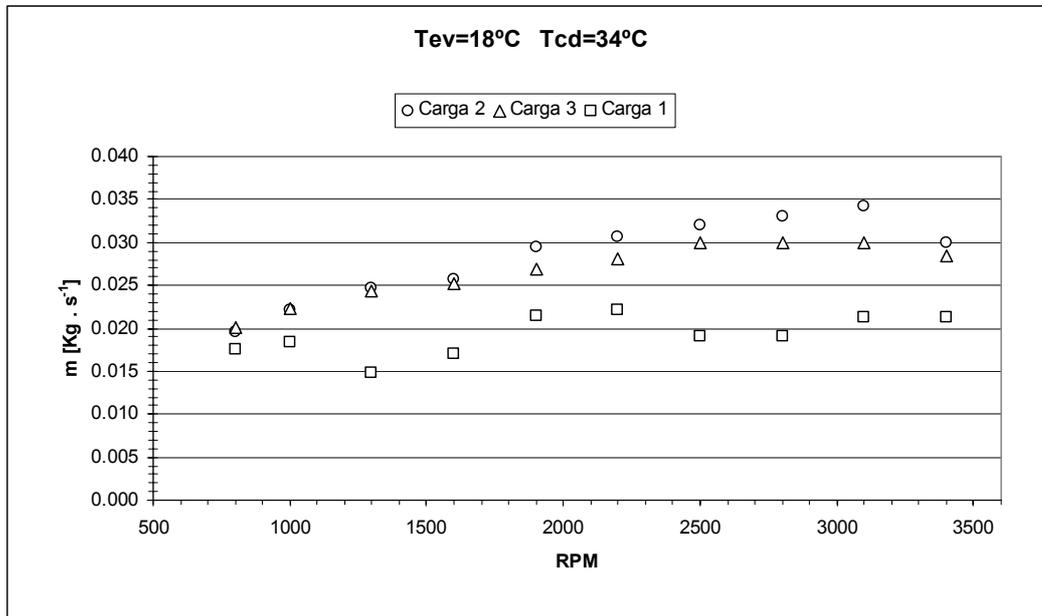


Figura 5.1.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor.  $T_{cd} = 34^\circ C$

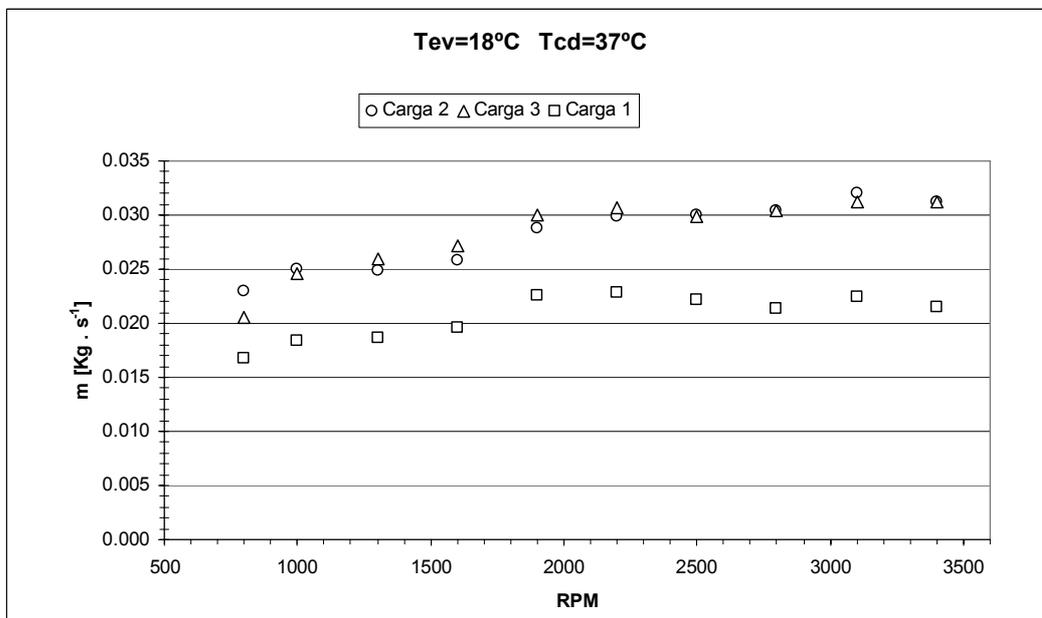


Figura 5.2.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor.  $T_{cd} = 37^\circ C$

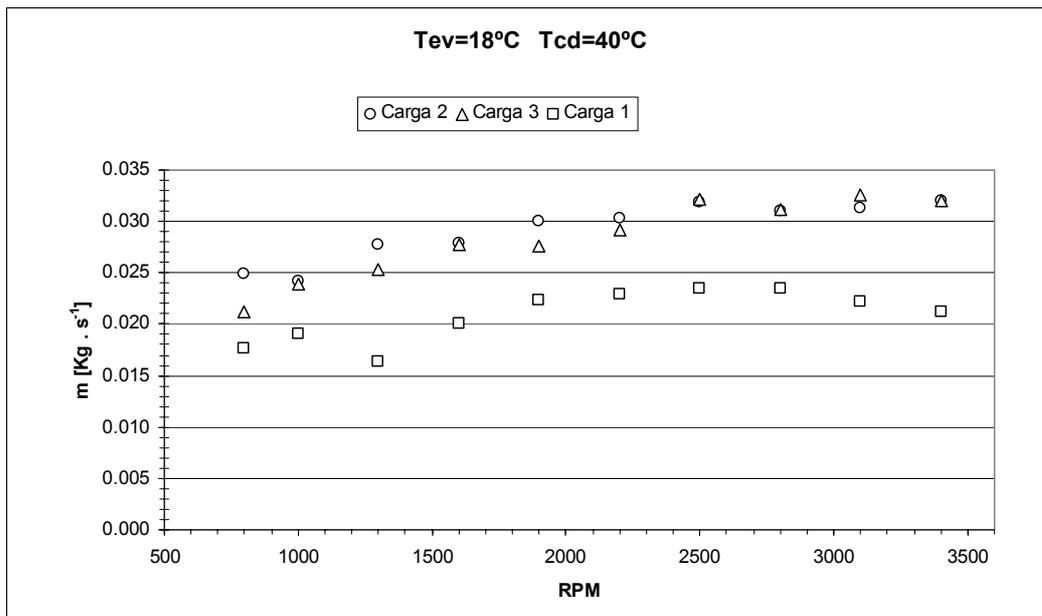


Figura 5.3.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor.  $T_{cd} = 40^{\circ} C$

Fluxo de massa em função das rotações do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.

$T_{ev} = 21^{\circ} C$  constante.

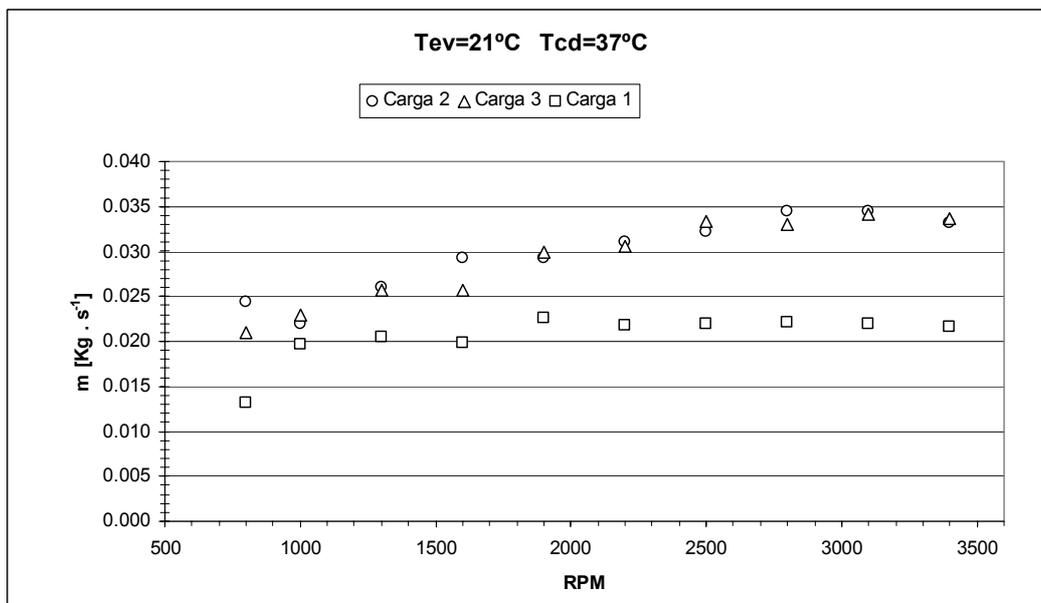


Figura 5.4.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor.  $T_{cd} = 37^{\circ} C$

Fluxo de massa em função das rotações do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.

$T_{ev} = 24^{\circ}C$  constante.

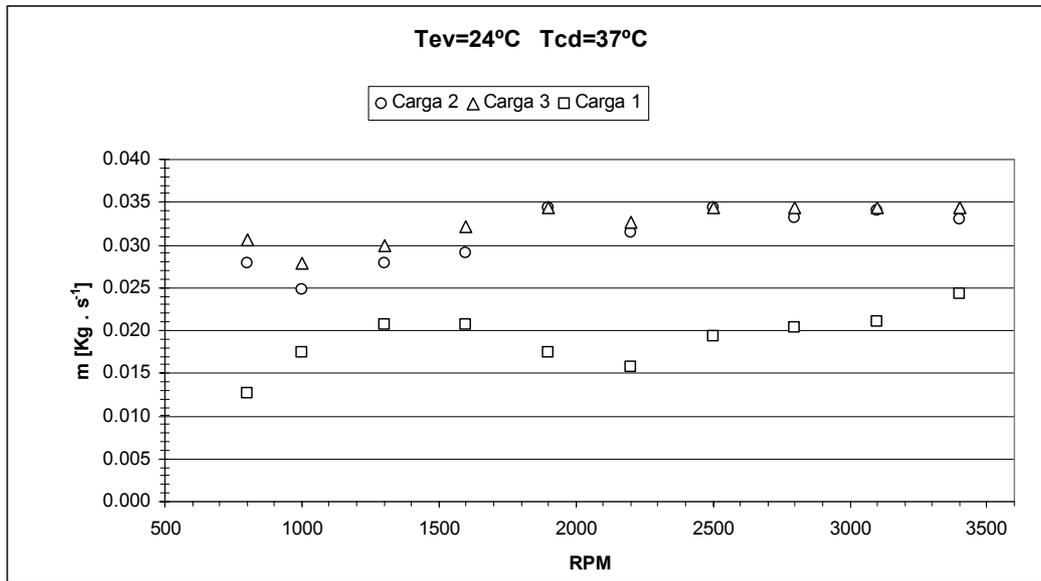


Figura 5.5.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor.  $T_{cd} = 37^{\circ}C$

Fluxo de massa em função das rotações do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.  $T_{ev} = 27^{\circ}C$  constante.

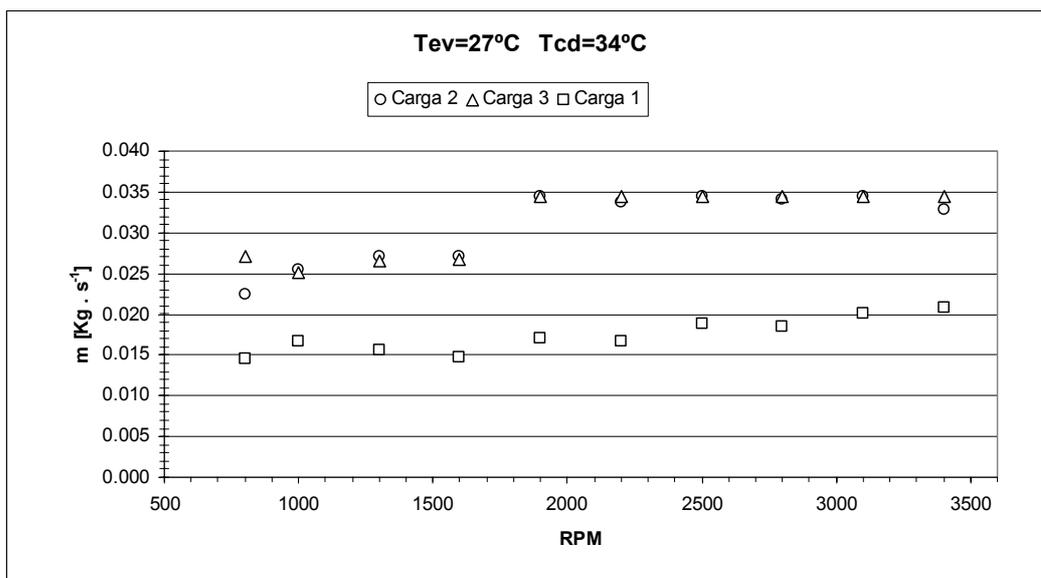


Figura 5.6.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor.  $T_{cd} = 34^{\circ}C$

A potencia térmica do evaporador apresenta uma tendência quase constante em função da velocidade angular pela baixa variação de fluxo de massa. Pode-se observar nas figuras a seguir.

Potencia térmica do evaporador em função das rotações do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes carga de gás refrigerante.  $T_{ev} = 18^{\circ}C$  constante.

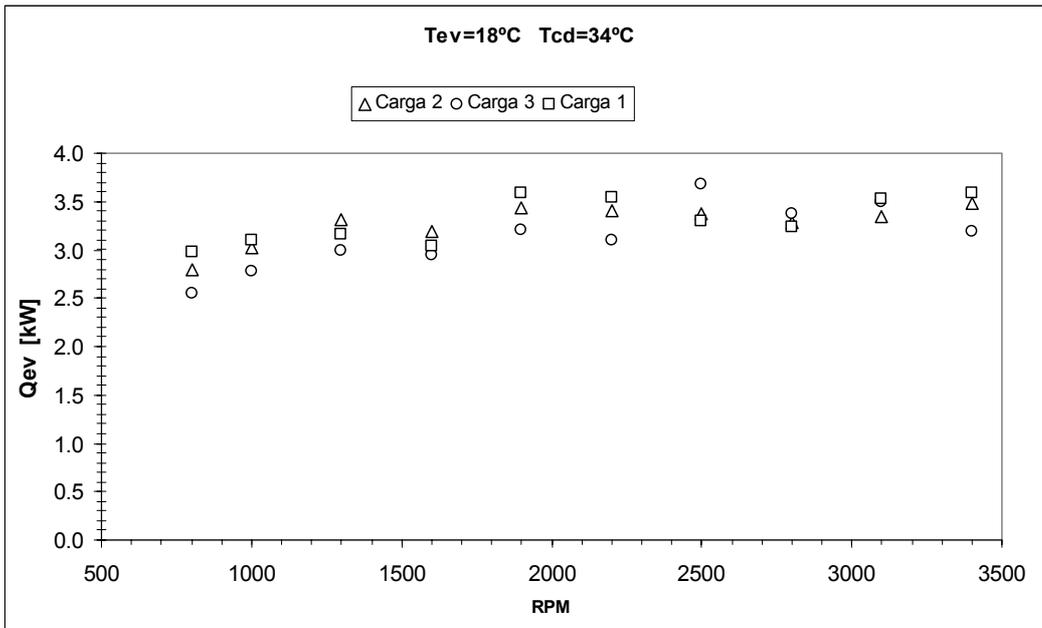


Figura 5.7.-  $\dot{Q}_{ev}$  em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 34^{\circ}C$

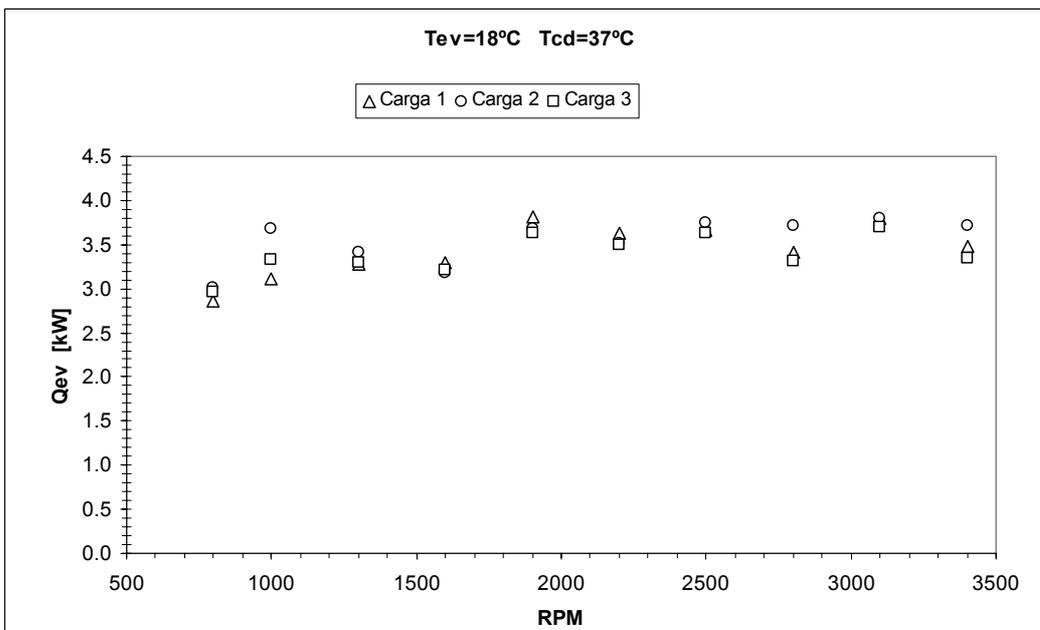


Figura 5.8.-  $\dot{Q}_{ev}$  em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 37^{\circ}C$

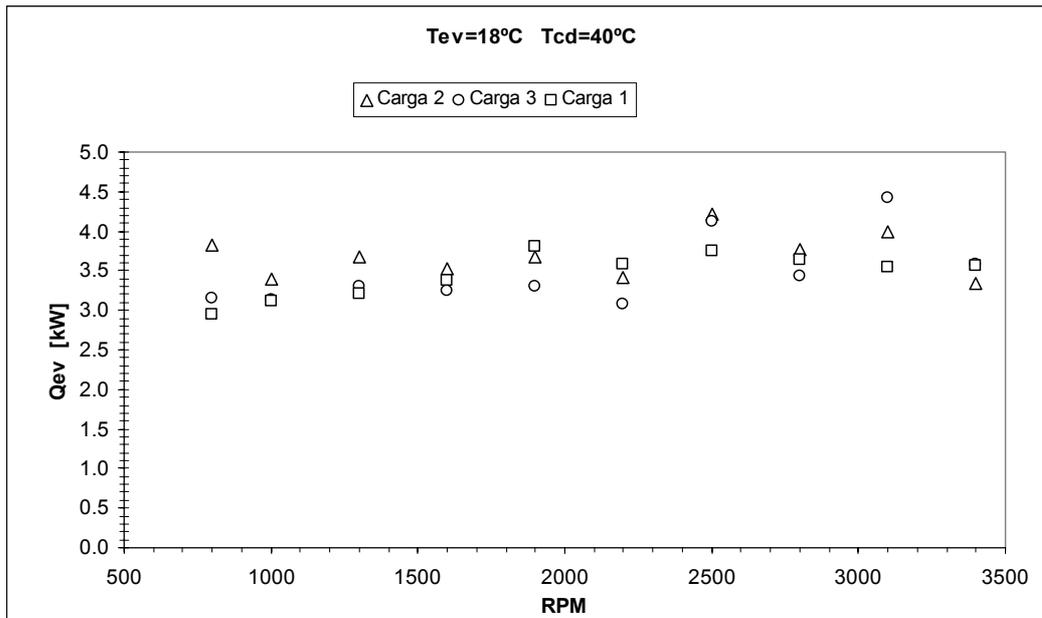


Figura 5.9.-  $\dot{Q}_{ev}$  em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 40^\circ C$

Com o incremento das rotações de compressor o COP diminui, significando que para menores rotações do compressor obtemos melhores desempenhos. Pode-se observar nas figuras a seguir.

O comportamento do COP em função da velocidade angular do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.  $T_{ev} = 18^\circ C$  constante.

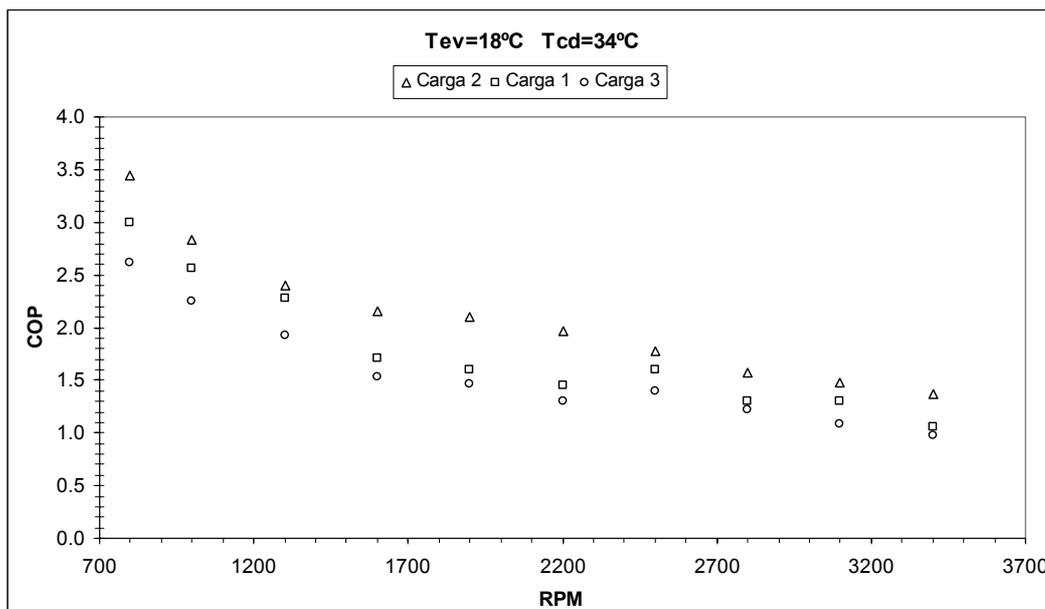


Figura 5.10- COP em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 34^\circ C$

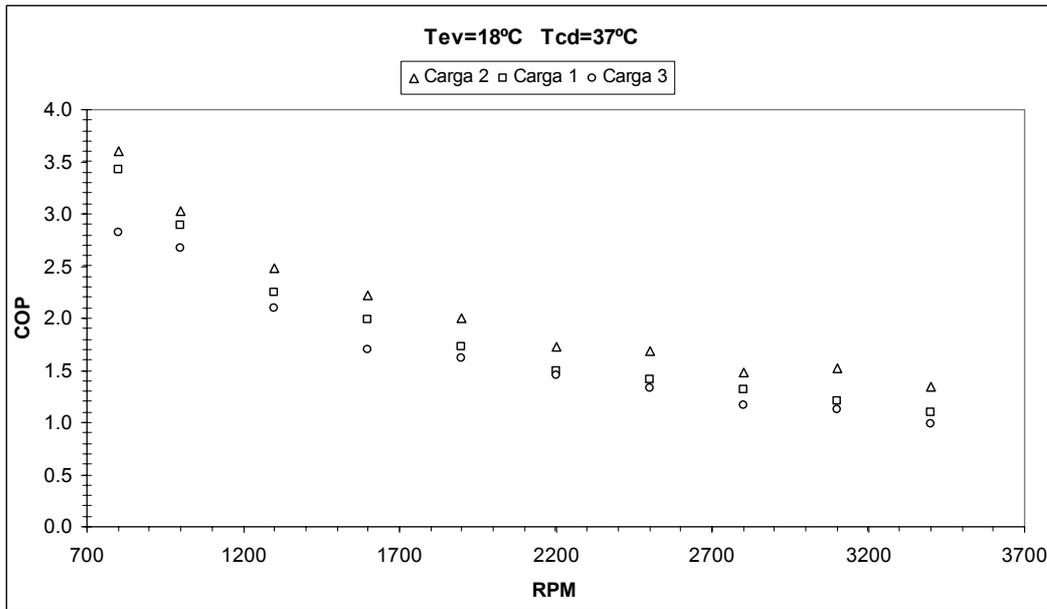


Figura 5.11- COP em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 37^{\circ}C$

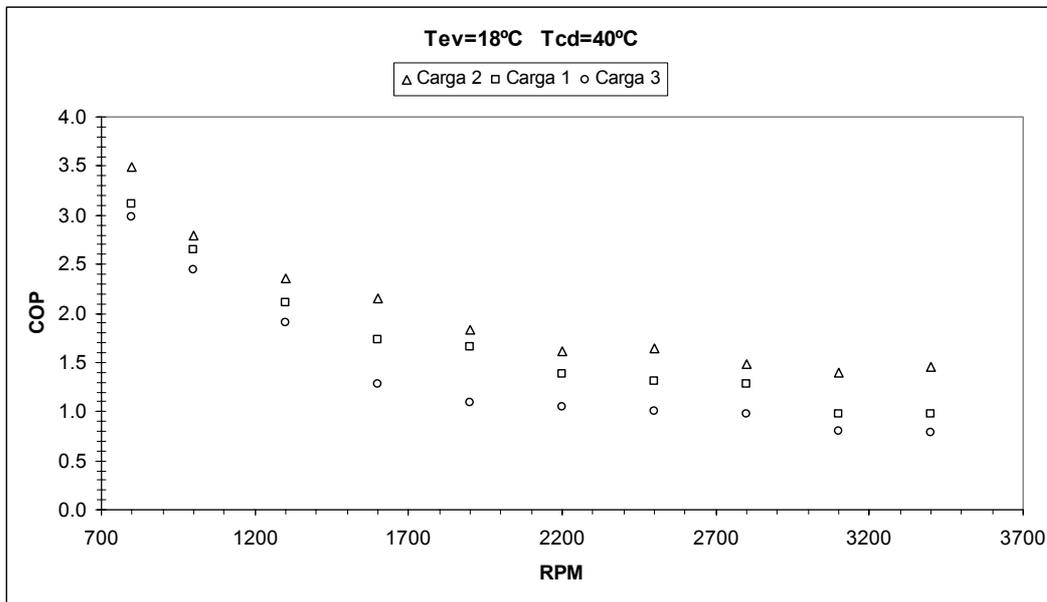


Figura 5.12- COP em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 40^{\circ}C$

Comportamento do COP em função da velocidade angular do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.  $T_{ev} = 21^{\circ}C$  constante.

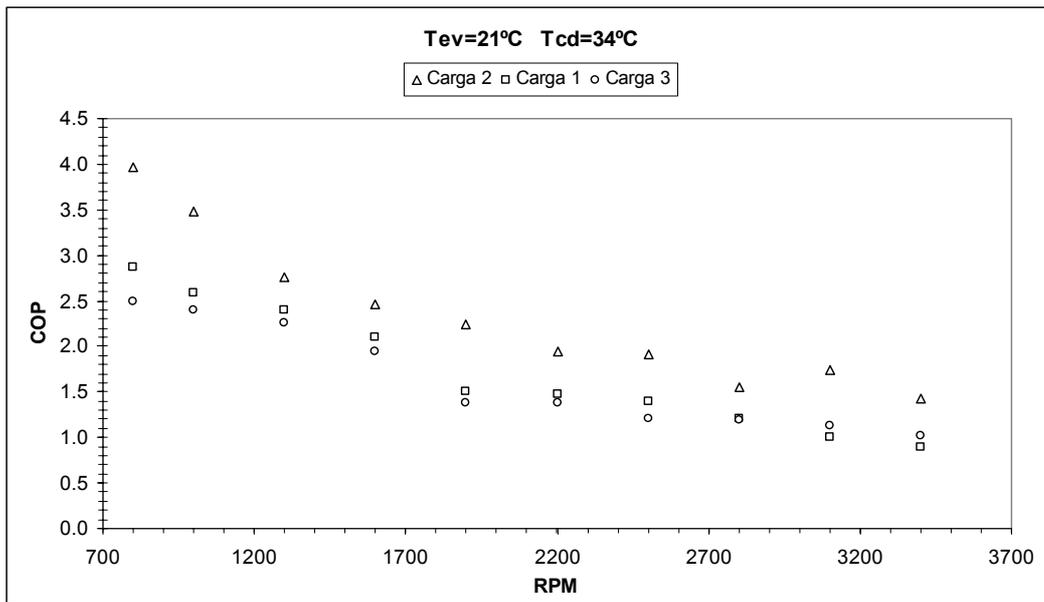


Figura 5.13- COP em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 34^{\circ}C$

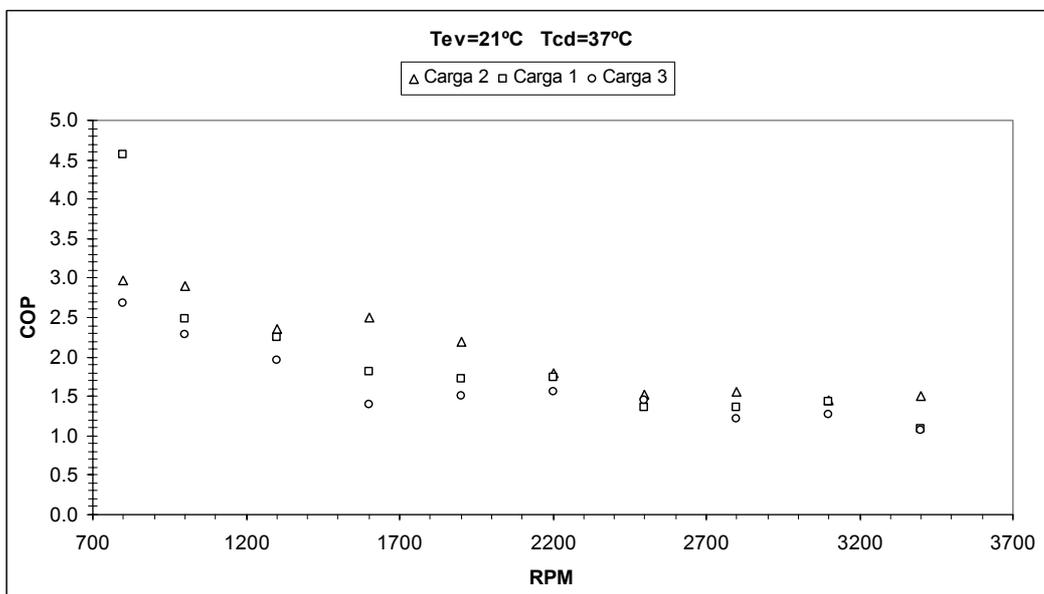


Figura 5.14- COP em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 37^{\circ}C$

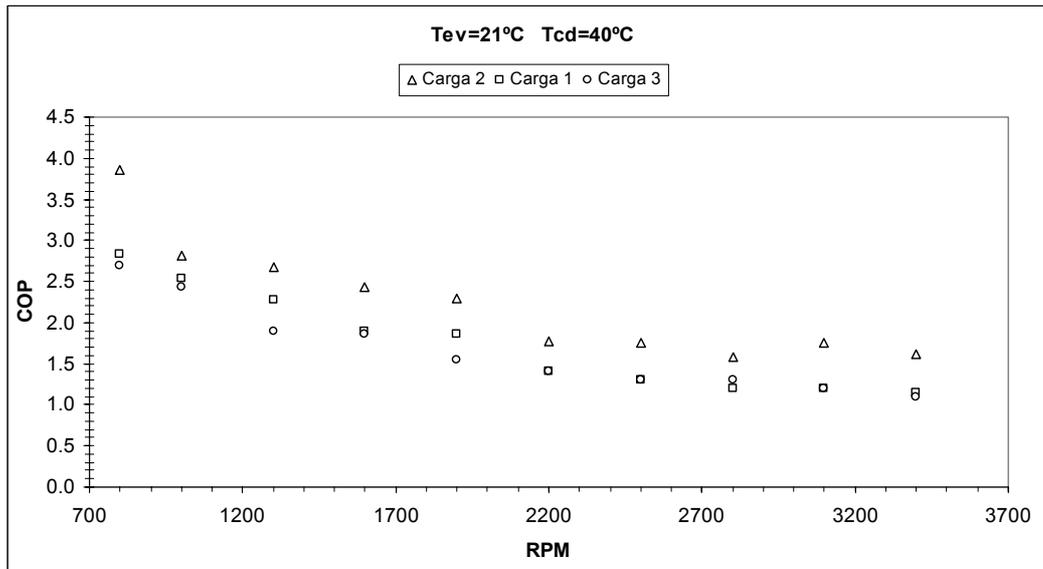


Figura 5.15- COP em função das rotações do compressor ,  $T_{cd} = 40^{\circ}C$

Quando o compressor sofre aumento na sua rotação, a potencia do sistema aumenta, pode-se verificar que para situações de insuficiência de carga a potencia é baixa e para excesso de carga se da as mais altas potencias. Pode-se observar nas figuras a seguir.

Potência do compressor em função da velocidade angular do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.  $T_{ev} = 18^{\circ}C$  constante.

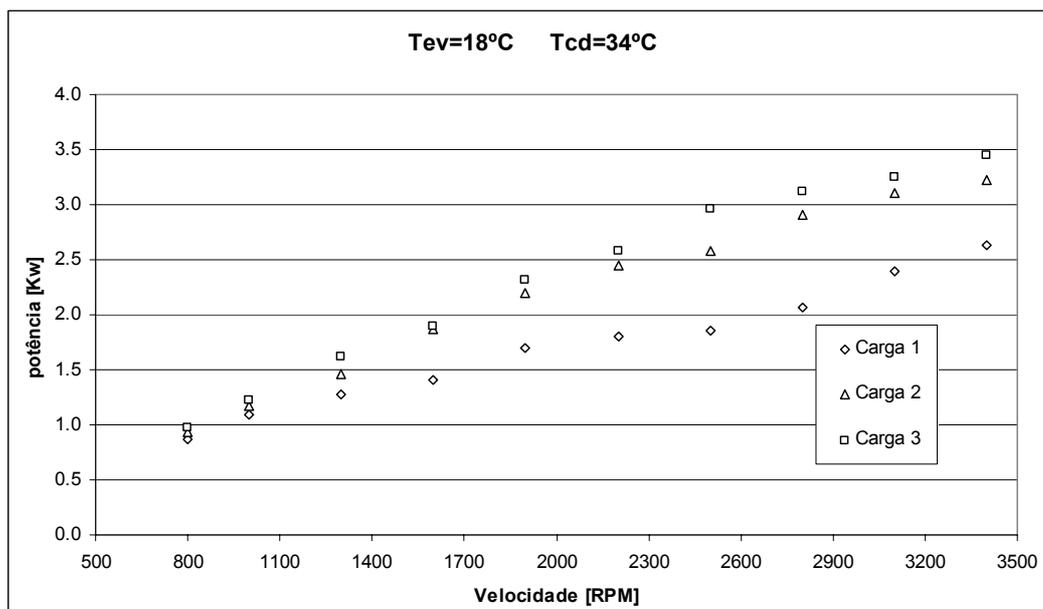


Figura 5.16-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor ,  $T_{cd} = 34^{\circ}C$

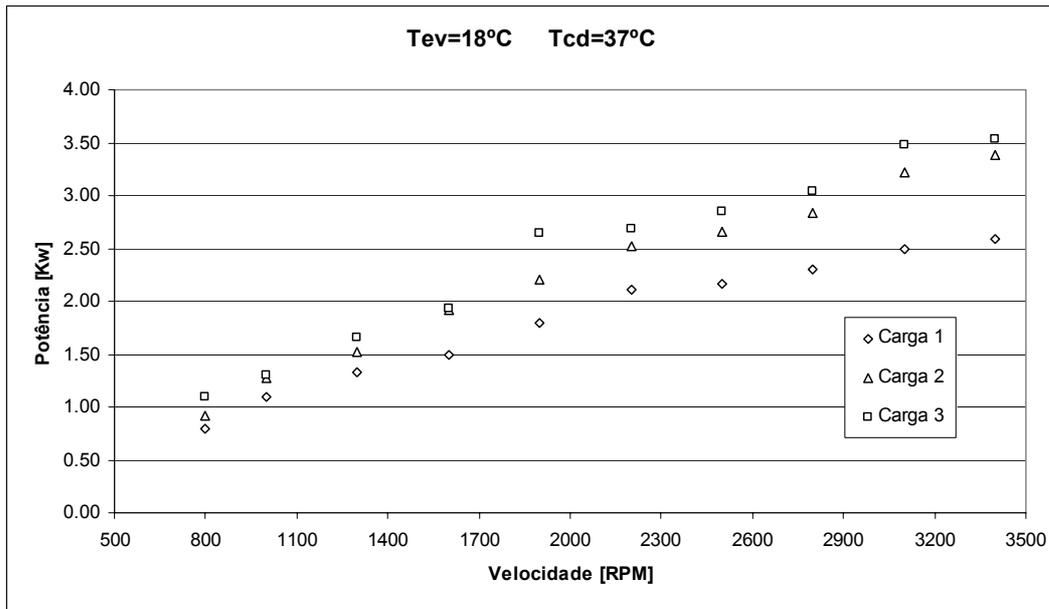


Figura 5.17-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 37^\circ C$

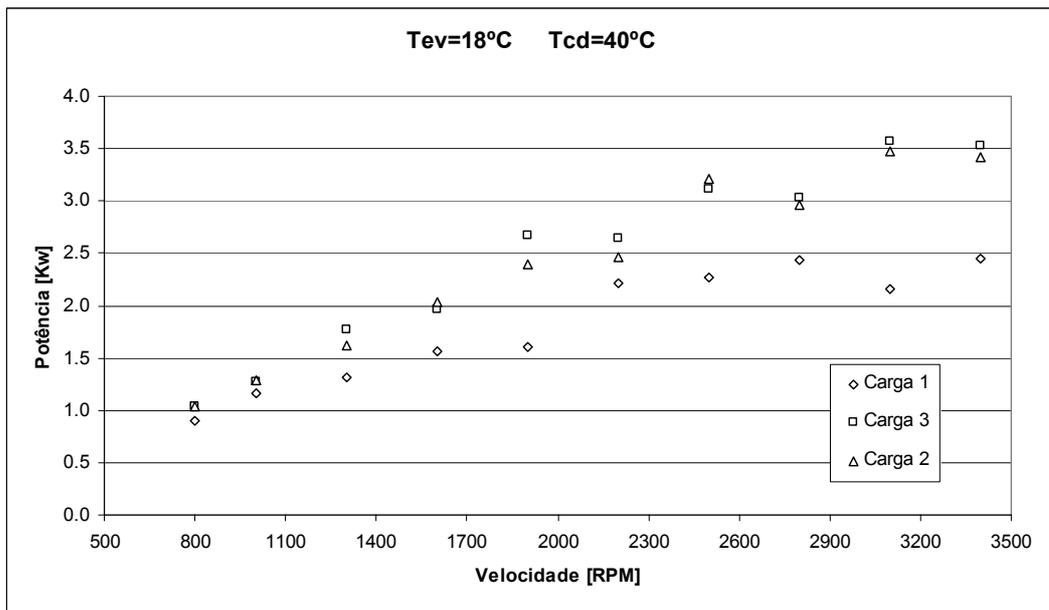


Figura 5.18-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 40^\circ C$

Potência do compressor em função da velocidade angular do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.  $T_{ev} = 21^\circ C$  constante.

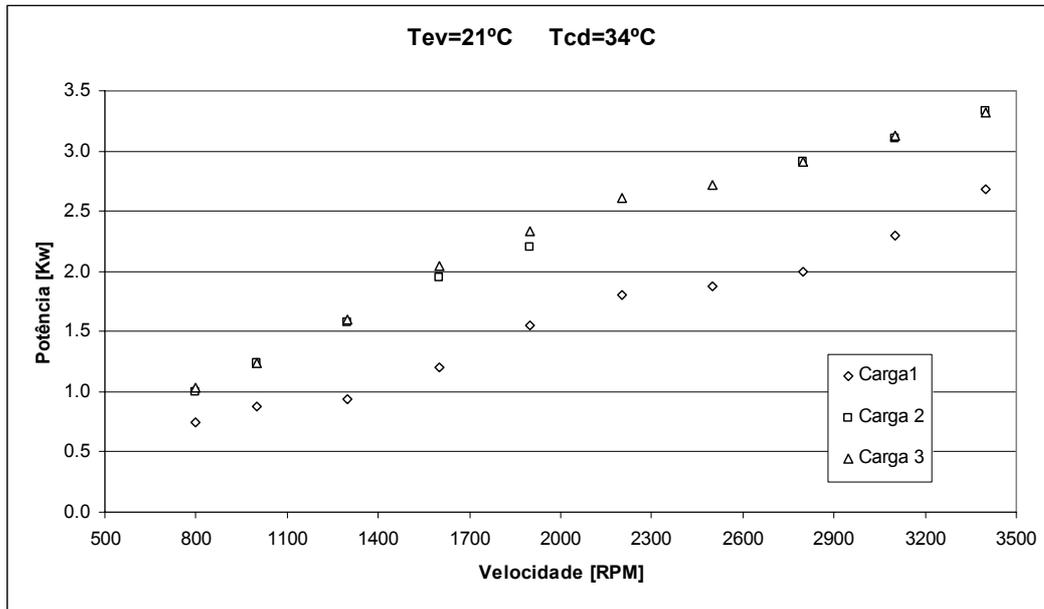


Figura 5.19-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor ,  $T_{cd} = 34^\circ C$

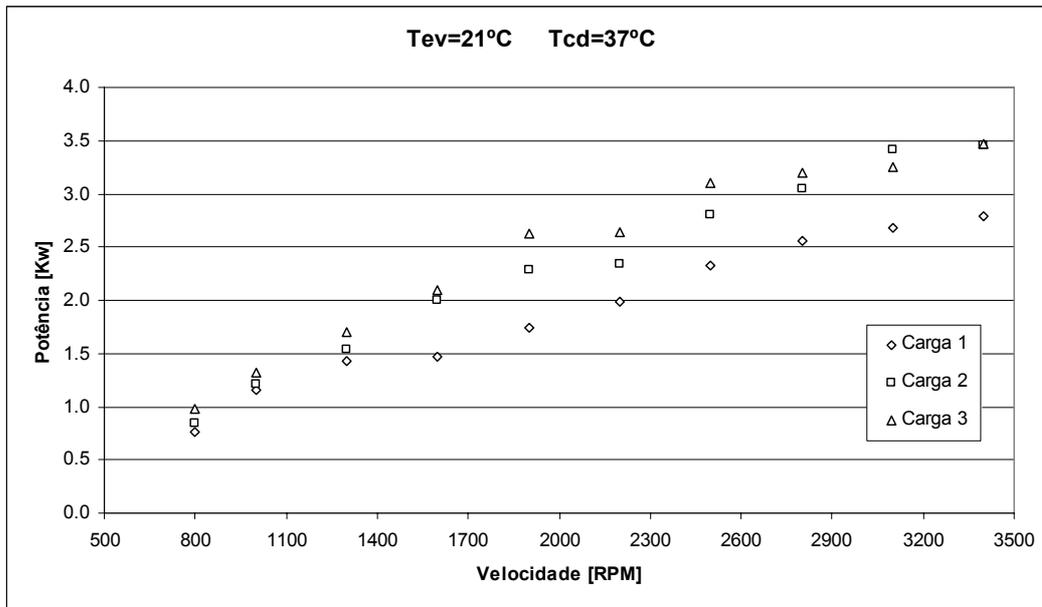


Figura 5.20-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor ,  $T_{cd} = 37^\circ C$

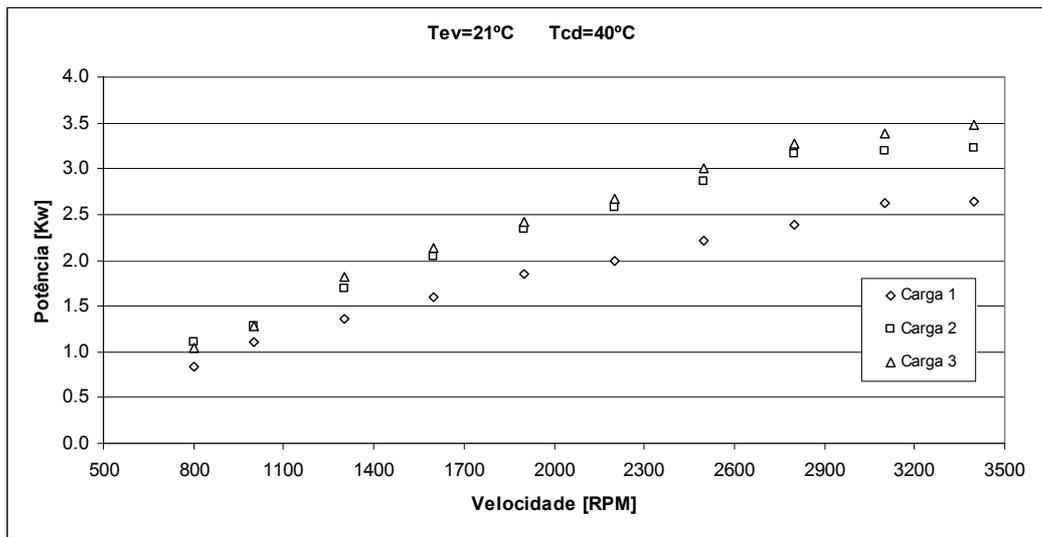


Figura 5.21-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 40^\circ C$

Potência do compressor em função da velocidade angular do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.  $T_{ev} = 24^\circ C$  constante.

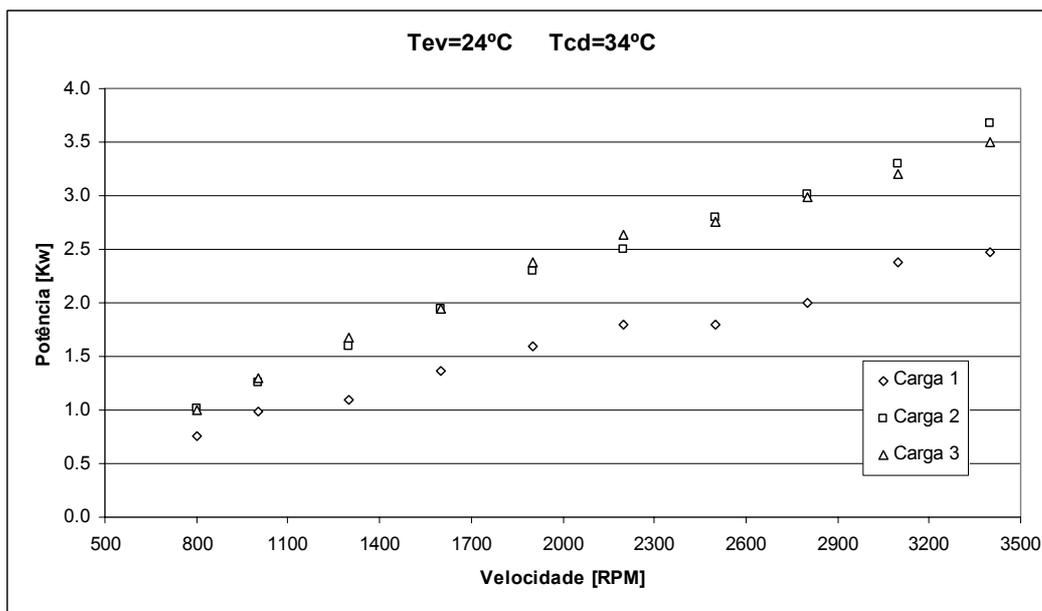


Figura 5.22-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 34^\circ C$

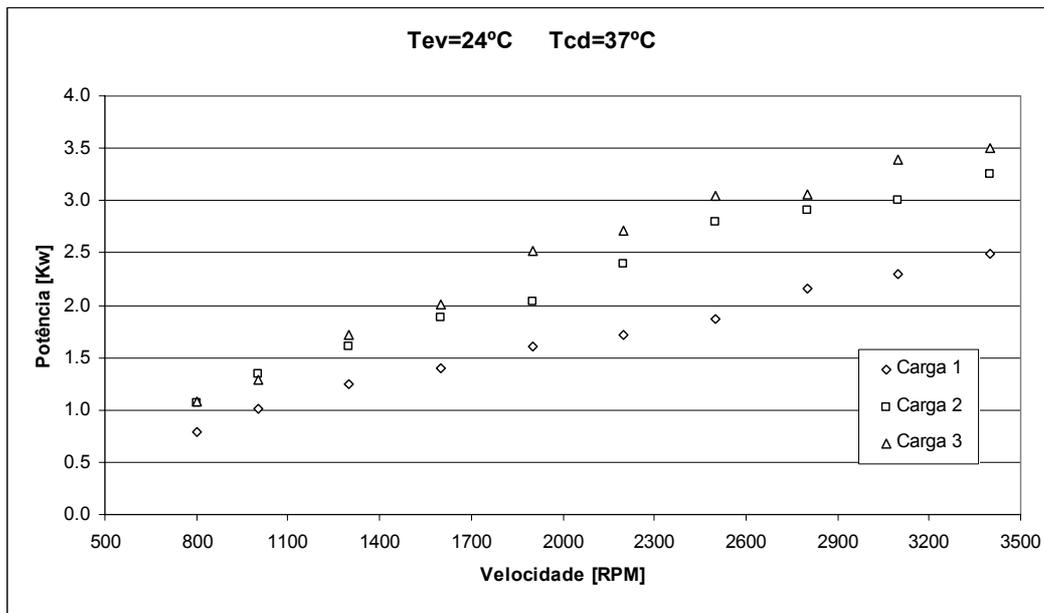


Figura 5.23-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 37^\circ C$

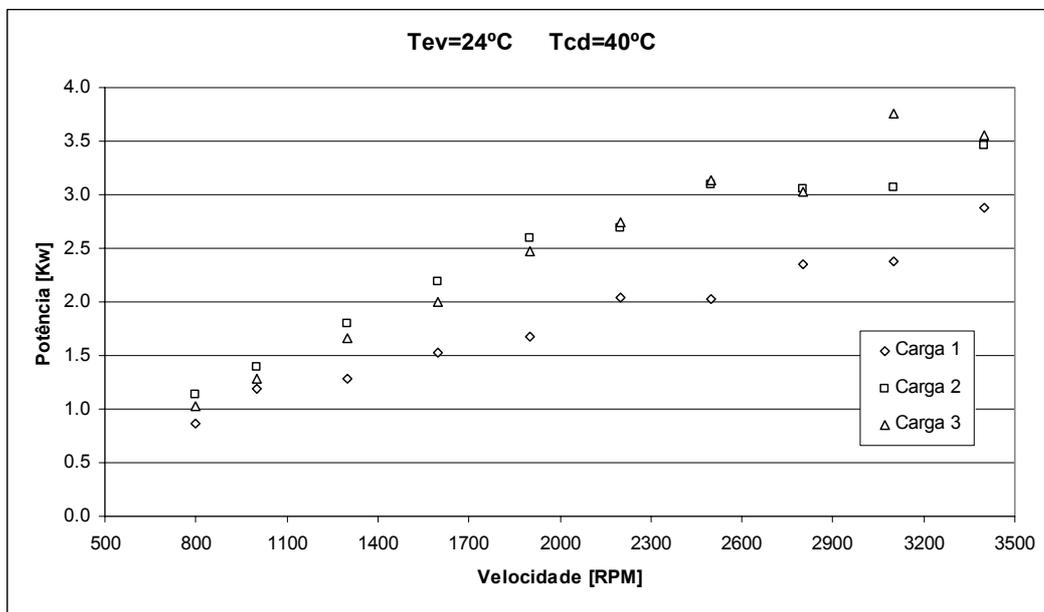


Figura 5.24-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor,  $T_{cd} = 40^\circ C$

Análise da potência térmica do evaporador em função da temperatura de evaporação para diferentes temperaturas de condensação (câmara 1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.  $N= 3100$  rpm.

Pode-se observar nas figuras a seguir que as maiores temperaturas de evaporação, aumenta a potência térmica do evaporador.

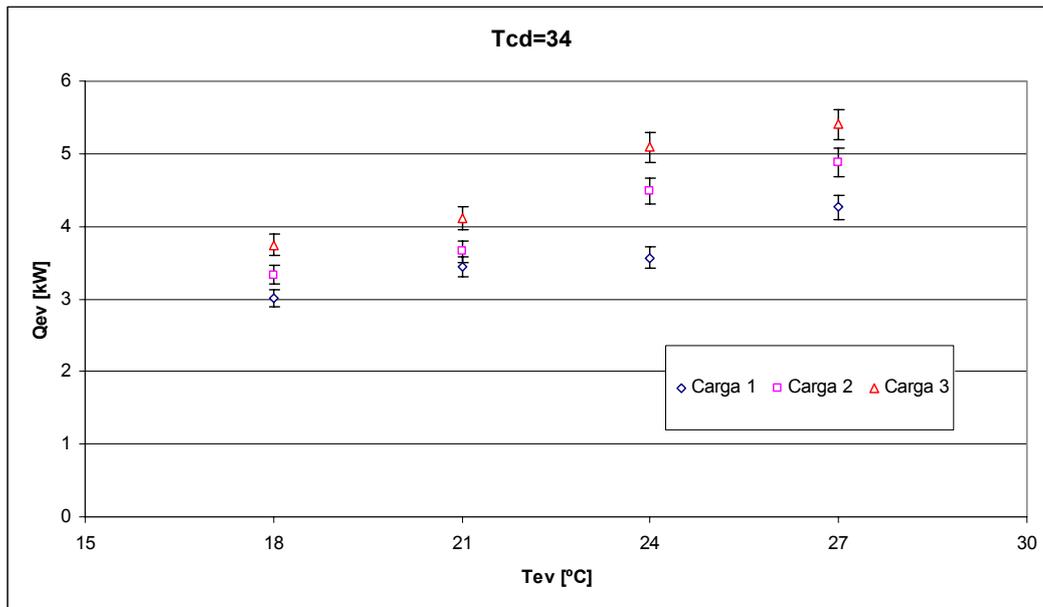


Figura 5.25-  $\dot{Q}_{ev}$  em função da temperatura de evaporação,  $T_{cd} = 34^\circ C$

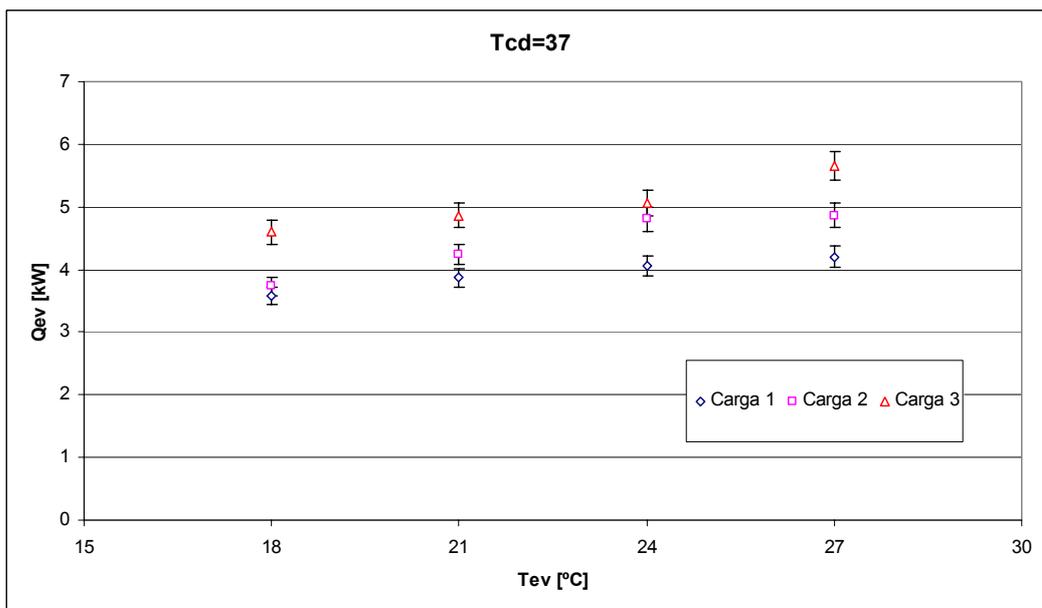


Figura 5.26-  $\dot{Q}_{ev}$  em função da temperatura de evaporação,  $T_{cd} = 37^\circ C$

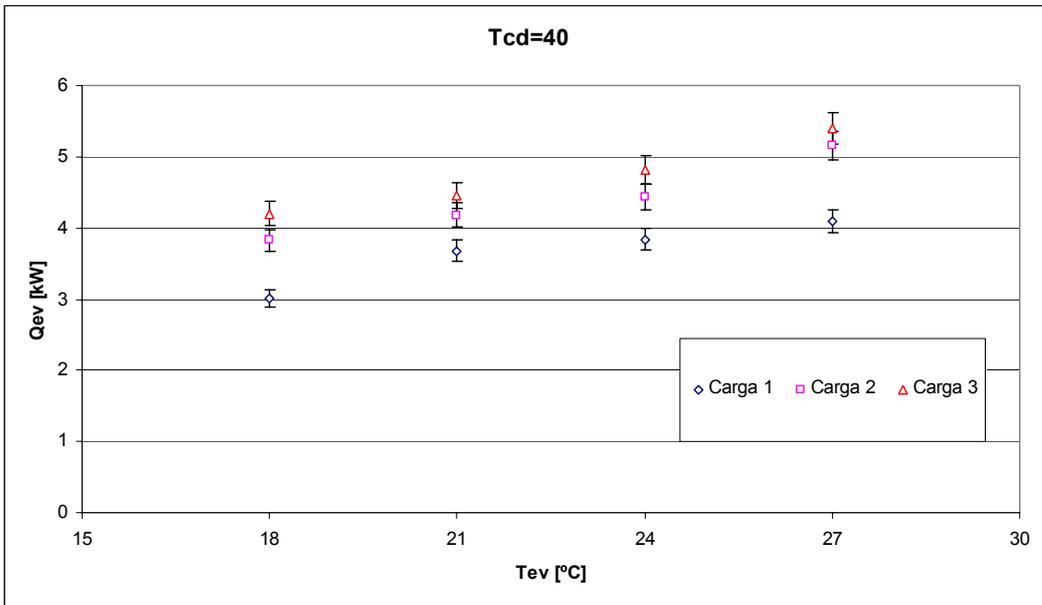


Figura 5.27-  $\dot{Q}_{ev}$  em função da temperatura de evaporação,  $T_{cd} = 40^\circ C$

Taxa de retirada de calor no condensador em função da temperatura de condensação para diferentes temperaturas de evaporação (câmara 2) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante. N= 3100 rpm.

Pode-se observar nas figuras a seguir que a maiores temperaturas de condensação, aumenta a vazão mássica.

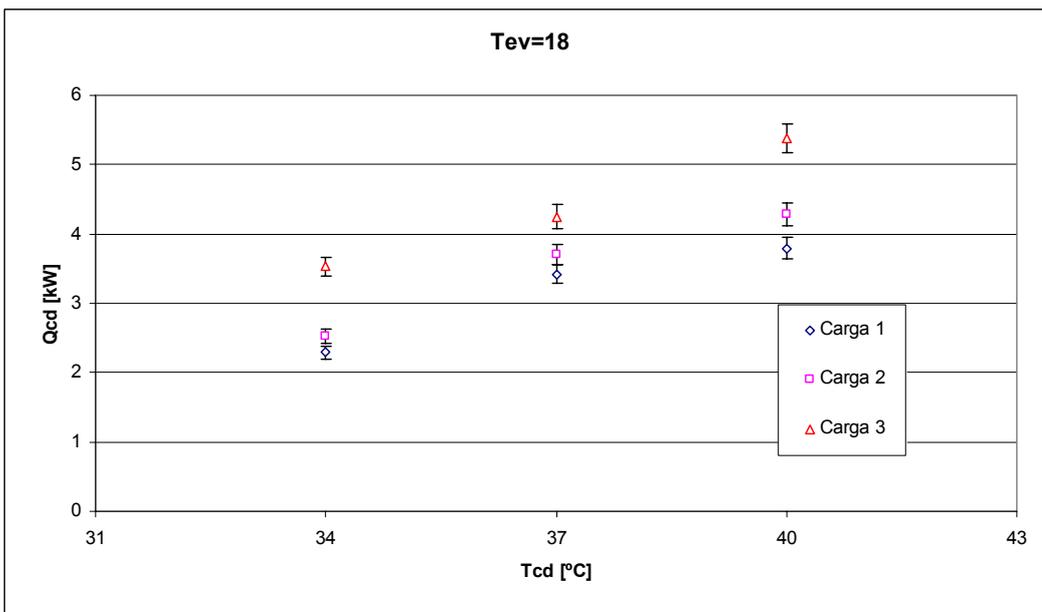


Figura 5.28-  $\dot{Q}_{cd}$  em função da temperatura de condensação,  $T_{ev} = 18^\circ C$

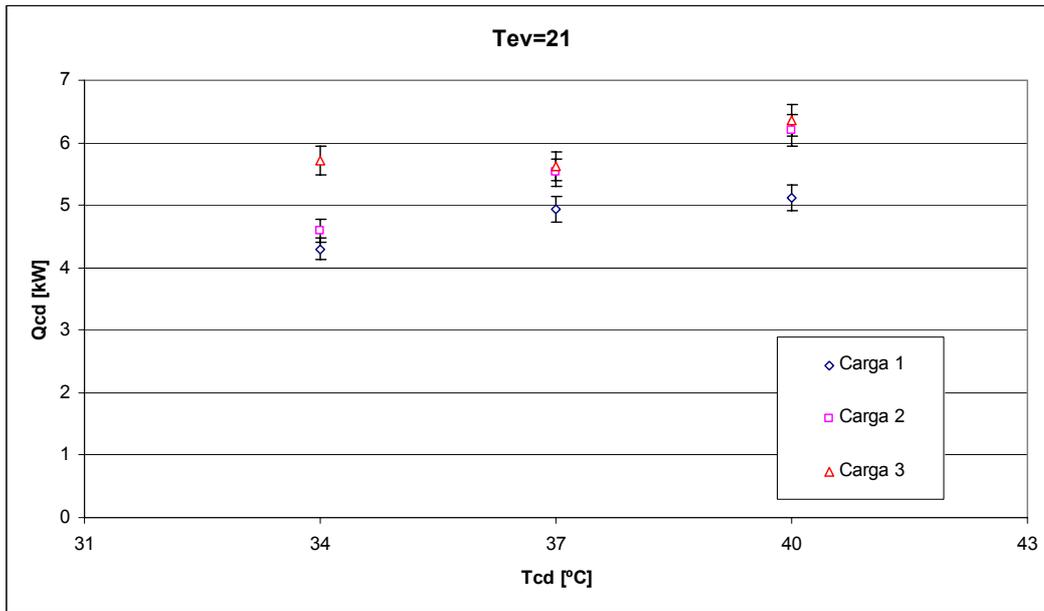


Figura 5.29-  $\dot{Q}_{cd}$  em função da temperatura de condensação,  $T_{ev} = 21^\circ C$

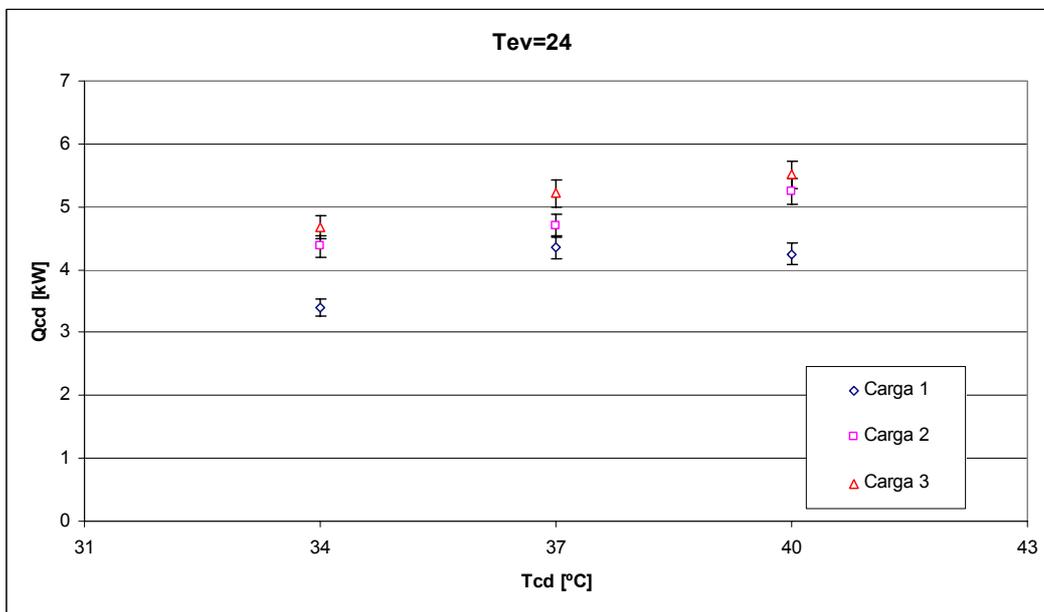


Figura 5.30-  $\dot{Q}_{cd}$  em função da temperatura de condensação,  $T_{ev} = 24^\circ C$

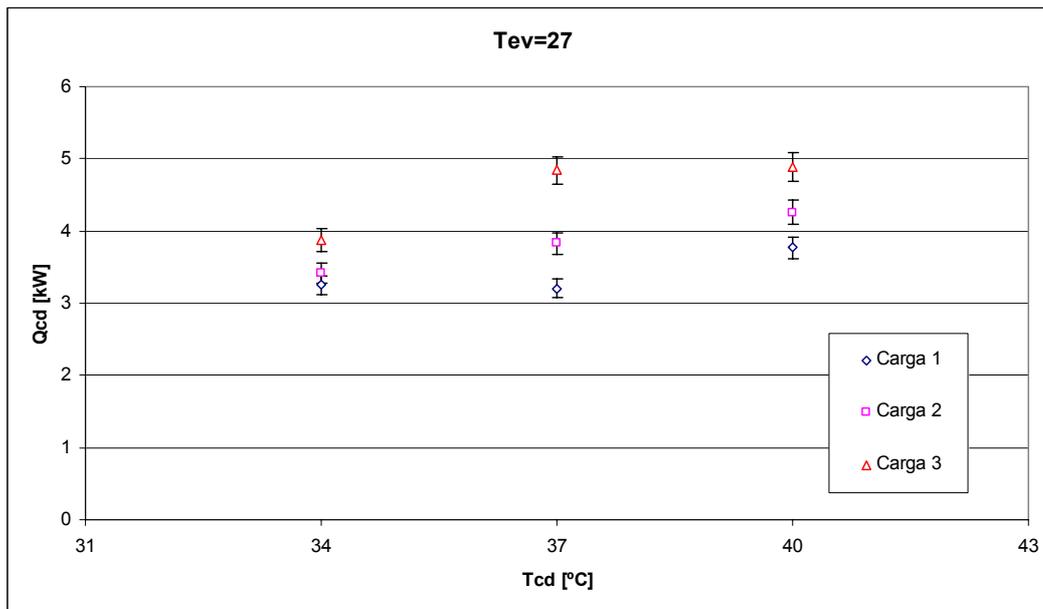


Figura 5.31-  $\dot{Q}_{cd}$  em função da temperatura de condensação,  $T_{ev} = 27^{\circ}C$

Análise do fluxo mássico em função da temperatura de evaporação para diferentes temperaturas de condensação (câmara 1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.  $N = 3100$  rpm.

Pode-se observar nas figuras a seguir que a maiores temperaturas de evaporação também aumenta a vazão mássica.

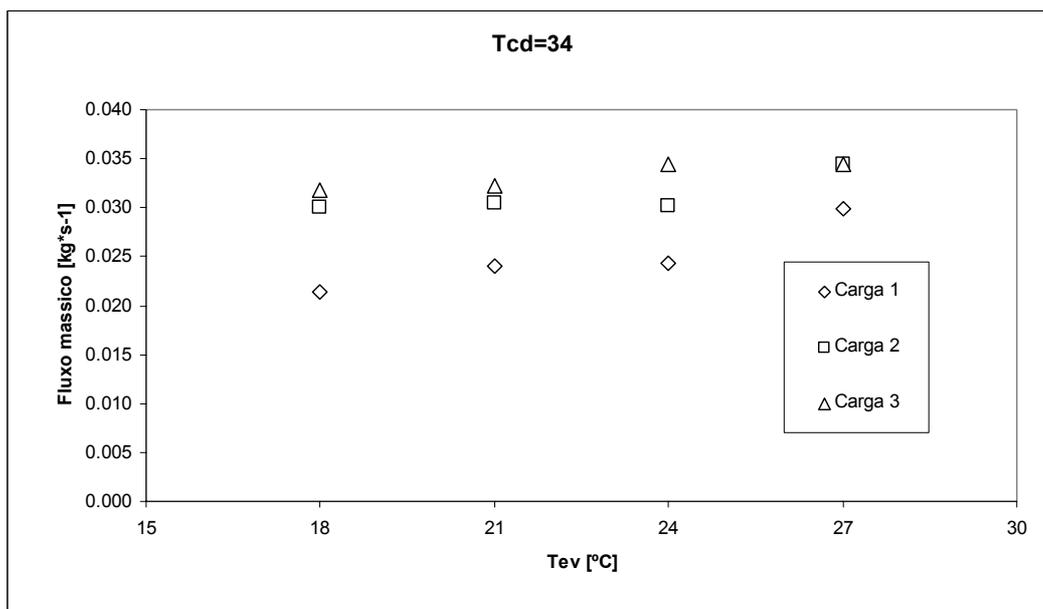


Figura 5.32- Fluxo mássico em função da temperatura de evaporação,  $T_{cd} = 34^{\circ}C$

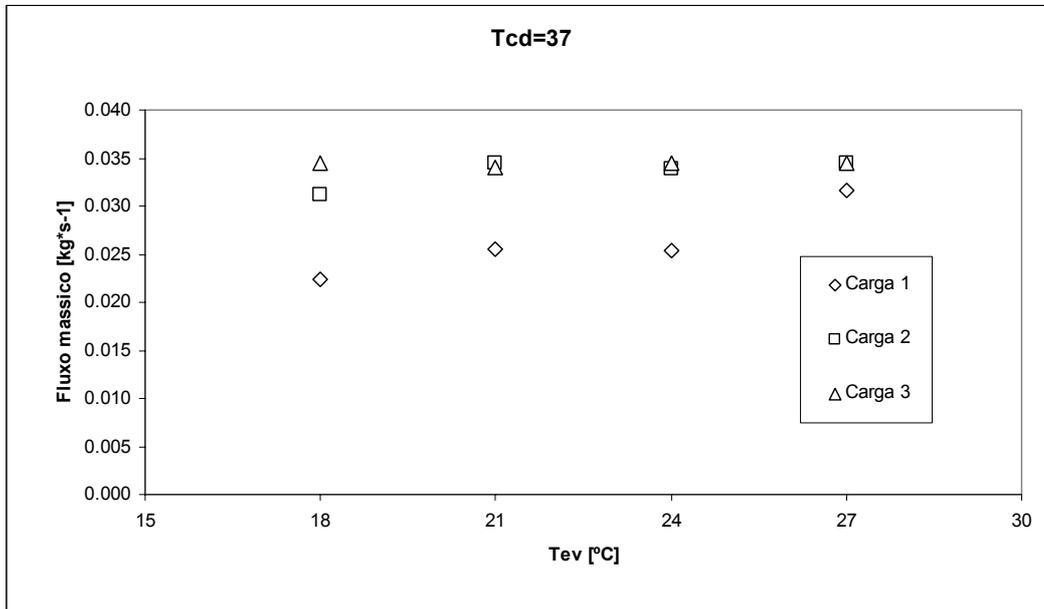


Figura 5.33- Fluxo mássico em função da temperatura de evaporação,  $T_{cd} = 37^{\circ} C$

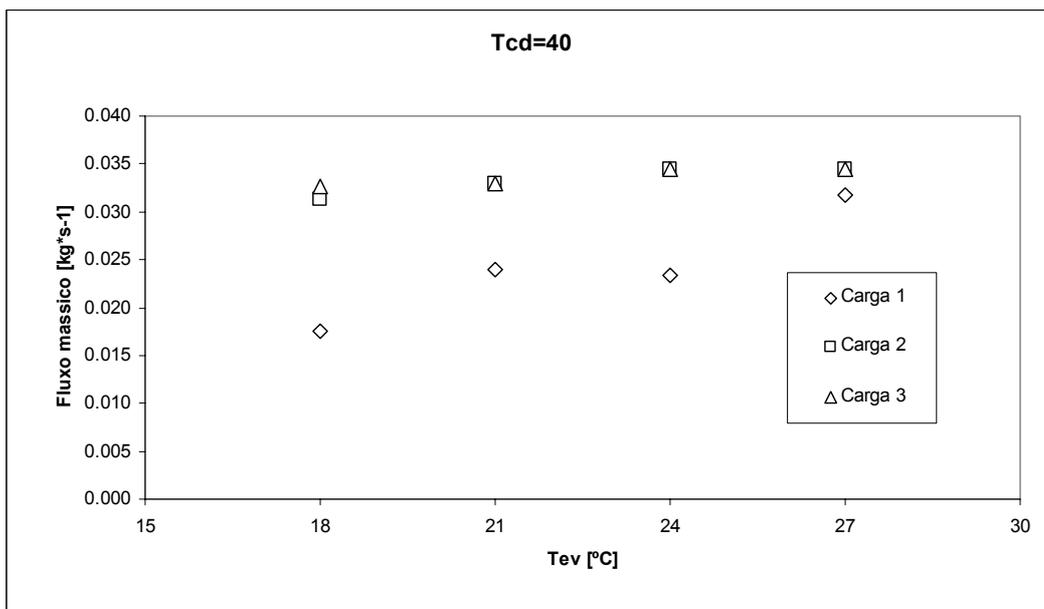


Figura 5.34- Fluxo mássico em função da temperatura de evaporação,  $T_{cd} = 40^{\circ} C$

Fluxo mássico em função da temperatura de condensação para diferentes temperaturas de evaporação (câmara 2) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.  $N= 3100$  rpm.

Pode-se observar nas figuras a seguir que a maiores temperaturas de condensação também aumenta a vazão mássica.

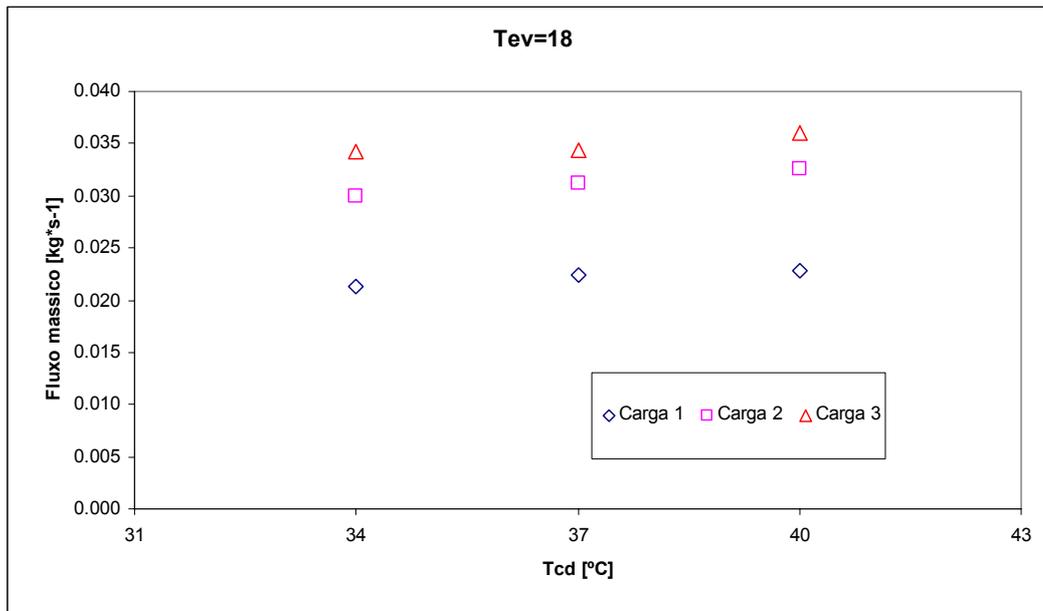


Figura 5.35- Fluxo mássico em função da temperatura de condensação,  $T_{cd} = 18^{\circ}C$

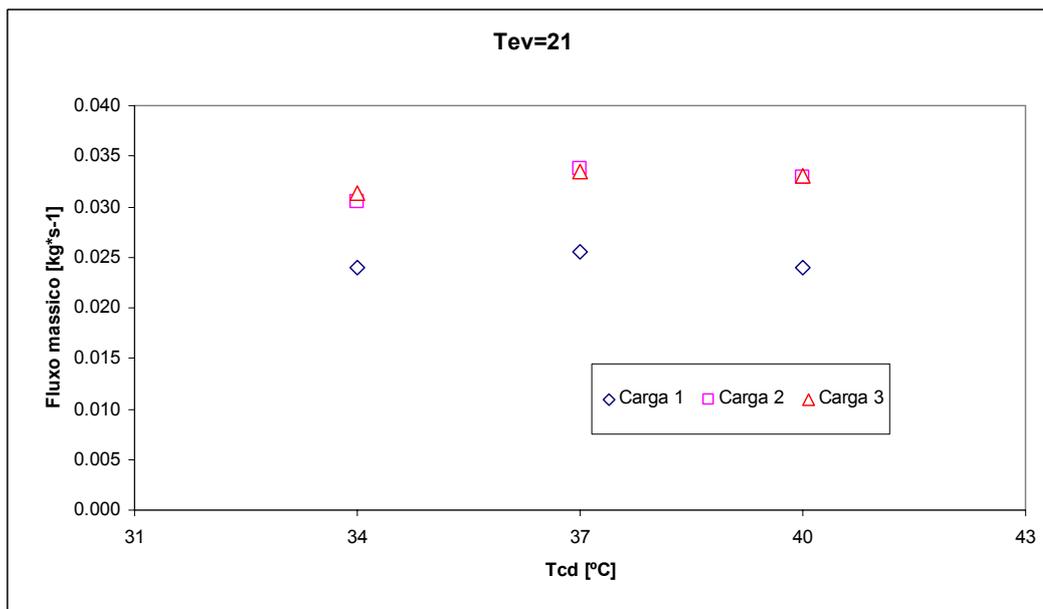


Figura 5.36- Fluxo mássico em função da temperatura de condensação,  $T_{cd} = 21^{\circ}C$

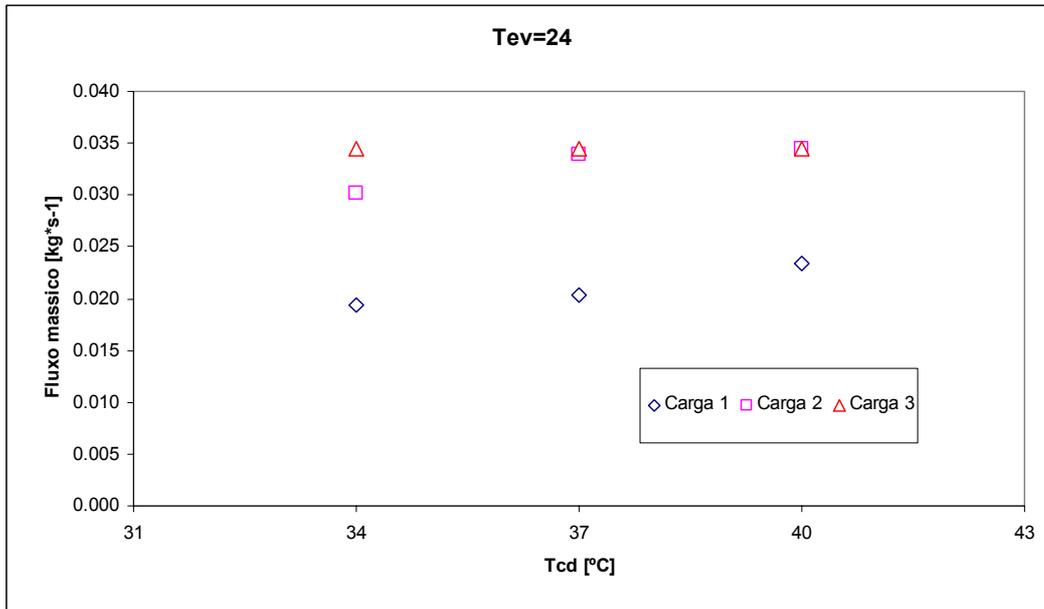


Figura 5.37- Fluxo mássico em função da temperatura de condensação,  $T_{cd} = 24^\circ C$

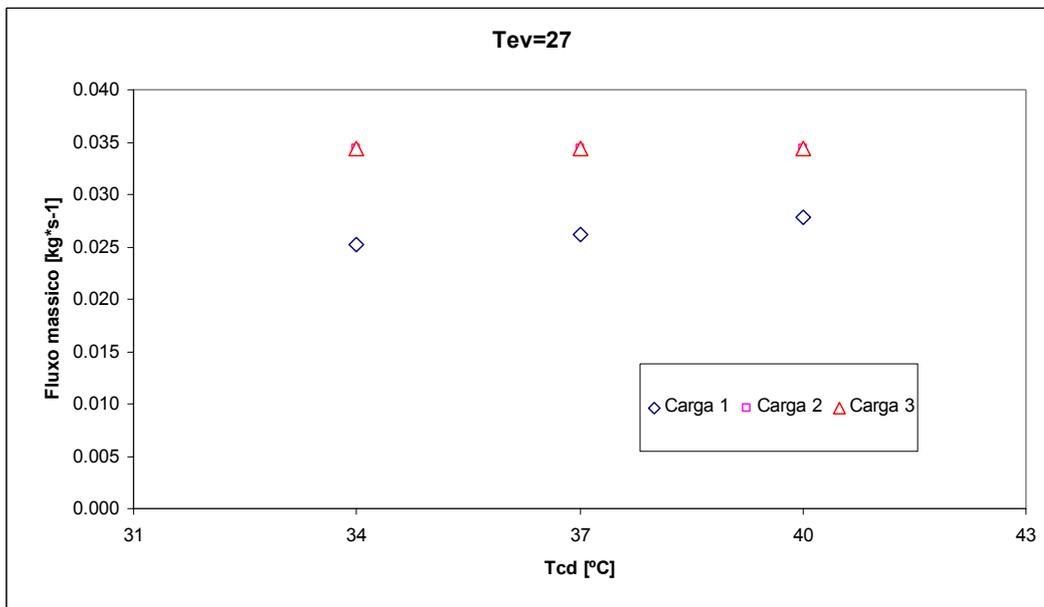


Figura 5.38- Fluxo mássico em função da temperatura de condensação,  $T_{cd} = 27^\circ C$

## 5.1. Análise da influência das variações de resistência no eletroventilador do evaporador.

Pode-se observar nas figuras a seguir que a potência do compressor melhora à medida que se reduz a resistência do eletroventilador do evaporador, apresentando uma baixa considerável da potência no caso de insuficiência de carga de gás refrigerante.

Potência do compressor em função da resistência do eletroventilador do evaporador, para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante.

A resistência do eletroventilador do condensador fica fixo em  $0,3\Omega \pm 10\%$ .  $T_{ev} = 18^\circ C$ ,  $N=1600\text{rpm}$ .

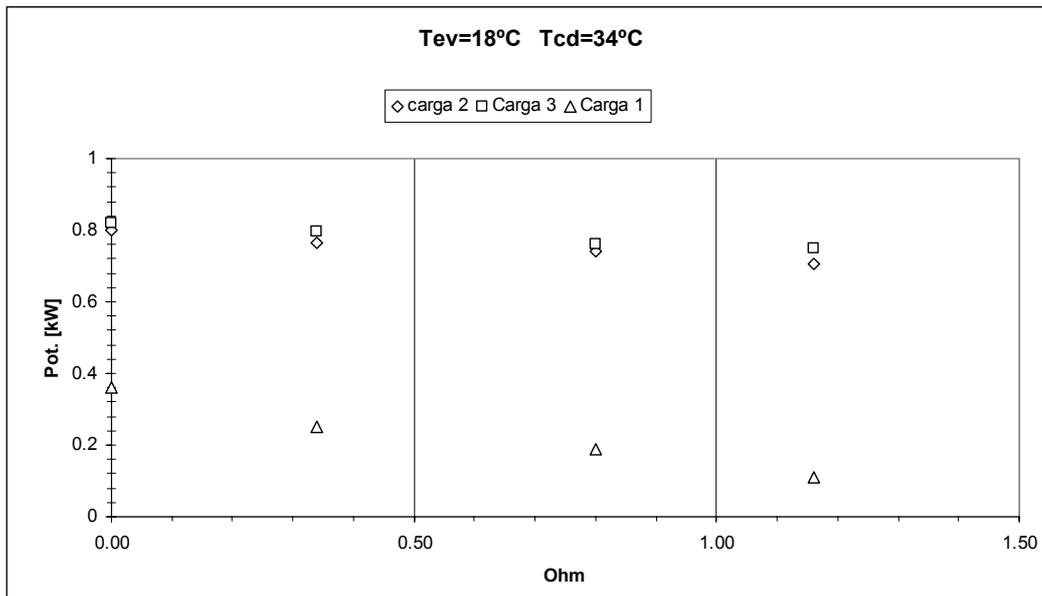


Figura 5.39-  $\dot{W}_c$  em função da resistência do eletroventilador,  $T_{cd} = 34^\circ C$

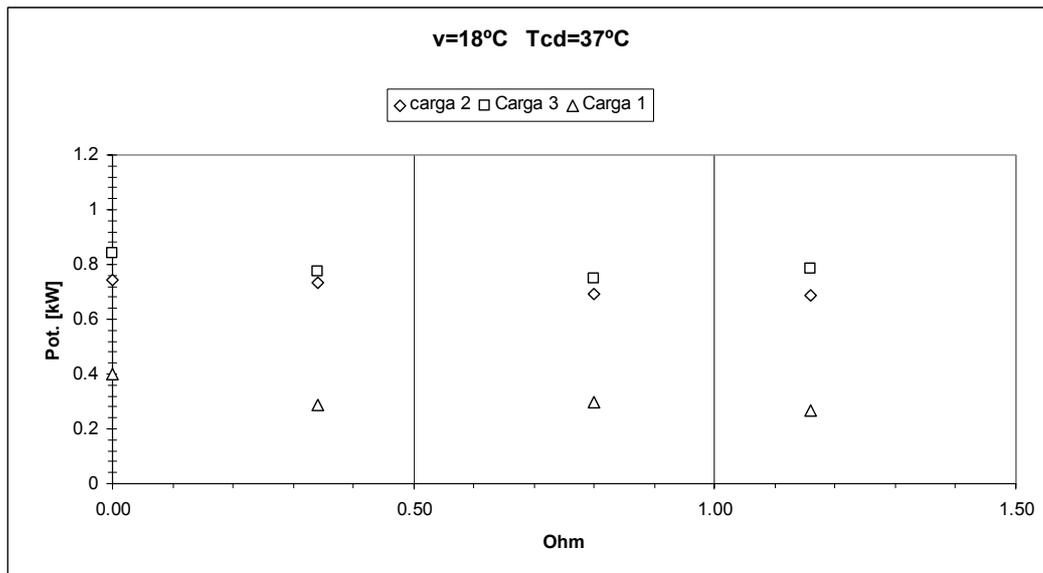


Figura 5.40-  $\dot{W}_c$  em função da resistência do eletroventilador,  $T_{cd} = 37^\circ C$

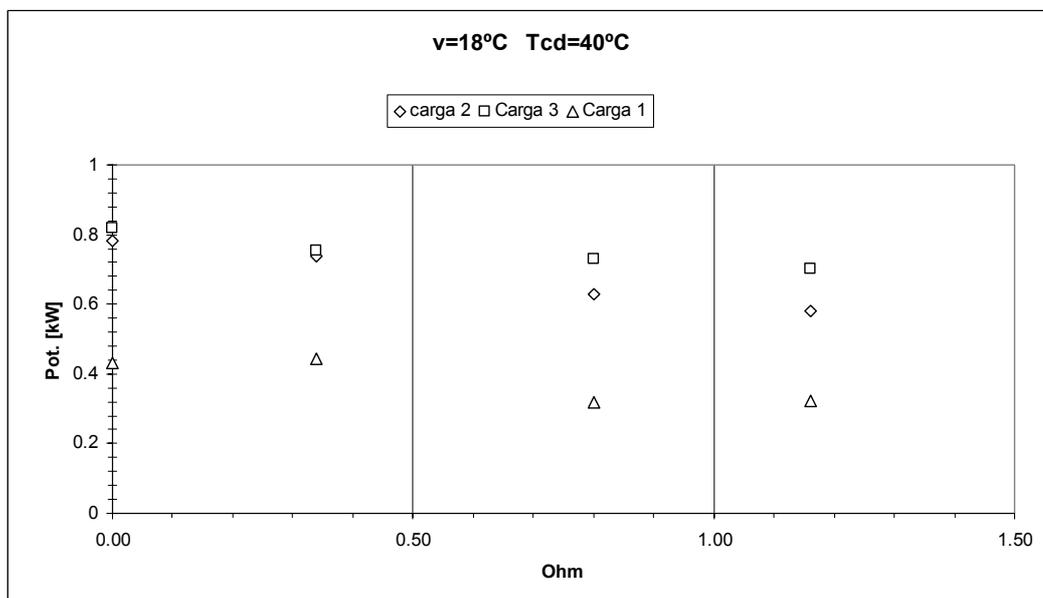


Figura 5.41-  $\dot{W}_c$  em função da resistência do eletroventilador,  $T_{cd} = 40^\circ C$

Pode-se observar nas figuras a seguir a potencia térmica do evaporador em função da resistência do eletroventilador do evaporador, para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante, a velocidade do eletroventilador do condensador fica em  $0,3\Omega \pm 10\%$ .  $T_{ev} = 18^\circ C$ ,  $N=1600\text{rpm}$

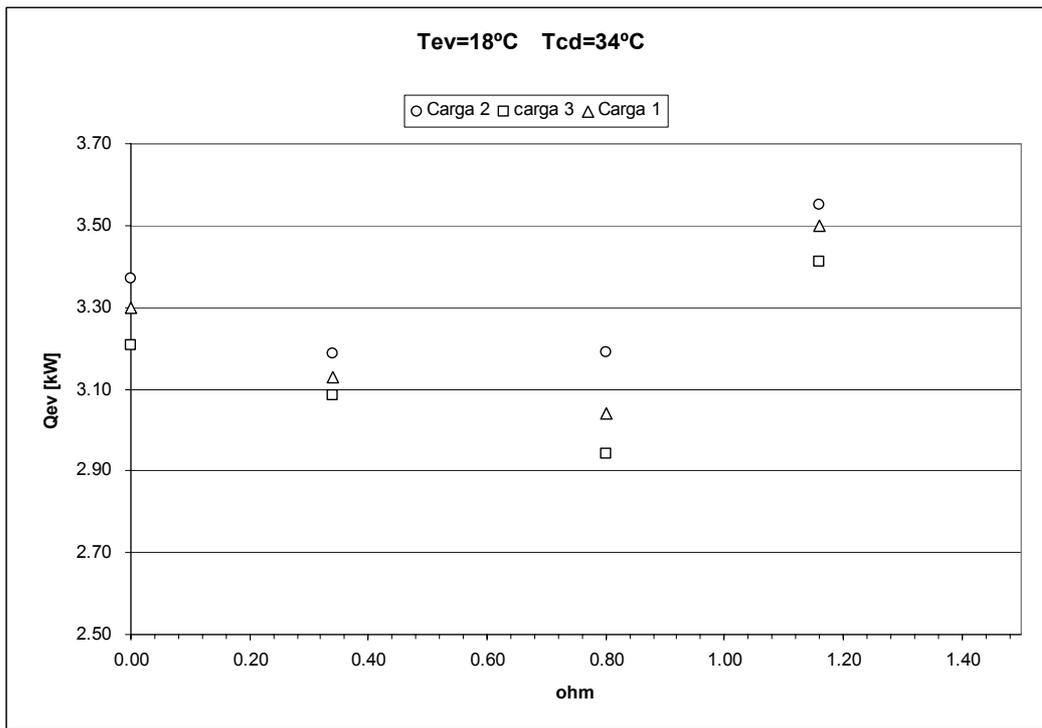


Figura 5.42-  $\dot{Q}_{ev}$  em função da resistência do eletroventilador,  $T_{cd} = 34^\circ C$

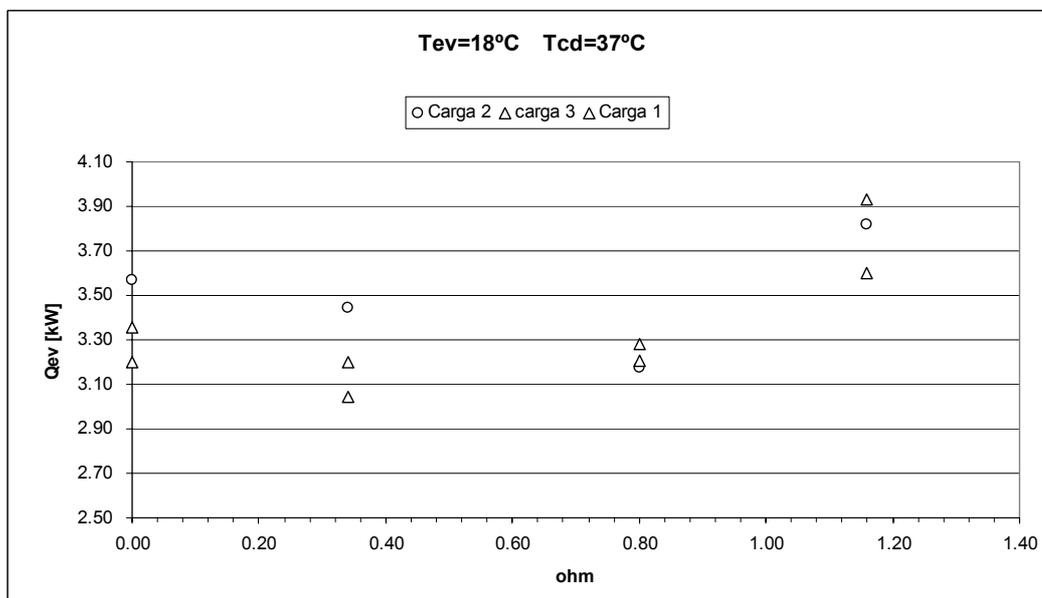


Figura 5.43-  $\dot{Q}_{ev}$  em função da resistência do eletroventilador,  $T_{cd} = 37^\circ C$

Diferença de Pressões ( $P_{cd} - P_{ev}$ ), em função das resistências do eletroventilador do evaporador, para diferentes temperaturas na câmara (1) e três

situações diferentes de carga de gás refrigerante, a velocidade do eletroventilador do condensador fica em  $0,3\Omega \pm 10\%$ .  $T_{ev} = 18^\circ C$ ,  $N=1600\text{rpm}$ .

Pode-se observar nas figuras a seguir.

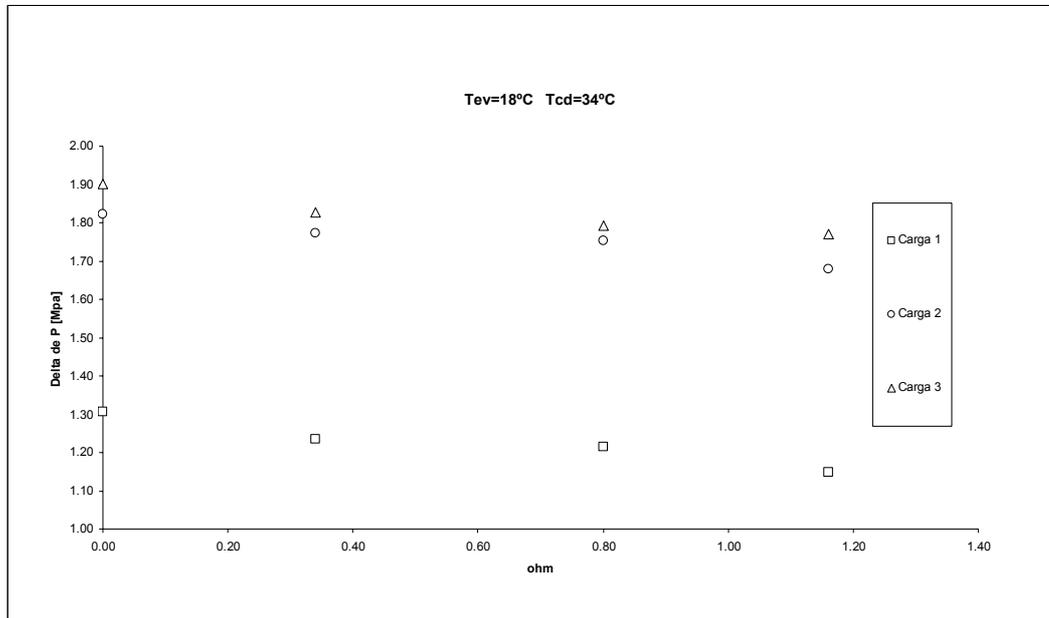


Figura 5.44-  $(P_{cd} - P_{ev})$  em função da resistência do eletroventilador do evaporador,  $T_{cd} = 34^\circ C$

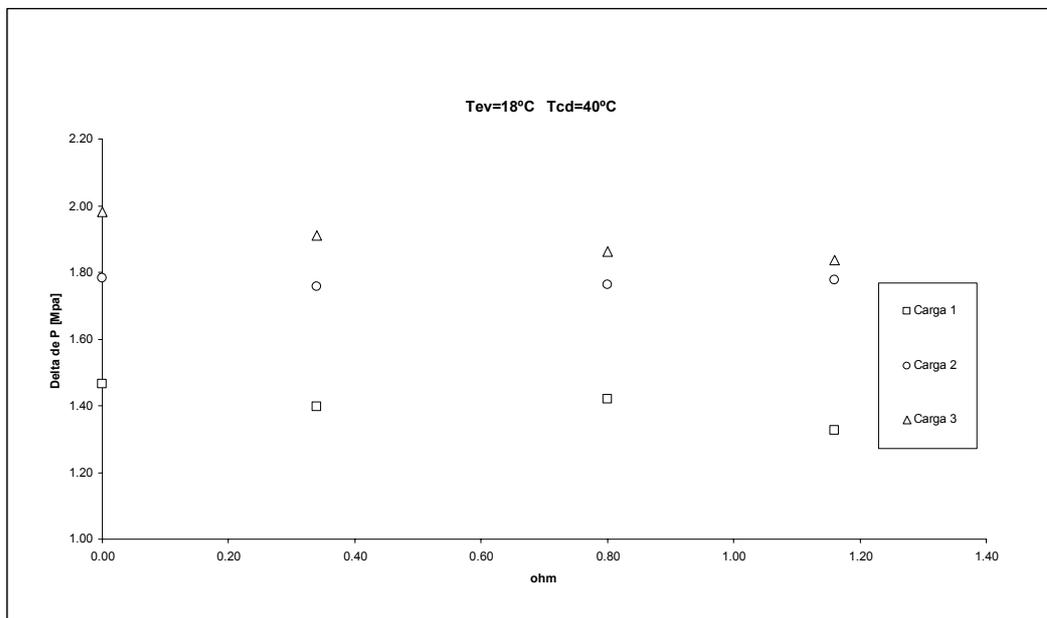


Figura 5.45-  $(P_{cd} - P_{ev})$  em função da resistência do eletroventilador do evaporador,  $T_{cd} = 40^\circ C$

Diferença de Pressões  $(P_{cd} - P_{ev})$ , em função das resistências do eletroventilador do evaporador, para diferentes temperaturas na câmara (1) e três

situações diferentes de carga de gás refrigerante, a velocidade do eletroventilador do condensador fica em  $0,3\Omega \pm 10\%$ .  $T_{ev} = 21^\circ C$ ,  $N=1600\text{rpm}$ .

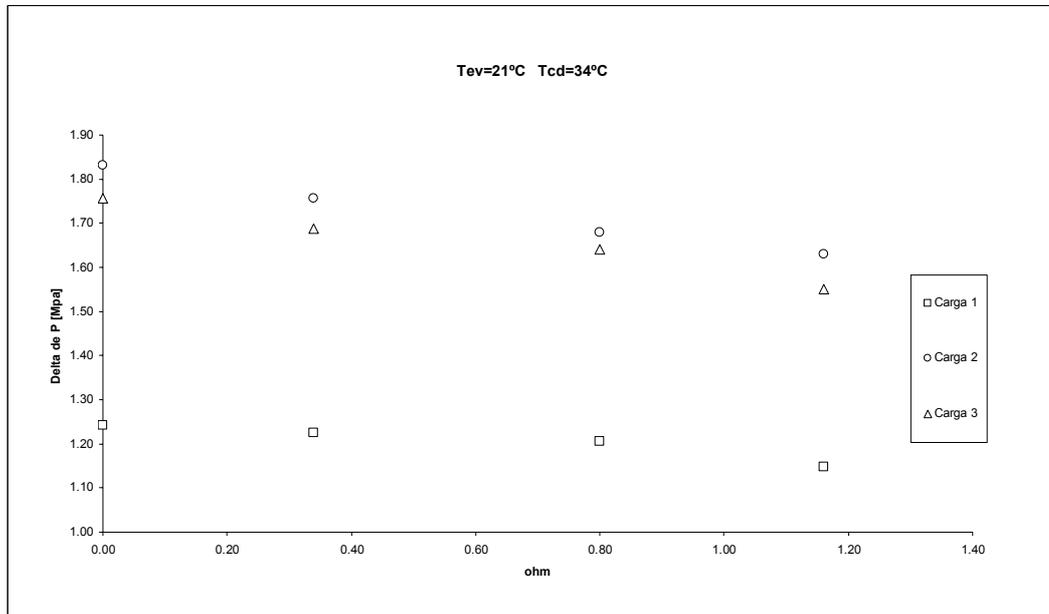


Figura 5.46-  $(P_{cd} - P_{ev})$  em função da resistência do eletroventilador do evaporador,  $T_{cd} = 34^\circ C$

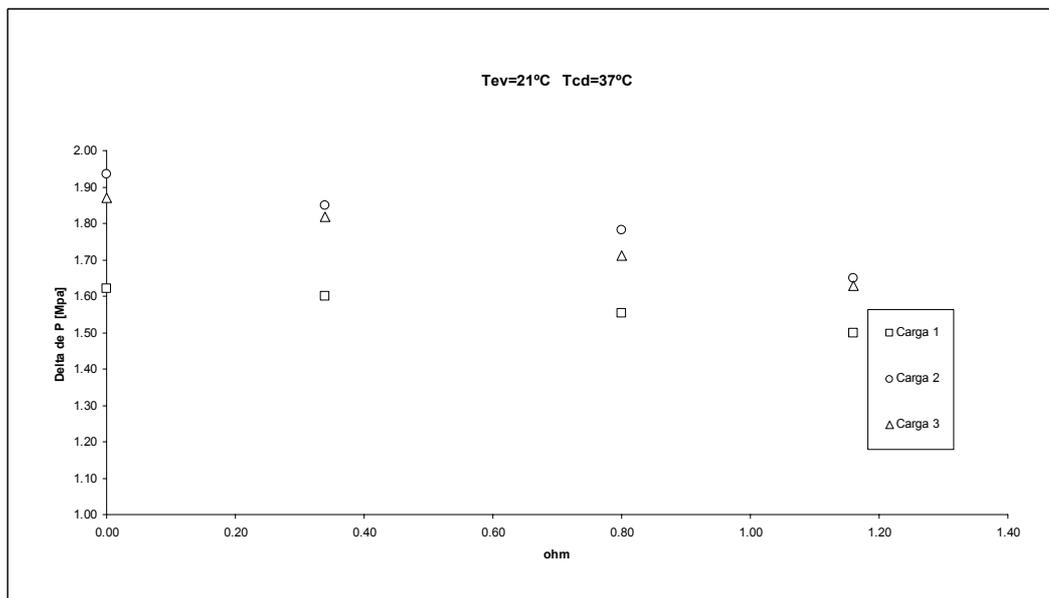


Figura 5.47-  $(P_{cd} - P_{ev})$  em função da resistência do eletroventilador do evaporador,  $T_{cd} = 37^\circ C$

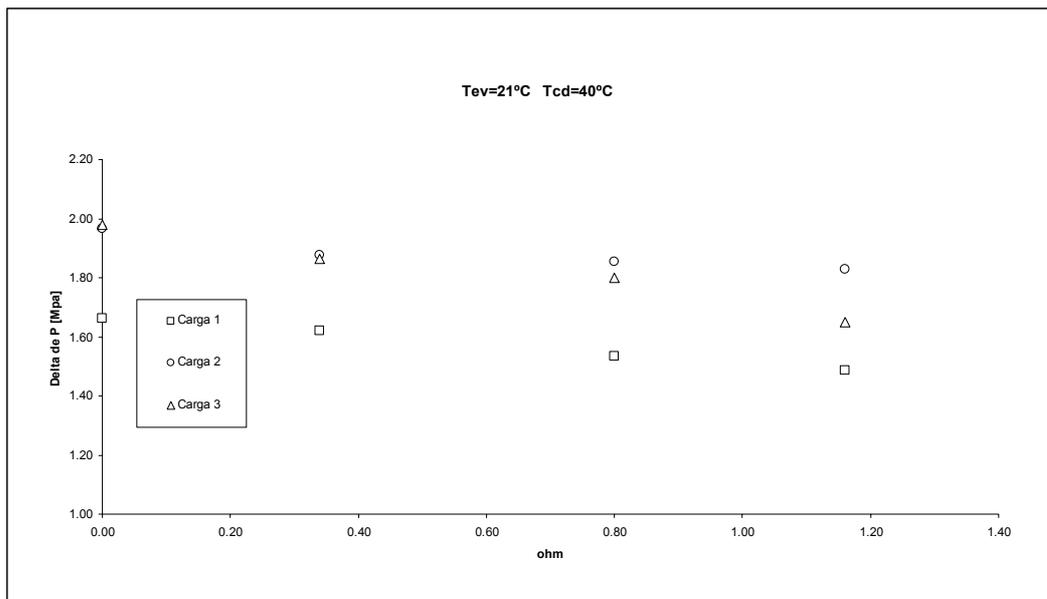


Figura 5.48-  $(P_{cd} - P_{ev})$  em função da resistência do eletroventilador do evaporador,  $T_{cd} = 40^\circ C$

Diferença de Pressões  $(P_{cd} - P_{ev})$ , em função das resistências do eletroventilador do evaporador, para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante, a velocidade do eletroventilador do condensador fica em  $0,3\Omega \pm 10\%$ .  $T_{ev} = 24^\circ C$ ,  $N=1600rpm$ .

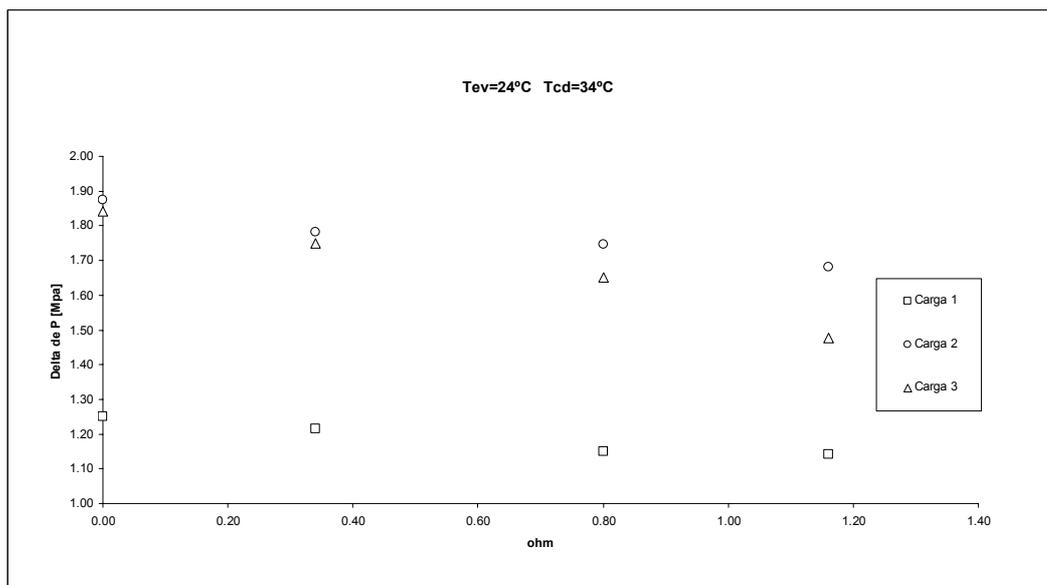


Figura 5.49-  $(P_{cd} - P_{ev})$  em função da resistência do eletroventilador do evaporador,  $T_{cd} = 34^\circ C$

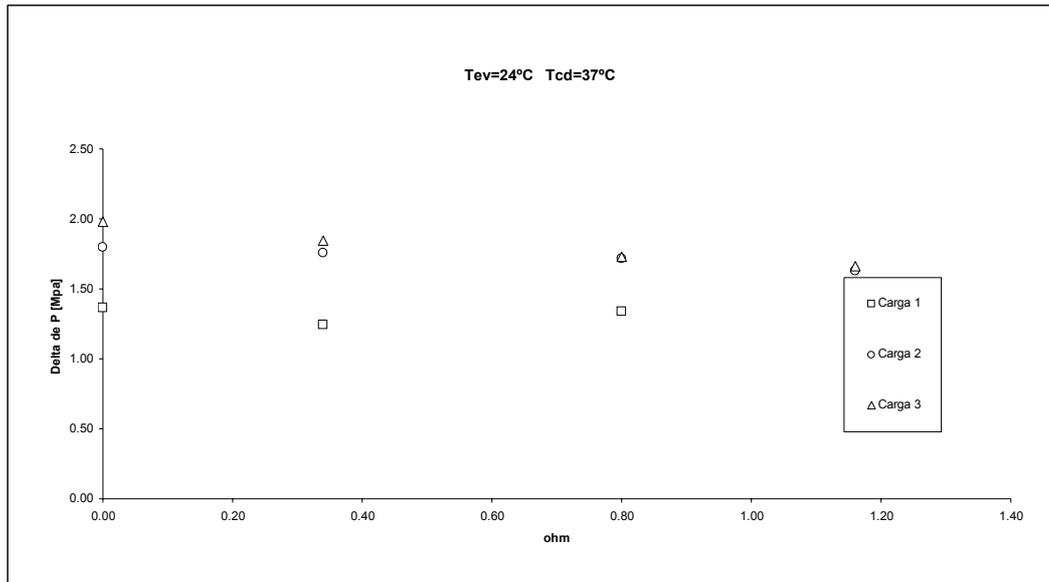


Figura 5.50-  $(P_{cd} - P_{ev})$  em função da resistência do eletroventilador do evaporador,  $T_{cd} = 37^{\circ}C$

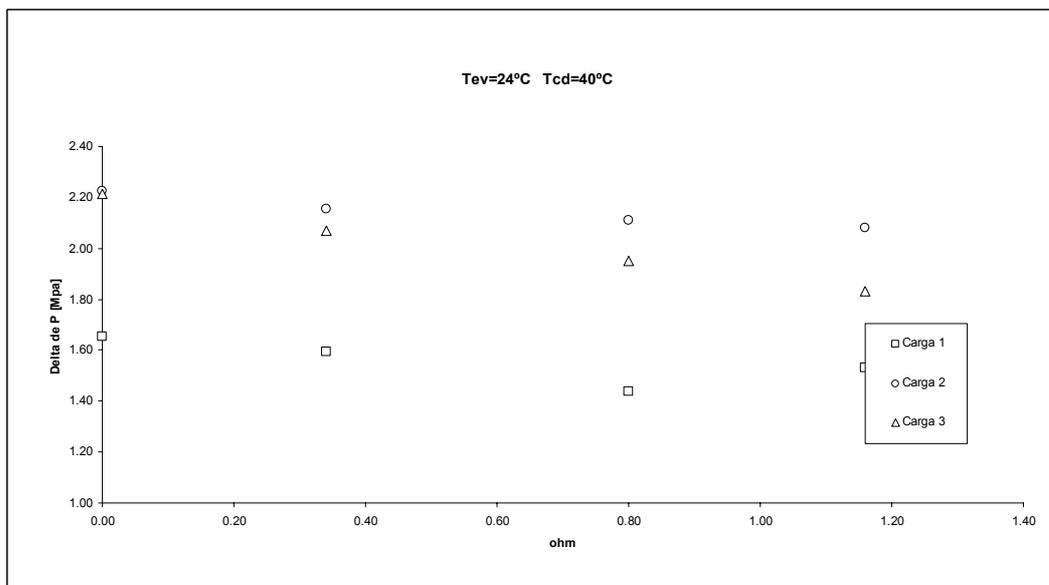


Figura 5.51-  $(P_{cd} - P_{ev})$  em função da resistência do eletroventilador do evaporador,  $T_{cd} = 40^{\circ}C$

Pode-se observar nas figuras a seguir a vazão mássica em função das velocidades do eletroventilador do evaporador, para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante, a velocidade do eletroventilador do condensador fica em  $0,3\Omega \pm 10\%$ .  $T_{ev} = 18^{\circ}C$ ,  $N=1600rpm$ .

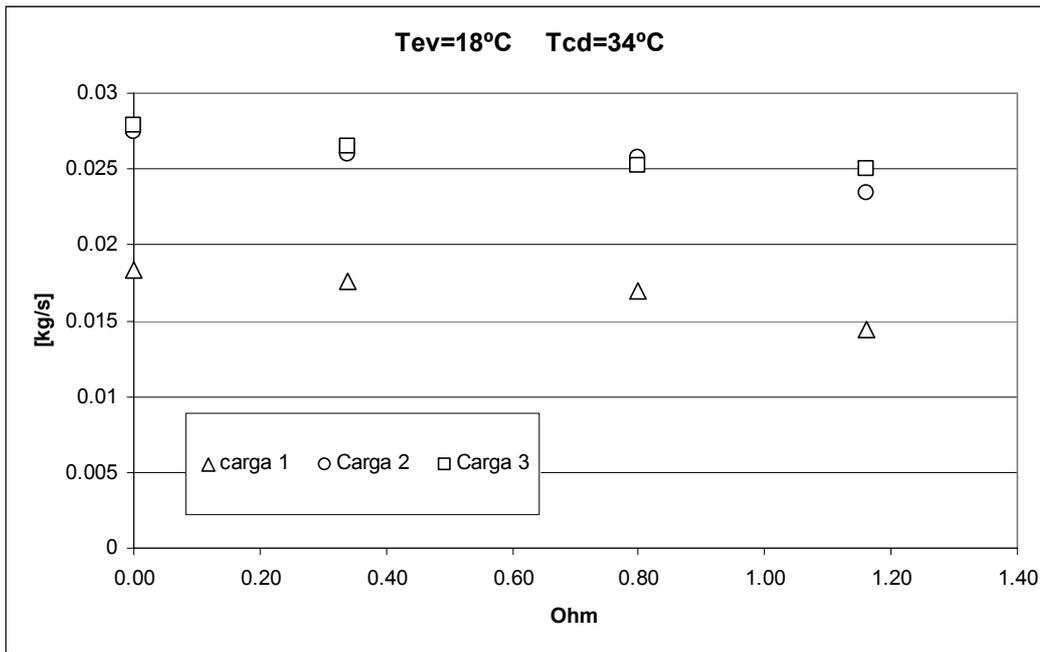


Figura 5.52- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 34^{\circ}C$

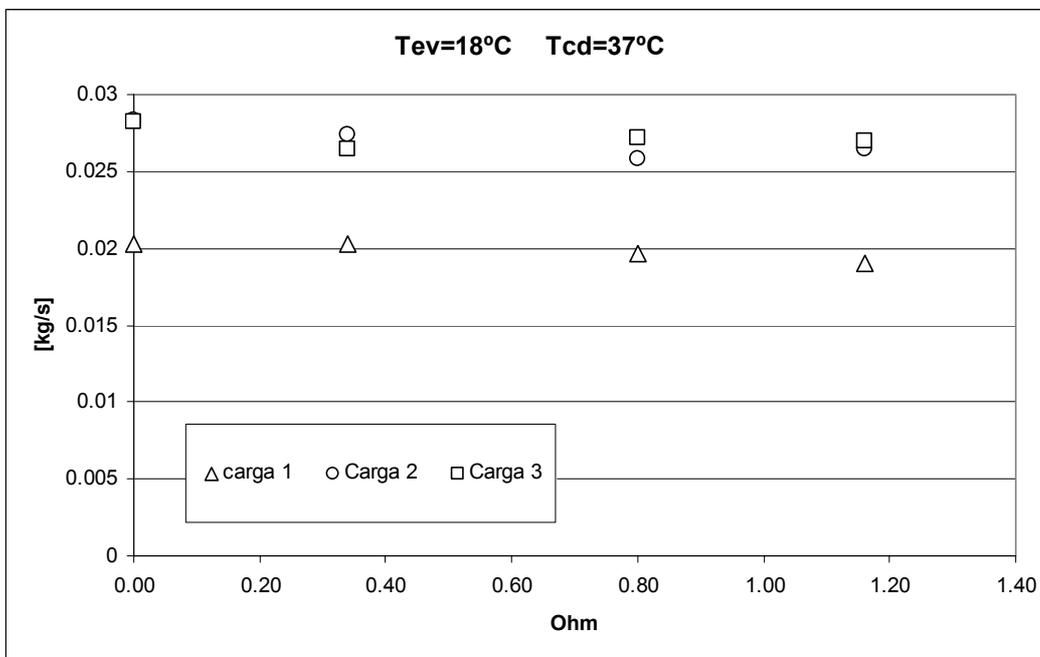


Figura 5.53- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 37^{\circ}C$

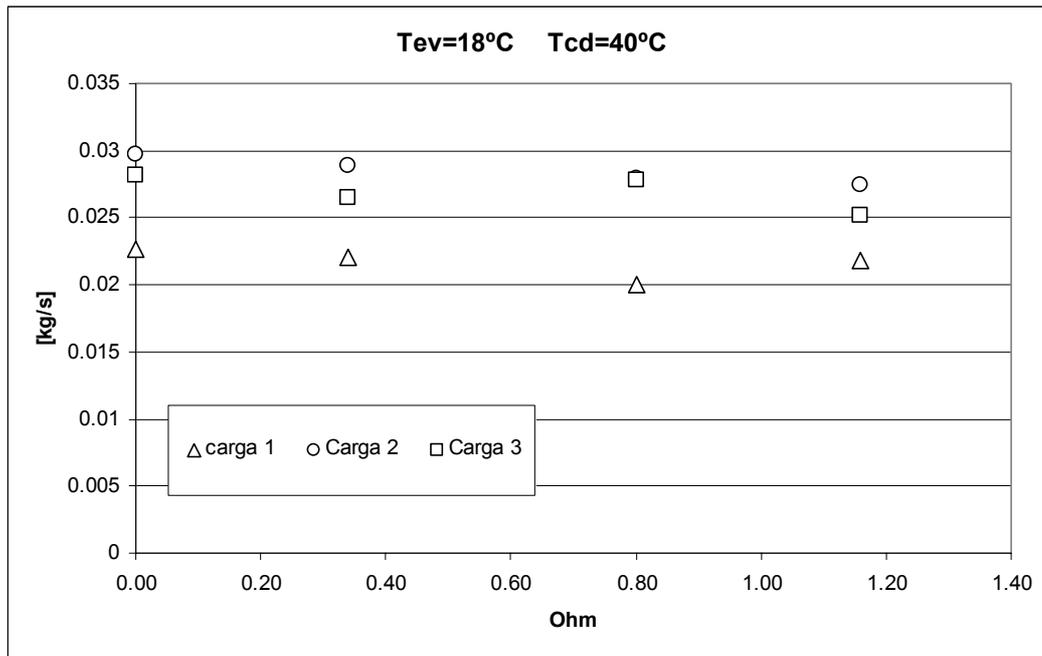


Figura 5.54- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 40^{\circ}C$

Vazão mássica em função das velocidades do eletroventilador do evaporador, para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante, a velocidade do eletroventilador do condensador fica em  $0,3\Omega \pm 10\%$ .

$T_{ev} = 21^{\circ}C$ ,  $N=1600rpm$ .

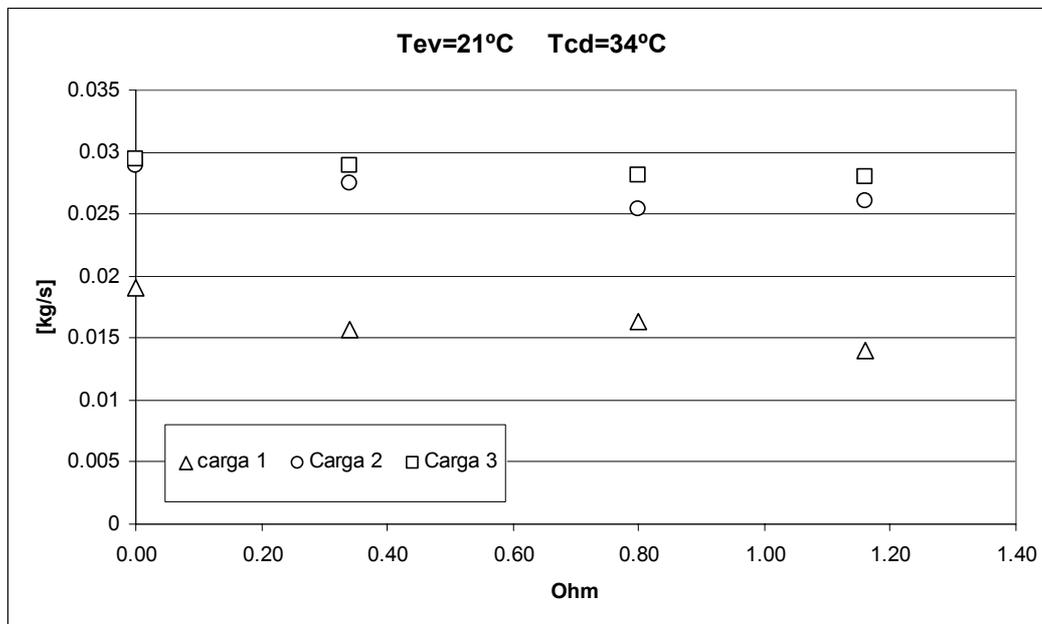


Figura 5.55- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 34^{\circ}C$

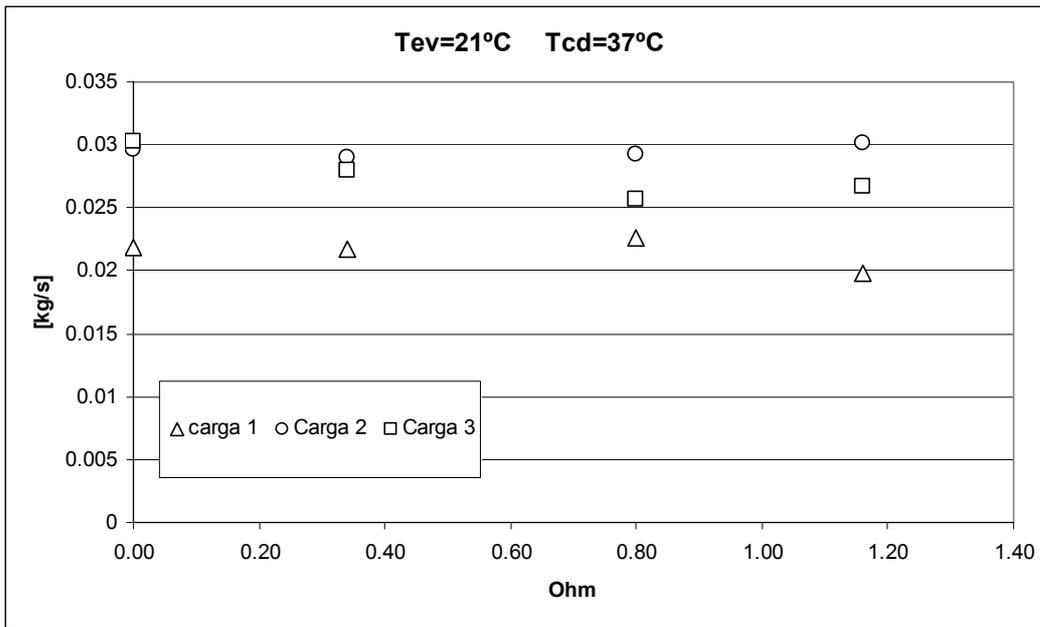


Figura 5.56- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 37^\circ C$

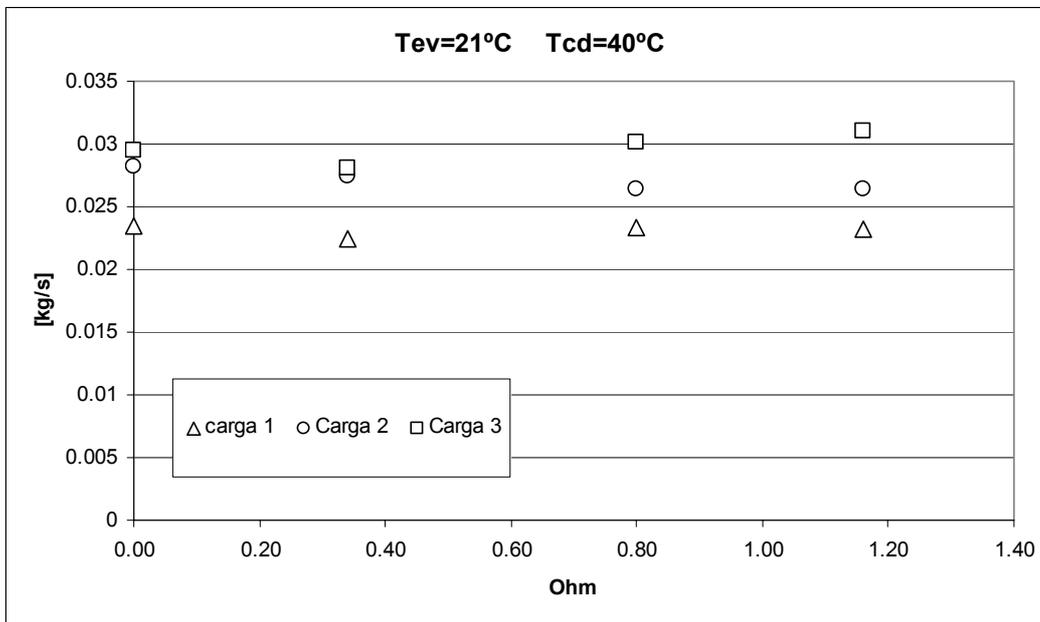


Figura 5.57- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 40^\circ C$

Vazão mássica em função das velocidades do eletroventilador do evaporador, para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás

refrigerante, a velocidade do eletroventilador do condensador fica em  $0,3\Omega \pm 10\%$ .

$T_{ev} = 27^\circ C$ ,  $N=1600\text{rpm}$ .

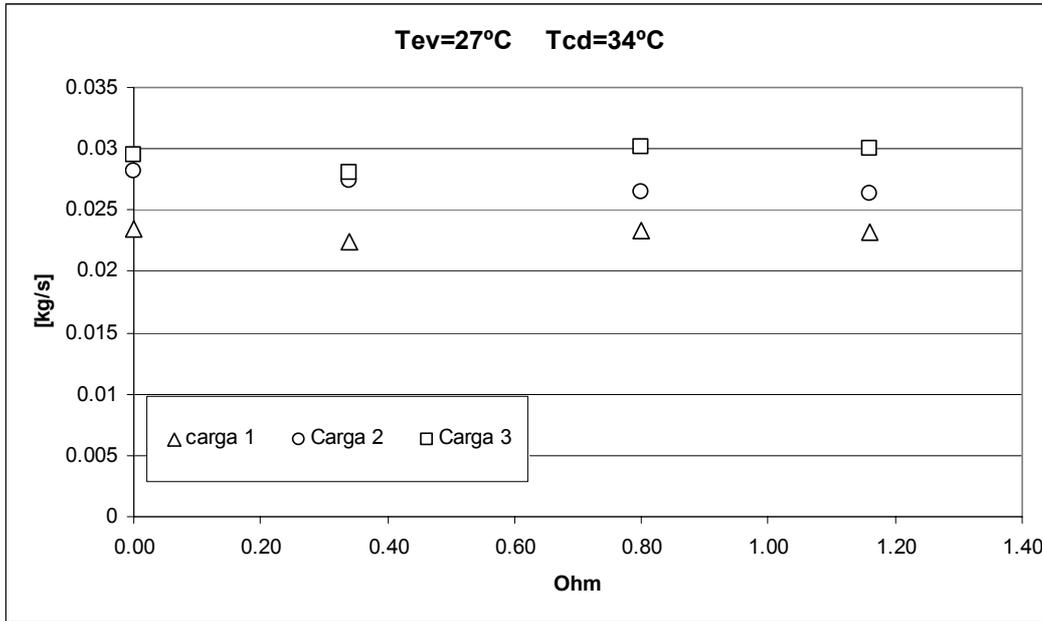


Figura 5.58- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 34^\circ C$

COP do sistema em função da resistência do eletroventilador do evaporador, para diferentes temperaturas na câmara (1) e três situações diferentes de carga de gás refrigerante, a resistência do eletroventilador do condensador fica fixo em  $0,3\Omega \pm 10\%$ .

$T_{ev} = 18^\circ C$ ,  $N=1600\text{rpm}$ .

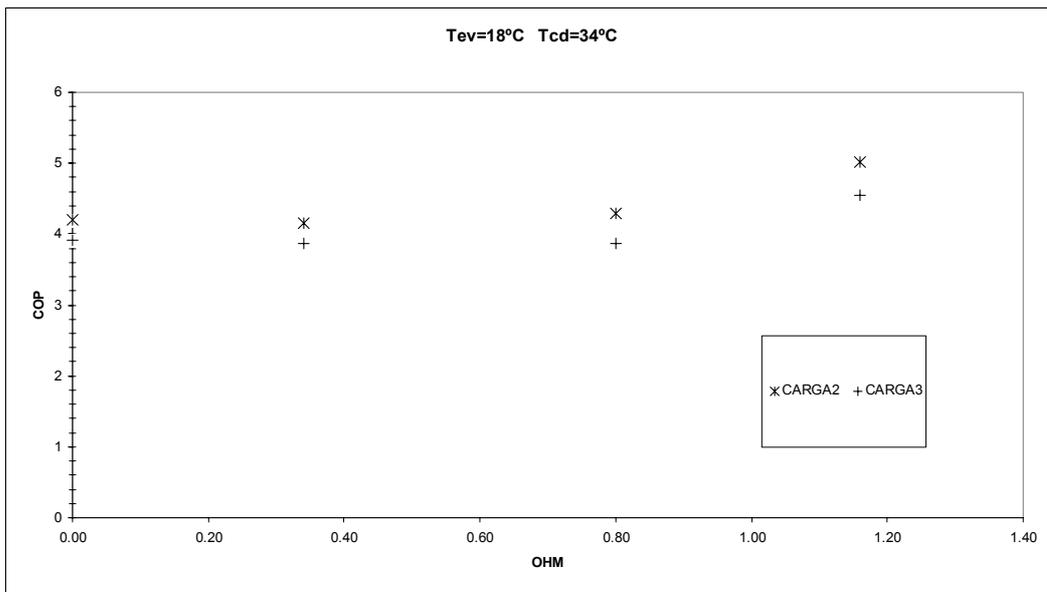


Figura 5.59- COP em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 34^\circ C$

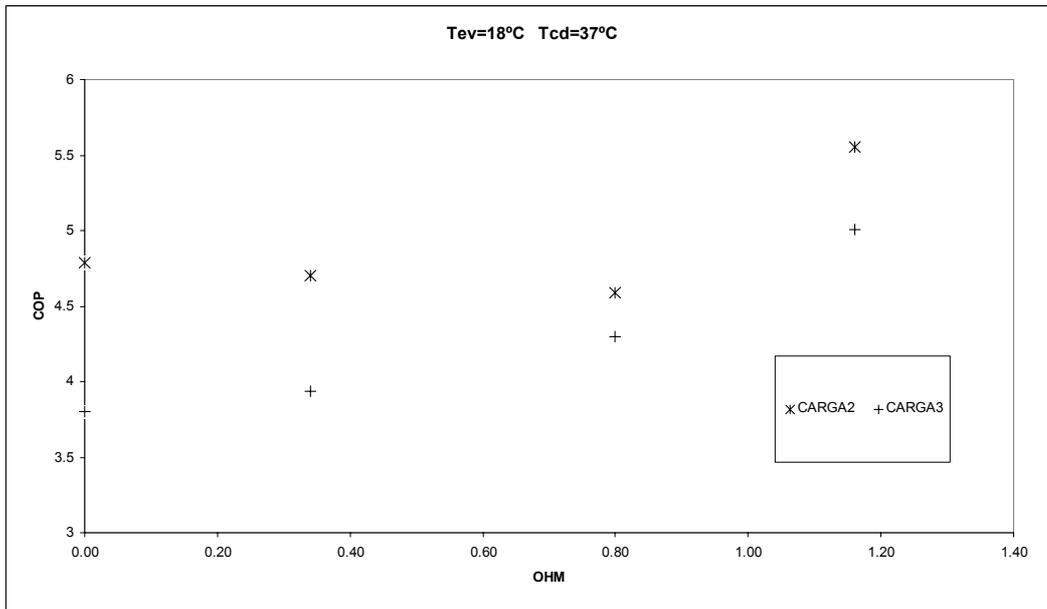


Figura 5.60- COP em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 37^{\circ}C$

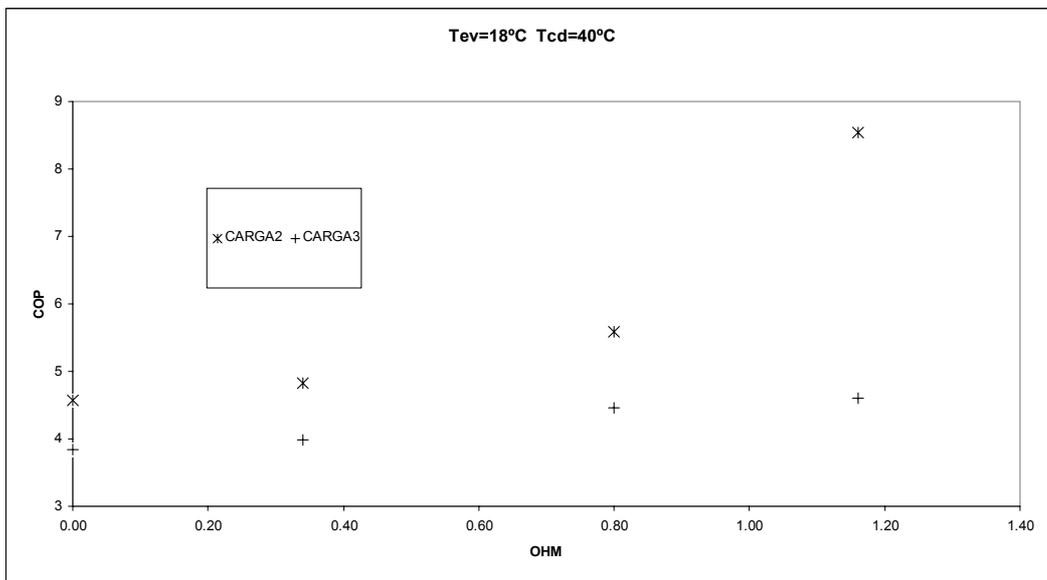


Figura 5.61- COP em função da resistência do eletroventilador.  $T_{cd} = 40^{\circ}C$

Tabela 5.A.3- Distribuição de testes do sistema para resistência fixa no eletroventilador do evaporador de 1.16Ω

Temperatura Câmara (2)	18									
Temperatura Câmara (1)	37									
RPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eletro-Ventilador	1,16									
# Carga de GAS	1									
Condição	Insuficiencia de Carga									

Temperatura Câmara (2)	18									
Temperatura Câmara (1)	37									
RPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eletro-Ventilador	1,16									
# Carga de GAS	2									
Condição	Carga Adequada									

Temperatura Câmara (2)	21									
Temperatura Câmara (1)	37									
RPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eletro-Ventilador	1,16									
# Carga de GAS	1									
Condição	Insuficiencia de Carga									

Temperatura Câmara (2)	21									
Temperatura Câmara (1)	37									
RPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eletro-Ventilador	1,16									
# Carga de GAS	2									
Condição	Carga Adequada									

Temperatura Câmara (2)	23									
Temperatura Câmara (1)	37									
RPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eletro-Ventilador	1,16									
# Carga de GAS	1									
Condição	Insuficiencia de Carga									

Temperatura Câmara (2)	23									
Temperatura Câmara (1)	37									
RPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eletro-Ventilador	1,16									
# Carga de GAS	2									
Condição	Carga Adequada									

Pode-se observar nas figuras a seguir que quando o compressor sofre aumento na sua rotação, a potencia do sistema aumenta. Para excesso de carga se da as mais altas potencias, mantendo a resistênciã do eletroventilado e condensador fixos em  $1.16\Omega$  e  $0.30,3\Omega \pm 10\%$  respectivamente.

Potência do compressor em função da velocidade angular do compressor para diferentes temperaturas na câmara (1) e duas situações diferentes de carga de gás refrigerante (carga adequada e excesso de carga).  $T_{cd} = 37^{\circ}C$ ,  $N=1600\text{rpm}$ .

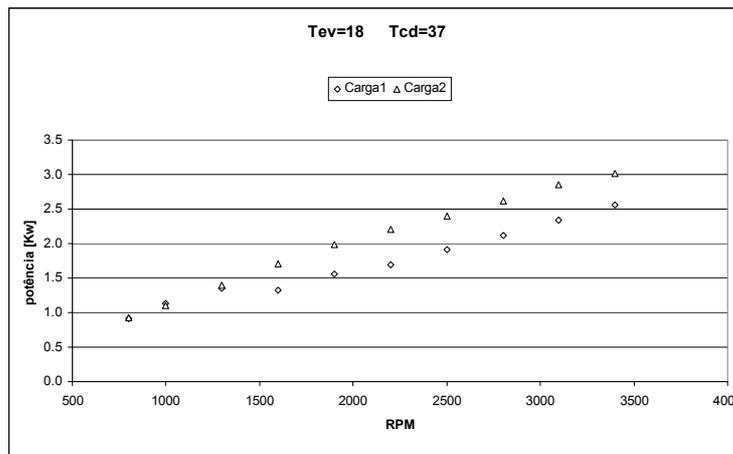


Figura 5.62-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor,  $T_{ev} = 18^{\circ}C$

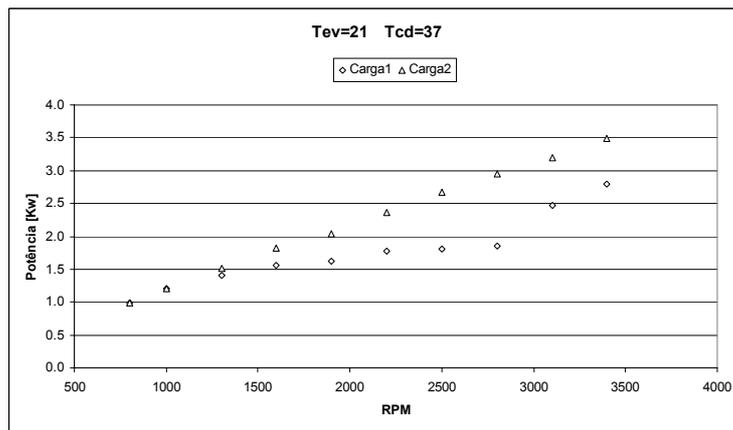


Figura 5.63-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor,  $T_{ev} = 21^{\circ}C$

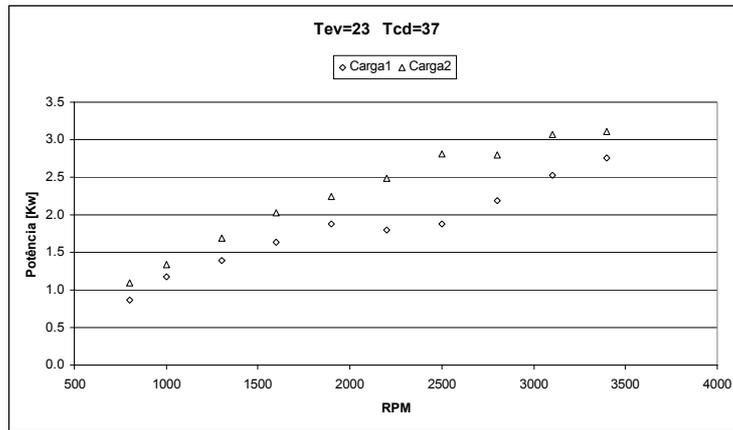


Figura 5.64-  $\dot{W}_c$  em função das rotações do compressor,  $T_{ev} = 23^\circ C$

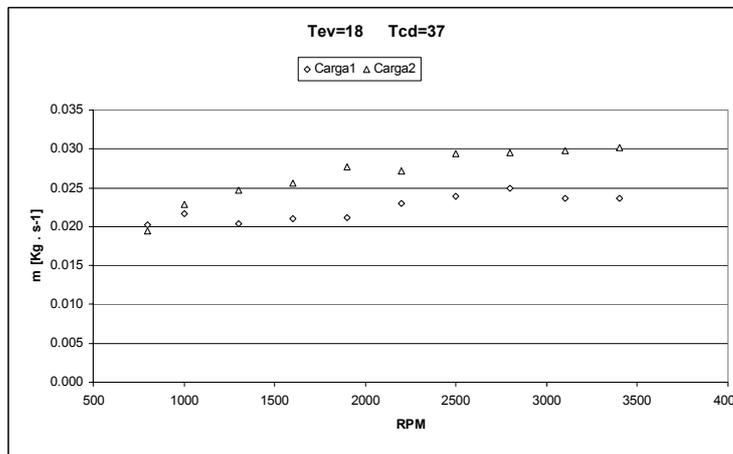


Figura 5.65.- Vazão mássica em função das rotações do compressor.  $T_{ev} = 18^\circ C$

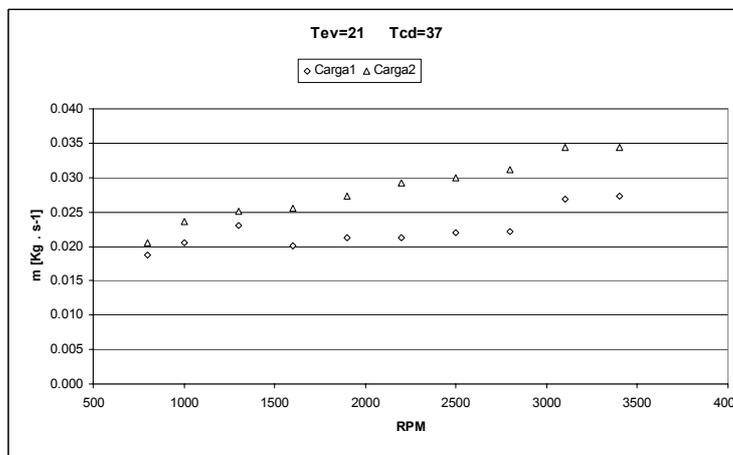


Figura 5.66.- Vazão mássica em função das rotações do compressor.  $T_{ev} = 21^\circ C$

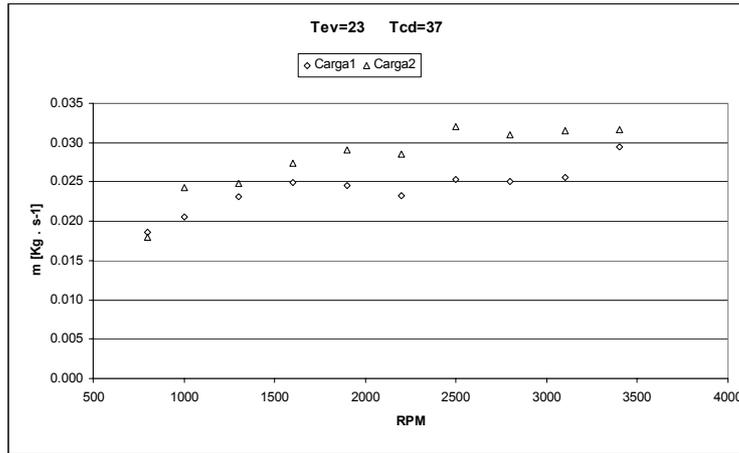


Figura 5.67.- Vazão mássica em função das rotações do compressor,  $T_{ev} = 23^{\circ} C$

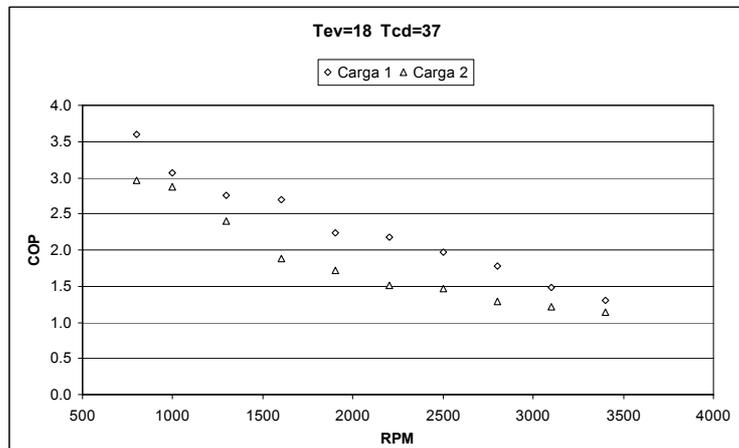


Figura 5.68- COP em função das rotações do compressor,  $T_{ev} = 18^{\circ} C$

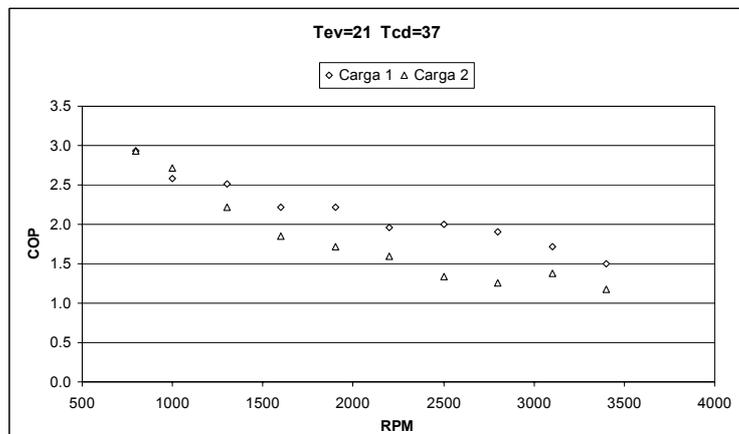


Figura 5.69- COP em função das rotações do compressor,  $T_{ev} = 21^{\circ} C$

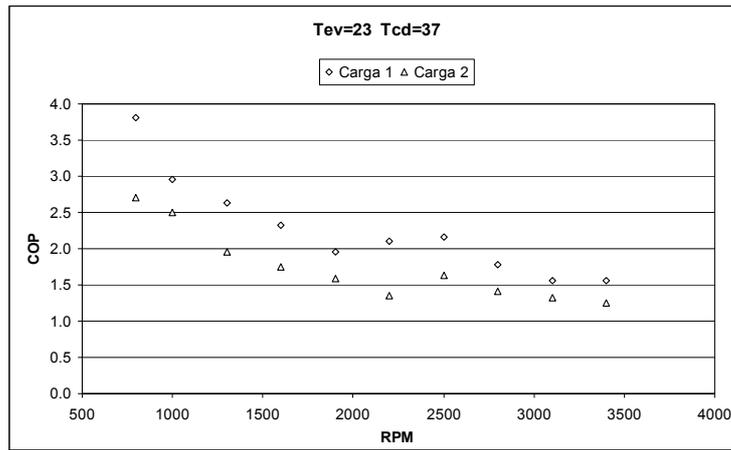


Figura 5.70- COP em função das rotações do compressor,  $T_{ev} = 23^{\circ}C$

## 5.2.

### Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 18^\circ C$ , Carga 2.

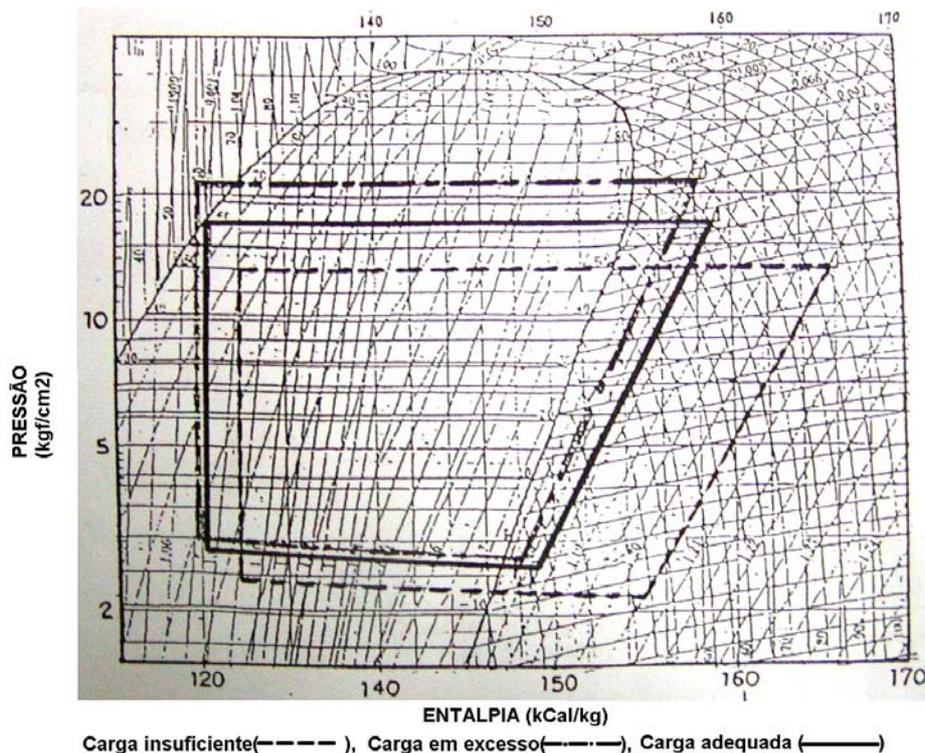
$N=3100\text{rpm}$

Para o caso de insuficiência de carga pode-se observar a presença de vapor na válvula de expansão é dizer baixa vazão de refrigerante, além do baixo nível de líquido no filtro secador trazendo como conseqüência um grande grau de superaquecimento e uma alta temperatura na descarga.

Para o caso de excesso de liquido refrigerante pode-se verificar o excesso no filtro secador, apresentando como conseqüência uma região de subresfriamento no condensador além de uma alta pressão de descarga.

Para o caso de carga adequada pode-se verificar o liquido refrigerante entrando na válvula de expansão apresentando uma operação normal da válvula de expansão.

O seguinte gráfico mostra a seqüência da variação da carga de gás refrigerante no sistema de condicionamento de ar.



Avaliação da influência da  $T_{cd} = 34^{\circ}C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

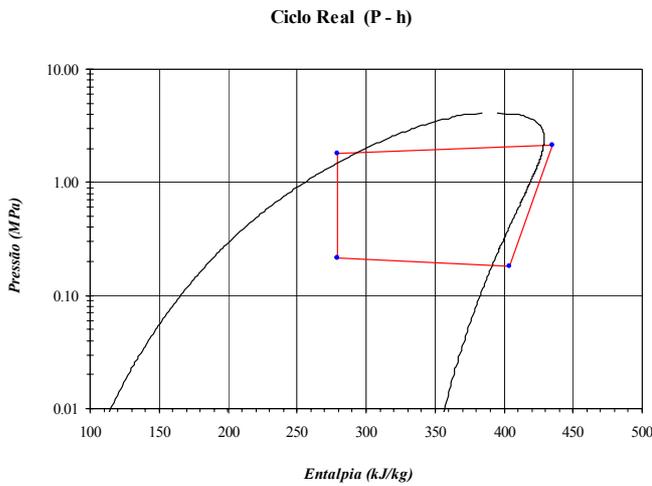


Figura 5.71-Diagrama P- h com  $T_{cd} = 34^{\circ}C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 40^{\circ}C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

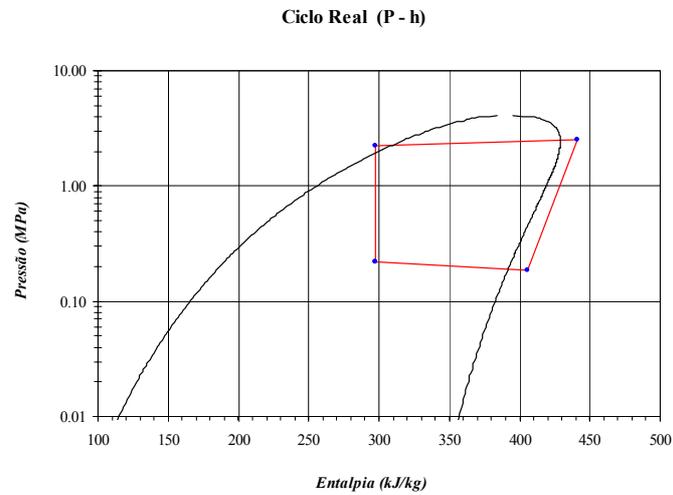


Figura 5.73-Diagrama P- h com  $T_{cd} = 40^{\circ}C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 37^{\circ}C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema

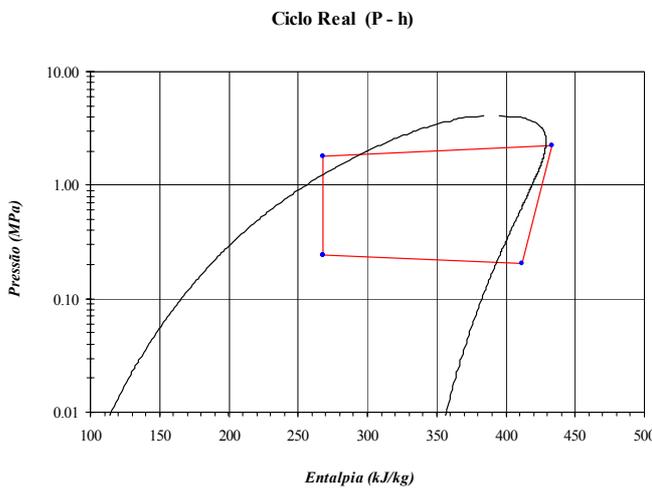


Figura 5.72- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 37^{\circ}C$

A seguinte figura junta as figuras 5.71, 5.72, 5.73 e mostra a influência da  $T_{cd}$  sobre o ciclo de refrigeração, com  $T_{ev}$  constante e carga adequada no sistema.

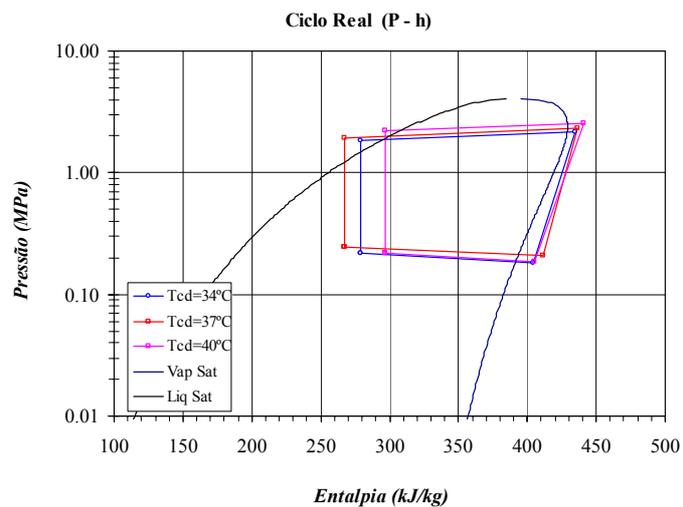


Figura 5.74-Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com  $T_{cd}$  variável.

### 5.3.

#### Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 21^\circ C$ , Carga 2.

N=3100rpm

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 34^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

Ciclo Real (P - h)

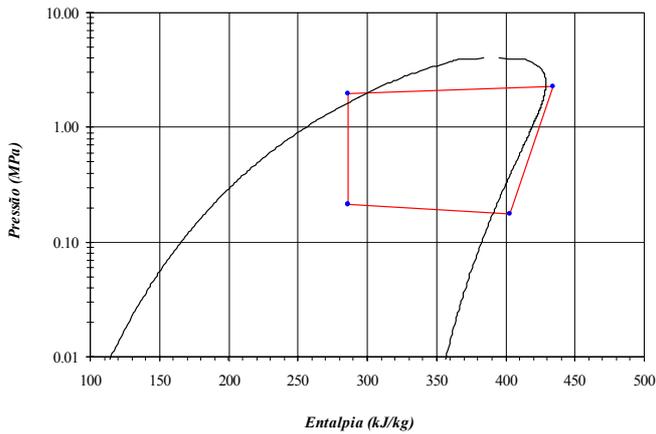


Figura 5.75- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 34^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 40^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

Ciclo Real (P - h)

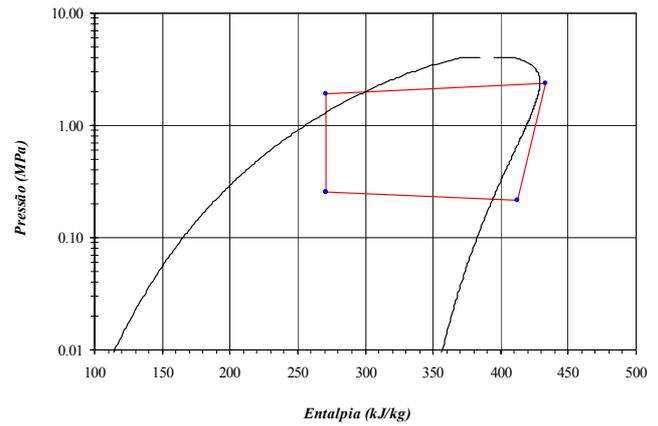


Figura 5.77- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 40^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 37^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema

Ciclo Real (P - h)

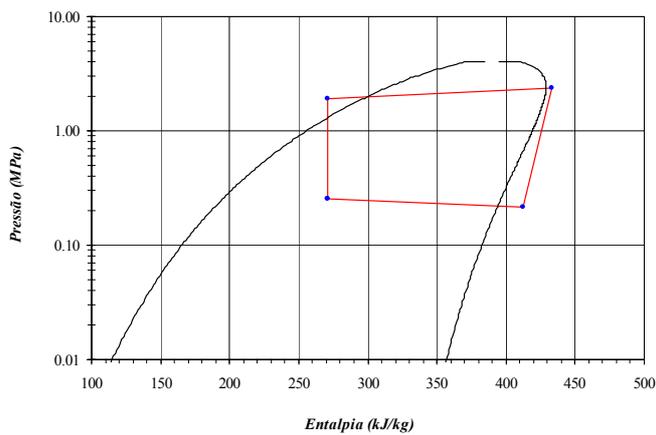


Figura 5.76- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 37^\circ C$

A seguinte figura junta as figuras 5.75, 5.76, 5.77 e mostra a influência da  $T_{cd}$  sobre o ciclo de refrigeração, com  $T_{ev}$  constante e carga adequada no sistema.

Ciclo Real (P - h)

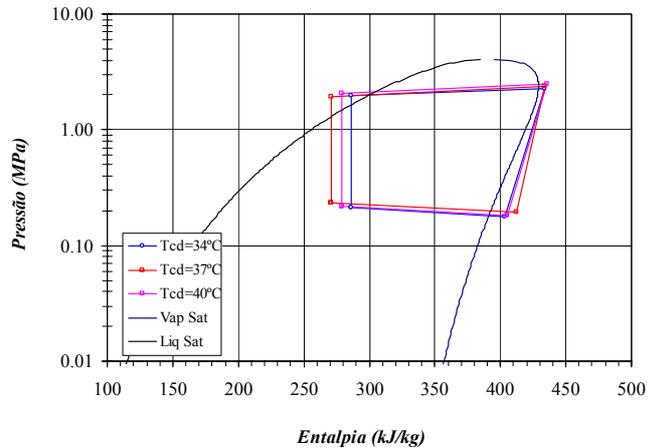


Figura 5.78- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com  $T_{cd}$  variável.

**5.4.**

**Influência da  $T_{cd}$  no diagrama P-h com  $T_{ev} = 24^\circ C$ , Carga 2.**

$N=3100rpm$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 34^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

Ciclo Real (P - h)

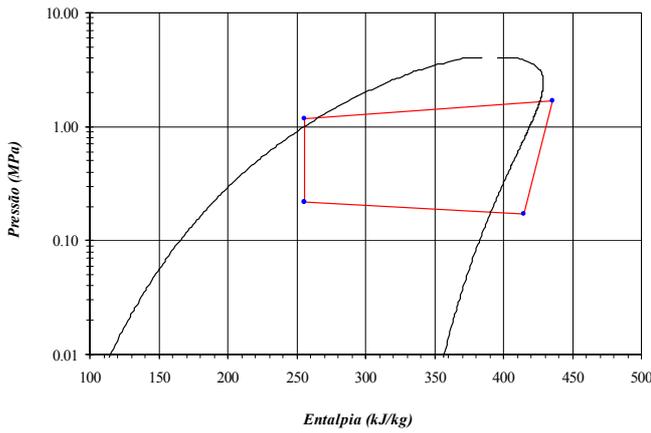


Figura 5.79- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 34^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 40^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

Ciclo Real (P - h)

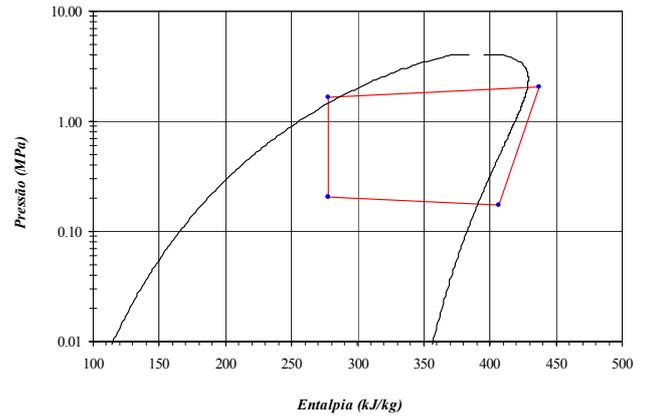


Figura 5.81- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 40^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 37^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema

Ciclo Real (P - h)

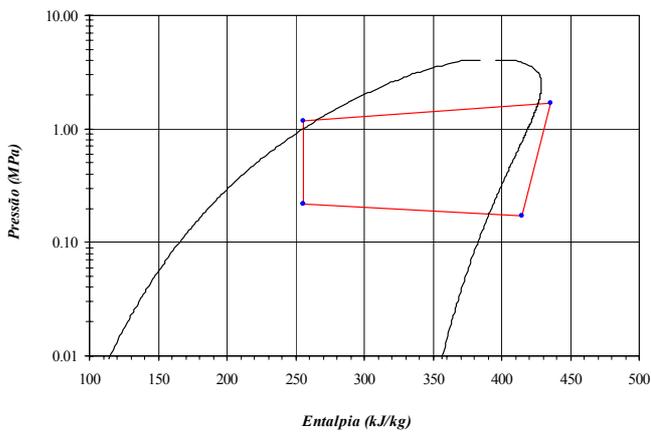


Figura 5.80- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 37^\circ C$

A seguinte figura junta as figuras 5.79, 5.80, 5.81 e mostra a influência da  $T_{cd}$  sobre o ciclo de refrigeração, com  $T_{ev}$  constante e carga adequada no sistema

Ciclo Real (P - h)

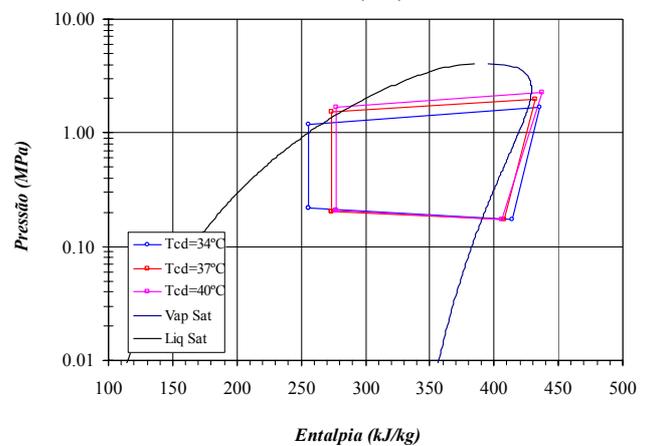


Figura 5.82-- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com  $T_{cd}$  variável.

5.5.

Influência da  $T_{cd}$  no diagrama P-h com  $T_{ev} = 18^\circ C$ , Carga 3.

N=3100rpm

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 34^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

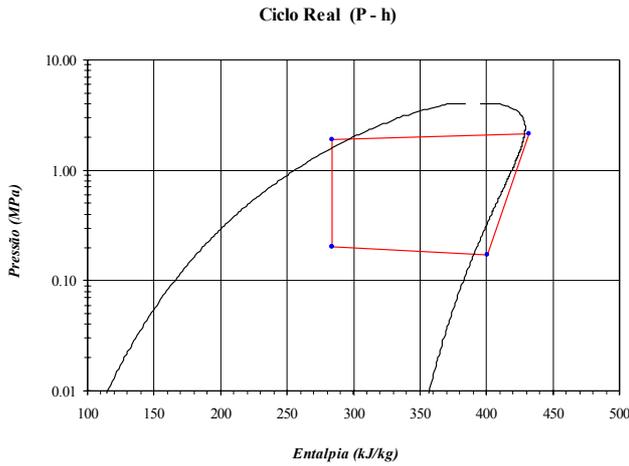


Figura 5.83- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 34^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 40^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

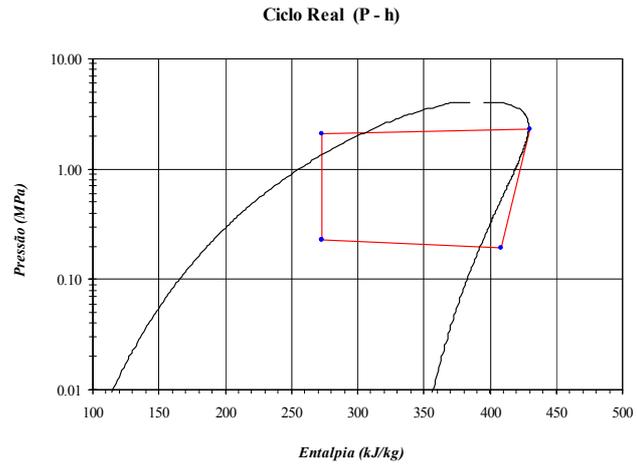


Figura 5.85- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 40^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 37^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema

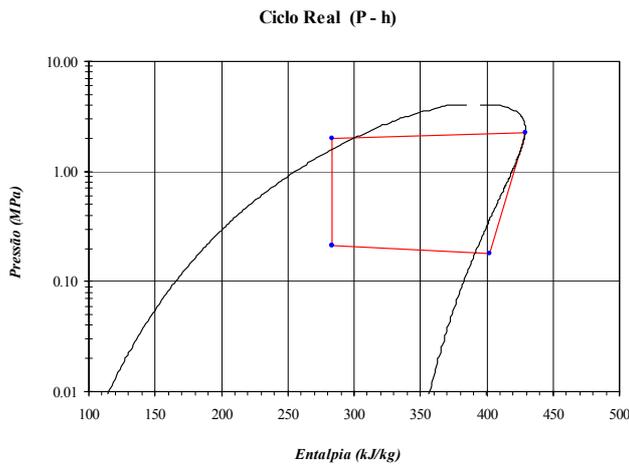


Figura 5.84- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 37^\circ C$

A seguinte figura junta as figuras 5.83, 5.84, 5.85 e mostra a influência da  $T_{cd}$  sobre o ciclo de refrigeração, com  $T_{ev}$  constante e carga adequada no sistema

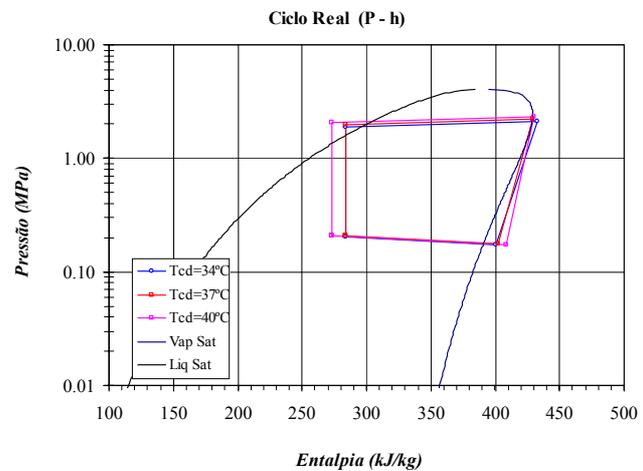


Figura 5.86- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com  $T_{cd}$  variável.

### 5.6. Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 21^\circ C$ , Carga 3.

N=3100rpm

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 34^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

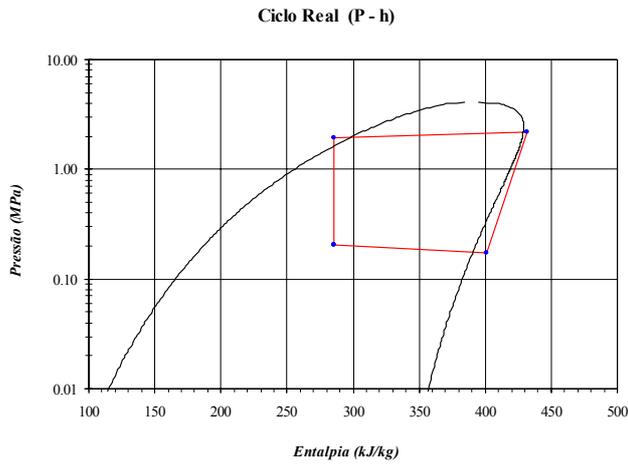


Figura 5.87- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 34^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 40^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

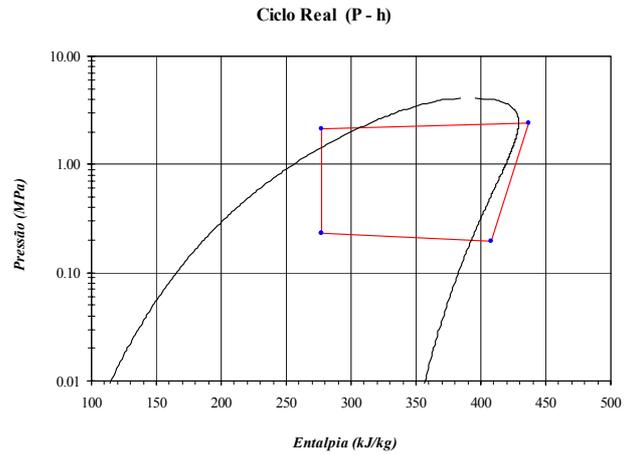


Figura 5.89- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 40^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 37^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema

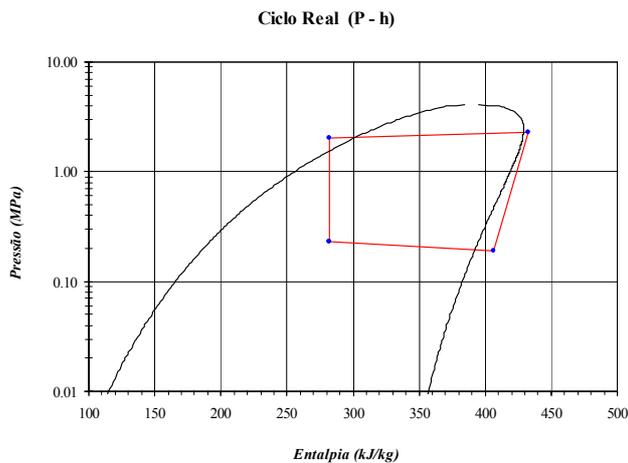


Figura 5.88- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 37^\circ C$

A seguinte figura junta as figuras 5.87, 5.88, 5.89 e mostra a influência da  $T_{cd}$  sobre o ciclo de refrigeração, com  $T_{ev}$  constante e carga adequada no sistema.

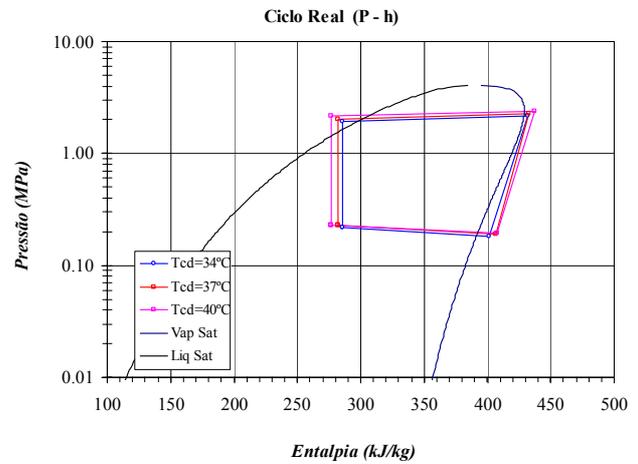


Figura 5.90- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com  $T_{cd}$  variável.

### 5.7.

### Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 24^\circ C$ , Carga 3.

N=3100rpm

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 34^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

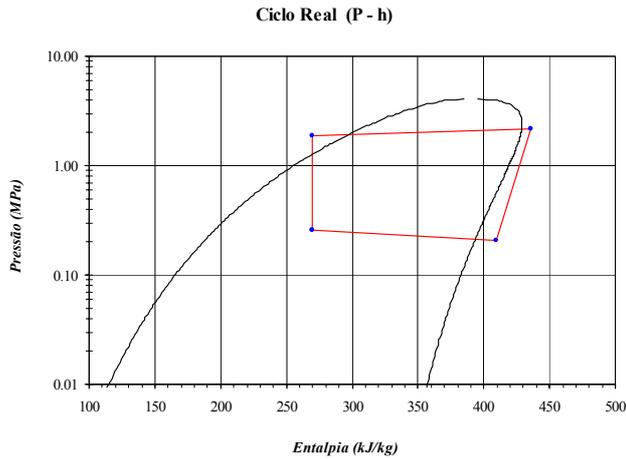


Figura 5.91- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 34^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 40^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

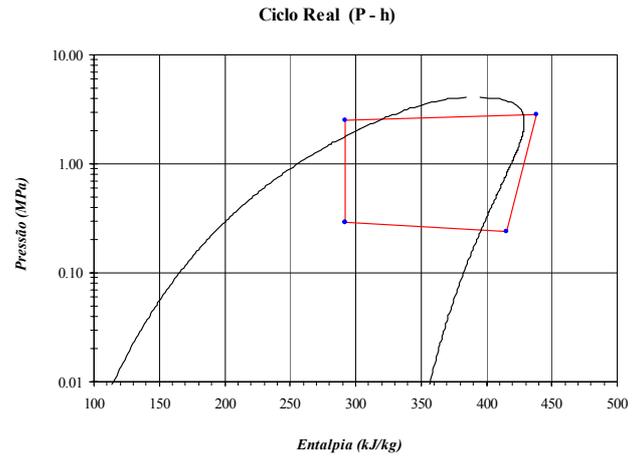


Figura 5.93- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 40^\circ C$

Avaliação da influência da  $T_{cd} = 37^\circ C$  sobre o ciclo de refrigeração, com carga adequada no sistema.

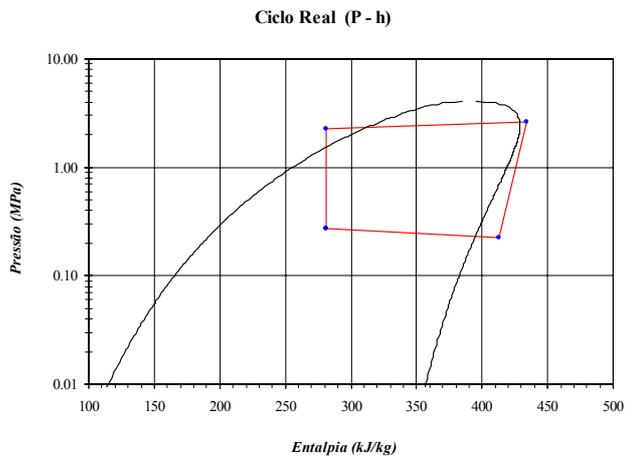


Figura 5.92- Diagrama P- h com  $T_{cd} = 37^\circ C$

A seguinte figura junta as figuras 5.91, 5.92, 5.93 e mostra a influência da  $T_{cd}$  sobre o ciclo de refrigeração, com  $T_{ev}$  constante e carga adequada no sistema.

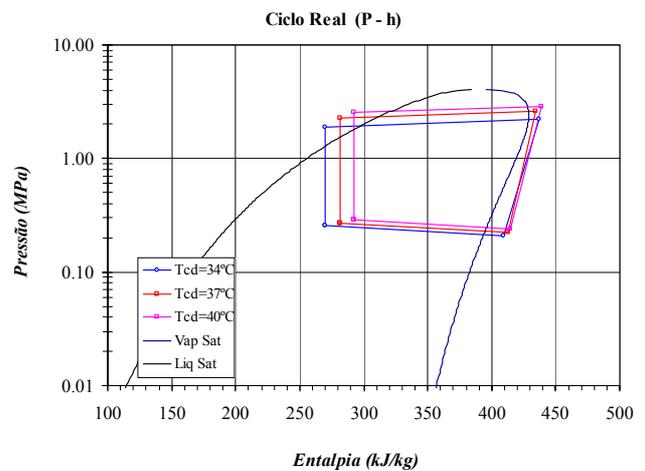


Figura 5.94- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com  $T_{cd}$  variável.

### 5.8.

## Efeito da variação da carga de gás refrigerante no diagrama

### P-h. Carga 2

Com o objetivo de avaliar o efeito da variação da carga de gás refrigerante no diagrama P-h exercida pela quantidade de gás injetado ao sistema de condicionamento de ar automotivo, as experiências foram realizadas da seguinte forma:

A temperatura na câmara (2) permanece fixa em 18°C e na câmara (1) em 34°C.

Pode-se observar nas figuras a seguir, que para uma melhor visualização do fenômeno, houve a preocupação de se graficar o ciclo real de refrigeração no diagrama P-h para rotações no compressor de 2500, 2800 e 3100rpm e para três variações da quantidade de gás refrigerante no sistema automotivo (insuficiência de carga, carga adequada e excesso de carga).

Variação das cargas de gás com  $T_{ev} = 18^{\circ}C$ ,  $T_{cd} = 34^{\circ}C$  e  $N=2500rpm$

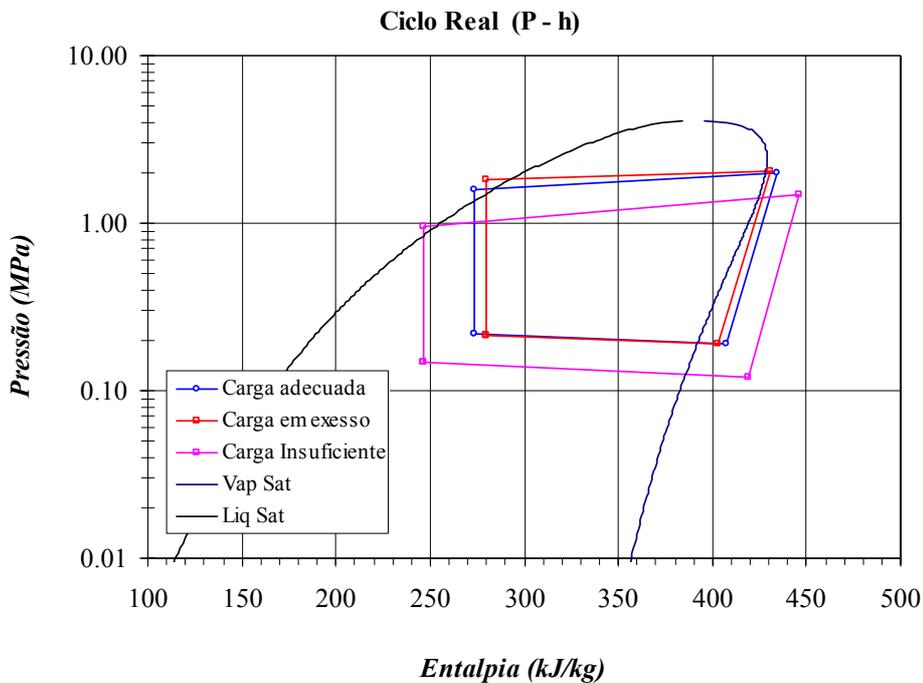


Figura 5.95-Variação das cargas de gás no diagrama P-h com  $N=2500rpm$ .

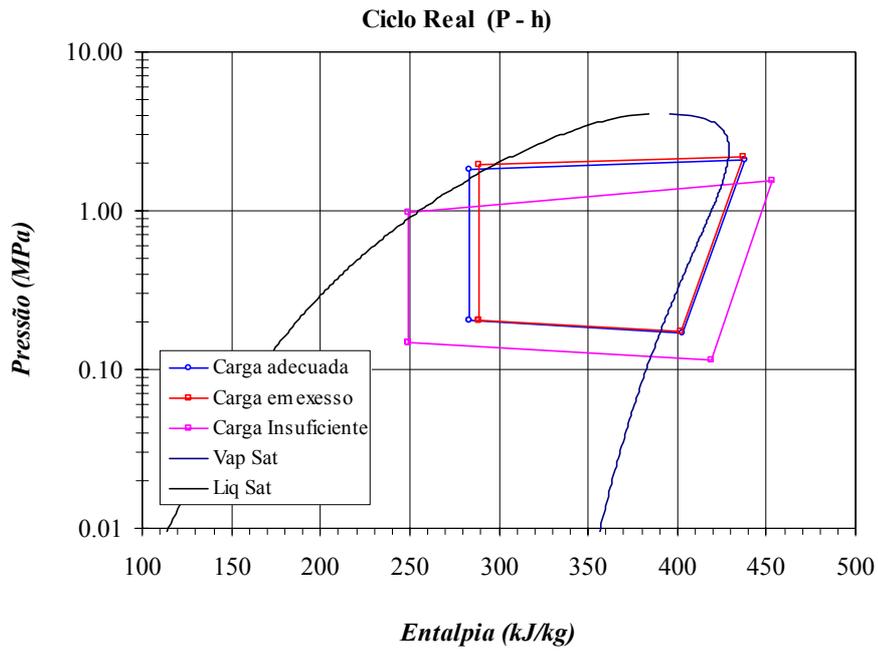


Figura 5.96- Variação das cargas de gás no diagrama P-h com N=2800rpm.

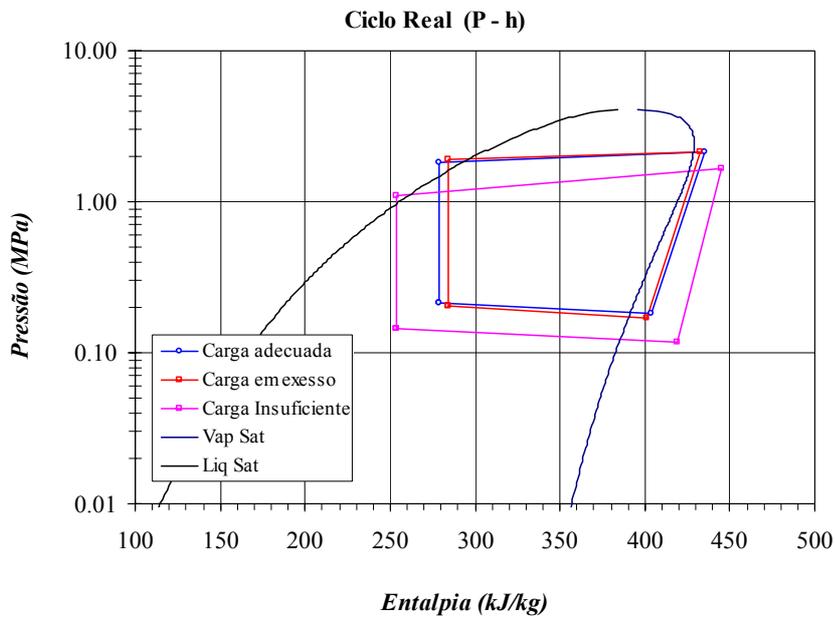


Figura 5.97- Variação das cargas de gás no diagrama P-h com N=3100rpm.