

# Utilização de um ciclo de refrigeração por absorção para o reaproveitamento dos rejeitos térmicos de um motor

Kim Sobrinho D'Assumpção<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Keutenedjian Mady<sup>2</sup>, Fernando Fusco Rovai<sup>3</sup>

Departamento de Engenharia Mecânica, <sup>1</sup>Centro Universitário FEI

kim.0006@outlook.com e fusco800@hotmail.com

**Resumo:** A dissertação em questão trata da validação por meio de cálculos da substituição de um ciclo de compressão padrão, majoritariamente utilizado em sistemas de refrigeração, por um ciclo de refrigeração por absorção para reaproveitamento dos rejeitos térmicos nos motores dos veículos. Consiste na troca do compressor por 4 componentes, sendo eles: um gerador, uma válvula de expansão, uma bomba e um absorvedor. Além de trabalhar com o mesmo fluido de refrigeração (água) e adicionalmente, em parte do ciclo, a solução brometo de lítio e água.

## 1. Introdução

Sabe-se que motores a combustão, graças a sua alta emissão de poluentes e baixa eficiência, tendem a ser repostos por elétricos ou sistemas híbridos, porém é uma transição que leva tempo devido a diversos fatores, como custos, logística de implementação, acesso, infraestrutura dentre outros.

Visando a otimização dos motores durante a transição que o mundo automobilístico vem passando, estuda-se a implantação de um ciclo de refrigeração por absorção (figura 1) substituindo o compressor do ciclo de compressão (figura 2) do sistema de ar-condicionado dos veículos. O ciclo proposto necessita de uma menor energia de ativação através da bomba ligada ao virabrequim, o qual exige uma menor energia de ativação e o gerador ligado ao sistema de escape do veículo operando a partir do calor dissipado para o meio externo resultante dos gases de escape do motor.

O emprego do ciclo faz com que a energia que seria desperdiçada, vindo da combustão que ocorre na câmara de combustão, seja reutilizada na refrigeração da cabine e assim aumentando a eficiência e consumo do veículo.

O fluido e o sal, assim como da solução, através do software de cálculos para engenharia EES (*Engineering Equation Solver*) serão estudados e a partir dele são obtidas as propriedades termodinâmicas (entropia, entalpia, temperaturas em cada etapa, título etc.) para a obtenção e interpretação do COP (coeficiente de desempenho), trabalho na bomba e taxas de troca térmica nos componentes para então validação do trabalho.

## 2. Introdução ao ciclo de refrigeração por absorção

O ciclo trabalha utilizando duas fases, água, sendo considerada pura para vias de cálculo e para utilização das propriedades, e uma solução binária de água e brometo de lítio (LiBr). Em maior parte das aplicações

do ciclo o produto empregado é a amônia (NH<sub>3</sub>), porém ele pode ser prejudicial a saúde humana quando em contato, podendo causar irritações e queimaduras nas vias aéreas, tosse, falta de ar dentre outros sintomas. O brometo de lítio apresenta comportamento semelhante a amônia dentro do ciclo, sendo ele não tóxico.

O gerador utiliza calor de uma fonte quente com o objetivo de aquecer a solução de água e sal, ela quando aquecida se torna uma solução concentrada devido a evaporação da água. A água segue para a condensadora e o restante da solução através de uma válvula e levada para o absorvedor. A água vinda do condensador, local em que perde calor para o meio externo, segue o caminho padrão de um ciclo de compressão até chegar à evaporadora. Da evaporadora a água chega no absorvedor, local onde está a solução concentrada de água e sal. Ali se tem um trocador de calor que através da troca térmica perde calor e aumenta a solubilidade da solução, tornando-a fraca graças ao aumento da solubilidade.

Por fim o papel da bomba é levar a solução do absorvedor de volta para o gerador.

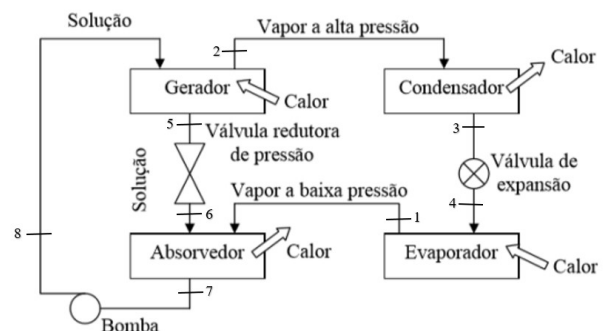


Figura 1 – ilustração do ciclo de refrigeração por absorção;

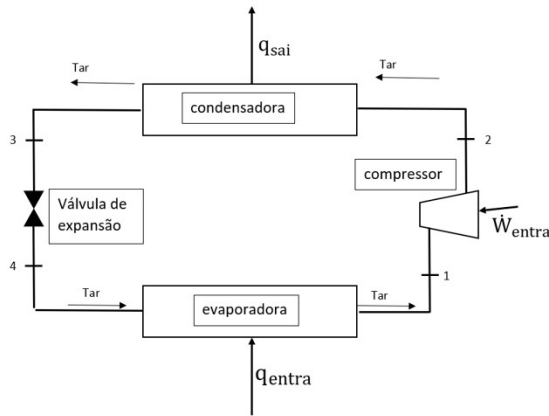


Figura 2 – ilustração do ciclo de compressão;

### 3. Ciclo de compressão x Ciclo de refrigeração por absorção

Através de simulações no software EES chegou-se aos seguintes resultados (em módulo) de taxas de troca térmica, trabalhos do compressor e da bomba, respectivamente, e COP dos ciclos:

Tabela 1 - valores para o ciclo de compressão

Variáveis	Valores
Q_condensadora (kW)	21,75
Q_evaporadora (kW)	15
W_ideal (kW)	4,72
W_real (kW)	3,30
COP (adimensional)	4,54

Tabela 2 - valores para ciclo de refrigeração por absorção

Variáveis	Valores
Q_condensadora (kW)	15,91
Q_evaporadora (kW)	15
Q_gerador (kW)	17,54
W_bomba (kW)	0,6081
COP (adimensional)	0,8266

### 4. Conclusões

Concluem-se resultados promissores para uma futura prototipação e aplicação prática. Por mais que o coeficiente de desempenho do ciclo de refrigeração tenha sido menor que o de compressão, já era um resultado de se esperar dado que na razão do calor que entra na evaporadora pelo trabalho do compressor, no ciclo de refrigeração deve se considerar também o calor trocado no absorvedor.

É possível notar um menor valor de trabalho na bomba se comparado ao compressor, constatando que a energia de ativação do ciclo é menor, consumindo uma menor potência do virabrequim e por fim sobre o gerador, com o valor utilizado de temperatura trabalhada no ciclo foi viável a obtenção do restante dos valores.

### 5. Referências

[1] BRUNETTI, F. Motores de Combustão Interna: volume 2. São Paulo: Blucher, 2012, ISBN 978-85-212-0708-5.

[2] Righetto, F.G.; Mady, C.E.K.; Pinto, C.R.. Apostila de Sistemas Fluidotérmicos III – EM984 : Baseada no livro Stoecker, Design of Thermal Systems, 2ª edição revisada e ampliada. ISBN 978-85-85783-74-7

[3] RANIERI, M. A.; Manieri, G.; Mady, C. E. K.; Albuquerque, C. Analysis of an absorption refrigeration system for air-conditioning of a microbus. In: ECOS, 2018, Guimarães. Proceedings of the the 31st International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, 2018.

WILL, F. Fuel conservation and emission reduction through novel waste heat recovery for internal combustion engines. **Fuel**, v. 102, p. 247-255, 2012.

[4]OSTA-OMAR, Salem M.; MICALLEF, Christopher. Modelo matemático de um sistema de refrigeração por absorção de lítio-brometo/água equipado com um absorvedor adiabático. *Computação*. v. 4, n. 4, pág. 44, 2016.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI de R.A: 12.122.328-3. Processo nº 124969/2021-6 e projeto com vigência de 09/2021 a 09/2021.