

## SISTEMA DE ABSORÇÃO AUTOMOTIVO

**Luiz Gustavo da Cruz Duarte<sup>1</sup>, duarte@ifba.edu.br**  
**Cristina Alves Pinto<sup>1</sup>, cris.apinto@gmail.com**  
**Pedro Cunha de Lima<sup>1</sup>, pedrino\_3@hotmail.com**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Ensino Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Rua emídio dos Santos s/n, Barbalho, Salvador, Bahia, 40.301-015

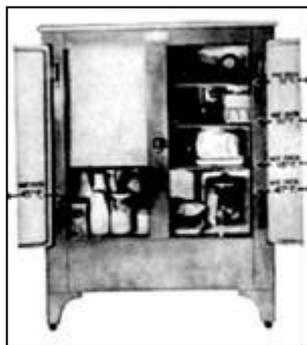
**Resumo:** *Este trabalho discute a viabilidade técnica de uso de sistemas de absorção em automóveis. É demonstrada a importância no desenvolvimento desta área de conhecimento, tendo como base fundamental a disponibilidade energética de automóveis e as características que envolvem o uso de combustíveis fósseis. A refrigeração por absorção tem sido utilizada em equipamentos de grande porte, no entanto, o seu potencial em pequenos sistemas é justificado quando a energia disponível é suficiente para garantir, em determinado prazo, o retorno do investimento com a aquisição do sistema. É dado um maior enfoque aos carros populares devido ao elevado percentual de vendas no mercado interno. O trabalho sugere que há um desperdício de energia, sob a forma de combustível, pelo uso de sistemas de refrigeração por compressão mecânica, e comprova as vantagens na substituição do sistema tradicional pelo sistema de compressão térmica.*

**Palavras-chave:** *Absorção, Refrigeração Automotiva, Efeito Estufa, Cogeração, ArCondicionado*

### 1. INTRODUÇÃO

A história da refrigeração tem o seu início indefinido, mas sabe-se que ela é muito antiga e que a escassez de alimentos em algumas épocas do passado incentivou o seu desenvolvimento, principalmente entre os chineses, hebreus, gregos, romanos e persas. Assim que a necessidade de preservação de alimentos se tornou latente, o homem buscou uma maneira de armazená-los no período de abundância e de prolongar a vida útil dos mesmos. As primeiras tentativas eram baseadas no aproveitamento das fontes naturais, e como era de se esperar a precária tecnologia impossibilitava que as técnicas utilizadas possuíssem eficiência térmica satisfatória.

Não demorou muito até que o homem observasse as vantagens de utilizar o gelo como um meio natural mais eficiente para retirar calor dos alimentos mantendo-os em temperaturas que prolongavam muito mais o seu tempo de consumo. Também não foi surpresa a transformação deste uso tão simples em um comércio lucrativo que se espalhou por todo o mundo. O transporte de gelo de regiões mais frias tem o seu início na primeira metade do século XIX. Pequenas geladeiras, figura 1, eram utilizadas naquela época e o seu funcionamento estava baseado na troca térmica com gelo colocado na parte superior da mesma. Porém, o crescimento do uso desta técnica fez com que houvesse a necessidade de se buscar gelo de regiões mais frias como a Noruega. O transporte era feito em barcaças, e o gelo era vendido nos portos aos comerciantes que por sua vez o vendiam para residências, figura 2.



**Figura 1. Pequeno Refrigerador a Base de Gelo (Wikipedia)**



**Figura 2. Comércio de Gelo no Século XIX (Melo, 1998)**

O comércio do gelo durou muito tempo. Até 1930 a Inglaterra, tida como um país de primeiro mundo, ainda importava gelo norueguês, apesar do primeiro sistema de produção artificial de gelo ter sido demonstrado em 1748 por William Cullen.

Os maiores empecilhos ao desenvolvimento da indústria da refrigeração repousava sobre os fluidos refrigerantes utilizados. Os que não eram tóxicos tinham na inflamabilidade e explosividade uma propriedade negativa aos olhos dos consumidores, o que fez com que durante muito tempo a indústria caminhasse a passos de tartaruga. Os constantes acidentes registrados faziam com que houvesse certa restrição ao uso de equipamentos de refrigeração.

Apesar das primeiras patentes de refrigeração datarem de 1834 (Perkins) a indústria traz dois marcos principais para a aceleração do seu desenvolvimento e produção em escala. O primeiro foi o estudo realizado por Carrier por volta de 1902 que possibilitou o entendimento do comportamento do ar em aplicações de refrigeração, principalmente a sua interação com os equipamentos. O segundo, e mais importante deles, aconteceu em 1930 quando a GM reuniu cientistas em busca de um fluido refrigerante “inofensivo”. Os refrigerantes halogenados aparecem como a solução tão procurada para os problemas que até então assolavam as tentativas de implementar os sistemas de refrigeração de maneira muito mais segura.

A partir daí houve um grande avanço nos sistemas caracterizados pela compressão mecânica de vapores. O princípio básico de funcionamento permanece inalterado desde então, e não se espera nenhuma revolução relacionada a este tipo de técnica. Os avanços têm acontecido na maneira como os equipamentos são arrançados para compor o sistema e nos projetos dedicados a cada tipo de situação. Em 1970 cientistas observam que a camada de ozônio, responsável pela proteção contra os raios UVA e UVB, estava sendo afetada pela emissão destes fluidos na atmosfera, e iniciou-se uma corrida pela descoberta de refrigerantes alternativos que pudessem substituir os refrigerantes até então utilizados. Recentemente, uma nova reunião criou novas metas a serem atingidas, já que apesar da redução da destruição da camada de ozônio e da sua recuperação, o mundo passou a conviver com outro vilão conhecido por efeito estufa. Os refrigerantes halogenados têm alto poder de construção do efeito estufa. O refrigerante mais utilizado em geladeiras e automóveis, R-134a, deve desaparecer nos Estados Unidos em cerca de dez anos. Lá eles estão apostando no uso de refrigerantes naturais que teriam menor efeito sobre o aquecimento global. A maior aposta reside sobre o gás carbônico, e nas universidades a maioria das pesquisas desta área tem alguma relação com o desenvolvimento de sistemas que utilizem este refrigerante.

## **2. REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO**

Paralelamente ao desenvolvimento da refrigeração por compressão mecânica de vapores desenvolveu-se outra vertente desta área, a refrigeração por compressão térmica de vapores ou refrigeração por absorção. Em se tratando da refrigeração por compressão térmica de vapores, como a conhecida geladeira a gás, o desenvolvimento é ainda mais recente. Esta técnica tem o seu início a partir da descoberta de Faraday em 1820. A primeira patente surge em 1860 com Ferdinand Carré. Pela primeira vez foi obtido amônia na fase líquida e pôde-se observar o efeito de resfriamento quando da absorção da amônia pela água. Estava concluída a base para a refrigeração por absorção. Inúmeros foram os sistemas que operavam segundo este princípio, e até que a energia elétrica chegasse às residências foi uma solução largamente utilizada para a produção de frio. Estes sistemas funcionavam a partir da queima de um combustível, normalmente querosene, e tinham que ser reabastecidos com o combustível a cada vinte e quatro horas, figura 03.

Após a expansão das redes elétricas a refrigeração por absorção fica quase totalmente restrita a zonas rurais, mas volta a despertar interesse comercial devido à crescente demanda de energia no mundo.

A montagem de sistemas visando a conservação, o reaproveitamento e a busca por eficiência energética também contribuiu positivamente para isto. O seu uso aliado à cogeração de energia cria um nicho muito fértil para grandes instalações de ar condicionado. A energia elétrica produzida por geradores a base de gás natural tem como resíduo os gases quentes de exaustão que são uma valiosa fonte para a produção do frio através de sistemas de absorção. Cresceu enormemente o uso desta técnica em centros de convenções, shopping centers, edifícios e centros comerciais. O maior

desenvolvimento tecnológico aconteceu na Ásia que hoje lidera a produção de equipamentos e que tem um maior domínio sobre esta tecnologia.



**Figura 3. Sistema Doméstico de Refrigeração por Absorção (Wikipedia)**

Uma fator limitante da proliferação dos equipamentos de refrigeração por absorção foi o fato de que apenas equipamentos de grande porte, voltados para grandes aplicações de ar condicionado, foram produzidos em grande escala. Sistemas residenciais são praticamente inexistentes, limitando-se a tentativas isoladas de produzir tal equipamento. Desta forma, potenciais usuários desta tecnologia sequer têm a oportunidade de conhecer uma solução prática e de baixo custo para suas aplicações e necessidades. Recentemente a filial de um fabricante de eletrodomésticos na Amazônia iniciou a comercialização de condicionadores de ar a gás para uso automotivo.

Nota-se que as crises mundiais têm sido responsáveis pelo direcionamento do desenvolvimento da refrigeração através dos tempos. O seu desenvolvimento segue também as leis de mercado e mais recentemente tem grande relação com o apelo ambiental. Tornou-se comum optar por equipamentos que consomem uma menor quantidade de energia elétrica em detrimento de outros menos eficientes. Se é adequado citar o problema da camada de ozônio e do aquecimento global como vetores para o aprimoramento dos sistemas de refrigeração, não podemos deixar de lado um problema que nos persegue e que num futuro próximo modificará muito as nossas vidas, o problema energético relacionado ao uso dos derivados de petróleo.

É sabido que o uso de combustíveis fósseis traz, entre outros malefícios, a produção de gases responsáveis pelo efeito estufa. Sendo assim, o desenvolvimento de automóveis menos poluentes e de maior rendimento tem estado sempre em destaque. Também se destacam as tentativas de desenvolvimento de automóveis que utilizam outras fontes de energia, como aqueles movidos a energia solar, energia elétrica e a hidrogênio. Não podemos esquecer o sucesso conseguido no Brasil com os automóveis movidos a álcool e o frenesi causado pelos bio-combustíveis. Estes dois, em conjunto com o aumento da produção de petróleo no Brasil, possibilitaram que na última década passássemos de importadores a exportadores deste produto. O mesmo é responsável pelo déficit e superávit de muitas economias espalhadas pelo mundo. A riqueza gerada para os maiores produtores de petróleo fez destes países economias quase que independentes de outros setores da produção econômica. Portanto, se a redução da importação de petróleo traz um crescimento econômico para um país, ou no mínimo um aumento das suas reservas cambiais, não há dúvida de que é crucial uma redução no consumo de petróleo principalmente quando ele é importado.

Estima-se que, no máximo, dentro de cem anos não haverá mais reservas de petróleo no velho mundo. Isto afetará não só os meios de transporte, mas também a produção de artigos que têm o petróleo na sua cadeia de produção, como artigos plásticos, roupas, tintas etc.

Se por um lado o Brasil está a caminho de eliminar o uso de gasolina ou reduzi-lo a quantidades mínimas, de outro não devemos nos esquecer que mesmo com o uso do álcool ainda persiste o problema da emissão de gases do efeito estufa. Ainda persiste a busca por automóveis mais econômicos, pois o álcool passou a ser objeto de cobiça por outros países e já está sendo exportado pelo Brasil. Quanto menos utilizarmos, mais sobrá para exportarmos, e aparentemente isto é bom para o nosso país. Hoje em dia mais de 75% dos automóveis produzidos no Brasil são bicompostíveis. Em breve a gasolina será utilizada apenas nos carros mais antigos e nos importados. Este parece ser um caminho sem volta. Os ônibus, caminhões e outras máquinas que utilizam o diesel passarão a utilizar o biodiesel e provavelmente também se tornarão quase independentes do insumo derivado do petróleo, à medida que o domínio sobre a produção e utilização de bio-combustíveis vai crescendo entre os nossos pesquisadores.

### **3. QUALIFICAÇÃO DO PRINCIPAL PROBLEMA A SER ABORDADO**

Em qualquer um dos meios de transporte anteriormente citados é quase uma obrigação, se não uma necessidade, a presença do condicionador de ar. Em menos de trinta anos o equipamento passou de acessório de luxo a item de série em alguns modelos. Mas a segunda lei da termodinâmica, pelo enunciado de Clausius, já nos informava do preço que teria que ser pago para usufruir deste conforto: energia seria necessária para produzir as trocas térmicas que culminam com a climatização das cabines dos automóveis. Esta energia, no caso em questão, é oriunda da queima de combustível o que além de aumentar o consumo ainda reduz a potência dos automóveis. Se o uso do ar condicionado automotivo aumenta o consumo de combustível isto implica em uma maior emissão de gases do efeito estufa e conseqüentemente um maior aquecimento global. Pode-se constatar mais uma vez que uma nova crise mundial, desta vez o problema do aquecimento global e a escassez de combustíveis fósseis, irá atuar decisivamente para o desenvolvimento da área de refrigeração. Teremos que incentivar uma diminuição no uso dos condicionadores de ar ou teremos que buscar um

equipamento que não afete tão significativamente o aquecimento global. Partindo do princípio de que o uso de transporte de massa é ainda uma utopia no Brasil, é imperativo a implementação de novas tecnologias que propiciem a diminuição do uso de combustíveis. A grande emissão dos gases provenientes dos automóveis é a principal causa da ilha de calor que se forma na cidade de São Paulo, assim como o fenômeno da inversão térmica ali observada. Não demorará muito para que os mesmos efeitos comecem a ser observados em outras metrópoles. Se o problema do uso de condicionadores de ar automotivos, baseados na compressão mecânica, é conhecido, nota-se que apesar do grande crescimento no uso destes equipamentos não foi dada a devida atenção no desenvolvimento tecnológico dos mesmos que pudesse reduzir seus efeitos indesejáveis. Os sistemas de cogeração de energia têm sido a solução adotada para solucionar a crescente demanda de energia em centros comerciais, shoppings e pavilhões de eventos. O aproveitamento de energia disponível, que seria rejeitada para o meio ambiente, faz da cogeração uma alternativa muito vantajosa nos sistemas térmicos. A grande quantidade de energia perdida pelos automóveis pode ser parcialmente aproveitada para a climatização do seu interior ao mesmo tempo em que consegue-se uma redução de consumo de combustível e da emissão de gases poluentes. O uso de sistemas absorptivos apresenta-se como uma solução viável para veículos automotores.

Este tipo de aplicação poderia até mesmo ser convertido em crédito de carbono se quisermos computar a quantidade enorme de poluentes que deixariam de ser jogados na atmosfera. Por sua vez, os benefícios oriundos desta redução não poderiam ser mensurados nos grandes centros urbanos, mas são extraordinariamente animadores. Basta admitir que o ar condicionado que é hoje utilizado nos automóveis aumenta em cerca de 10% o consumo total de combustível. Apesar de nem todos os carros estarem equipados com este acessório, a projeção da economia em larga escala é animadora. Os proprietários de veículos 1.0, conhecidos pelo baixo preço e consumo, não mais teriam que se preocupar com a perda de potência quando estivessem com o condicionador de ar ligado. Os caminhoneiros que trafegam grandes distâncias em locais de clima severo teriam a opção de instalação de um equipamento de baixo custo com funcionamento sem interferência no consumo do veículo.

#### 4. SISTEMA AUTOMOTIVO

Visto que haveria grande interesse no uso de sistemas de absorção passamos a questionar se seria técnica e economicamente interessante o uso de equipamentos de absorção. Vamos focar a nossa atenção nos carros populares que são a grande fatia do mercado automobilístico de carros de passeio. Para este tipo de veículo há um aumento considerável no consumo de combustível devido ao uso do ar condicionado. Estima-se que por conta disto haja um gasto a mais de combustível de R\$ 400,00 / ano para uma quilometragem anual de 12000 km. Esta economia anual seria suficiente para garantir um retorno do investimento em dois anos, considerando a diferença do custo de aquisição entre um condicionador por absorção e outro tradicional. Do ponto de vista técnico, dispõe-se de energia térmica abundante para se trabalhar com absorção. O peso ganho com a introdução de dois vasos (gerador de vapor e absorvedor) seria equivalente ao peso do compressor que deixaria de ser utilizado. Os parâmetros que precisam ser trabalhados são: A eficiência de funcionamento do sistema em pistas não regulares e em situações de aceleração e frenagem; A operação do sistema a baixas velocidades quando se utiliza o resfriamento a ar no condensador e absorvedor; O tempo necessário para atingir o conforto térmico na partida do veículo a frio. Sanadas estas questões o sistema é capaz de climatizar o veículo tão bem quanto o sistema convencional.

Entre os sistemas de absorção tradicionais duas combinações de fluidos refrigerante / absorvente são de maior domínio. Os pares  $H_2O$ -LiBr e  $NH_3$ -  $H_2O$ , o primeiro deles utilizado em aplicações com temperaturas do espaço refrigerado maiores que  $0^\circ C$ . A possibilidade de vazamento em um acidente automobilístico, mesmo sabendo que a quantidade de amônia em um sistema automotivo é pequena, desfavorece o uso deste refrigerante.

Os componentes de um sistema de absorção automotivo, pequenos vasos e trocadores de calor, formam um sistema simples, cujo dimensionamento é também muito simples. O estabelecimento das pressões de operação e o uso de aditivos são alguns dos fatores que mais interferem na eficiência do sistema.

#### 5. CONCLUSÕES

O cenário mundial aponta para alternativas inovadoras em sistemas térmicos. O uso de sistemas de absorção automotivos, além de ter viabilidade técnica e econômica, traz consigo o apelo ecológico / ambiental. Este tipo de sistema reduz o consumo de combustíveis e, em larga escala, relaciona-se com impactos mais importantes sobre os acordos internacionais em destaque na área ambiental.

A disponibilidade energética nos automóveis, que não é transformada em energia mecânica, pode e deve ser aproveitada para a climatização das cabines. O desenvolvimento tecnológico de sistemas de pequeno porte requer atenção imediata, o campo de pesquisa nesta área é propício a inovações.

#### 6. REFERÊNCIAS

Melo, Cláudio, "Notas de aula", 1998.

Wikipedia enciclopédia virtual, [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

## AUTOMOTIVE ABSORPTION SYSTEM

Luiz Gustavo da Cruz Duarte<sup>1</sup>, duarte@ifba.edu.br  
Cristina Alves Pinto<sup>1</sup>, cris.apinto@gmail.com  
Pedro Cunha de Lima<sup>1</sup>, pedrino\_3@hotmail.com

<sup>1</sup>Instituto Federal de Ensino Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Emídio dos Santos Street, Barbalho, Salvador, Bahia, 40.301-015

*Abstract: This work discusses the viability of automotive absorption systems. The importance of absorption area development is shown, referred to vehicles energy availability and the fossil combustible use characteristics. Absorption refrigeration has been applied in large equipment, although its use in small equipment is justified when the energy available is enough to guarantee the investment at time. Cheaper vehicles are focused because they are majority in sales automobile market. This work suggest a lost of energy, as fuel, by the mechanical compression refrigeration systems, and prove the advantages of changing traditional system by thermal compression system.*

*Key Words: Absorption, Automotive Refrigeration, Greenhouse Effect, Co-generation, Air Conditioning*