Análise da viabilidade física da instalação de um sistema de ar condicionado por absorção em um veículo de transporte coletivo

Laura B. P. Arouca[1], Antonio Gabriel S. Almeida[2]

[1]Estudante do Curso Técnico em Refrigeração do IFBA; Graduanda em Física pela UFBA. Bolsista do CNPq. e-mail: laura.arouca@hotmail.com
[2]Professor do IFBA; Doutorando em Energia e Ambiente pela UFBA. e-mail: gabrielalmeida@ifba.edu.br

Resumo: Um sistema de refrigeração por absorção utiliza uma fonte de alta temperatura para realizar a vaporização do fluido de refrigeração e sua dissociação da solução absorvente. Essa fonte, no caso de um sistema instalado em veículos de transporte coletivo, pode ser o próprio calor que é liberado para o ambiente a partir de um motor de combustão interna através dos gases de exaustão. Assim, ao contrário do sistema por compressão de vapor, não haverá aumento do consumo de combustível e nem redução de potência disponibilizada pelo motor. O principal objetivo deste trabalho é estudar a locação do sistema de refrigeração por absorção em um ônibus de transporte coletivo. Sabendo que esses sistemas ainda são relativamente grandes, ocupando muito espaço físico, é necessário analisar a sua instalação, de forma a não impactar em redução excessiva de espaço útil no veículo. Dessa forma, pretende-se elaborar um arranjo físico, realizando a modelagem tridimensional de um ônibus e do sistema por absorção, para simular, em maquete eletrônica, a montagem do conjunto.

Palavras–chave: modelagem tridimensional, refrigeração por absorção, veículos de transporte coletivo

1. INTRODUÇÃO

ISBN 978-85-62830-10-5
VII CONNEPI©2012

A preocupação com os impactos ambientais da utilização de recursos energéticos não renováveis e do lançamento excessivo de gases de efeito estufa fez crescer a busca pelo uso de fontes alternativas de energia, a fim de substituir as tradicionais.

Na Refrigeração, a substituição de sistemas de compressão por sistemas de absorção tem se mostrado como uma alternativa. Os ciclos de compressão necessitam de energia para o funcionamento do compressor e essa pode vir da eletricidade ou, como ocorre em veículos, da queima de combustível. Nesse caso, a transmissão de potência do motor do veículo para mover o compressor realiza-se por meio de correias e polias. Os ciclos de absorção, por sua vez, dependem de uma fonte de calor de alta temperatura para propiciar a vaporização do fluido refrigerante e sua dissociação da solução absorvente. Os gases quentes provenientes do escapamento de automóveis, por exemplo, constituem uma boa fonte, que normalmente é desperdiçada.

No entanto, é importante salientar que os sistemas de absorção costumam ter tamanho considerável e que, portanto, é preciso realizar uma avaliação da carga que o ônibus suporta, a fim de não excedê-la, além de verificar as possibilidades de locação interna.

O objetivo deste trabalho é estudar a estrutura física de um ônibus e de um sistema de refrigeração por absorção, analisando a viabilidade da instalação desse sistema no veículo. Para tanto, é necessário realizar uma modelagem tridimensional do conjunto e verificar as possíveis interações e impactos.

No capítulo 2 será apresentada uma revisão bibliográfica sobre os assuntos pertinentes. No item 2.1 será feita uma revisão teórica sobre sistemas de refrigeração por absorção, considerando seu funcionamento e suas vantagens perante o sistema de compressão.

O item 2.2 realiza uma abordagem teórica acerca dos motores de combustão interna e o item 2.3 refere-se aos veículos de transporte coletivo, sua estrutura e sistema de ar condicionado, através de um levantamento de mercado.

O capítulo 3 aborda a metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho. No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos com a avaliação dimensional. O capítulo 5 conclui o trabalho,

com uma discussão sobre as possibilidades levantadas e as próximas etapas para a continuidade do projeto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Sistemas de Refrigeração por Absorção

Os sistemas de refrigeração por absorção, conforme apresentado na Figura 1, apresentam características em comum com os sistemas de compressão – os dois são compostos por um condensador, um evaporador e uma válvula de expansão. No entanto, esses sistemas diferenciam-se em dois aspectos importantes: o primeiro é que, em lugar de utilizar uma compressão mecânica entre o evaporador e o condensador, em um sistema de absorção, o fluido refrigerante, na forma de vapor a baixa pressão, é absorvido por uma substância secundária, chamada fluido absorvente, de modo a formar uma solução líquida forte. Essa solução líquida é, em seguida, bombeada para uma pressão mais elevada. Como o volume específico médio da solução líquida é muito menor que o volume do vapor do refrigerante, é necessário uma quantidade significativamente menor de trabalho. Consequentemente, os sistemas de refrigeração por absorção têm a vantagem de necessitar de uma menor potência de acionamento em comparação com os sistemas de compressão de vapor.

A outra diferença entre sistemas de absorção e de compressão de vapor é o mecanismo utilizado para dissociação do vapor de refrigerante da solução líquida, antes do encaminhamento do refrigerante para o condensador. Isso envolve uma transferência de calor de uma fonte de alta temperatura para a solução, no componente denominado gerador, proporcionando esta dissociação do fluido refrigerante na forma de vapor superaquecido. A utilização de uma fonte de calor que seria rejeitado para a vizinhança, sem qualquer uso, é financeiramente atraente para esse propósito. O gás natural ou outro combustível pode ser queimado para fornecer a fonte de calor. (MORAN & SHAPIRO, 2009)

O desempenho dos sistemas de absorção depende da escolha apropriada do par refrigerante-absorvente (SÖZEN, 2001). Atualmente, encontramos, principalmente, os sistemas que utilizam o par binário água-amônia e o par binário água-brometo de lítio. No sistema água-amônia, a amônia é o refrigerante e a água o absorvente.

2.2 Motores de Combustão Interna

Os motores de combustão interna são aqueles onde os produtos da combustão constituem o próprio fluido de trabalho. Dessa forma, a mistura ar-combustível é queimada dentro de um cilindro e a energia química derivada dos combustíveis é transformada em trabalho mecânico através do processo de combustão.

Os motores de combustão interna são classificados de acordo com o modo de queima do combustível em motores com ignição por centelha e motores com ignição por compressão. Estes últimos também são também conhecidos por motores ciclo Diesel.

Os motores com ignição por centelha diferem dos motores a diesel principalmente sob o aspecto da combustão: No curso de aspiração ou admissão é admitido pelo cilindro somente ar, e não mistura ar-combustível e, em lugar de ter a ignição disparada por uma centelha, proveniente de uma vela, a ignição é iniciada pela injeção do combustível no compartimento do cilindro, onde encontra o ar a alta pressão e alta temperatura, em condições mais severas que as de autoignição do combustível, promovendo a autodetonação. (OBERT, 1971).

No caso do motor de combustão interna de ignição por compressão, em média 25% (no máximo 40%) da potência calorífica do combustível é convertida em potência mecânica disponibilizada para o sistema de transmissão. Todo o restante, aproximadamente 75%, é eliminado na forma de perdas caloríficas. (OBERT, 1971).

Aproximadamente 35% da energia gerada pelo processo de combustão são liberados na forma de gases de escape, através do sistema de escapamento. São gases residuais do processo de combustão, que, após gerar trabalho, são liberados com temperaturas superiores a 450^0C.

2.3 Veículos de Transporte Coletivo – Ônibus

Os ônibus, assim como os trens, metrôs e aviões são veículos de transporte coletivo. No mercado brasileiro, são comercializados basicamente cinco modelos: micro-ônibus, miniônibus, convencional, articulado e biarticulado. Os modelos apresentam diferenças em relação à capacidade de passageiros (total/sentados), ao comprimento do veículo, tipo de suspensão, quantidade de portas à direita e a esquerda, largura da porta e altura do piso.

Em geral, esses veículos podem ser divididos em dois conjuntos principais: chassis e carroceria.

A carroceria é responsável pelas características internas e externas do veículo, e sua escolha é determinante para a qualidade do serviço oferecido, tanto em termos de layout, como de materiais aplicados. Destes atributos, destacam-se a quantidade e qualidade dos assentos, o número e a largura das portas e janelas, que em muitos casos pode ser adaptada conforme a necessidade do cliente.

O chassi compreende a estrutura de sustentação do veículo e comporta o motor e demais sistemas mecânicos e elétricos, além do posto de direção. Os principais atributos a serem avaliados no chassi são as características do motor, os tipos de suspensão, a distância entre eixos, o sistema de câmbio, o sistema de freios e o sistema de direção.

Os principais pontos a serem avaliados a respeito do motor são localização, potência e fonte energética. O motor pode estar localizado na parte dianteira, traseira ou central do veículo. O primeiro tipo, muito difundido, é o mais robusto e de manutenção simples, entretanto eleva o nível de ruído do veículo e a temperatura ao seu redor, atingindo principalmente o motorista. Esta localização também dificulta o acesso ou o egresso dos passageiros pela porta dianteira, tornando-os desconfortáveis para os usuários. A utilização de veículos com motor traseiro ou central vem se ampliando rapidamente, este fato deve-se, sobretudo, ao maior conforto ofertado aos usuários e melhores condições de trabalho para o motorista. (MOUETTE, 2005).

Segundo a ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15570:2009, a carroceria de um ônibus convencional deve ter comprimento máximo total de 14 m, largura externa máxima de 2,6 m, altura externa máxima 3,8 m. O piso do veículo deve ser projetado e construído para resistir a uma carga característica de 500 kgf/m² na área do corredor interno de circulação e 200 kgf/m² na área dos bancos de passageiros e poltronas dos operadores. Os veículos equipados com sistema de ar-condicionado devem garantir uma temperatura interna máxima de 22 ºC. Quando a temperatura externa for superior a 30°C, o sistema deve garantir que a diferença entre as temperaturas externa e interna seja de 8°C, no mínimo.

Atualmente, os ônibus climatizados comercializados utilizam sistemas de refrigeração por compressão. A maioria dos aparelhos tem sua instalação no teto da carroceria e capacidade térmica média de 130.000BTU/h.

3.1. Sistema de refrigeração por absorção

Para avaliar a instalação de um sistema de refrigeração por absorção em um veículo de transporte coletivo, foi feito um levantamento de mercado acerca dos aparelhos de ar condicionado que funcionam atualmente nos ônibus. Foram pesquisados os fabricantes SPHEROS, CLIMABUSS E CARRIER. A partir da literatura técnica disponibilizada por estes fornecedores, contatou-se que a maioria dos condicionadores comerciais pesa cerca de 250 kg, disponibilizam uma potência frigorífica média de 130.000 BTU/h e são instalados, na maioria das vezes, no teto.

A partir da capacidade térmica média de um aparelho de ar condicionado veicular tradicional, pôde-se partir para a busca de um sistema de refrigeração por absorção que possuísse capacidade equivalente. Além disso, buscou-se um sistema que trabalhasse com água e amônia como par binário.

Os fabricantes YORK, THERMAX, BROAD, CARRIER disponibilizam equipamentos com capacidade superior a 50 TR, o equivalente a 600.000 BTU/h, sempre que utilizam o par binário água-amônia. Para os equipamentos de menor capacidade só foram encontrados climatizadores que utilizam o par brometo de lítio-água. Contudo, encontrou-se a fabricante ROBUR, que fornece chillers de absorção trabalhando com água e amônia e com módulos de capacidade de 5 TR cada, conforme Figura 2.

Figura 1 - Unidade de chiller de absorção ROBUR (Manual do fabricante)

A partir de um contato com a fabricante, obteve-se as dimensões de cada módulo e fez-se uma modelagem tridimensional do mesmo, utilizando o programa Solidworks.

3.2. Ônibus

Para iniciar a modelagem tridimensional do ônibus, foi feita uma pesquisa acerca da sua estrutura em catálogos de fabricantes de carrocerias e chassis. As fabricantes de carroceria MARCOPOLO E COMIL disponibilizam informações nos seus sites acerca das dimensões externas do ônibus e as fabricantes VOLVO e MERCEDES-BENZ, acerca do chassi.

No entanto, essas informações não eram suficientes para desenvolver a modelagem. Então, decidiu-se partir para uma pesquisa de campo e obter as dimensões através de medições físicas em veículos.

Pela facilidade de acesso, escolheu-se o ônibus do IFBA, carroceria ROMA 370, para ser medido. Após as medições, partiu-se para a modelagem tridimensional.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Modelagem tridimensional

4.1.1 Sistema de refrigeração por absorção

Figura 2 – Modelo tridimensional do sistema de absorção.

As unidades do sistema de refrigeração por absorção possuem 850 mm de largura, 1290 mm de altura e 1230 de comprimento. Possuem massa de 350 kg.

4.1.2 Ônibus

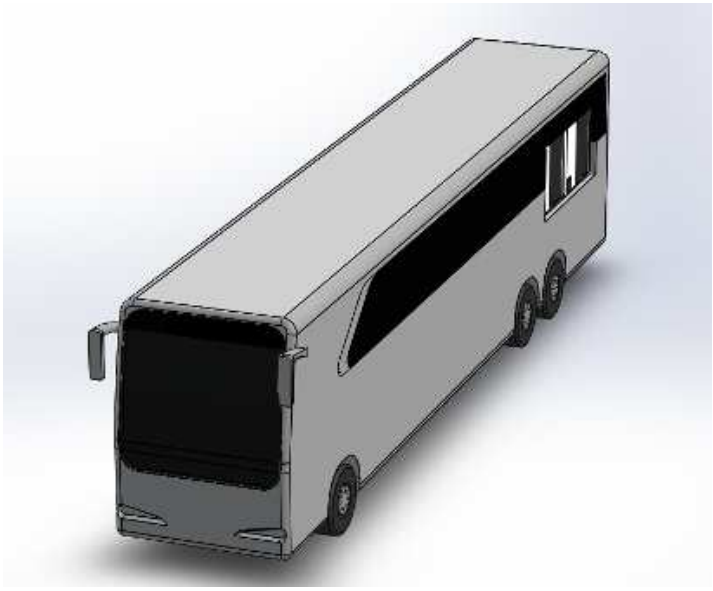

Figura 3 – Modelagem tridimensional do ônibus

4.2. Sistema integrado

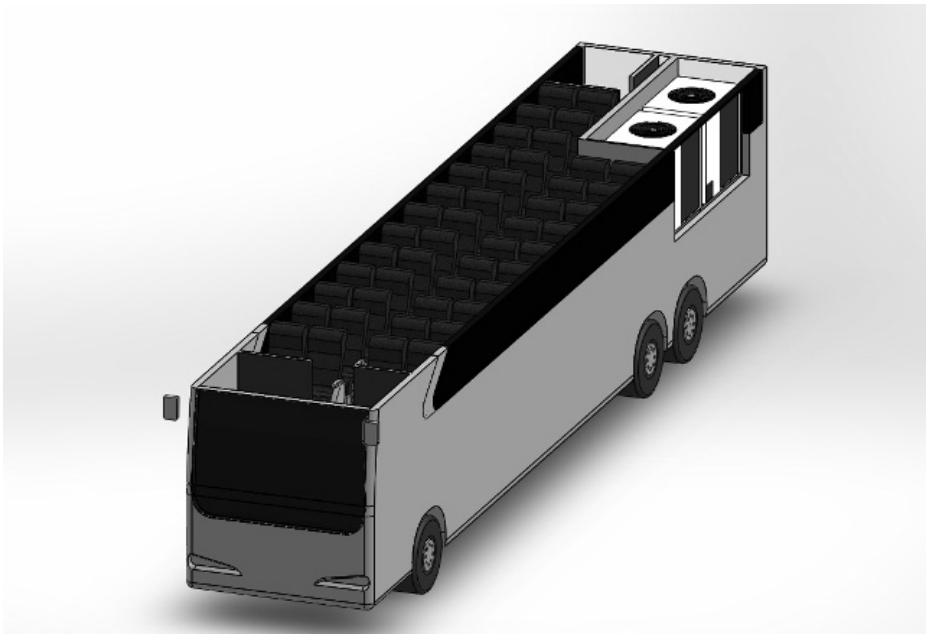

Figura 4 – Montagem: ônibus e chiller de absorção.

5. CONCLUSÕES

Através da modelagem tridimensional, foi realizada uma análise acerca das possíveis instalações do sistema de absorção no ônibus. Como a área de troca de calor (condensação) dos equipamentos necessita estar em livre, não isolada, os mesmos foram locados no fundo do veículo, do lado oposto ao sanitário. Assim, encontram-se próximos ao motor, facilitando as conexões entre esse e o sistema.

Com a instalação das duas unidades do chiller de absorção, são retirados três pares de poltronas e o frigobar. Considerando a massa média dos passageiros como 65 kg (NRB 15570, 2008), têm-se, no mínimo, 585 kg à disposição. Considerando ainda a massa das poltronas, concluí-se que as unidades do chiller, cada uma com 350 kg, não adicionarão carga ao veículo.

Dessa forma, a instalação de um sistema de absorção um veículo de transporte coletivo mostra-se viável, à medida que sejam feitas as devidas alterações para adequar os equipamentos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇÕS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Especificação Técnica ET- 0.00-1**. São Paulo, ARTESP, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15570**. Brasil, 2008.

DENSO. **Catálogo Comercial: LD8-i**. São Paulo, 2008.

MORAN J. M.; SHAPIRO N. H. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**. 6 ed., LTC Editora S.A., 2009.

MOUETTE, D. ; FERNANDES, A. ; SANTANA, A. L. M. . **A Importância da tecnologia Veicular na Implantação de Um Sistema de Transporte Eficiente e Eficaz**. In: 15º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, 2005, Goiânia. 15º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, 2005.

OBERT E. **Motores de Combustão Interna**. Rio Grande do Sul, Ed. Globo, 1971.

ROBUR. **Catálogo commercial: GA Line ACF Series**. Itália, 2011.

SOLIDWORKS. Apostilas: SolidWorks Essencial. EUA, 2006.

SÖZEN, Adnan. **Effect of heat exchangers on performance of absorption refrigeration systems**. Energy Convertion and Management., v. 42, p. 1699-1716, 2001.

STOECKER, W. F.; JONES, J. W. **Refrigeração e Ar-Condicionado**, McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1985.

THERMAX. **Catálogo Comercial: Cogenie and Prochill**. Índia, 2011.