



**ESTADO DA ARTE DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO PARA APLICAÇÕES EM SISTEMAS INDUSTRIAIS**

**Carlos Marlon Silva Santos**

UFBA/Escola Politécnica/DEM/LEN Rua Prof. Aristides Novis nº2, Federação. Salvador –Ba.  
CEP 40210-630 e-mail: marlon@ufba.br

**Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres**

UFBA/Escola Politécnica/DEQ/PPEQ/LEN Rua Prof. Aristides Novis nº2 Federação Salvador –Ba  
CEP 40210-630. e-mail ednildo@ufba.br

***Resumo** O propósito deste trabalho é levantar o estado da arte de sistemas de refrigeração por absorção, descrever suas vantagens e desvantagens frente às outras tecnologias de gerações de frio e Identificar fatores que viabilizam ou não a sua implantação. Para tal fora realizada uma vasta pesquisa bibliográfica em trabalhos publicados no Brasil e no exterior, os quais abordam esta tecnologia e os fatores que influenciam no seu desempenho tais como: temperatura, fluido de trabalho pressão, concentração, etc. O motivo maior deste estudo embasa-se na inserção do gás natural na matriz energética brasileira, o que possibilitará a autogeração de energia através da cogeração, reduzindo assim a energia elétrica consumida na produção de frio. Em favor da utilizando a energia térmica.*

***Palavras-chave.** Refrigeração, Refrigeração por Absorção, Eficiência energética.*

## **INTRODUÇÃO**

Existem inúmeras tecnologias de geração de frio para as diversas aplicações tais como: industriais, comerciais e residenciais, embora a refrigeração por compressão de vapor seja a mais difundida mundialmente. Entretanto, esta tecnologia é baseada no uso intensivo da energia elétrica.

Com o gradativo aumento nos custos de geração de energia elétrica e a degradação das fontes tradicionais de energia disponíveis, a comunidade técnica encontrou-se na necessidade de buscar opções para a reversão deste quadro, atuando assim, em duas vertentes: A primeira vertente objetiva encontrar outras fontes de energia em substituição à energia não renovável e a segunda consiste na melhor utilização da energia consumida, isto é, o uso racional da energia, Torres (1999). Neste cenário, as tecnologias que propiciam um melhor aproveitamento energético tornam-se cada vez mais viáveis. Assim sendo, notou-se que uma forma de geração de frio que não tenha a energia elétrica como fonte principal de alimentação seria muito mais atraente.

Uma possibilidade de fugir do consumo excessivo da energia elétrica em sistemas de refrigeração é usar a energia térmica, haja vista ser essa uma fonte menos nobre de energia e que na maioria dos casos apresenta baixo (ou quase nenhum) custo como fonte de alimentação.

A refrigeração por absorção encaixa-se no atual panorama energético brasileiro, pois com a inserção do gás natural propiciando a autogeração de energia, uma grande fonte térmica estará disponível a custos. A utilização da refrigeração por absorção torna-se consideravelmente vantajosa, uma vez que as máquinas de absorção consomem muito mais energia térmica que as máquinas de compressão, enfatiza Costa (1976),

Além da vantagem de utilização de rejeitos energéticos, os sistemas de refrigeração por absorção contribuem amplamente para a redução do efeito estufa e aquecimento global, pois os fluidos de trabalho dos sistemas absorção tanto comerciais como industriais não agredem a atmosfera como os CFC's como o R11 e R22, por exemplo, que são utilizados na maioria dos sistemas de refrigeração por compressão mecânica.

# SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO

## 2.1. Histórico

O ciclo de refrigeração por absorção é datado historicamente em 1777 quando Nairne realizara os primeiros estudos sobre refrigeração por absorção, Cortez et al. (1994). Em meados de 1850, aproximadamente 100 anos após a invenção da refrigeração mecânica, o engenheiro francês Ferdinand P. E. Carré patenteou a primeira máquina de absorção para produção de gelo, relata Bogatt (1980). Entre 1859 e 1862 foram registradas 14 patentes de sistemas operando por absorção com o par água-amônia. A tabela 1 descreve o histórico da refrigeração por absorção.

**Tabela 1- Histórico de refrigeração por absorção.**

Ano	Autor	Históricos	Objetivo
1777	Nairme	Estudos teóricos	-
1810	Sir John Leslie	Refrigeração intermitente por Água e ácido sulfúrico	-
1823	Carré, Ferdinand.	Primeira máquina Construída e patenteada	- Aplicação: Fabricação de gelo pelos sulistas na Guerra Civil Americana. - Fabricação em grande escala na França, Inglaterra e Alemanha.
1824	Faraday	Refrigeração intermitente Com amônia e cloreto de prata	-
1834	Jakab Perkins	Primeira máquina por compressão	-
1859/62	Carré, Ferdinand.	14 patentes sobre o par água-amônia	-
1880	Linde, Carl (EUA).	Substituição de Absorção por Compressão	- Aplicação em cervejaria que passaram a consumir menos vapor
1899	Geppert (EUA)	- Patente do uso de gás inerte e pressão parcial em refrigeradores por absorção	O sistema montado pelo autor usava ar como gás inerte e não funcionou, pois o ar por ter maior massa molecular que amônia impedia a circulação natural.
1920/40	Altenkirch	Estudos sobre redução De perdas exérgicas	Introdução do retificador, múltipla estágios, uso de gás inerte, uso de refluxo no gerador e absorvedor e demonstração da eficiência dos ciclos de resorção.
1920/30	-	-	Fabricação vários modelos de máquinas intermitentes - "Icy-ball" (Crosley Corp.), "Superflex" (Perfection Stove), "Trukold" (Montgomery Ward)
1922	Platen e Munters	Refrigerador doméstico	Trabalho de formatura no Royal Institute of technology de Estocolmo
1925	ELECTROLUX	Refrigerador doméstico	- Patente comprada de Platen e Munters
1929	Merkel & Bosnjakovic	Diagrama Entalpia X Concentração	-
1938	Niebergall	Métodos de avaliação	-
Década 1940	Tecunseh	Compressor hermético de baixo custo para R12	-
Década de 197-	-	-	Choque do petróleo Unidades para cogeração (Água-amônia e Brometo de lítio – água)

Abreu (1999)

Em 1920, o sistema de absorção já era produzido comercialmente e por volta da década de 30, na Suécia, produziu-se o primeiro refrigerador doméstico da marca Eletrolux sua utilização restringe-se aos anos cinquenta quando fora substituído pela refrigeração por compressão, relata Silva A. (1994).

Os sistemas de absorção usando Água – Brometo de lítio ( $H_2O-LiBr$ ) tiveram seu desenvolvimento em 1945 pela Carrie sendo amplamente utilizados condicionamento de ar em

grandes edifícios, Cortez et al (1994). No final da década 50 J.S Swearinger e E.P. Whitlow construíram a primeira máquina com duplo efeito operando com (H<sub>2</sub>O-LiBr) e em 1985, o ciclo com triplo efeito fora patenteado por Oouchi (Hitachi). Hoje a busca de um COP maior propicia que vários sistemas sejam desenvolvidos e estudados. Srikhirin et al (2001) descreveram inúmeros sistemas e seu correspondente status

Atualmente, o interesse nesta tecnologia é atribuído à utilização de fontes térmicas com baixas temperaturas. Este sistema foi estudado por Bulgan (1997), tornando assim a utilização do calor rejeitado mais eficiente. Seara (2001) estudara o sistema de controle para a temperatura ótima do gerador em sistemas operando com NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O.

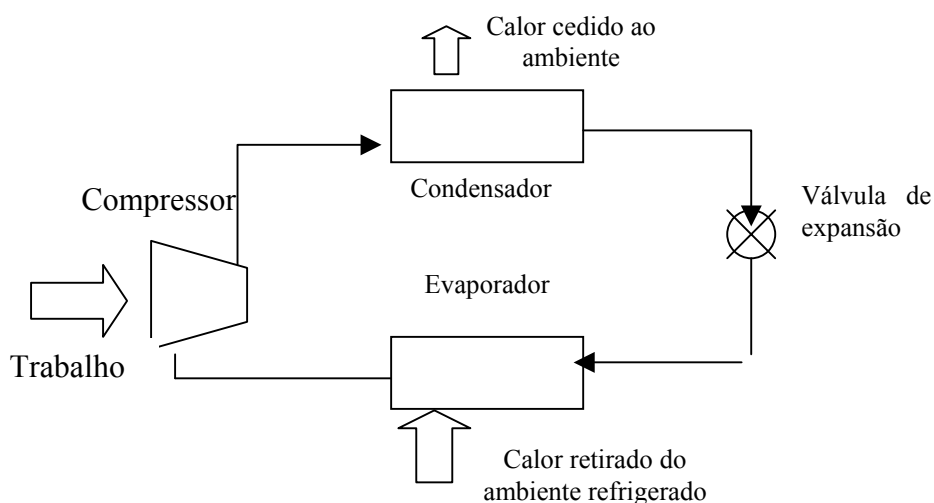
Existem também estudos que abordam sobre a utilização da energia solar como fonte renovável de energia térmica como descrevera Dince B. (1996) O objetivo do estudo é a performance de sistemas de refrigeração por absorção, alimentados por energia solar usando R22 como refrigerante e o DMETEG como absorvente. Li et al (2000) fazem uma revisão na tecnologia de sistemas de ar condicionado alimentados à energia solar usando o par LiBr - Água.

## 2.2. Princípio de Funcionamento

Em geral a refrigeração tem como objetivo transferir calor de um reservatório de baixa temperatura para um reservatório de alta temperatura, relata Silva. (1994). Para os sistemas tradicionais de compressão a vapor esta transferência energética tem como fonte acionadora à energia mecânica de compressão. Esta energia, como foi dito anteriormente, faz-se o consumo intensivo da eletricidade.

O princípio de funcionamento de sistemas de compressão a vapor, consiste na seguinte seqüência: o vapor do fluido refrigerante a baixa pressão é admitido na sucção do compressor que lhe transfere energia aumentando sua pressão e temperatura. Posteriormente o vapor a alta pressão passa pelo condensador onde libera calor para o meio e se condensa, o fluido refrigerante agora na fase líquida passa por uma válvula de expansão, reduzindo assim sua temperatura e pressão. O passo seguinte o fluido refrigerante a baixa temperatura segue para o evaporador, onde absorve calor do meio vaporizando-se retornando ao compressor, recomeçando o ciclo, este circuito pode ser observado na figura (1).

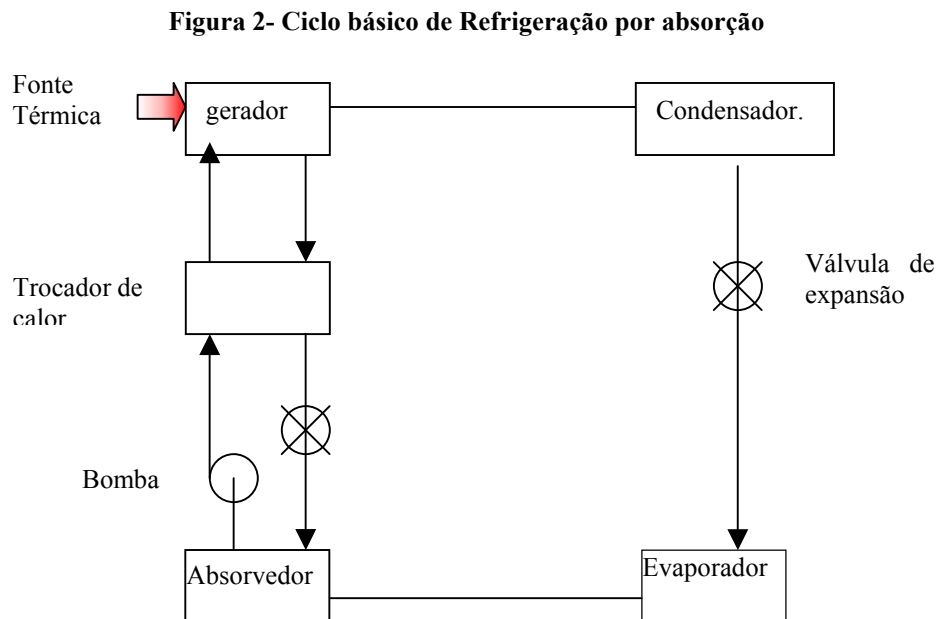
Figura 1- ciclo de refrigeração por compressão



No ciclo de refrigeração por absorção o funcionamento bastante semelhante ao de compressão mecânica, tendo em vista que o condensador, válvula de expansão e evaporador funcionam de maneira análoga. A única diferença entre os dois sistemas é a substituição do compressor mecânico pelo que pode ser chamado informalmente de “compressor térmico” cita Carvalho (1990)

Este compressor térmico é composto, de gerador, absorvedor e trocador de calor, este último tem como objetivo melhorar o rendimento do ciclo, pois ele pré-aquecer a solução que entra no gerador reduzindo assim o consumo de energia térmica pelo gerador, aborda Srikhirin et al. (2001) e acrescenta que esta redução propicia um aumento no desempenho destes sistemas em cerca de 60%.

O princípio fundamental do funcionamento do ciclo de absorção, é a propriedade de que os vapores de alguns fluidos refrigerantes são absorvidos por outros líquidos ou soluções salinas, e pode ser separado pelo aquecimento, Silva (1994). O ciclo de refrigeração por absorção pode ser visto na figura (2).



No gerador a solução absorvente + refrigerante, e aquecida de forma que o refrigerante, mais volátil se evapora. O vapor de refrigerante, a pressão mais elevada, segue então o caminho condensador - válvula de expansão - evaporador, da mesma forma que no ciclo de compressão mecânica.

O vapor a baixa pressão que deixa o evaporador, vai para o absorvedor, onde a pressão é mantida baixa graças à afinidade do absorvente com o vapor de refrigerante. O vapor do refrigerante é absorvido pelo absorvente, da mesma forma que no condensador, este processo é exotérmico, ou seja, fornece calor para o meio.

A solução refrigerante +absorvente bombeada passando pelo trocador de calor onde é pré-aquecida pela solução que vem do gerador a alta temperatura, retornando ao gerador onde recomeça o ciclo. Este pré-aquecimento aumenta o desempenho destes sistemas em cerca de 60% menciona Srikhirin et al (2001).

### 2.3. Fluidos de Trabalho

A performance de um ciclo de refrigeração depende criticamente das propriedades termodinâmicas do seu fluido de trabalho e com os sistemas de absorção isto não seria diferente. Srikhirin et al (2001) mencionam que um requisito fundamental para os pares absorvente – absorvedor em sistemas de absorção é que eles sejam quimicamente estáveis, atóxicos e não explosivos, acrescentando também acrescenta ser desejável que:

- a. A diferença entre os pontos de ebulição do refrigerante puro e da mistura seja o maior possível;

- b. O refrigerante apresente alto calor de vaporização e alta concentração no absorvente para assim manter baixa a taxa de circulação entre gerador e absorvedor por unidade de frio;
- c. Propriedades como viscosidade, condutividade térmica e difusibilidade sejam favoráveis a transferência de calor e massa;
- d. Tanto o refrigerante quanto o absorvedor tenham baixo poder de corrosão, sejam de baixo custo e ambientalmente corretos.

Podemos encontrar na literatura vários fluidos de trabalho para sistemas de absorção. Marcriss (1988) descreve cerca 40 compostos refrigerantes e 200 absorventes disponíveis. A tabela (2) mostra alguns dos pares mais conhecidos, apresentados por Cortez (1998), entretanto os mais difundidos são os pares Água/amônia e LiBr/Água.

**Tabela 2- pares mais conhecidos utilizados em sistema de absorção**

Corpo absorvente	Fluido Refrigerante
Água	Amônia (NH <sub>3</sub> ) Metil amônia (CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> ) e outras Aminas Alifáticas
Solução de Brometo de lítio em água	Água.
Solução de Cloreto de Lítio em Metanol	Metanol (CH <sub>3</sub> OH)
Acido Sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Água.
Hidróxido de potássio (KOH) ou de sódio NaOH ou misturas	Água
Sulfocianeto de amônia (NH <sub>4</sub> CNS)	Amônia(NH <sub>3</sub> )
Tetraclorotano (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> )	Cloreto de etila
Óleo de parafina	Tolueno (C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> ), Pentano (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> ).
Glicol Etilico(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> CL <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> )	Matil Amina (CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> )
Éter Dimetílico de Glicol Tetraetilico (CH <sub>3</sub> (OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> OCH <sub>3</sub> )	Monofluor –Diclorometano (CHFCl <sub>2</sub> ) Diclorometano (CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )

As aplicações destes fluidos são bem distintas. O sistema Água/amônia tem como refrigerante a amônia e conseqüentemente a água como fluido absorvedor esta configuração permite alcançar temperaturas de evaporação mais baixas como relatado por Mühle (1985).

Apesar do uso da amônia como refrigerante já ser instituído em sistemas de refrigeração, menos de 2% da amônia produzida comercialmente no mundo é usada nesses sistemas ressalta a ASHRAE (1993).

Vários estudos podem ser encontrados na literatura abordando sistemas de refrigeração por absorção usando o par água – amônia. Borgat (1980) estuda a amônia para sistemas industriais de refrigeração de maneira ampla descrevendo os equipamentos que compõe o sistema. Silva A. (1994) faz uma análise energética e exergética de um sistema que opera com este fluido. Cortez et al (1994) estuda esta a refrigeração utilizando o par água/amônia para o caso brasileiro onde também compara a energia requerida entre uma instalação de compressão e absorção, esta comparação pode ser vista na Tab.(3).

**Tabela 3- Comparação da energia requerida entre instalação de compressão e de absorção com temperatura de condensação a 35°C**

Temperatura de evaporação (°C).	Energia requerida compressor (kWh)	Energia requerida gerador (MW)	Mínima temperatura necessária no gerador (°C)	Energia requerida na bomba (kWh)
10	158	1,79	95	14
5	193	1,89	100	16
0	229	1,93	107	18
-5	267	2,06	115	20
-10	306	2,17	120	21
-15	347	2,30	128	23
-20	389	2,50	137	25
-25	432	2,67	145	27
-30	478	2,90	152	29
-35	526	3,27	162	31
-40	576	3,74	170	32
-45	627	4,30	172	34
-50	628	5,05	175	35

Uma característica relevante nos sistemas de refrigeração por absorção usando Água-amônia é que tanto a água quanto a amônia são voláteis, sendo assim faz-se necessário a instalação de um retificador para drenar a água, (esta normalmente se evapora junto com a amônia) liberando a amônia, praticamente, pura para o condensador. Caso não ocorra esta drenagem a água acomodarse-á no evaporador reduzindo a performance do sistema, evidencia Sriksirin et al (2001).

Já para os sistemas que utilizam o par LiBr-Água, não existe a necessidade do retificador, haja vista não ser o Brometo de Lítio volátil como a água. Este sistema tem sua aplicação limitada a uma temperatura de 0°C, para evitar assim o congelamento da água nas tubulações, outra medida para evitar este fenômeno estes sistemas operam em alto vácuo.

Outras características de soluções de Brometo de Lítio são: a predisposição para cristalizar quando em altas concentrações, alto custo e poder corrosivo, cita Sriksirin et al (2001). A literatura fornece diversos estudos abordando estas características. Pirksen (2001) substâncias inibidoras da cristalização do Brometo de Lítio. Já Wen (1992) relata substância que previnem a corrosão das tubulações neste sistema.

A propriedade da absorção da água em LiBr, considerada como operação fundamental neste sistema relata Kin et al. (1995), logo o absorvedor se torna um equipamento de fundamental importância para o desempenho deste processo, podemos encontrar em Deug (1998) um estudo experimental do absorvedor para sistemas LiBr-H<sub>2</sub>O.

Outra preocupação do meio acadêmico e melhorar a performance dos sistemas de refrigeração por absorção, e identificar quais os fatores influencia esta performance (Kernen, 1994; Summer, 1995; Sum, 2000) relata a variação de COP (Coeficiente de Performance) com a solução utilizada como fluido de trabalho.

Apesar de na maioria dos sistemas fazer uso de soluções binárias como fluido de trabalho, soluções ternárias podem ser encontradas em sistemas experimentais e simulações como mostrado em (Balamuru et al 2001, Kin 2000).

## **2.4. Ciclos de absorção disponíveis**

Nos sistemas comerciais de refrigeração por absorção encontramos os chillers, que são unidades compactas de refrigeração e alguns usam o par LiBr-H<sub>2</sub>O, fornecendo assim água gelada. Os modelos encontrados são de um ou dois estágios nas tabelas 4 e 5 podemos ver a variação do COP vazão de água gelada e vazão de vapor, para modelo com o acionamento por vapor ou água quente da marca TRANE.

**Tabela 4- Dados de performance de chiller de absorção - Trane simples estágio**

Modelo	Capacidade (kW)	COP	Vazão de vapor (kg/kW-h)	Água gelada Vazão (m <sup>3</sup> /h)
ABSD500	2008	0,71	2,28	310
ABSD600	2356	0,72	2,25	364
ABSD700	2595	0,71	2,28	401
ABSD800	3021	0,72	2,27	466
ABSD975	3510	0,71	2,31	542
ABSD1100	3886	0,70	2,32	600
ABSD1225	4354	0,70	2,31	672
ABSD1350	4821	0,71	2,31	754

**Tabela 3- Dados de performance de chiller de absorção - Trane duplo estágio**

Modelo	Capacidade (kW)	COP	Vazão de vapor (kg/kW-h)	Água gelada Vazão (m <sup>3</sup> /h)
ABTF-380	1266	1,20	1,25	196
ABTF-440	1498	1,21	1,25	231
ABTF-500	1734	1,21	1,24	268
ABTF-575	1963	1,21	1,24	303
ABTF-660	2318	1,22	1,24	358
ABTF-750	2691	1,21	1,24	416
ABTF-850	3218	1,23	1,23	497
ABTF-950	3623	1,23	1,23	559
ABTF-1050	4027	1,24	1,22	621

Fabricados pelo TRANE, YORK, CARRIER, por exemplo, os chillers são apresentados em sistemas de acionamento direto (Direct-fired), ou seja, o calor fornecido ao sistema de refrigeração é obtido através da queima direta, de óleo ou gás ou em sistemas de queima indireta, quer calor fornecido de linha de água quente (Hot Water) ou vapor (Steam-Fired).

Quando o objetivo é alcançar temperaturas abaixo de zero faz-se uso de instalações frigoríficas usando água-amônia estes sistemas diferentemente dos chillers não são unidades compactas, necessitando assim, de um espaço maior para sua instalação. Mühle (1998), descreve vários sistemas água-amônia desde instalações industriais até barcos de pesca e carretas frigoríficas.

Existem vários sistemas em fase experimental e simulação de sistemas com três efeitos e quatro efeitos que são estudados por Grossmam (1995)

## 2.5. CONCLUSÃO

Várias ações estão sendo tomadas com o propósito de melhorar a eficiência dos ciclos de refrigeração por absorção, visando tornar esta tecnologia cada vez mais acessível e satisfatória às necessidades comerciais, industriais e tecnológicas do setor de refrigeração.

Muitos trabalhos estão sendo realizados tanto no Brasil quanto no exterior tendo como foco a tecnologia de refrigeração por absorção isso reflete a sua importância no setor, desta forma pode-se observar o vasto campo para muitos estudos futuros.

Avaliações de desempenho termodinâmico, energético e exergético com base na segunda lei da termodinâmica visando identificar as irreversibilidades dos equipamentos que compõe o sistema de refrigeração por absorção aparecem no cenário acadêmico tais como (Silva, 1993; Ng, 1995; Chua, 1997; Talbi, 2000; Varani, 2001).

Novos ciclos estão sendo desenvolvidos e testados como sistemas de múltiplos estágios, sistemas combinado ejetor – absorvedor que se mostra com uma opção viável para o futuro Srikinrin et al. (2001).

## 2.6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FEP pela bolsa de iniciação científica

## 2.7. REFERÊNCIAS

- Abreu, A.F., 1999, "Sistema de refrigeração intermitente: concepção, dimensionamento, construção, ensaio e considerações econômicas" tese de (doutorado) da USP São Paulo Brasil.
- ASHRAE, 1993, "Ammonia as refrigerant" Position Paper Atlanta Ga USA
- Balamuru, V.G., Ibrahim, O.M., Barnet, S.M., 2000. "Simulation on ternary ammonia-water-salt absorption refrigeration cycles" *Int. Journal of Refrigeration* vol. 23 pp 31-42
- Bogat, M.; 1980 "Ammonia absorption refrigeration in industrial process" ed. Gulf Publishing Company, Huston Texas USA
- Bulgan, A.T.; 1997 "Use of low temperature energy source in aqua-ammonia absorption refrigeration systems" *Energy conversion management* vol.14 n.14 pp 1431-1438
- Carvalho, J.G; 1990, "Alternativas para o uso do gás natural no Brasil - sistemas de refrigeração" *Cedoc Revista Abrava*.
- Chua, H.T, Gordon, J.M., Ng, K.C., and Han Q.; 1995, "Entropy production analysis and experimental confirmation of absorption systems." *Int. Journal of Refrigeration* vol. 20 pp 179-190.
- Cortez, L.A.B.; Mühle I.N.; Silva,A., 1994 "Refrigeração por absorção com o para água- amônia e seu potencial no caso brasileiro" *revista Abrava Jan-Fev* pp33-38
- , 1998, "Histórico e Considerações Sobre a Refrigeração Por Absorção", *Estudos Técnicos e Economia de Energia em Refrigeração 1ª. Ed, vol. 1, Editora: Universidade do Amazonas, Manaus AM Brasil*.
- Costa E.C., 1976, "Física Industrial-Refrigeração, vol II Editora EMMA. Porto, Porto Alegre RS Brasil".
- Deug, S.M., Ma, W.B., 1996 "Experimental studies of characteristics of an absorber using LiBr-H<sub>2</sub>O solution as work fluid" *Int. Journal of Refrigeration* vol.22 pp. 293-301.
- Dince, I., Edin, M., and Ture, I. E. 1996, "Investigation of thermal performance of solar powered absorption refrigeration systems" *Energy conversion management* vol.37 n.1 pp 51-58
- Grossman, G., M. Wilk and R.C. DeVault 1993. "Simulation and Performance Analysis of Triple-Effect Absorption Cycles," *ASHRAE Trans.*, vol.100, no.1, 1995 pp.452-62
- Grossman, G., A. Zaltash and R.C. DeVault 1994. "Simulation and Performance Analysis of a 4-Effect Lithium Bromide-Water Absorption Chiller," *ASHRAE Trans.*, vol.101, no.1, 1995 pp.1302-12
- Herold K.E., Radermacher R., Howe L., Erickson D.C, 1991 "Development of an absorption heat pump water heater using an aqueous ternary hydroxide working fluid". *Int Journal of Refrigeration* vol. 14 pp 156-167.
- Kin, J.K., Park, Y., Lee, H.1999, "Performance evaluation of absorption chillers using LiBr +H<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>) OH+H<sub>2</sub>O; LiBr+HO(CH<sub>2</sub>) 3OH+H<sub>2</sub>O and LiBr+(HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>) NH+H<sub>2</sub>O as working fluid" *Applied Thermal Engineering* v.19 pp 217-225
- , Berman, N.S., Chau, D.S.C., Wood, B.D., 1995, "Absorption of water vapour into falling films of aqueous Lithium Bromide" *Int Journal of Refrigeration* vol. 19 pp 486-498.
- Li, Z.F., Sumathy, K.; 2000, "Technology development in solar absorption air-conditioning systems" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* vol.4 pp267-293.
- Mühle, I.N.; 1985, "Produção de frio por aquecimento direto ou indireto usando qualquer tipo de combustível" *Revista ABRAVA* 1995 Jan-Fev pp 77-84
- ; 1998, "Instalação frigorífica a absorção" *Estudos Técnicos e Economia de Energia em Refrigeração 1ª. Ed, vol. 1, Editora: Universidade do Amazonas, Manaus AM Brasil*.
- Pirksen J.A., Ring T.A., Durval K.N., and Jongen, N., 2001 "Testing of crystallization inhibitor in industrial LiBr Solution" *Int. Journal of Refrigeration* vol. 24 pp 856-859.



- Seara, J.F., Marques, M., 2001 "Study and control of the optimal generation temperature in NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O absorption refrigeration systems" Applied Thermal Engineering vol 21 pp 343-357
- Silva, A. da 1994, "Avaliação energética e exergética de uma instalação experimental de refrigeração por absorção (água - amônia) para a produção de gelo a partir de vapor de processo" tese (de mestrado) FEM/UNICAMP São Paulo Brasil.
- Srikhirin, P.; Aphornratana, S.; Chunpaibulpatana, S.; 2001, "A review of absorption refrigeration technologies." Int. Journal of Refrigeration vol.19 n.7 pp343-372.
- Sum, D.W., 1998 "comparison of the performance of NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O; NH<sub>3</sub>-LiNO<sub>3</sub> and NH<sub>3</sub>-NaSCN Absorption Refrigeration Systems" Energy Conversion Management vol 39 pp 357-368
- Talbi, M.M, Agnew, B.; 2000, " Exergy analysis: An absorption refrigerator using lithium bromide and water as working fluid." Applied Thermal engineering vol.20 pp 619-630.
- Torres, E.A., 1999, " Avaliação energética e termoeconômica de um sistema de cogeração de um pólo petroquímico" FEM/UNICAMP, tese de (doutorado). Campinas-SP
- Trane. 2001 "Thermachill Absorption Chiller, two stage steam fired or Hot Water absorption chiller"
- Trane. 2001 "Thermachill Absorption Chiller, single stage steam fired or Hot Water absorption chiller"
- Wen, T.C Lin, S.M.; 1992 "Corrosion inhibitors the absorption system". J Chin Inst Chem Eng; vol 6 pp 22-31.
- Varani, C.M.R. 2001 "Avaliação energética e exergética de uma unidade de refrigeração por absorção água; brometo de lítio" FEM/UFPB, tese de (doutorado) João Pessoa-PB.

## STATE OF THE ART AT ABSORPTION REFRIGERATION FOR APPLICATION IN INDUSTRIALS SYSTEMS

### **Carlos Marlon Silva Santos**

UFBA/Escola Politécnica/DEM/LEN Rua Prof. Aristides Novis nº2, Federação. Salvador –Ba. CEP 40210-630 e-mail: marlon@ufba.br

### **Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres**

UFBA/Escola Politécnica/DEQ/PPEQ/LEN Rua Prof. Aristides Novis nº2 Federação Salvador – Ba CEP 40210-630. e-mail ednildo@ufba.br

**Abstract.** *This paper provides a rising of the state of art of the absorption refrigeration systems, describing its advantages and disadvantages, face others technologies of cold generation, which has a electrical energy as drive source and identifying factors that make its implementation possible or not. For that, was made a vast bibliographical research in papers published at Brazil and the exterior, which approach this technology and the factors which influence its performance such as, temperature, work fluid, pressure concentration, etc. The insertion of natural gas on Brazilian energy panorama motivated the study of this technology. The possible self-generation of energy though co-generation will change the usage of electric energy to cold generation for thermal energy as primary energy source.*

**Key Words.** *Refrigeration, Absorption Refrigeration, Energetic efficiency*