

AR CONDICIONADO VERSUS CLIMATIZADORES POR EVAPORAÇÃO

ALEXANDRE OCTÁVIO R. LOPES¹, GUILHERME R. DA COSTA GABARRA¹,
BRUNO W. FONTES LIMA¹

¹ Curso de graduação – Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP

RESUMO: Este trabalho buscou analisar a viabilidade econômica e aceitação popular da implantação de climatizadores por evaporação de água na substituição de aparelhos de ar condicionado convencionais no bloco A da Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP. Os dois métodos de refrigeração foram avaliados levando-se em conta parâmetros como potência, carga térmica, energia consumida, custo de implementação, vantagens e desvantagens. Concluiu-se que os climatizadores de ar por evaporação apresentam uma grande vantagem sobre os aparelhos de ar condicionado convencionais quando se procura um conforto térmico de pessoas e diminuição de impactos ambientais negativos, todavia são pouco conhecidos do público.

PALAVRAS CHAVE: climatização, evaporação, carga térmica, camada de ozônio, economia de energia.

INTRODUÇÃO:

Como sabemos os aparelhos de ar condicionados não agradam a todos, devido algumas desvantagens, entre elas: o ar seco, a recirculação do ar (não renovação do ar), alto consumo de energia elétrica e ainda o uso de gases prejudiciais à camada de ozônio e efeito estufa. Surge como solução viável, um aparelho de resfriamento que, além de utilizar menos energia elétrica, deixa o ar mais úmido e ainda renova o ar não fazendo o uso de nenhum gás. São os climatizadores por evaporação.

Como o próprio nome sugere, o princípio físico de funcionamento do aparelho é por

evaporação da água. O fato de a evaporação ser um processo bastante endotérmico foi o início para a realização desta idéia. Além disso, é um processo adiabático, pois não emite calor para o ambiente trocando apenas o calor latente necessário para a transformação do estado físico.

O esfriamento por evaporação acontece com frequência na natureza. Temos como exemplo a brisa fresca próxima a uma cachoeira, ou até mesmo em nossa transpiração, que nada mais é do que um modo de diminuir a temperatura do corpo, pois o suor troca calor com o ambiente esfriando assim nosso corpo.

Este fenômeno já era observado desde a antiguidade. Panos molhados e chafarizes eram colocados em pátios internos para criar um ambiente mais ameno. Os antigos egípcios colocavam grades jarros de barro cheios de água nas entradas das pirâmides, para que o ar passasse pelos jarros e trocasse calor com a água, entrando nas pirâmides mais frio (ECOBRISA, 2006).

Este trabalho analisou a viabilidade econômica e aceitação popular da implantação de climatizadores por evaporação de água na substituição de aparelhos de ar condicionado convencionais no bloco A da Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP

MATERIAL E MÉTODOS:

Para a construção da base teórica deste trabalho foi estudado o funcionamento de ambos os equipamentos: ar condicionado e climatizadores por evaporação (MORAN & SHAPIRO, 2002).

Após tal estudo, um questionário foi elaborado a fim de avaliar a opinião e o conhecimento a respeito de ar condicionado e climatizadores de freqüentadores do bloco A da Engenharia Mecânica/UNICAMP, os quais são os maiores usuários dos aparelhos em questão (Ver anexo I). Tal questionário foi aplicado a um grupo de 134 pessoas. Com isso pôde-se avaliar a aceitação pública, para posterior análise técnica

e financeira, de uma possível mudança no sistema de refrigeração do bloco A.

Ainda como parte da pesquisa, foi realizada uma visita à Ecobrisa, empresa no ramo de climatizadores a evaporação, a fim de tirarmos as últimas dúvidas e ainda conseguir material demonstrativo.

Fazendo uso de termômetro e higrômetro, ambos digitais, cedidos pelo Laboratório de Térmica e Fluidos, pôde-se medir temperatura e umidade do ar, comparando o funcionamento de ambos. Ainda fizeram-se medições do consumo elétrico, utilizando um multímetro comum. Para o consumo de água do climatizador utilizaram-se os valores nominais, pela indisponibilidade de um equipamento pra medir vazão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Nas últimas décadas tem-se presenciado um aumento substancial do buraco na camada de ozônio. A camada de ozônio, fina camada de O₃ localizada na estratosfera, é uma barreira natural contra os raios ultravioleta, uma radiação nociva a todos os organismos vivos. Apenas em 1984, cientistas britânicos se deram conta de um rombo na camada de ozônio sobre a Antártida, provocando uma corrida mundial pela preservação do ozônio.

Os clorofluorcarbonetos, mais conhecidos como CFCs, são os grandes vilões deste fato. Desde 1930 os CFCs são largamente utilizados em sistemas de refrigeração de

geladeiras, ares condicionados e em aerossóis. Apenas em 1973 pesquisas concluem que os CFCs são capazes de destruir a camada de ozônio. Suas moléculas, sob a ação dos raios ultravioleta, são quebradas e as moléculas de cloro liberadas. Estas se associam ao ozônio destruindo-o. Estima-se que cada átomo de cloro destrói cerca de 100 mil moléculas de O_3 . Para piorar ainda mais os clorofluorcarbonetos tem uma longa vida útil, permanecendo na atmosfera. Hoje o buraco na camada de ozônio chega a 27 milhões de km_2 . Para conter este crescimento criou-se o protocolo de Montreal, que não permitia o uso de compostos de CFCs. A partir de então alternativas começaram a ser desenvolvidas, como o climatizador, em substituição para o ar condicionado.

O climatizador de ar possui um ventilador que força o ar externo através de um painel evaporativo, sobre o qual a água circula continuamente pela ação de uma bomba. Nesta passagem do ar pelo painel, há a troca de calor entre a água e o ar. A água que evapora garante uma maior umidade do ar resfriado e é reposta por uma bóia que mantém o nível do reservatório constante. Tal processo garante um resfriamento de até $12^\circ C$ (Figura 1).

Porém, o aparelho possui algumas condições para um bom funcionamento. A troca contínua do ar ambiente por ar resfriado é fundamental para manter as condições de

conforto térmico no ambiente. O recirculamento do ar já resfriado não é interessante em questões de resfriamento já que com o aumento da umidade do ar a diminuição de temperatura será menor. Esta característica faz com que o aparelho possa ser usado com portas abertas sem prejudicar o conforto térmico assim como o funcionamento do aparelho.

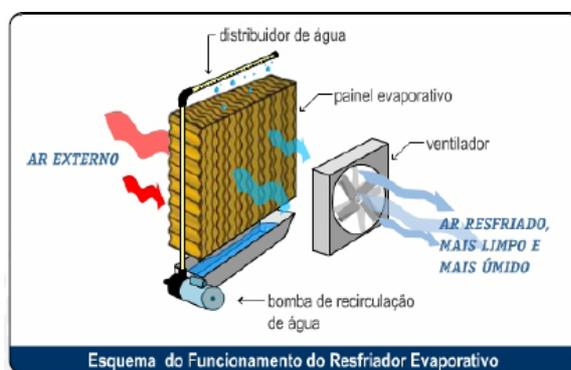


Figura 1. Esquema de funcionamento de um resfriador evaporativo (FONTE: ECOBRISA).

Como o citado, o resfriamento oferecido pelo climatizador por evaporação depende fundamentalmente da umidade relativa do ar, tendo uma relação inversamente proporcional. Isto é, quanto menor a umidade relativa do ar, maior é o resfriamento obtido pelo aparelho. (Tabela 1).

Tabela 1. Umidade relativa, temperatura e sua redução em climatizadores.

Temperatura de Entrada	25° C	32° C	37° C
Umidade Relativa	Redução de Temperatura		
30%	8,5° C	9,5° C	11,0° C
40%	7,0° C	8,0° C	8,5° C
50%	5,5° C	6,5° C	7,0° C
60%	4,5° C	5,0° C	5,5° C
75%	2,5° C	2,5° C	3,0° C

A temperatura resultante no ambiente depende da carga térmica, da vazão e temperatura do ar insuflado. Com esta característica, faz-se a seguinte análise: durante o dia temos uma grande variação de temperatura e a umidade relativa do ar varia inversamente, logo quando temos a maior temperatura do dia (por volta das 12h), temos a menor umidade, resultando assim numa maior eficiência do aparelho. Com isso é garantida a diminuição de picos de temperatura e umidade, propiciando um maior conforto térmico.

Já o ar condicionado tem como seu princípio de funcionamento a expansão de um gás comprimido. Essencialmente trata-se de um circuito fechado em que o gás faz a interface dos ambientes interno e externo. Forçando a saída do calor do ambiente mais frio para o mais quente.

Esse processo acontece da seguinte forma: O gás é comprimido, adquirindo energia térmica, até atingir estado líquido; Então ele é passa por um condensador, que com ajuda de uma ventoinha, troca energia com o ar externo

aquecendo esse um pouco mais, e ficando ainda mais denso; Em seguida ele é expandido em um bocal (ou válvula) de expansão, e segue para um evaporador, em que o calor do ar que passa para dentro do ambiente é usado pra evaporar novamente o gás. Assim, o ar para o ambiente interno, sai do aparelho mais frio, e também mais seco: na última parte do processo a umidade suspensa no ar fica retida, condensada nas espiras do evaporador (essa água é coletada e descartada como esgoto). Assim é possível um controle rigoroso da temperatura e umidade de uma sala, independente das condições externas.

Essencialmente o princípio de funcionamento é o mesmo de um climatizador evaporativo: “roubar” calor do ar para fazer gasoso um fluido. O sistema de ar condicionado procura uma queda substancialmente maior da temperatura do ar de saída, colocando seu fluido num estado em que requer mais energia para passar ao estado gasoso.

Para ser colocado nesse estado, menos energético, é necessário que em algum lugar do sistema haja um aporte de energia na forma de trabalho (pela 1ª lei termodinâmica). Isso acontece no compressor, onde energia elétrica é transformada em trabalho mecânico. Não é surpresa descobrir os maiores consumos energéticos nos aparelhos de ar condicionado, já que esse tipo de aparelho tem eficiência notadamente baixa.

É importante notar, ainda que apesar do protocolo de Montreal proibir o uso de CFCs, o fluido utilizado no ar condicionado (comumente o R-22) é tóxico e também ataca a camada de ozônio. Isso requer custos adicionais com produção e manutenção.

Com a pesquisa realizada avaliamos a aceitação pública dos climatizadores por evaporação. Dos 134 alunos entrevistados, 51% não sabiam o que eram os climatizadores, 40% já tinham ouvido falar, e 9% sabiam o que eram. E apenas 14% já os tinham visto em funcionamento, revelando assim o fato deste aparelho apesar de eficiente ser pouco conhecido e utilizado.

Um dado curioso é que 96% dos entrevistados afirmaram se expor por mais de 2 horas diárias a ambientes com ar condicionado, embora apenas 28% gostem do conforto proporcionado pelos aparelhos convencionais.

Após uma explanação sobre as vantagens do climatizador, 60% dos entrevistados afirmaram que optariam por climatizadores, ainda que mais caros, enquanto 34% disseram que dependeria do preço dos aparelhos.

Levando em conta a boa aceitação do climatizador como alternativa aos ares condicionados, tomamos como exemplo uma sala do bloco A (EM25) para análise de viabilidade de uma possível implementação. Tal sala tem capacidade máxima de 73 pessoas, está equipada com 1 computador, lâmpadas

fluorescentes e 5 aparelhos de ar condicionado e possui 72m². Sendo que uma pessoa em repouso libera uma quantidade de calor correspondente a cerca de 70 watts (70w=1Kcal/min.), tem-se um total de 5110 watts, ou ainda 17500 BTU/h de capacidade térmica. Desprezando o computador e as lâmpadas e considerando que a sala estivesse com sua capacidade total seriam necessários ao menos dois aparelhos de 12000BTU/h. Mas, devido ao seu tamanho, seriam necessários quatro aparelhos operando na capacidade máxima. Isto representa um gasto de R\$315,00/mês. Levando em conta a substituição por climatizadores do modelo EB20, equivalentes aos aparelhos de ar condicionado de 12000BTU/h, seriam necessários cinco aparelhos operando com folga. Isto representaria um gasto de R\$35,00/mês. Tal economia pagaria o custo da troca dos aparelhos em 12 meses.

Com estas análises em mãos, podemos fazer a comparação entre os dois aparelhos comparando suas principais características. Tal comparação encontra-se nas Tabelas 2 a 5.

Tabela 2. Estimativa de custo operacional de um climatizador de ar (Ecobrisa 20) e um aparelho de ar condicionado (12.000 Btu/h).

	ECOBRISA 20	Condicionador de ar 12.000 Btu/h
Indicado para ambientes de (m²)	10 a 20(*)	13 a 20 (**)
Consumo (W)	95	1.162 a 1.580 (**) média = 1.371
Consumo elétrico mensal, 8h/dia, 20 dias/mês (kWh)	15	219
Custo mensal energia elétrica (com R\$ 0,36 / kWh)	R\$5,40	R\$ 78,84
Consumo de água médio (l/h UR 50%)	3	-
Consumo mensal (m³)	0,48	-
Custo mensal da água (R\$ 3,00 / m³)	R\$ 1,44	-
Custo mensal total	R\$ 6,84	R\$ 78,84
Conclusões	Economia superior a de 90% Equipamento se paga em cerca de um ano e meio	

(*) dados obtidos em folhetos de divulgação da ECOBRISA

(**) dados obtidos em folhetos de divulgação da Springer e da Elgin

Tabela 3. Comparação sobre a manutenção de um climatizador de ar (Ecobrisa 20) e um aparelho de ar condicionado (12.000 Btu/h).

	ECOBRISA 20	Condicionador de ar 12.000 Btu/h
Tipo e periodicidade	Limpeza mensal do reservatório de água e trimestral das colméias a ser feita pelo usuário, funcionário ou técnico não especializado	Limpeza mensal do filtro de ar feita pelo usuário e limpeza interna semestral ou anual feita por técnico especializado
Diversos	Troca das colméias a cada quatro anos em média. Custo das colméias: R\$ 120,00 (representa R\$ 30,00 por ano)	
Conclusão	Exige um pouco mais de limpeza, porém não exige mão de obra especializada.	

Tabela 4. Comparativo funcional de um climatizador de ar (Ecobrisa 20) e um aparelho de ar condicionado (12.000 Btu/h).

	ECOBRISA 20	Condicionador de ar 12.000 Btu/h
Renovação de ar	100% de renovação de ar eliminando poluentes, odores, fumaça, microorganismos, CO ₂ do ambiente. Deve ser mantida porta ou janela aberta.	Pouca ou nenhuma renovação de ar. Ambiente deve ser fechado. Concentra poluentes, cheiros, fumaça de cigarro e CO ₂ .
Umidade do ar (UR)	Aumenta a UR do ar para a faixa 65 a 75%. Quando a umidade externa é alta, não aumenta a UR e apenas ventila o ambiente.	Reduz a UR do ar, causando problemas dermatológicos, de garganta e nariz nos meses mais secos.
Temperatura	A redução de temperatura depende da UR e temperatura do ar externo. O processo é auto-regulado. Não é indicado para climas muito úmidos.	Regulagem por termostato. É comum a queixa de frio excessivo ou de choque térmico ao entrar e sair do ambiente. Pode ser usado em qualquer clima.
Conclusões	Para a maior parte do Brasil o resultado é um “ar condicionado” mais agradável e mais saudável	Funciona em qualquer clima porém há muitas queixas quanto à qualidade do ar

Tabela 5. Comparação de um climatizador de ar (Ecobrisa 20) e um aparelho de ar condicionado (12.000 Btu/h) em termos ambientais.

	ECOBRISA 20	Condicionador de ar 12.000 Btu/h
Conservação de Energia	Consumo de energia elétrica muito baixo, comparável a um simples ventilador. Representa economia de energia de cerca de 90%.	O ar condicionado convencional é um voraz consumidor de energia .
Consumo de água	Consumo de água por dia equivalente a ½ banho de chuveiro de uma pessoa ou duas descargas de vaso sanitário.	Não consome água
Impactos no meio ambiente	Não utiliza nenhum gás. Utiliza apenas água como fluido de trabalho. Conservação de materiais: pesa cerca de 35% do peso de um condicionador de ar.	Utiliza gás refrigerante HCFC que prejudica a camada de ozônio. Novos gases substitutivos ainda contribuem para o efeito estufa ou apresentam toxidez elevada.
Conclusões	Forma de climatização mais adequada a um contexto de desenvolvimento sustentável.	-----

CONCLUSÃO

Após a discussão realizada ao longo do trabalho, pode-se concluir que os climatizadores de ar por evaporação apresentam uma grande vantagem sobre os aparelhos de ar condicionado convencionais, quando se procura o conforto térmico de pessoas.

Quando se leva em conta a qualidade do ambiente refrigerado, o climatizador leva vantagem, já que não deixa o ar tão seco (principal reclamação dos usuários de ar condicionado convencional) e não tão gelado (com uma umidade do ar maior, não há necessidade de temperaturas tão baixas para uma mesma sensação térmica). Entretanto, o uso de climatizadores não é indicado para todas as condições. Ambientes em que é necessário um rigoroso controle da temperatura, ou então ambientes em que uma umidade relativa do ar alta seria prejudicial, como laboratórios de informática, aparelhos convencionais ainda são os mais indicados.

Levando-se em consideração a economia de energia, e conseqüentemente, o custo de utilização, os climatizadores novamente demonstram um diferencial quando comparados. Seu custo de operação chega a ser nove vezes menor, o que, mesmo trocando-se os aparelhos convencionais por climatizadores, retornariam o capital investido em aproximadamente 1 ano.

Um ponto observado é que, apesar de todas essas vantagens, o uso de climatizadores ainda é

pouco difundido. Percebeu-se, com a pesquisa realizada, que a maioria dos entrevistados não tinha conhecimento do aparelho. Um ponto que pode, e deve ser explorado, pelas indústrias produtoras de climatizadores, já que além da economia energética, há a não agressão ao meio ambiente, principalmente à camada de ozônio. Outro ponto a ser explorado é o fato de que poucas pessoas que se sentem confortáveis nos ambientes com aparelhos convencionais.

Políticas de troca dos aparelhos convencionais por climatizadores por evaporação (ou outras alternativas) deverias ser encorajadas, principalmente em ambientes públicos, por proporcionar um ambiente mais saudável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ECOBRISA. **O que é resfriamento evaporativo..** Disponível em: <<http://www.ecobrisa.com.br/funcionamento/resfr-evap.html>>. Acesso em: 20 junho 2006.

MORAN, M.; SHAPIRO, H. **Princípios da Termodinâmica para Engenharia.** 4^a edição. LTC Editora: Rio de Janeiro, 2002. 681p.

GARCIA, N. A.P.; VAZ, C.M.A. **Controladores digitais para aparelhos de ar condicionado.** Disponível em: <<http://www.cedet.isel.ipl.pt/seccoes/sea/proj/TrabRealizados/ContrDigArCondicionado/HTML/f>



unc_sist_refrigeracao.htm>. Acesso em: 20 junho 2006.

5. Entre um aparelho de ar condicionado e um climatizador, qual escolheria?

- Depende do preço
- AC, mesmo que mais caro
- Climatizador, mesmo que mais caro

Anexo 1

Ficha de Coleta de Dados

1. Com que frequência se expõem a ambientes com ar condicionado ?

- | | |
|--|----|
| <input type="checkbox"/> Nunca | 0 |
| <input type="checkbox"/> Raramente | 1 |
| <input type="checkbox"/> mais de 1 hora por dia | 4 |
| <input type="checkbox"/> mais de 2 horas por dia | 31 |
| <input type="checkbox"/> mais de 4 horas por dia | 98 |

2. O que acha do conforto proporcionado por aparelhos de ar condicionado ?

- Excelente
- Regular – as vezes está mal regulado
- Ruim – ambiente muito seco ou muito frio
- Péssimo - ambiente fica seco e frio demais

3. Você sabe o que é um climatizador de ar ?

- Não
- Tenho uma vaga idéia/ já ouvi falar, mas não sei exatamente o que é
- Sim

4. Você já viu um climatizador de ar em funcionamento?

- Nunca
- Já, uma vez em
- Sim, frequentemente