

Cia Brasileira de Petróleo Ipiranga
Rua Francisco Eugênio, 329 - São Cristóvão
20.948-900 Rio de Janeiro/RJ

email: vander@ipiranga.com.br

At.: Sr. Vandernil Alves de Souza.
Segurança Patrimonial.

As.: Avaliação de propostas para manutenção das SEs.

Rio de Janeiro, 27 de fevereiro de 2009.

Prezado Senhor

Atendendo à sua solicitação, efetuamos a avaliação dos resultados do teste de substituição do tipo de gás refrigerante em um condicionador tipo self container de 5 TR, localizado no pavimento térreo do edifício sede da CBPI, sito na rua Francisco Eugênio, 329 – São Cristóvão.

A seguir transcrevemos os resultados da análise efetuada e nosso parecer técnico.

1. Objetivo

O trabalho tem por finalidade avaliar a conveniência de substituição do gás refrigerante Freon R-22 pelo AB-22 no self container Hitachi 5 TR, à luz dos resultados medidos..

2. Glossário

Os termos técnicos utilizados neste documento possuem os significados a seguir.

- a) Temperatura de entrada: temperatura do ar medida na entrada do self, após circular pelo ambiente a ser refrigerado.
- b) Temperatura de retorno: o mesmo que temperatura de entrada.
- c) Temperatura de saída: temperatura do ar após passar pela câmara de resfriamento do self. . Representa, salvo algumas perdas, a temperatura com que o ar entra no ambiente a ser refrigerado.
- d) Temperatura de insuflamento: o mesmo que temperatura de saída.
- e) Gás refrigerante: gás que é utilizado para resfriar o ar que circula através do self. Este gás é comprimido pelo compressor do self e, após ser esfriado numa serpentina denominada condensador, é injetado em outra serpentina denominada evaporador. No evaporador o gás sofre uma brusca expansão, a qual provoca o esfriamento do gás. Por fora do evaporador circula o ar de entrada, o qual é resfriado por contato com a superfície mais fria. A quantidade de calor absorvida pelo gás ou, em outras palavras, a quantidade de frio que o gás cede ao ar depende, entre outros fatores, à capacidade calorífica do mesmo. O teste realizado consistiu, basicamente, na substituição de um gás refrigerante (Freon R-22) por outro com maior capacidade calorífica (AB-22).
- f) Ajuste do self: compreende a regulagem das condições de operação do self para cada gás refrigerante. Envolve a carga de gás (em kg) e as pressões de entrada e saída do gás refrigerante no compressor do self.

3. Equipamento Utilizado no Teste

Self container marca Hitachi capacidade 5 TR.

4. Requisitos para Validade do Teste

- Mesmo ambiente refrigerado (mesma sala, com o mesmo volume de refrigeração).
- Refrigeração efetuada apenas pelo self em teste (demais selfs desligados), de vez que os quatro selfs do pavimento térreo têm suas saídas de ar resfriado ligadas em paralelo.
- Mesmas condições de uso do ambiente refrigerado (iluminação, ocupação humana, frequência e tempo de abertura de portas).
- Circuito fechado de ar (isto é, ausência de renovação de ar, significando que a massa de ar não sofra alterações quantitativas).

5. Condições de Teste e Medições

O teste foi realizado com as seguintes condições e resultados (transcritos da planilha de medição recebida do Cliente):

ÍTENS AVALIADOS	GÁS R-22	GÁS AB-22	DIFERENÇA
Carga	7.200Kg	2.795 Kg	4.405 Kg
Psi Descarga	250 LBS	220 LBS	30 LBS
Psi Sucção	58 LBS	61 LBS	3 LBS
Voltagem	219/218	219/218	0
Amperagem - Compressor 1	18,4 Amps	15,9 Amps	2,5 Amps
Amperagem - Compressor 2	19,3 Amps	17,8 Amps	1,5 Amps
Amperagem Compressor 3	18 Amps	16,6 Amps	1,4 Amps
Amperagem Geral 1	28,9 Amps	21,6 Amps	7,3 Amps
Amperagem Geral 2	28 Amps	21,3 Amps	6,7 Amps
Amperagem Geral 3	29 Amps	22,5 Amps	6,5 Amps
Temperatura de Insuflamento	10,9 °C	11,2 °C	0,3 °C
Temperatura de Retorno	21,3 °C	22,3 °C	1,0 °C
Temperatura Externa	32 °C - Dia 18/02	33 °C - Dia 19/02	1,0 °C

6. Avaliação de Resultados

6.1. Esquema Básico de Fluxos



6.2. Conceituação Analítica

A análise consiste, basicamente, em comparar o rendimento energético dos dois gases. Para tanto, elaborou-se o seguinte desenvolvimento teórico.

O consumo de energia do self é expresso como

$$\text{Consumo (kWh)} = V \times I \times t,$$

sendo V a tensão aplicada, medida em Volts,
 I a corrente consumida pelo self container em cada situação (medida em Ampères), e .
 T o tempo de medição, em horas ou minutos

Considerando-se constante a vazão de ar através do evaporador, o mesmo tempo de medição t e a mesma tensão V aplicada ao self no teste com os dois gases, o consumo de energia para resfriamento do ar através do evaporador pode ser definido com uma função da corrente consumida, ou

$$C \text{ (kWh)} = f(I) \text{ (expressão 1)}$$

Por outro lado, a quantidade calor retirada do ar através do evaporador é medida pela expressão

$$Q \text{ (joules)} = \text{Volume (v) de ar} \times \text{densidade específica do ar } (\mu) \times \text{calor específico do ar (c)} \times \text{redução de temperatura obtida } (\delta T = T_s - T_e)$$

Como as grandezas v , μ , e c podem ser consideradas invariáveis durante o teste, a quantidade de calor retirada do ar através do evaporador (que representa uma energia), também pode ser comparada por meio das variações de temperatura, ou, seja,

$$Q \text{ (joules)} = f(\delta T) \text{ (expressão 2)}$$

Como as energias das expressões **1** e **2** são referidas a um mesmo sistema, a quantidade de calor Q retirada do ar representa o efeito da energia consumida C , após as perdas. Desta forma, pode-se escrever que o consumo C é proporcional a Q , ou

$$C \sim Q$$

E, cotejando-se com as expressões **1** e **2**, fica

$$f(I) \sim f(\delta T) \text{ (expressão 3)}$$

Por meio da expressão 3 é possível correlacionar-se a corrente I de alimentação do compressor do self com a redução de temperatura do ar medida na entrada e na saída do evaporador.

6.3. Tabulação de Valores Comparativos Corrente x Redução de Temperatura

Partindo-se da planilha de medições fornecida pelo cliente e aplicando-se os conceitos e relações da expressão **3**, obtiveram-se os seguintes resultados comparativos:

Grandeza	GÁS R-22	GÁS AB-22	Redução % de corrente
Correntes de Alimentação dos Compressores			
Amperagem - Compressor 1 (A)	18,4	15,9	-13,5869565
Amperagem - Compressor 2 (A)	19,3	17,8	-7,77202073
Amperagem Compressor 3 (A)	18	16,6	-7,77777778
Temperatura do Ar/Entrada e Saída do Evaporador			
Temperatura de Insuflamento (°C)	10,9	11,2	
Temperatura de Retorno (°C)	21,3	22,3	
Diferença de Temperatura (Resfriamento do ar) (°C)	10,4	11,1	
Ganho % de Redução de Temperatura do com o Uso do Gás AB-22			6,730769231
Ganhos de Eficiência Energética com o Uso do Gás AB-22			
Relação Redução de Corrente/Redução de Temperatura - Compressor 1 %			101,863354
Relação Redução de Corrente/Redução de Temperatura - Compressor 1 %			15,47002221
Relação Redução de Corrente/Redução de Temperatura - Compressor 1 %			15,55555556

7. Conclusões e Recomendações

A planilha do item **6.3** evidencia o maior rendimento energético do gás refrigerante AB-22, o que permite recomendar o seu uso, sob este aspecto.

Este maior rendimento decorre do maior calor específico do gás refrigerante AB-22, o que fica evidenciado por dois fatos:

- menor diferencial de pressão entre a entrada e a saída do compressor (cerca de 159 psi contra 192 psi do Freon R-22 – redução de cerca de 17%);
- carga de gás muito menor do que no caso do Freon R-22 (2,795 kg contra 7,2 kg – redução de cerca de 61%).

A redução de pressão, outrossim, contribui para menor esforço mecânico, com conseqüente menor desgaste, menor consumo energético de resfriamento, menores fugas e menor solicitação de vedação, com possível aumento dos intervalos de manutenção.

Encerrando nosso parecer, recomendamos ao Cliente, antes de uma decisão final, observar os seguintes aspectos:

- 7.1.** consultar o fabricante sobre eventuais incompatibilidades ou conseqüências danosas do uso do novo gás de refrigeração;
- 7.2.** consultar o fabricante sobre a compatibilidade dos novos ajustes de temperatura e pressão do gás de refrigeração;
- 7.3.** solicitar ao fornecedor do gás AB-22 a certificação ambiental correspondente e a garantia de ausência de componentes clorados na formulação química do mesmo;
- 7.4.** condicionar a compra e substituição do gás à certificação, pelo fornecedor, de destinação final do R-22 substituído, para atendimento da legislação ambiental vigente.

Esperamos tê-los servido a contento

Atenciosamente,

Auxen Engenharia e Consultoria Ltda
Ronaldo Milward Spolidoro - Diretor