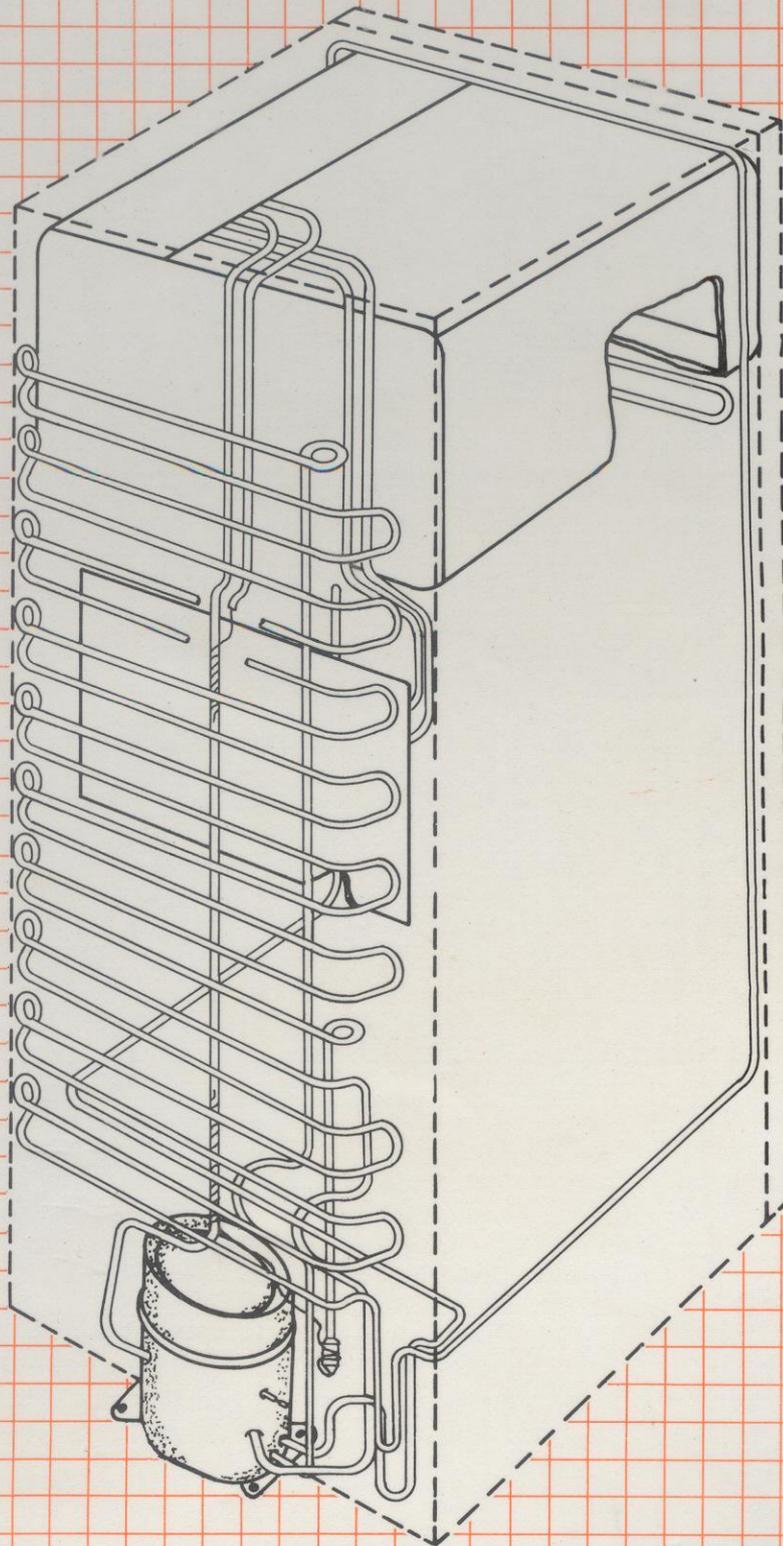




White-Westinghouse

Princípios de Refrigeração



Assistência Técnica - Treinamento

P R E F Á C I O

Este manual é destinado à rede de Serviços Autorizados.

Seu conteúdo resume o Curso de "Principípios de Refrigeração" apresentado em forma de Audiovisual.

Jurandir Peinado

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

WHITE WESTINGHOUSE

PRINCÍPIOS DA REFRIGERAÇÃO

1 - APRESENTAÇÃO

O uso da refrigeração e do ar condicionado representa um dos mais importantes avanços da civilização moderna.

A possibilidade de trabalhar e viver confortavelmente em climas adversos contribuiu para o aumento das atividades e perspectivas humanas.

PRINCÍPIOS DE REFRIGERAÇÃO

3 - INÍCIO

Para explicar os fundamentos da refrigeração, de maneira satisfatória devemos iniciar pelo princípio.



10°C



32°C



White Westinghouse

APRESENTA

2 - PRINCÍPIOS DA REFRIGERAÇÃO

Este curso que ora estamos iniciando é destinado a apresentar os fundamentos da refrigeração aos técnicos principiantes e também complementar os conhecimentos dos técnicos já experientes.



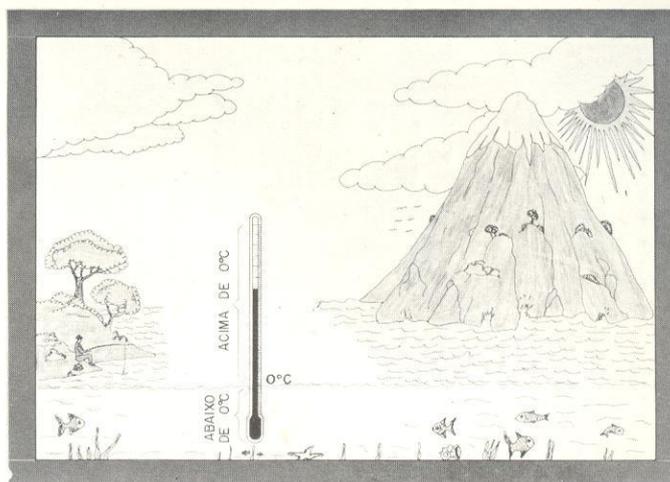
PRINCÍPIOS DA
REFRIGERAÇÃO

4 - O QUE É O FRIO ?

Para entendermos o que é o frio vamos falar sobre temperatura. Por exemplo, sentiremos mais frio a 10°C do que a 32°C.

5 - COMO MEDIMOS A TEMPERATURA ?

Para medir a temperatura usamos o 0º como ponto de partida da mesma forma que o nível do mar é utilizado para calcular-se a altura das montanhas ou a profundidade do mar.



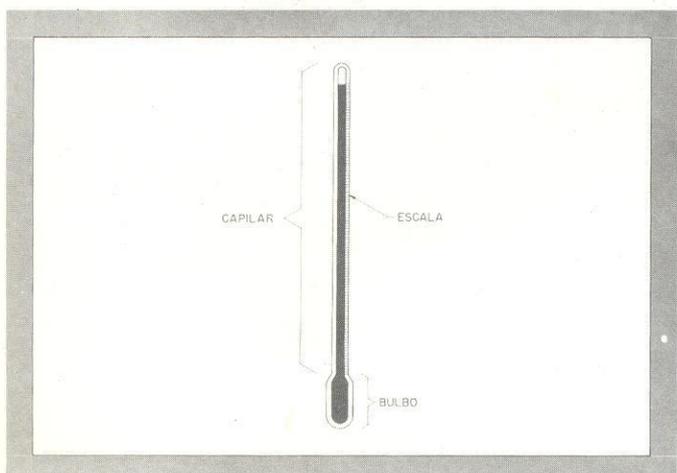
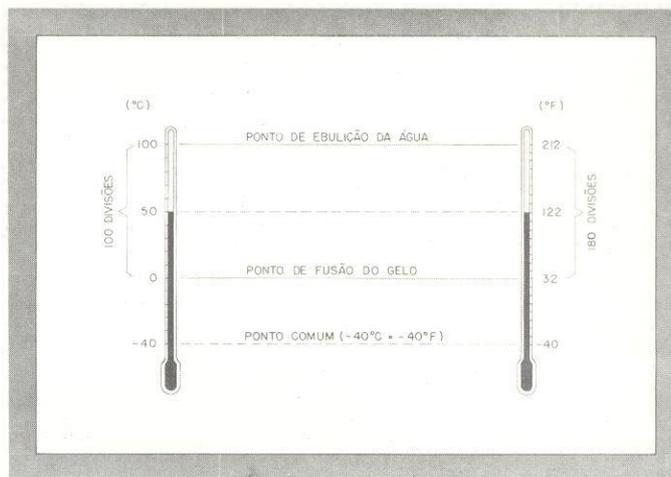
6 - QUAL É A TEMPERATURA MAIS BAIXA POSSÍVEL ?

A temperatura mais baixa que existe é de aproximadamente 273ºK abaixo de zero. Não existe temperatura mais fria que esta.

7 - ESCALAS DE TEMPERATURA

A água é utilizada como substância padrão para medir-se a temperatura de qualquer outra substância. Seu ponto de congelamento é de 0ºC e seu ponto de ebulição é de 100ºC.

Além de graus centígrados existem outras escalas de temperatura, tais como graus Fahrenheit ou graus Kelvin utilizados em outros países, para nós elas não interessam pois, afinal estamos no Brasil.



8 - TERMÔMETRO DE MERCÚRIO

Dentre os líquidos é o mercúrio a substância mais usada para a confecção de termômetros devido a sua dilatação notável e regular, por não aderir nem reagir com as paredes de vidro e possuir alto ponto de ebulição (cerca de 359ºC) e baixo ponto de solidificação (39ºC abaixo de zero).

O termômetro é constituído de um bulbo onde fica alojado o mercúrio e um tubo para o mesmo correr, chamado de capilar.

9 - O QUE É REFRIGERAÇÃO ?

Qualquer substância sempre irá ter uma temperatura superior a 273°C abaixo de zero, portanto, possuirá calor por menor que seja a quantidade nela existente. Então, refrigerar significa remover determinada quantidade de calor de um corpo.



10 - REMOVENDO CALOR

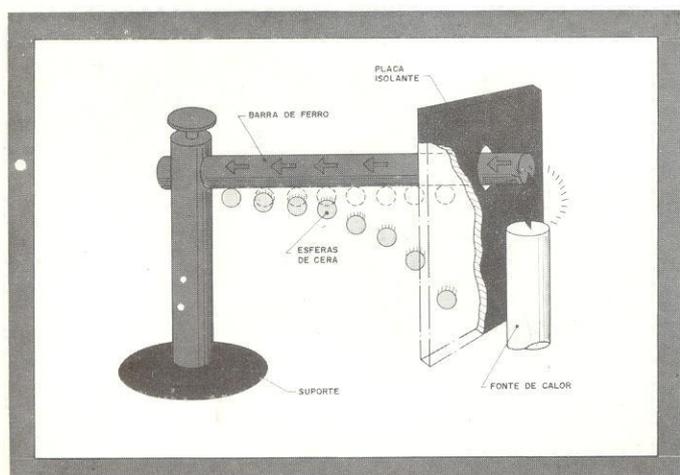
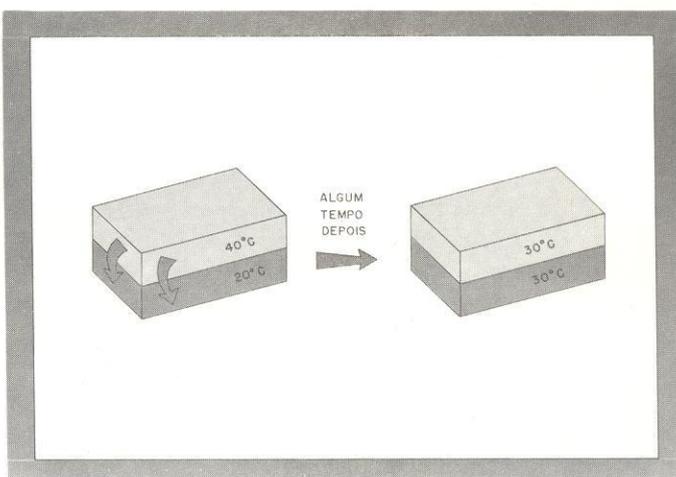
O calor não desaparece simplesmente de um corpo, não se pode destruí-lo, o que se pode fazer é removê-lo de uma substância que se deseja refrigerar e colocá-lo em outro lugar.

Não podemos remover o calor com o auxílio de uma pá, como devemos agir então?

11 - MOVIMENTAÇÃO DO CALOR

O calor movimenta-se sempre de um lugar com temperatura mais alta em direção a outro com temperatura mais baixa.

Ao colocarmos juntos dois corpos com temperaturas diferentes, verificaremos que após certo tempo ambos estarão à mesma temperatura. São tres as formas de transmissão de calor.



12 - CONDUÇÃO

Condução é o modo em que o calor se transmite em substâncias sólidas.

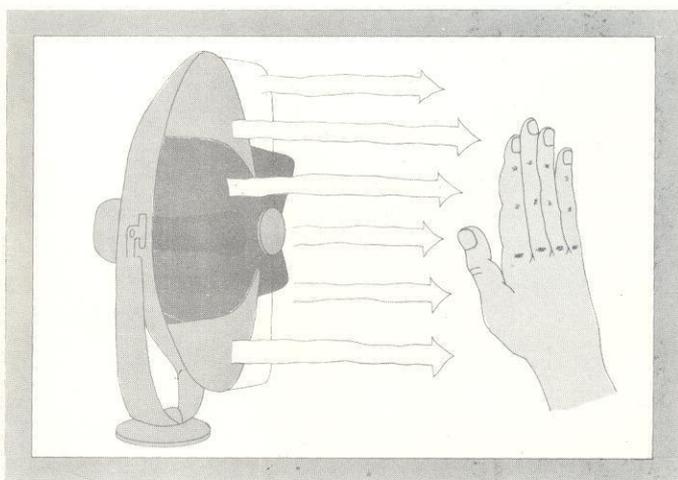
O calor se propaga da região de temperatura mais elevada para a região de temperatura mais baixa.

13 - CONVECÇÃO

Convecção é o modo em que o calor se transmite nos líquidos ou gases.

A água mais quente por ser mais leve sobe enquanto que a água mais fria por ser mais pesada desce.

Nos refrigeradores o evaporador é localizado na parte superior pois, o ar frio, por ser mais pesado, irá descer.

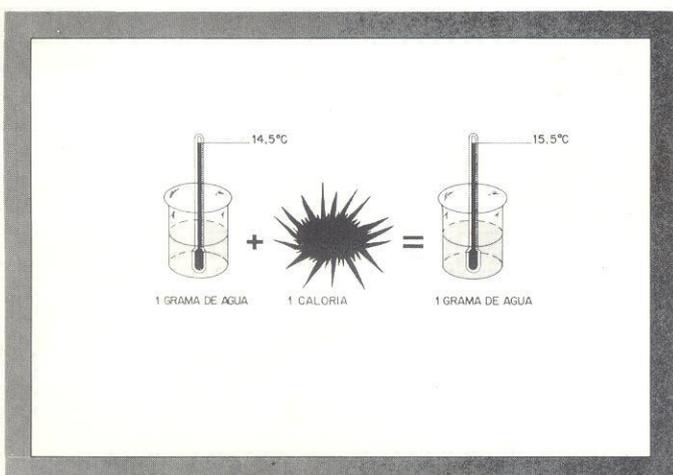
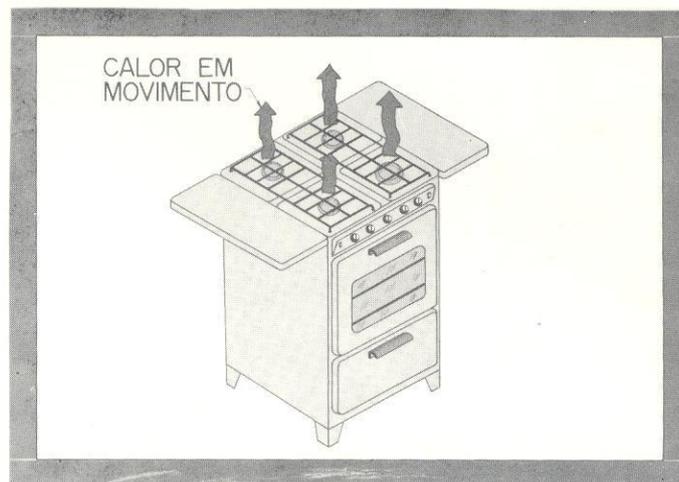


14 - IRRADIAÇÃO

A irradiação é o único caso em que não é necessário um meio material para o calor se transmitir pois a condução é feita através de ondas eletromagnéticas, ou seja, ondas de luz. Como exemplo, podemos mencionar o calor que sentimos quando a luz do sol nos atinge ou o calor que é irradiado por um aquecedor.

15 - QUANTIDADE DE CALOR

Acabamos de ver que o calor pode se transmitir por condução, convecção e irradiação e sua temperatura é medida com o termômetro além disto podemos determinar também a quantidade de calor em movimento.

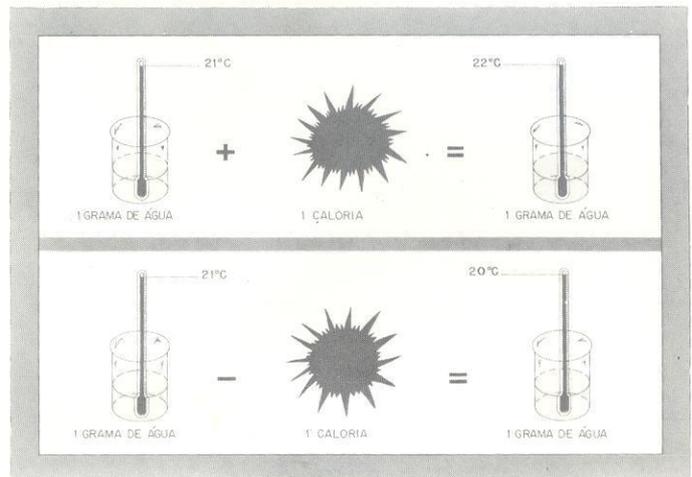


16 - CALORIA

Para medir a quantidade de calor transmitida de um lugar a outro ou de um corpo a outro utilizamos uma grandeza muito conhecida chamada caloria.

Uma caloria é a quantidade de calor necessário para elevar uma grama de água de um grau centígrado.

17 - PODE-SE FORNECER OU RETIRAR CALORIA
 Ao fornecermos 01 caloria a uma grama de água sua temperatura aumentará em 1°C .
 Ao retirarmos 01 caloria de uma grama de água sua temperatura abaixará de 1°C.



18 - UMA PAUSA PARA PERGUNTAS

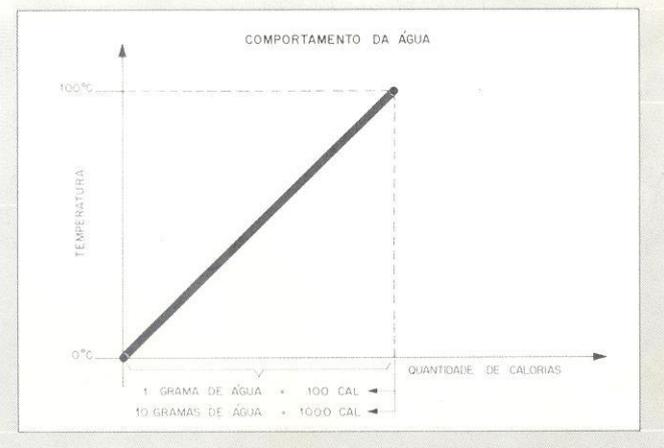
Faremos agora uma pausa para recapitulação, onde todos poderão fazer perguntas não deve ficar nenhuma dúvida antes de prosseguirmos.

PAUSA P/ PERGUNTAS

19 - COMPORTAMENTO DA ÁGUA AO RECEBER OU FORNECER CALORIAS

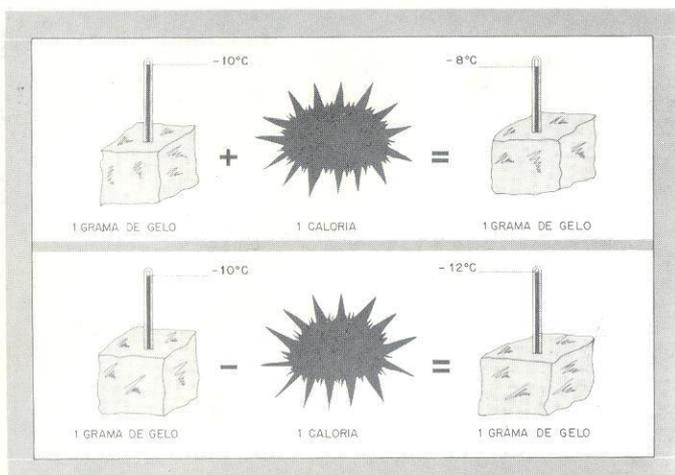
Para elevarmos a temperatura de uma grama de água de 0°C a 100°C é necessário fornecer 100 calorias a mesma.

Se ao invés de uma grama fossem dez gramas de água, então logicamente seria necessário fornecer 1000 calorias a água, para esta mesma elevação de temperatura.



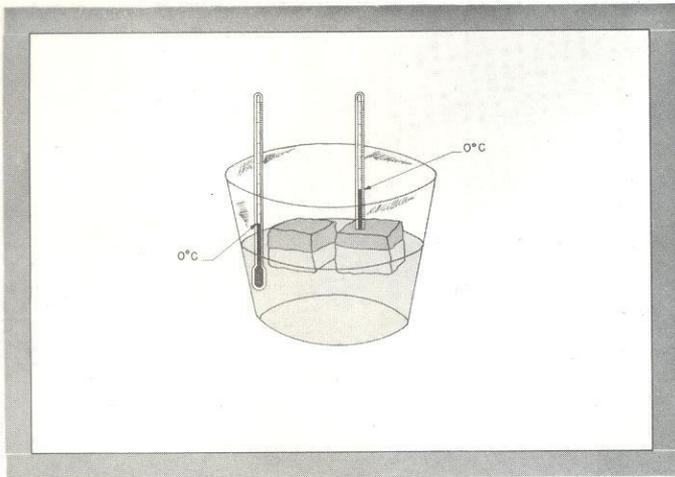
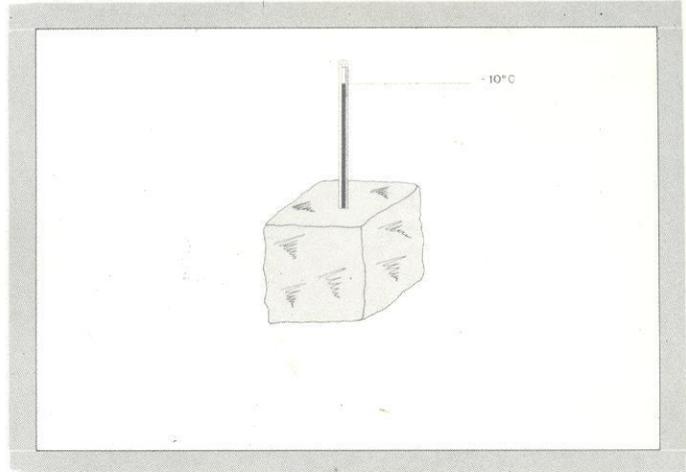
20 - COMPORTAMENTO DO GELO AO RECEBER OU FORNECER CALORIAS

Após 01 grama de água ser transformada em gelo é necessário retirar somente 1/2 caloria para fazer a temperatura abaixar de 1°C. Portanto, ao se fornecer uma caloria a 01 grama de gelo, o mesmo terá sua temperatura elevada de 2°C. Esta afirmação só é válida para gelo que esteja com temperaturas inferiores a 0°C.



21 - GELO ABAIXO DE 0°C

Se retirarmos uma pedra de gelo do interior de um freezer, colocarmos um termômetro e a deixarmos fora na temperatura ambiente observaremos que o termômetro que inicialmente indicava temperaturas negativas irá rapidamente a marca de 0°C.



22 - GELO A 0°C

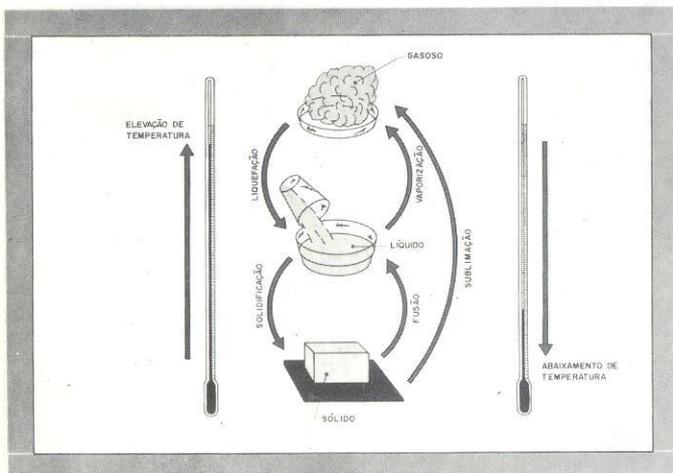
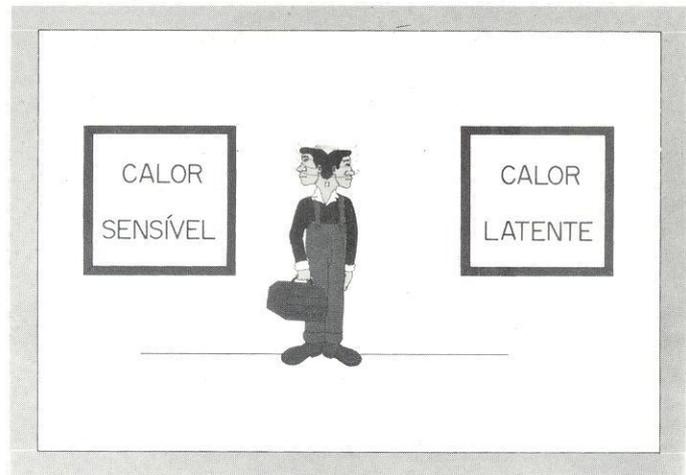
Após a pedra de gelo atingir 0°C, iremos observar que a temperatura assim permanecerá durante várias horas e o gelo começará a derreter sendo que a temperatura da água proveniente do gelo derretido também permanecerá em 0°C. Ora, o gelo está recebendo calor do meio ambiente mas sua temperatura permanece inalterada, para onde estará indo este calor ?

23 - CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE

O fato da pedra de gelo receber calor e não ter sua temperatura aumentada é plenamente explicável pois, existem dois tipos de calor: o sensível e o latente

O calor sensível conforme o próprio nome já diz é o calor que podemos sentir e medi-lo através do termômetro.

O calor latente não pode ser sentido nem medido com o termômetro, mas existe e é responsável pela mudança de estado físico das substâncias.



24 - ESTADO FÍSICO DAS MATÉRIAS

Para entendermos o que é calor latente convém relembrarmos os 03 estados físicos da matéria que são: sólido, líquido e gasoso. A passagem do estado gasoso para o estado líquido é chamada de condensação. A passagem do estado líquido para o estado sólido é chamada de solidificação. A passagem do estado sólido para o estado líquido é chamada de fusão. A passagem do estado líquido para o estado gasoso é chamada de evaporação.

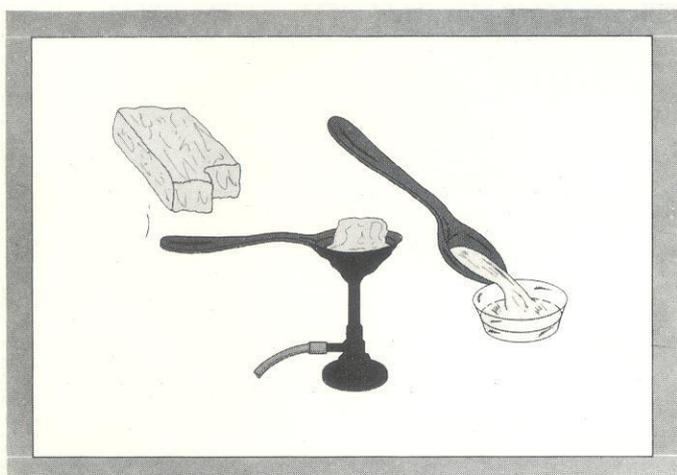
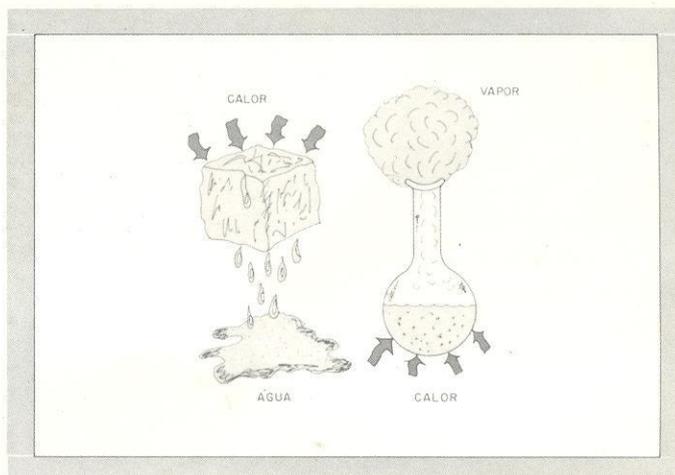
25 - CALOR LATENTE

O calor latente é uma das propriedades das substâncias mais importantes e utilizadas no que diz respeito à refrigeração.

Se o calor latente não existisse, não existiriam os refrigeradores atuais.

São dois os tipos de calor latente, um é o calor latente de fusão ou solidificação e o outro é o calor latente de evaporação ou condensação.

O gelo transformou-se em água pelo calor latente de evaporação e a água transformou-se em vapor pelo calor latente de evaporação.



26 - CALOR LATENTE DE FUSÃO OU SOLIDIFICAÇÃO

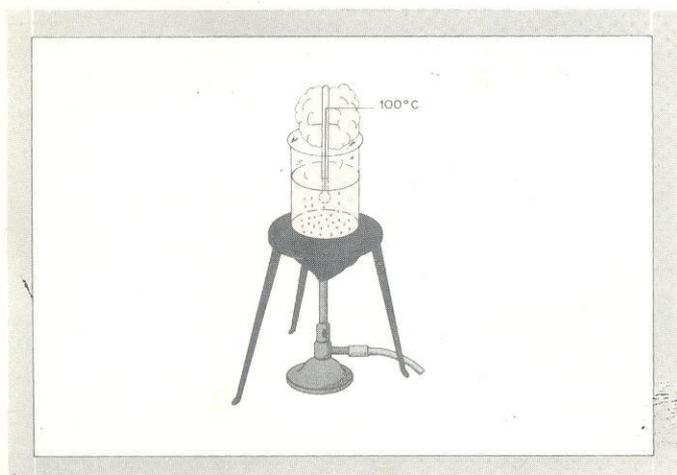
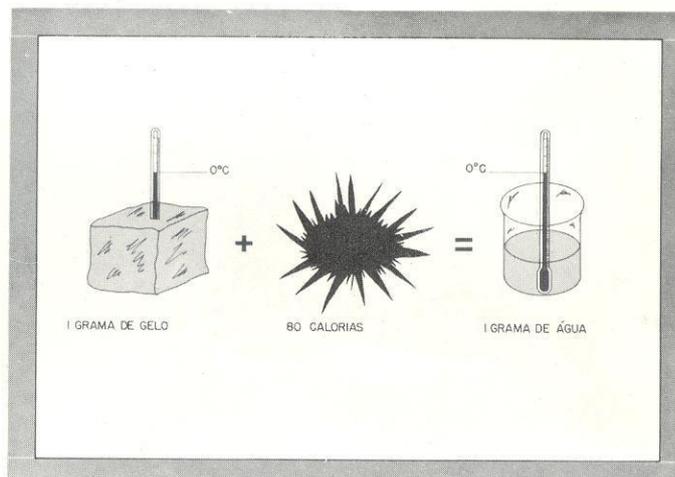
Ao fornecermos 01 caloria a uma grama de gelo aumentaremos sua temperatura de 20°C. Este fenômeno irá ocorrer até que o gelo atinja 0°C, a 0°C embora continuemos a fornecer calorias, não parece ocorrer qualquer alteração. A temperatura permanecerá constante durante certo tempo e o gelo começará a transformar-se em água a 0°C.

27 - QUAL É O VALOR DO CALOR LATENTE DE FUSÃO OU SOLIDIFICAÇÃO ?

Vamos tomar a substância água como exemplo, para transformar-se 01 grama de água a 0°C em 01 grama de gelo a 0°C, é necessário retirar 80 calorias.

É importante salientar que para transformar 01 grama de gelo a 0°C em 01 grama de água a 0°C, é necessário fornecer também 80 calorias.

O valor de 80 cal/g é válido apenas para a água, pois cada substância possui um valor próprio de calor latente de fusão ou solidificação.



28 - CALOR LATENTE DE EVAPORAÇÃO OU CONDENSÇÃO

O calor latente de evaporação ou condensação é o fenômeno utilizado em todos os refrigeradores atuais.

Ao fornecermos 01 caloria a uma grama de água elevaremos a sua temperatura de 01°C, este fenômeno irá ocorrer até que a água atinja 100°C, a 100°C embora continuemos a oferecer caloria, não parece ocorrer qualquer alteração, a temperatura permanece constante durante um certo tempo e a água começa a transformar-se em vapor a 100°C.

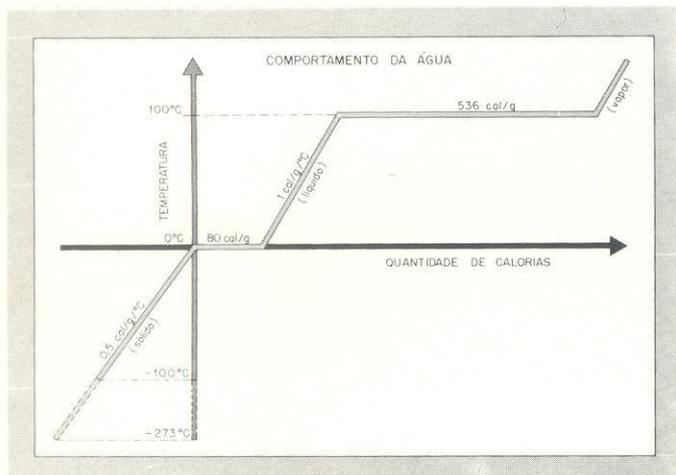
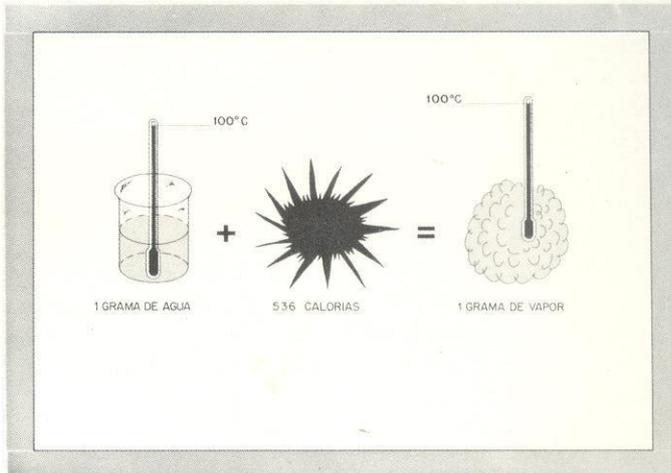
29 - QUAL É O VALOR DO CALOR LATENTE DE EVAPORAÇÃO OU CONDENSAÇÃO ?

Novamente vamos tomar a substância água como exemplo.

Para transformar-se 01 grama de água a 100°C em 01 grama de vapor a 100°C é necessário fornecer 536 calorias.

É importante salientar que para transformar 01 grama de vapor a 100°C em 01 grama de água a 100°C é necessário retirar também 536 calorias.

O valor de 536 cal/g é válido apenas para a água pois cada substância possui um valor próprio de calor latente de evaporação ou condensação.



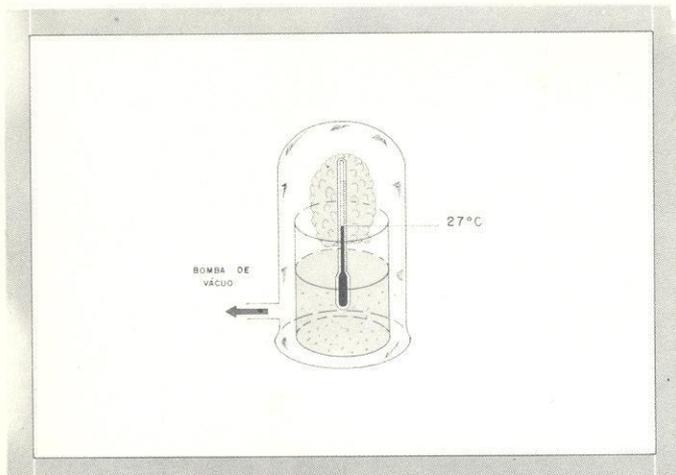
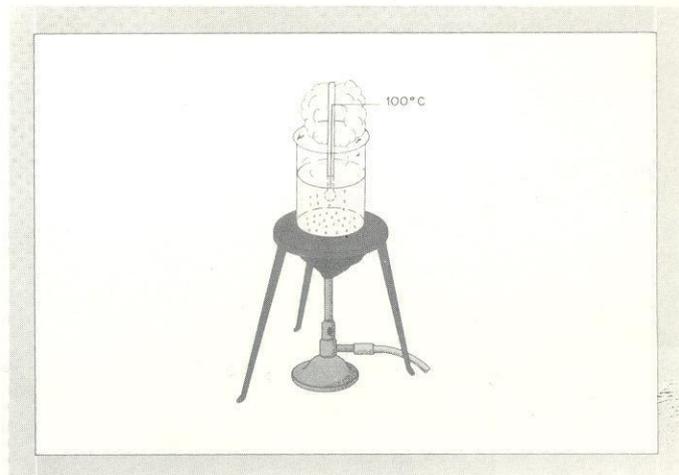
30 - RESUMINDO

Vamos observar atentamente este gráfico. O mesmo se refere ao comportamento da água. A linha vertical em azul indica a temperatura e a linha horizontal em vermelho indica a quantidade de calor fornecido.

A linha verde mostra o comportamento da água ao receber ou perder calorias.

31 - PONTO DE EBULIÇÃO DA ÁGUA EM PRESSÃO ATMOSFÉRICA

O ponto de ebulição ou ponto de fervura da água é de 100°C, isto se a mesma estiver em pressão atmosférica igual ao nível do mar, ou seja, 0 libras/pol².



32 - PONTO DE EBULIÇÃO DA ÁGUA SOB VÁCUO

A medida que a pressão se torna menor a água ferve a uma temperatura mais baixa.

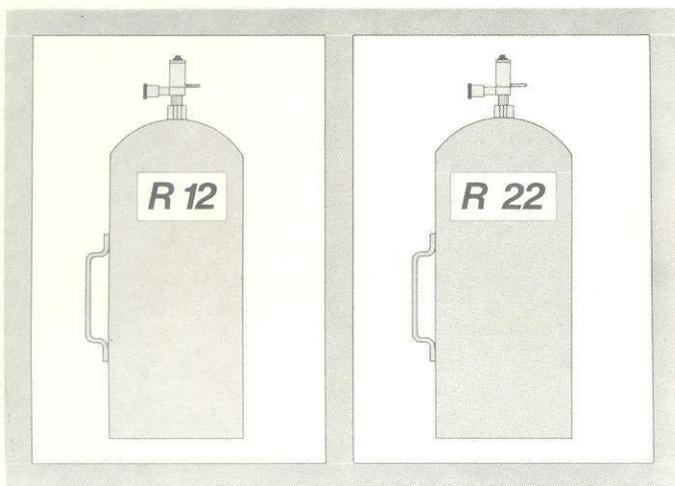
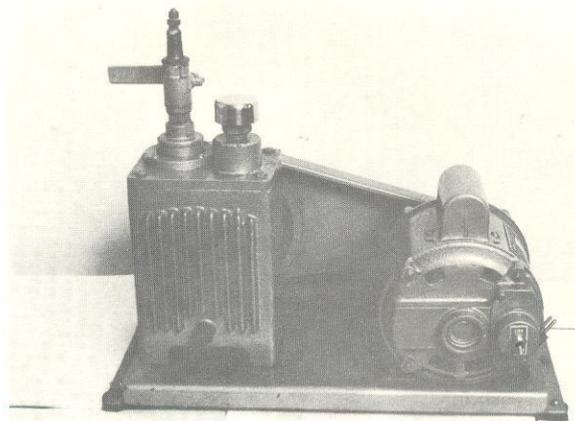
Quando abaixamos a pressão sobre um líquido, abaixamos também a temperatura na qual o mesmo ferve, ou seja, abaixamos seu ponto de ebulição.

A água em nosso exemplo ferve a 27°C absorvendo todo o calor adjacente e fervendo depois que tiver adquirido 536 calorias por grama.

33 - QUAL O MENOR PONTO DE EBULIÇÃO DA ÁGUA ?

Com o auxílio de uma bomba de alto-vácuo conseguiremos fazer a água entrar em ebulição na temperatura de aproximadamente 20°C.

Em refrigeradores não seria muito produtivo usar-se a água para promover a refrigeração pois além de necessitar-se de uma bomba de alto-vácuo não obteríamos temperaturas muito baixas.



34 - GASES REFRIGERANTES

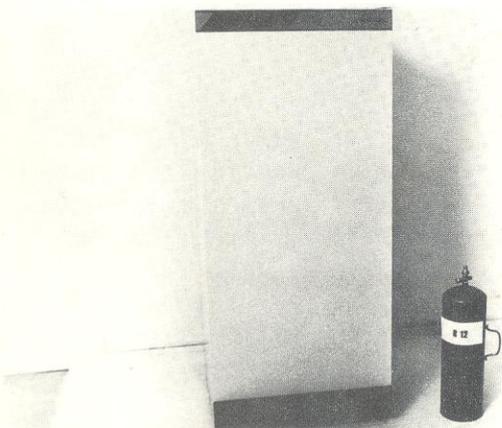
Nos refrigeradores e nos condicionadores de ar utilizamos dois tipos de gases que são fabricados sob muitos nomes conhecidos mas, trata-se do mesmo tipo de gás; popularmente estes gases são conhecidos como R-12 e R-22.

Os gases refrigerantes também são chamados de gases frigorígenos e possuem o seu ponto de ebulição muito baixo quando em pressão atmosférica.

35 - GÁS REFRIGERANTE R-22

O gás refrigerante R-22 é utilizado como agente refrigerante nos condicionadores de ar. Seu ponto de ebulição é de 40°C abaixo de zero.

Apenas por curiosidade vamos mencionar o nome científico do R-22 que é monoclorodifluorometano.

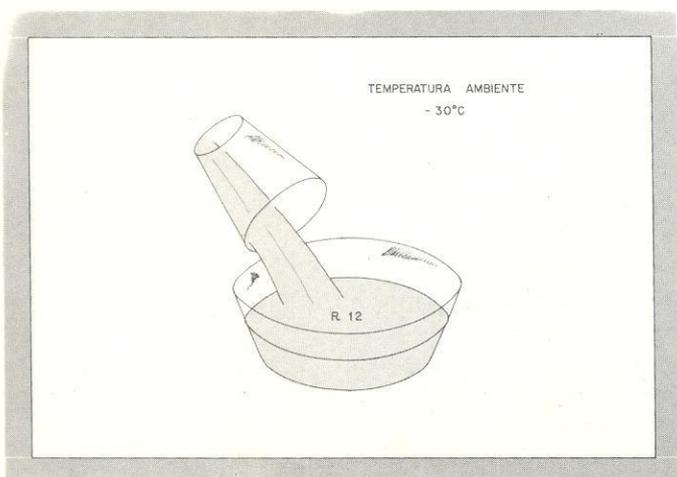
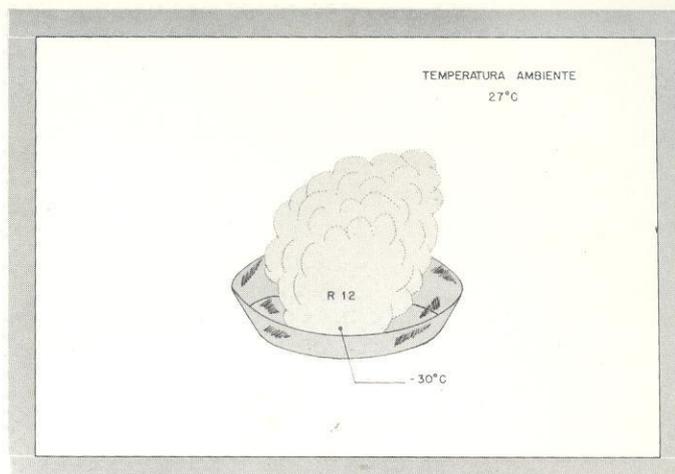


36 - GÁS REFRIGERANTE R-12

O gás refrigerante R-12 é utilizado como agente refrigerante nos refrigeradores. Seu ponto de ebulição é de 30°C abaixo de zero.

Também por curiosidade, mencionaremos o nome científico do R-12 que é Diclorodifluorometano.

37 - O GÁS R-12 EM PRESSÃO ATMOSFÉRICA
 Se por exemplo, colocarmos um pouco de R-12 em um recipiente aberto ele absorverá calor do meio ambiente, atingindo 30°C abaixo de zero, evaporando-se rapidamente.



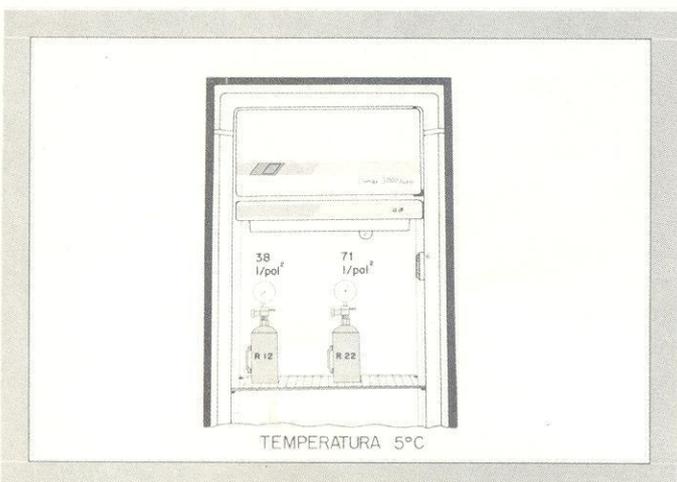
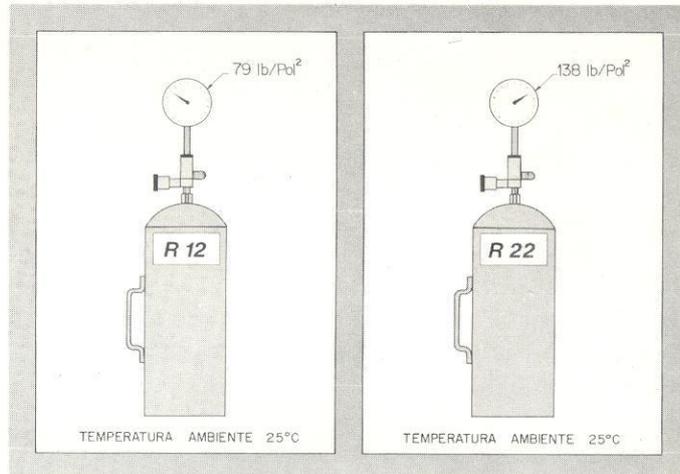
38 - O GÁS R-12 EM AMBIENTE DE 30°C ABAIXO DE ZERO

Se a temperatura ambiente for igual ou inferior a 30°C abaixo de zero, o R-12 não entrará em ebulição à pressão atmosférica permanecendo líquido.

Isto equivale dizer que no pólo sul, onde as temperaturas são inferiores a 30°C abaixo de zero, poderemos transportar o R-12 em um balde como se fosse água.

39 - PRESSÃO NO INTERIOR DO CILINDRO DE GÁS REFRIGERANTE

Em um recipiente hermêticamente fechado como no interior destes cilindros, o R-12 ou R-22 aí contidos irão formar uma determinada pressão que depende do tipo de gás e da temperatura ambiente. Por exemplo, na temperatura ambiente de 25°C o R-12 tem a pressão de 79 libras/pol² e o R-22 tem pressão de 138 libras/pol². A pressão no cilindro de R-12 sempre será menor que a pressão no cilindro de R-22 para a mesma temperatura ambiente.



40 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA PRESSÃO

Se colocarmos os dois cilindros de R-12 e R-22 no interior de um refrigerador onde a temperatura é mais baixa, observaremos que a pressão no interior dos cilindros diminuirá. Por exemplo, na temperatura de 5°C o R-12 tem pressão de 38 libras/pol² e o R-22 tem pressão de 71 libras/pol².

41 - TABELA DE PRESSÃO X TEMPERATURA

Esta tabela mostra claramente a relação existente entre as pressões e as temperaturas dos gases refrigerantes. Observe que em 25°C temos 79 libras/pol² para o R-12 e 138 libras/pol² para o R-22.

Em 5°C temos 38 libras/pol² para o R-12 e 71 libras/pol² para o R-22 exatamente o que ocorreu em nossos exemplos mostrados.

TEMPER °C	R 12 CF2Cl2		R 22 CHF2Cl	
	cm Hg	in Hg	kg/cm ²	lb/pol ²
-50	46.6	18.35	27.8	10.81
-45	38.1	15.00	13.54	9.36
-40	31.8	12.50	0.04	0.61
-35	15.4	6.06	0.32	4.60
-30	0.85	0.34	0.88	3.18
-25	0.23	0.26	1.03	14.59
-20	0.51	7.21	1.48	20.94
-15	0.83	11.31	2.00	28.33
-10	1.20	17.10	2.60	38.89
-5	1.63	23.18	3.28	46.92
0	2.11	30.07	4.07	67.83
+5	2.65	37.90	4.97	70.81
+10	3.23	46.69	5.96	84.70
+15	3.87	56.33	7.07	100.7
+20	4.58	67.84	8.32	118.3
+25	5.40	81.72	9.71	138.0
+30	6.35	98.20	11.23	159.8
+35	7.53	108.1	12.92	183.7
+40	8.94	124.3	14.78	209.9
+45	9.99	142.3	16.78	238.6
+50	11.35	161.5	19.00	268.7

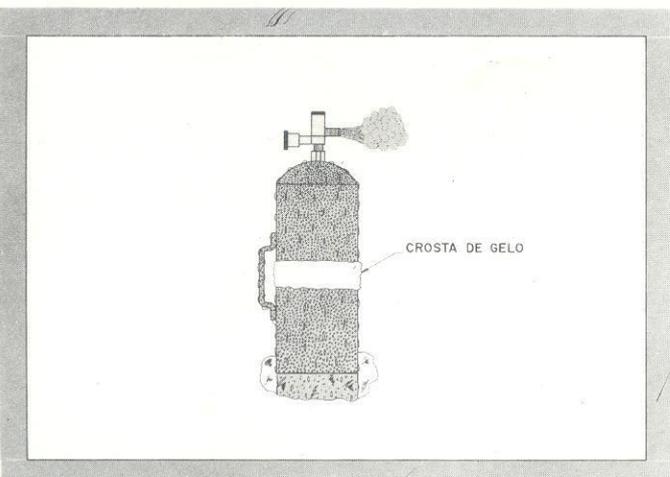
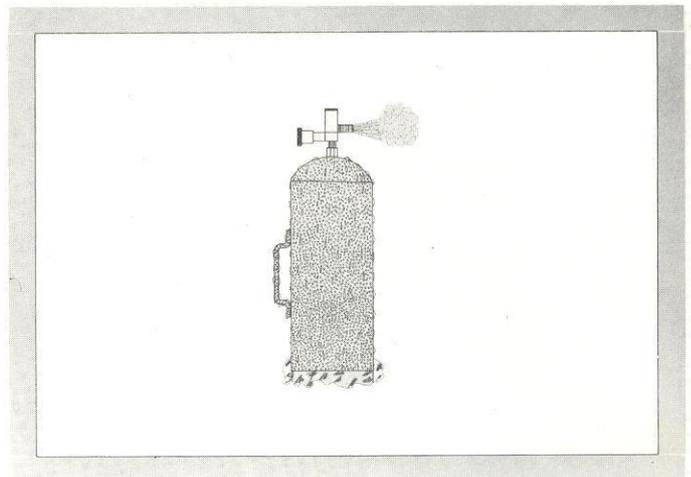


42 - INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA TEMPERATURA

Se mudarmos a temperatura do gás refrigerante causaremos uma mudança na sua pressão. Agora, se mudarmos a pressão do gás refrigerante alteraremos sua temperatura.

43 - REDUZINDO A PRESSÃO NO INTERIOR DO CILINDRO

Se abrirmos a válvula no topo do cilindro permitindo que o gás refrigerante escape reduzindo assim sua pressão, observaremos que o cilindro começa a esfriar e em pouco tempo estará "suando".

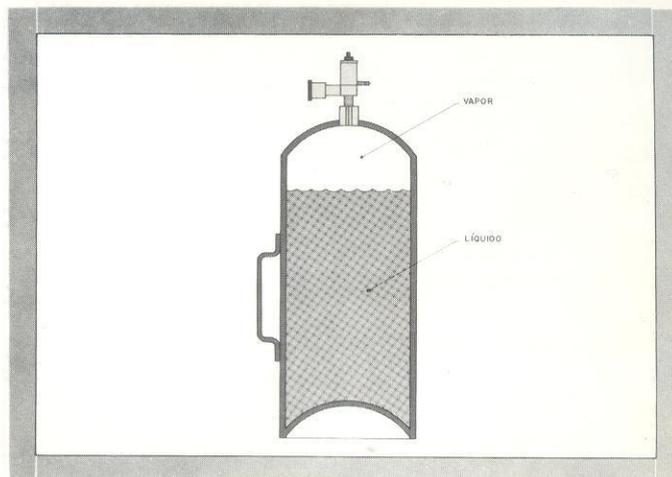


44 - O CILINDRO COMEÇARÁ A GELAR

Aguardando mais algum tempo iremos observar a formação de gelo ao redor do cilindro. Onde ocorre a formação de gelo é o nível do líquido.

45 - CALOR LATENTE DE EVAPORAÇÃO

É o calor latente de evaporação ou ebulição que absorve grande quantidade de calor proporcionando assim o abaixamento na temperatura do meio ambiente.



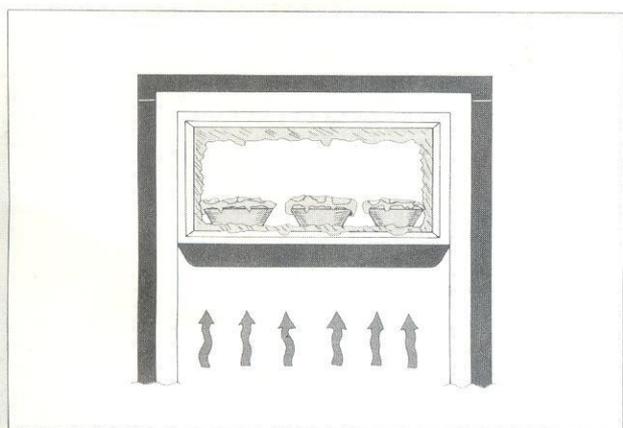
46 - REFRIGERADOR

Este fato descrito é o mesmo princípio aplicado nos evaporadores dos refrigeradores.

47 - PAUSA PARA PERGUNTAS

Faremos agora uma nova pausa para recapitulação onde todos poderão fazer perguntas, lembrem-se não deve ficar nenhuma dúvida sobre estes assuntos.

**PAUSA
P/
PERGUNTAS**

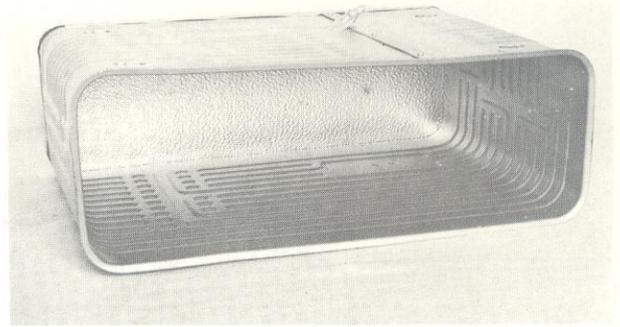


48 - EVAPORADOR

O evaporador, na maioria das vezes chamado de congelador pelo cliente, nada mais é do que um tubo contínuo disposto em forma de serpentina. No evaporador, conforme o próprio nome já diz, ocorre a evaporação do R-12.

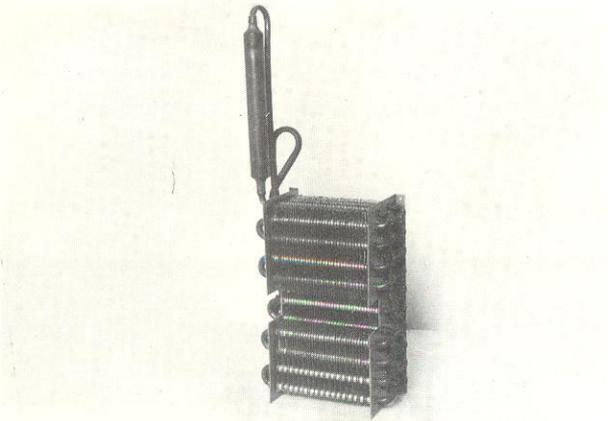
49 - EVAPORADOR ROLL-BOND

Os evaporadores dos refrigeradores atuais são do tipo roll-bond. Trata-se de duas chapas de alumínio sobrepostas e soldadas de maneira que entre as mesmas exista uma passagem interna fazendo o papel da tubulação. O modelo roll-bond devido as suas características construtivas apresenta excelente desempenho na absorção de calor.



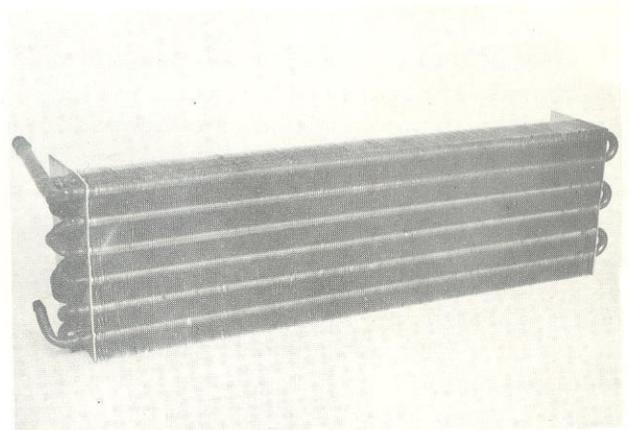
50 - EVAPORADOR PARA REFRIGERADORES FROST FREE

Os evaporadores dos refrigeradores sistema Frost-Free são do tipo aletado, especialmente construídos para a convecção forçada de ar.



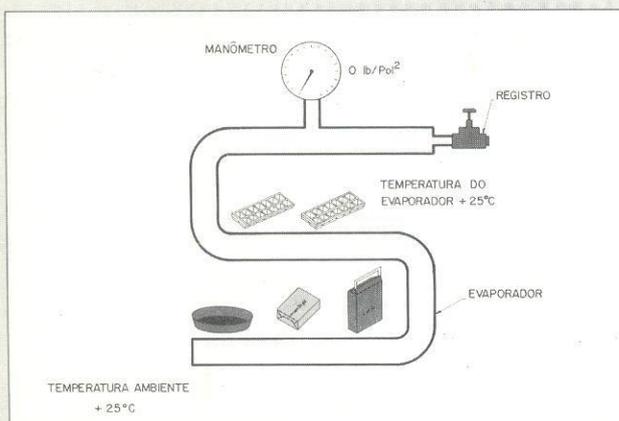
51 - EVAPORADOR DOS CONDICIONADORES DE AR

Os evaporadores dos condicionadores de ar também são do tipo aletado pois os mesmos atuam com convecção forçada de ar.

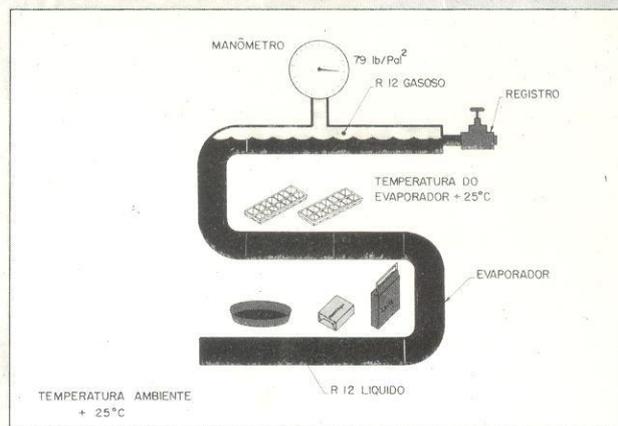


52 - ESQUEMA DO EVAPORADOR EM CORTE

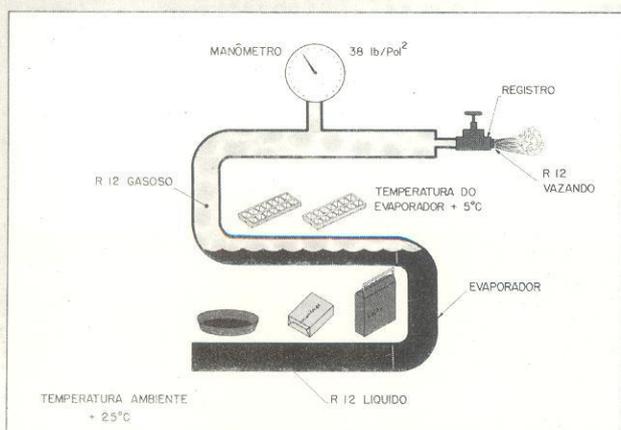
Para visualizar o que ocorre dentro do evaporador, vamos utilizar um desenho em corte. Neste evaporador colocamos um manômetro e um registro.



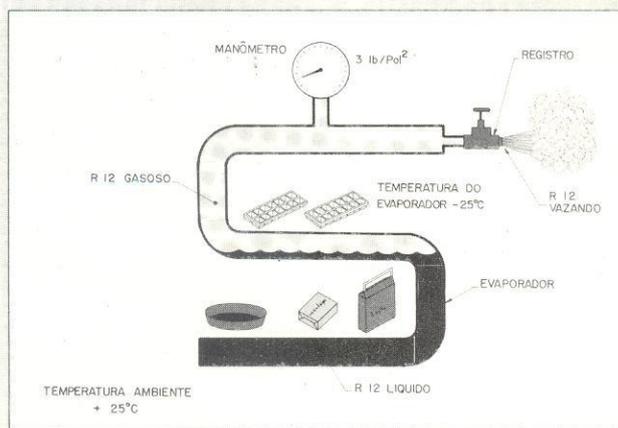
53 - EVAPORADOR EM TEMPERATURA AMBIENTE
 Se colocarmos R-12 no interior da tubulação do evaporador na temperatura ambiente de 25°C este gás ficará com a pressão de 79 libras/pol² exatamente como ocorre no cilindro citado anteriormente. Com esta pressão de 79 libras/pol² o ponto de ebulição do R-12 é de 25°C e a temperatura do R-12 no interior do evaporador é a mesma do ambiente, ou seja, 25°C.



54 - REDUZINDO A PRESSÃO NO EVAPORADOR
 Se abrirmos apenas um pouco o registro que foi colocado em nosso evaporador, abaixaremos a pressão existente no mesmo. Vamos supor que a pressão passe de 79 libras/pol² para 38 libras/pol². O ponto de ebulição do R-12 nesta pressão é de 5°C, conseqüentemente ele ferverá absorvendo qualquer calor maior que 5°C. Observe que esta temperatura ainda não é suficientemente fria para ser utilizada no interior de um refrigerador.



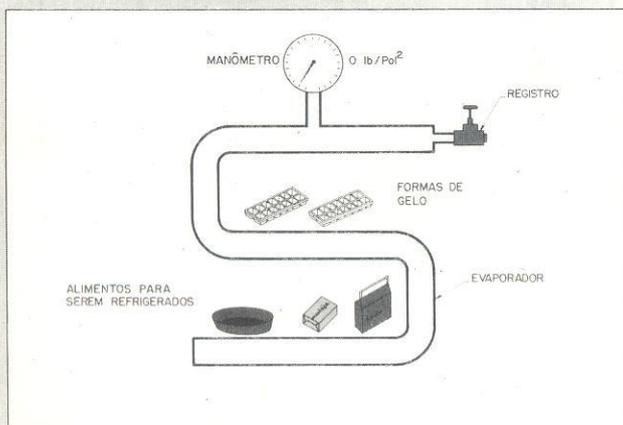
55 - EVAPORADOR A BAIXA PRESSÃO
 Se agora, abrirmos totalmente o registro que foi colocado em nosso evaporador, reduziremos a pressão no interior para aproximadamente 3 libras/pol². Ora, o ponto de ebulição de R-12 nesta pressão é de 25°C abaixo de zero. Nesta condições, o R-12 irá ferver, absorvendo o calor do meio ambiente, reduzindo assim a temperatura no interior do evaporador.



56 - COMO REUTILIZAR O GÁS REFRIGERANTE EVAPORADO ?

Desta maneira o R-12 evapora-se rapidamente e nós o perdemos. Se quisermos que o evaporador continue frio deveremos colocar mais R-12 líquido no interior do mesmo.

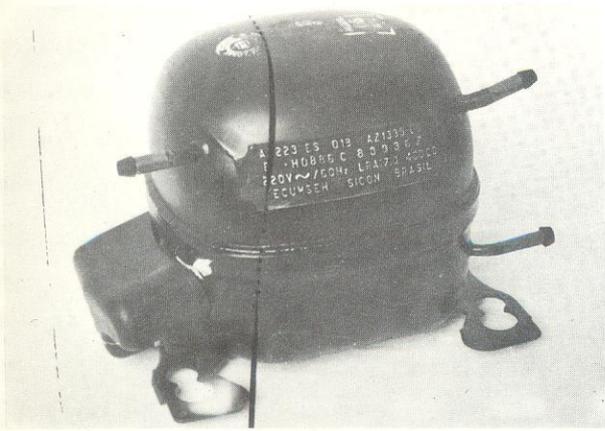
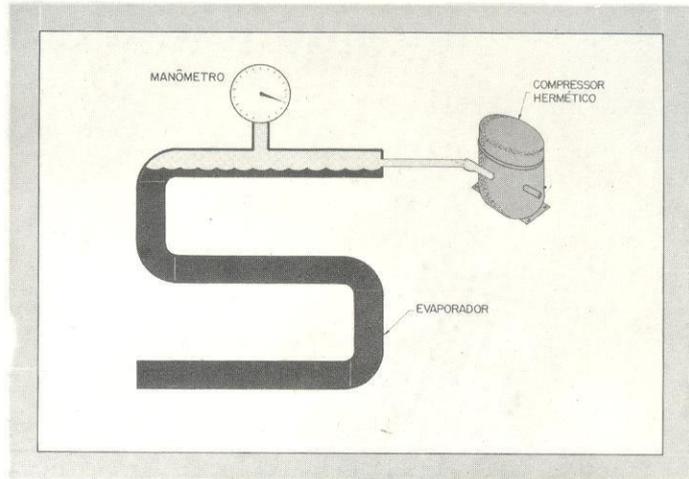
Se apanharmos o R-12 evaporado, aumentarmos sua pressão, o mesmo irá condensar, voltando ao estado líquido e poderá ser reintroduzido no evaporador. Veremos como é feito isto.



57 - COLOCANDO O COMPRESSOR

Vamos substituir o registro manual por um compressor.

Todo compressor succiona, ou seja, aspira o gás por um lado e o descarrega pelo outro. Em nosso caso, a sucção do compressor será ligada na saída do evaporador. Antes de prosseguirmos com o nosso refrigerador vamos estudar com mais detalhes o compressor.



58 - COMPRESSOR HERMÉTICO

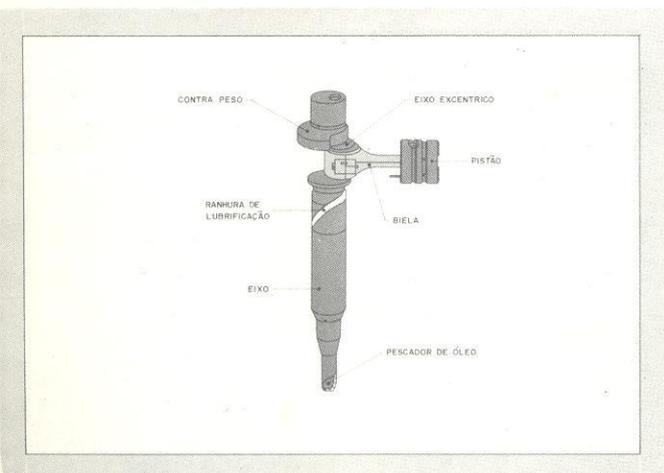
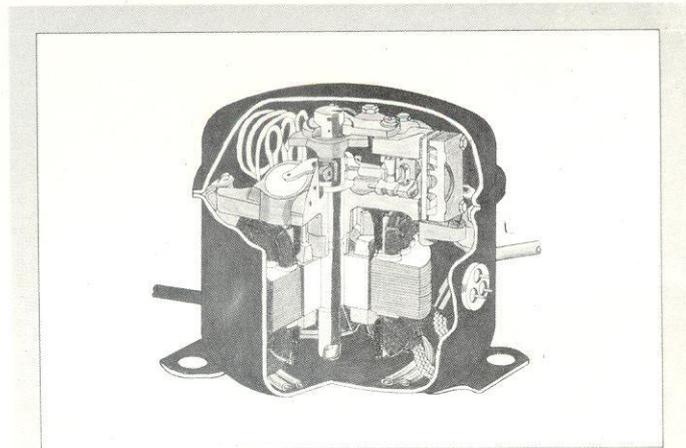
O compressor hermético é composto basicamente de duas partes: uma bomba de sucção e um motor elétrico alojados em uma carcaça hermeticamente selada.

59 - COMPRESSOR HERMÉTICO EM CORTE

Nesta ilustração mostramos os componentes internos do compressor hermético.

O motor elétrico está na parte inferior, o eixo do rotor vai até o compressor, que fica na parte de cima.

Todo o conjunto fica suspenso através de molas, reduzindo os ruídos e vibrações, tornando assim o compressor hermético mais silencioso.



60 - CONJUNTO EIXO; BIELA E PISTÃO

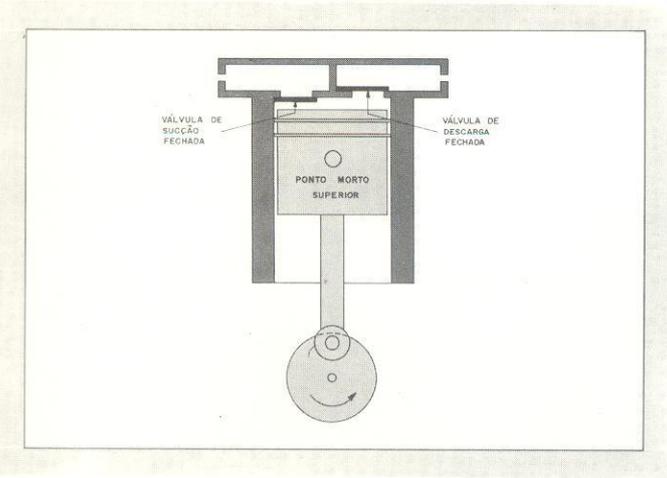
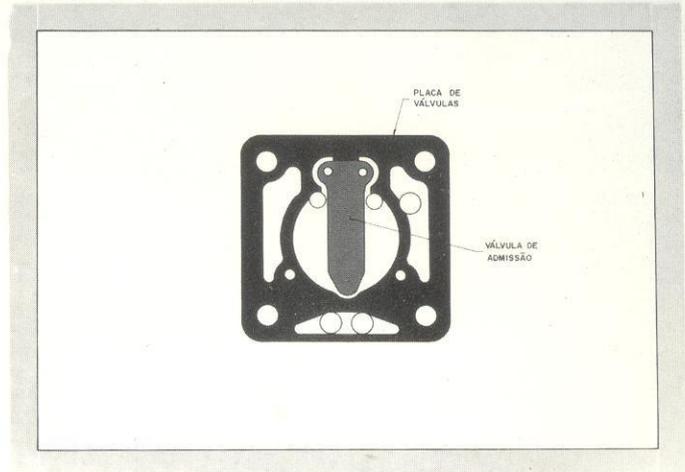
O acionamento do pistão do compressor é feito pelo sistema de biela.

A biela transforma o movimento de rotação do eixo do motor, em movimento alternativo, ou seja, vai e vem, transferindo-o para o pistão do compressor.

Na extremidade inferior do eixo existe um sistema de bombeamento de óleo, conhecido como pescador, que é responsável pela lubrificação das partes em atrito no conjunto.

61 - PLACA DE VÁLVULAS

Na placa de válvulas estão fixadas as lâminas que formam a válvula de descarga e a válvula de sucção. A função destas válvulas é promover a aspiração do gás pelo tubo de sucção comprimindo-o através do tubo de descarga.

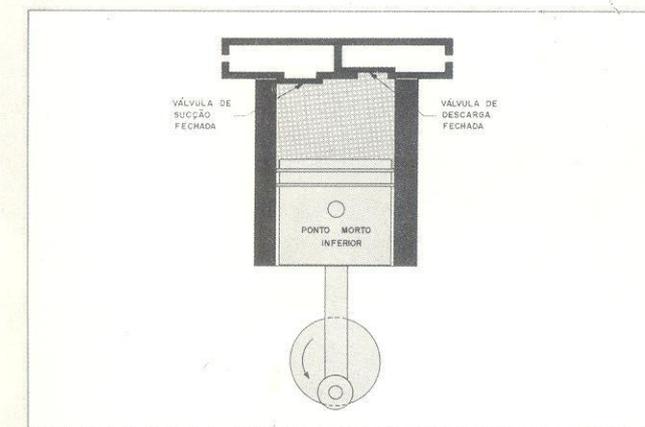
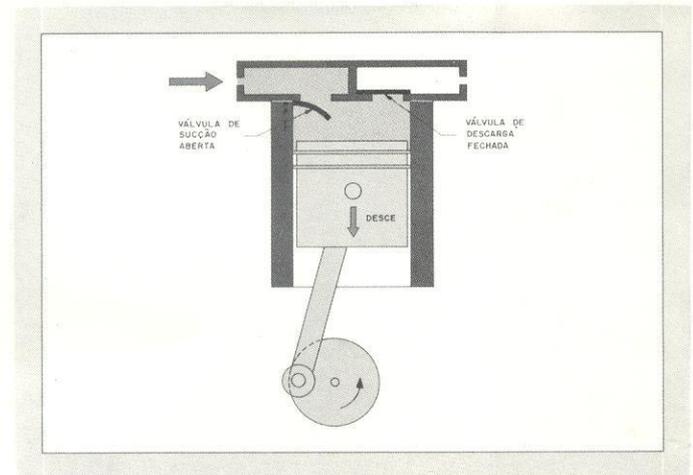


62 - PONTO MORTO SUPERIOR

O movimento do pistão inicia-se pelo ponto morto superior. Neste ponto, as válvulas de sucção e de descarga estão fechadas.

63 - PISTÃO ABAIXANDO

Quando o pistão estiver abaixando, a válvula de sucção ficará aberta e a válvula de descarga permanecerá fechada.

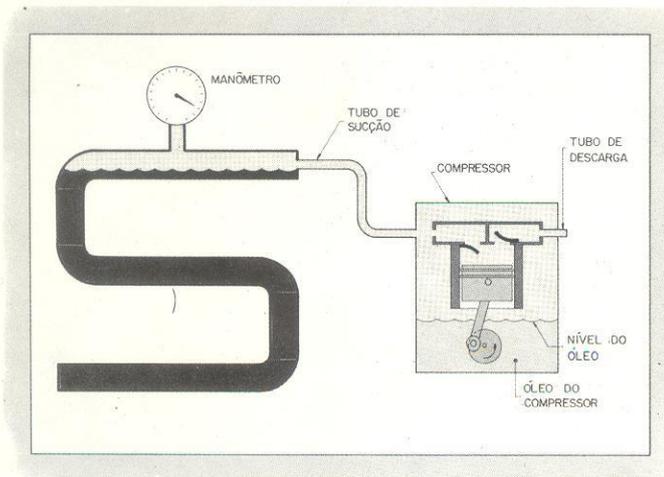
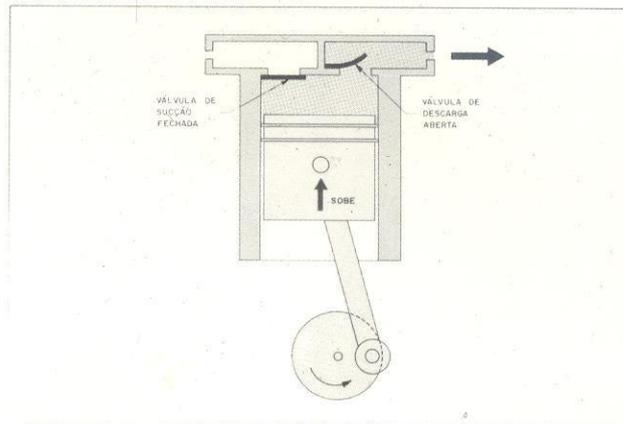


64 - PONTO MORTO INFERIOR

Terminada a descida do pistão, o mesmo pára a fim de iniciar a subida, neste ponto ambas as válvulas estarão fechadas.

65 - PISTÃO SUBINDO

Quando o pistão estiver subindo, a válvula de sucção permanecerá fechada e a válvula de descarga ficará aberta.

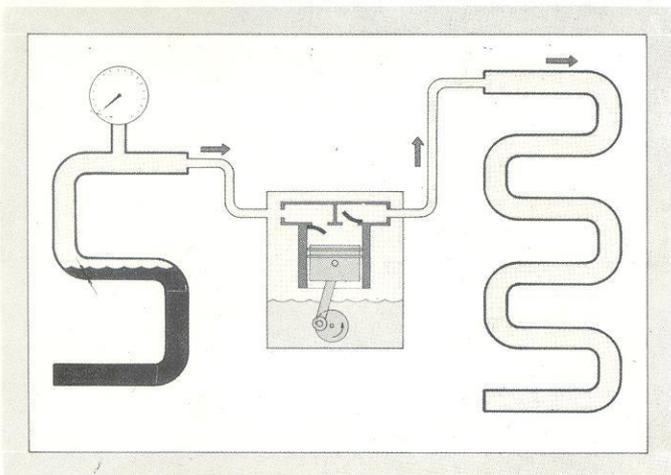
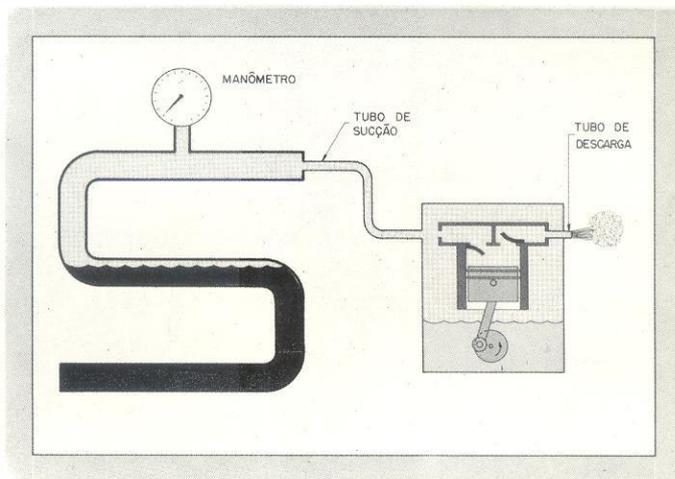


66 - COLOCANDO O COMPRESSOR

Voltemos agora ao ciclo básico de refrigeração. Havíamos parado exatamente quando o registro manual na saída do evaporador estava sendo substituído pelo compressor.

67 - COMO É INSTALADO O COMPRESSOR ?

A sucção, ou aspiração, do compressor é ligada na saída do evaporador. Desta maneira quando o compressor funcionar irá abaixar rapidamente a pressão de R-12 no interior do evaporador, removendo os vapores gasosos a medida que o líquido ferve e muda de estado. O compressor descarregará os vapores comprimidos diretamente em outra tubulação chamada de condensador.



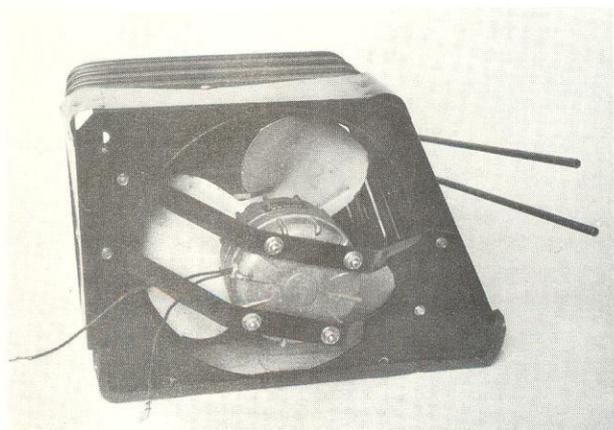
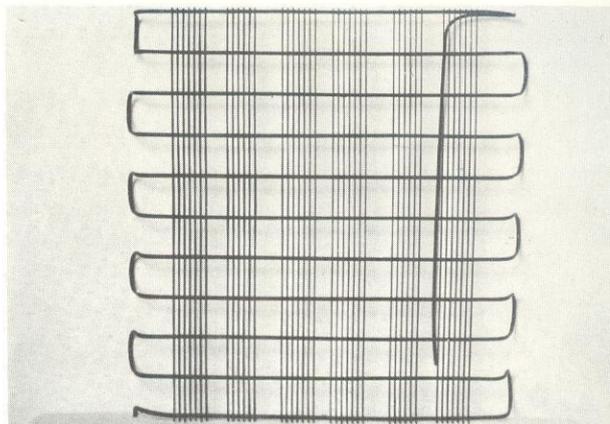
68 - COLOCANDO O CONDENSADOR

O nosso diagrama mostra os vapores de R-12 deixando o compressor e entrando em uma outra tubulação disposta em forma de serpentina. Esta serpentina é chamada de condensador.

69 - CONDENSADOR ESTÁTICO

Os condensadores dos refrigeradores são do tipo estático.

Trata-se de um tubo em forma de serpentina onde na sua superfície externa são soldados vários pedaços de arame que atuam como dissipadores de calor.

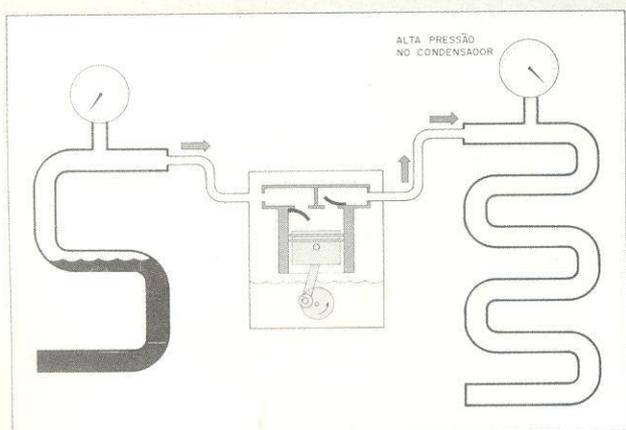
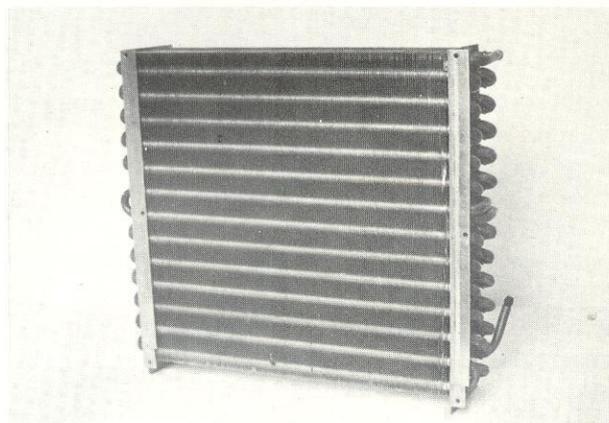


70 - CONDENSADOR DINÂMICO

Os condensadores dinâmicos são resfriados por um ventilador que promove a convecção forçada de ar.

71 - CONDENSADOR DOS CONDICIONADORES DE AR

Os condensadores dos condicionadores de ar são do tipo aletado, especialmente construídos para a convecção forçada de ar.



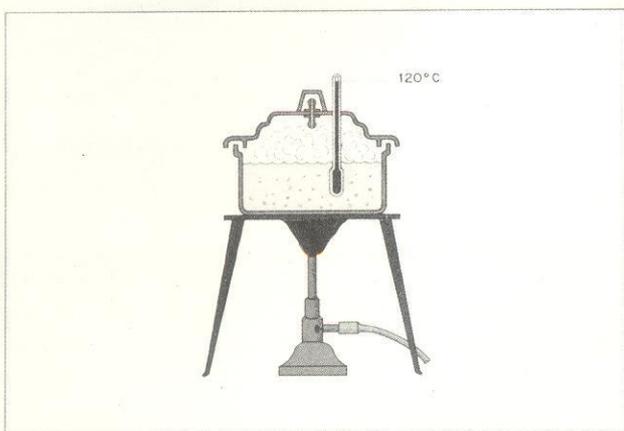
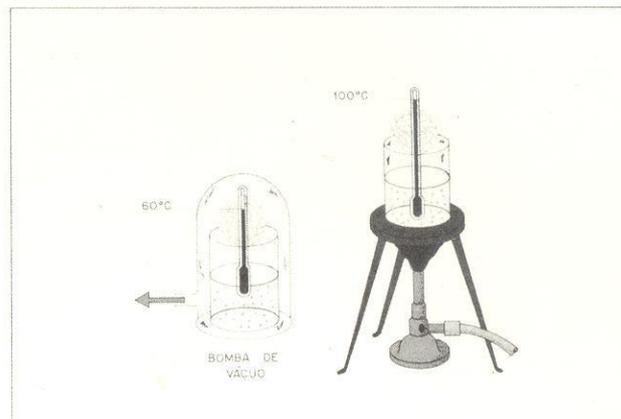
72 - AUMENTO DA PRESSÃO NO CONDENSADOR

O compressor aspira os vapores do gás no evaporador e os comprime dentro da tubulação do condensador elevando a pressão do R-12, no interior do condensador.

73 - COMPORTAMENTO DOS GASES E LÍQUIDOS SOB PRESSÃO

Se tomarmos a substância água como exemplo observaremos que se a mesma for aquecida em um recipiente aberto, atingirá seu ponto de ebulição a 100°C.

Já vimos que se reduzirmos a pressão através de uma bomba de vácuo, teremos a redução do ponto de ebulição da água.



74 - PONTO DE EBULIÇÃO DA ÁGUA SOB PRESSÃO

Quando um líquido está sob pressão, seu ponto de ebulição aumenta.

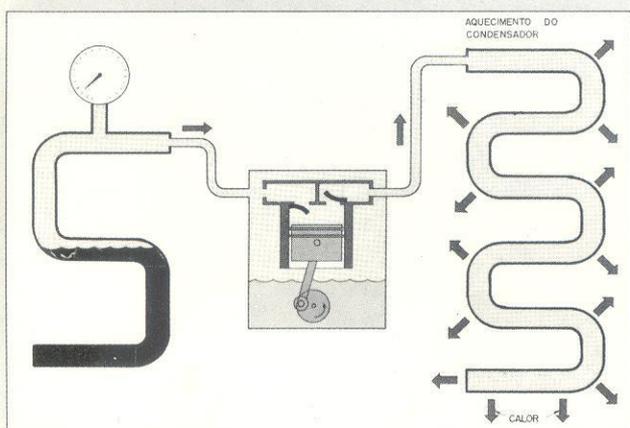
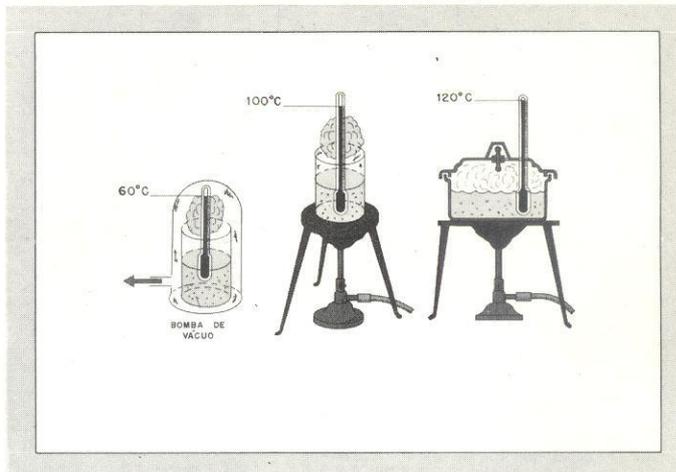
Por exemplo, nesta panela de pressão a água ferve a 120°C pois, a pressão no interior da mesma é superior a pressão atmosférica.

75 - RESUMINDO

Apenas para resumir o que acabamos de mencionar, observemos esta ilustração.

A água sob vácuo tem seu ponto de ebulição reduzido.

A água sob pressão tem seu ponto de ebulição aumentado.



76 - COMPORTAMENTO DO GÁS REFRIGERANTE NO CONDENSADOR

No condensador a pressão do gás refrigerante aumenta, devido a ação do compressor.

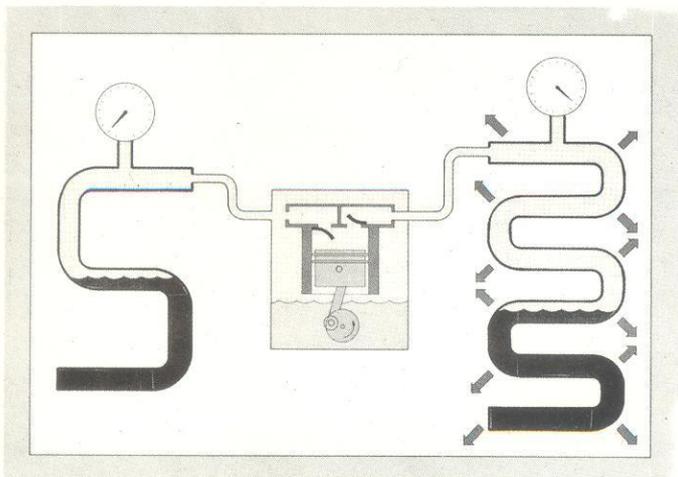
Vamos supor que a pressão no interior do condensador seja de 142 libras/pol², todas as calorias absorvidas na evaporação do líquido no evaporador serão comprimidas aumentando a temperatura do condensador.

77 - TABELA DE PRESSÃO X TEMPERATURA

Observando a tabela de pressão x temperatura verificamos que na pressão de 142 libras/pol² o ponto de ebulição do R-12 é de 45°C.

Como a temperatura ambiente varia de 18°C a 43°C, o R-12 irá condensar no interior do condensador.

TEMPERATURA	R 12		R 22	
	kg/cm ²	lb/pol ²	kg/cm ²	lb/pol ²
-50	46,6	18,38	27,0	10,01
-45	38,1	15,00	13,84	5,36
-40	27,8	10,92	0,04	0,61
-35	18,4	6,68	0,32	4,60
-30	0,88	0,24	0,88	9,78
-25	0,23	3,28	1,53	14,55
-20	0,81	7,21	1,48	20,94
-15	0,83	11,31	2,00	28,13
-10	1,20	17,10	2,60	36,89
-5	1,63	23,18	3,29	46,92
0	2,11	30,07	4,07	67,83
+5	2,64	37,80	4,97	70,61
+10	3,23	46,69	5,96	84,70
+15	3,97	56,95	7,07	100,7
+20	4,76	67,64	8,32	118,7
+25	5,60	79,72	9,71	138,0
+30	6,50	93,20	11,23	159,8
+35	7,59	108,1	12,92	183,7
+40	8,74	124,3	14,78	209,9
+45	9,99	142,2	16,78	238,0
+50	11,35	161,8	19,00	269,7



79 - CALOR LATENTE DE EVAPORAÇÃO OU CONDENSÇÃO DO R-12 E R-22

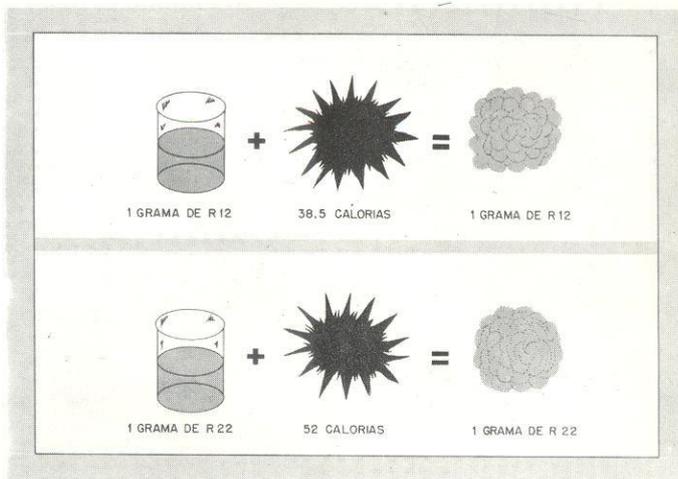
Para o R-12 é de 38,5 cal/g.

Para o R-22 é de 52 cal/g.

78 - CONDENSÇÃO DO GÁS REFRIGERANTE

O calor do condensador flui para o lado mais frio, transferindo-se assim para o ar em torno do mesmo.

Primeiro é transferido o calor sensível até encontrar o ponto de ebulição. A seguir transfere-se o calor latente transformando o gás refrigerante em líquido novamente.



**PAUSA
P/
PERGUNTAS**

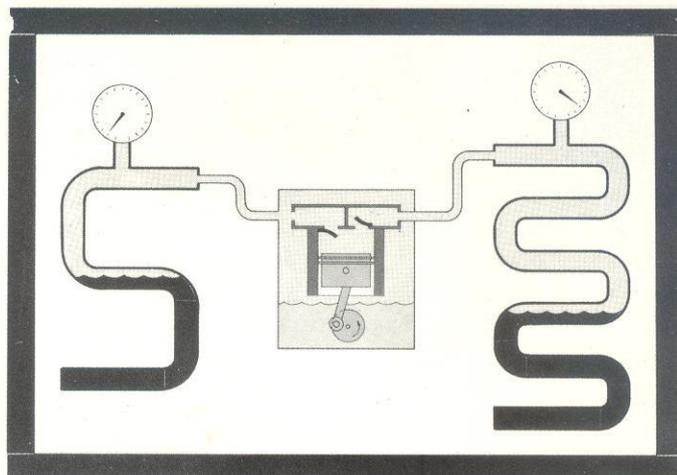
80 - UMA PAUSA PARA PERGUNTAS

Novamente faremos outra pausa para recapitulação onde todos terão a oportunidade de esclarecer as possíveis dúvidas através de perguntas.

81 - A CONDENSAÇÃO NO CONDENSADOR

No condensador, conforme o próprio nome já diz, ocorre a condensação do gás refrigerante.

O gás refrigerante ao entrar no condensador começará a transferir o seu calor para o ar ambiente, transformando-se em líquido. O gás refrigerante ficará totalmente líquido na terceira ou quarta volta no final do condensador. Desta forma ele estará pronto para ser novamente utilizado. Basta apenas enviá-lo de volta ao evaporador.

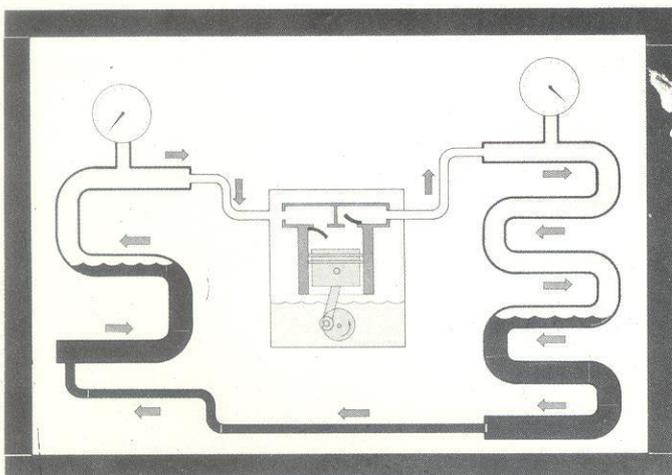


82 - RETORNO DO GÁS REFRIGERANTE AO EVAPORADOR

Para fazer com que o R-12 no estado líquido retorne ao evaporador, vamos unir o final do condensador ao início do evaporador por um pedaço de tubo.

Ora, como a pressão do gás refrigerante no condensador é muito maior que a pressão no evaporador, teremos que usar um tubo especial para que estas pressões continuem se mantendo.

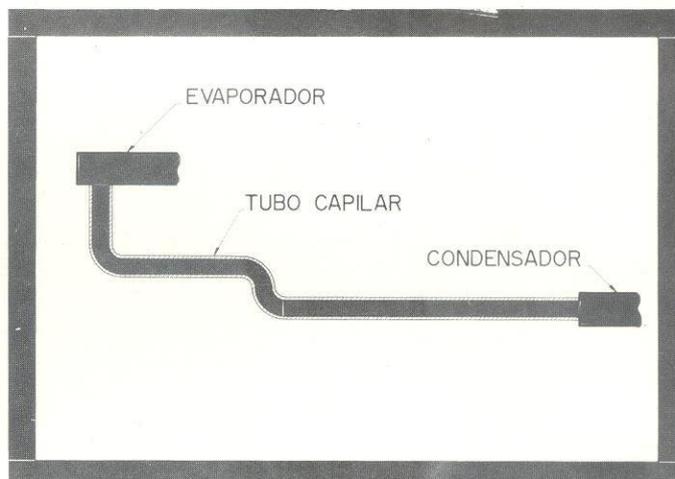
A este sistema assim montado damos o nome de conjunto selado.



83 - TUBO CAPILAR

Este tubo de características especiais é chamado de tubo capilar.

O tubo capilar atua como uma válvula reguladora de pressão. Devido ao seu longo comprimento e diâmetro reduzido, o mesmo oferece certa resistência a passagem de líquido mantendo assim as pressões de operação.

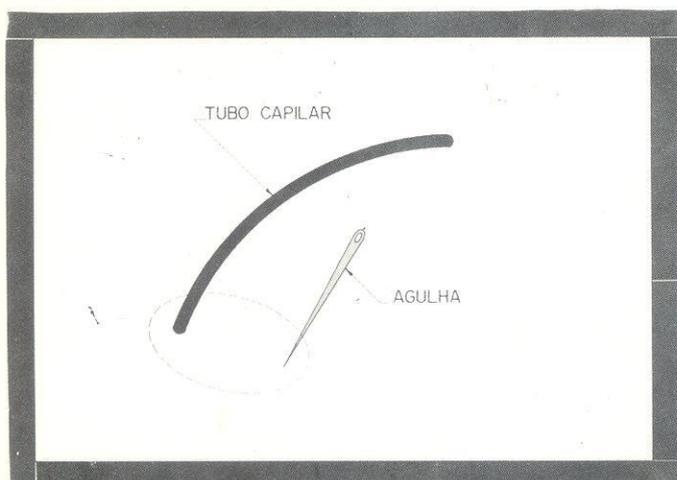


84 - COMPARANDO O DIÂMETRO INTERNO DO TUBO CAPILAR COM UMA AGULHA

O tubo capilar tem o diâmetro interno muito fino, observe esta comparação com uma agulha.

O nome capilar significa cabelo, ou seja, o tubo capilar tem o diâmetro interno tão fino que chega a comparar-se a um fio de cabelo.

Devido a sua dimensão, o tubo capilar deve ser protegido contra granulos de sujeira, ou pequenas partículas metálicas que possam encontrar-se no interior do conjunto selado pois qualquer partícula, por menor que seja poderá causar o entupimento do tubo capilar.



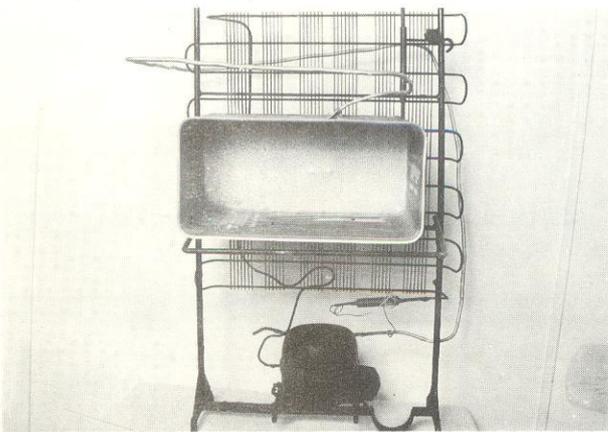
85 - DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS CAPILARES

Os tubos capilares são dimensionados para cada tipo de conjunto selado seja ele de refrigeradores, congeladores ou condicionadores de ar.

O tubo capilar dos congeladores são mais longos e possuem o diâmetro interno menor que os dos refrigeradores pois trabalham com pressões e temperaturas mais baixas no evaporador.

Além disto, modelos diferentes possuem capilares diferentes, portanto jamais troque um capilar, use capilares originais e de acordo com as especificações do fabricante. Os capilares dos condicionadores de ar tem diâmetro maior pois trabalham com pressão e temperatura do evaporador mais elevada que o refrigerador.

	COMPRIMENTO	DIÂMETRO INTERNO
COMBINADO 45 SF	2 240 mm	0,75 mm
SIDE BY SIDE	2 500 mm	0,75 mm
CONDICIONADOR 1750 Kcal/h	1 200 mm	1,10 mm
CONDICIONADOR 2500 Kcal/h	650 mm	1,50 mm
CONDICIONADOR 3125 Kcal/h	650 mm	1,90 mm

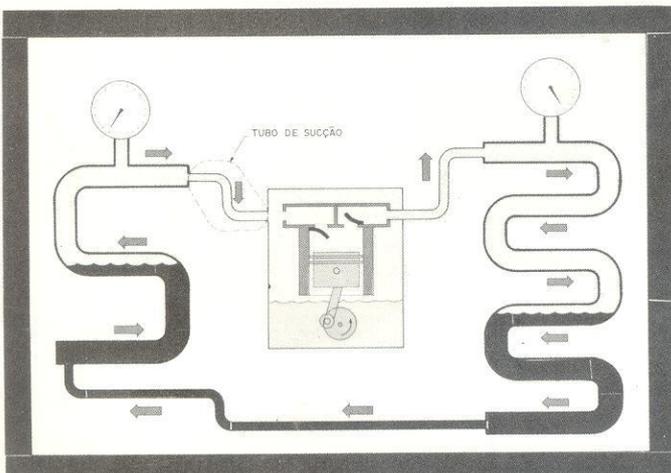
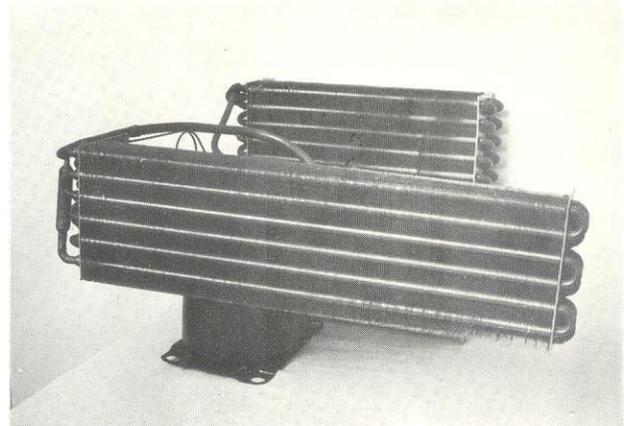


86 - CONJUNTO SELADO DE REFRIGERADORES

Apenas a título de complementação mostramos nesta figura um modelo de conjunto selado para refrigeradores.

87 - CONJUNTO SELADO DE CONDICIONADORES DE AR

Nesta figura ilustramos um modelo de conjunto selado para condicionadores de ar.

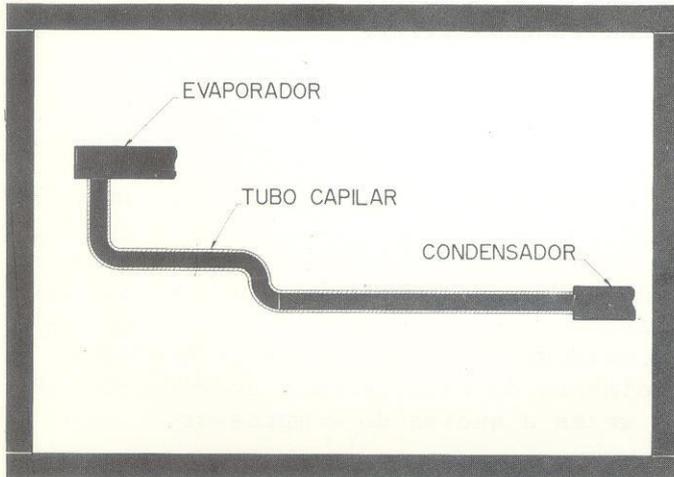
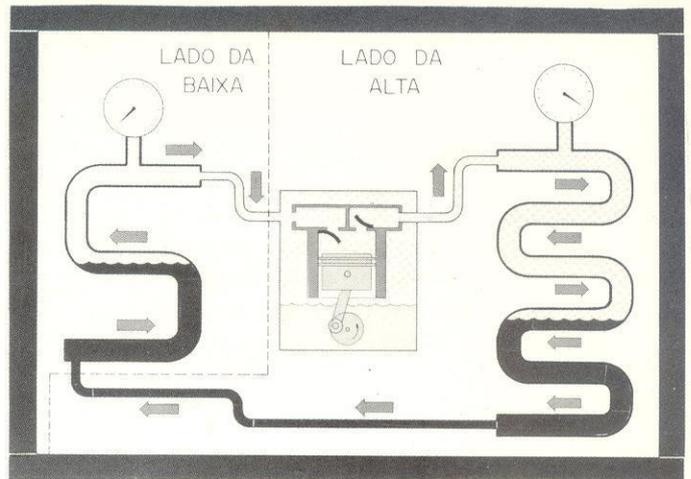


88 - TUBO DE SUÇÃO

A tubulação que une a saída do evaporador à entrada do compressor é chamada de linha ou tubo de sucção, conforme o próprio nome já diz, através do tubo de sucção o gás refrigerante é aspirado, ou seja, succionado pelo compressor.

89 - LADO DA BAIXA E LADO DA ALTA

É comum ouvirmos dizer: lado da alta ou lado da baixa do conjunto selado. O que significa isto? No lado da alta pressão ficam o compressor, condensador e tubo capilar. No lado da baixa pressão ficam o evaporador e o tubo de sucção. O lado da alta é separado do lado da baixa através do compressor e o tubo capilar.

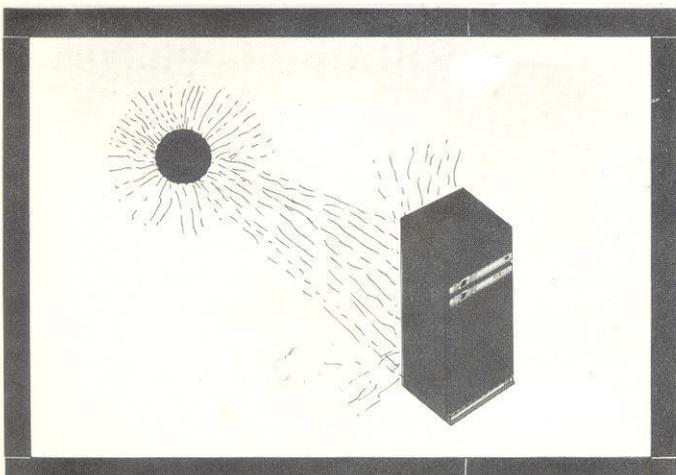
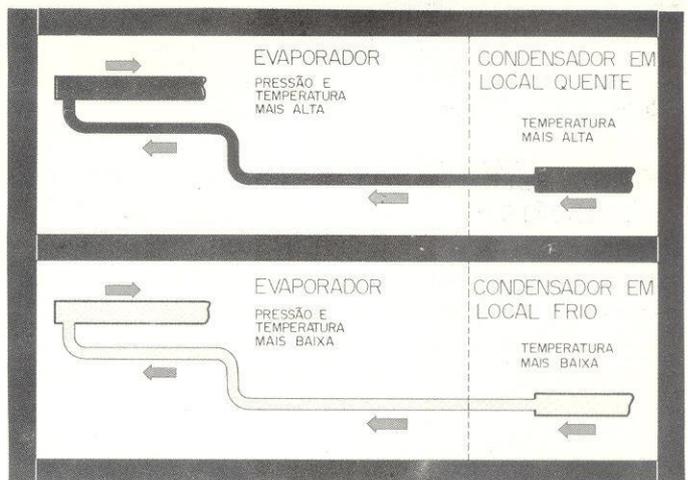


90 - DIFERENÇA DE PRESSÃO ENTRE OS LADOS DA ALTA E DA BAIXA

Conforme acabamos de ver é o tubo capilar e o compressor os responsáveis em manter a diferença de pressão entre os lados da alta e da baixa.

91 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NO CONJUNTO SELADO

Se o condensador estiver localizado em local onde a temperatura ambiente é muito elevada, a pressão no interior do mesmo será maior, forçando mais a passagem de R-12 líquido através do tubo capilar o que irá causar o aumento de pressão no interior do evaporador reduzindo a eficiência na capacidade de refrigeração. Por outro lado, se o condensador estiver localizado onde a temperatura ambiente não for muito elevada a pressão no interior do condensador e evaporador será menor aumentando a eficiência na capacidade de refrigeração do conjunto selado.

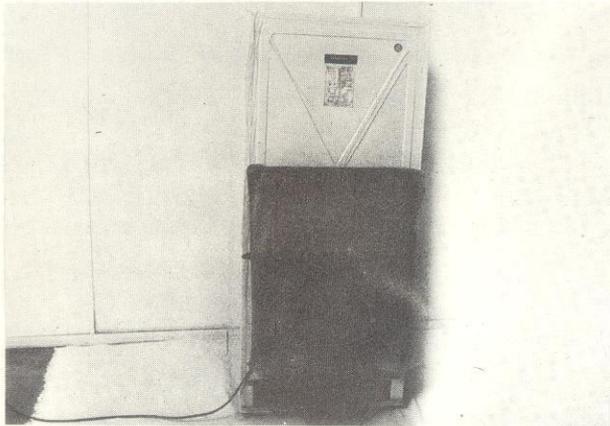
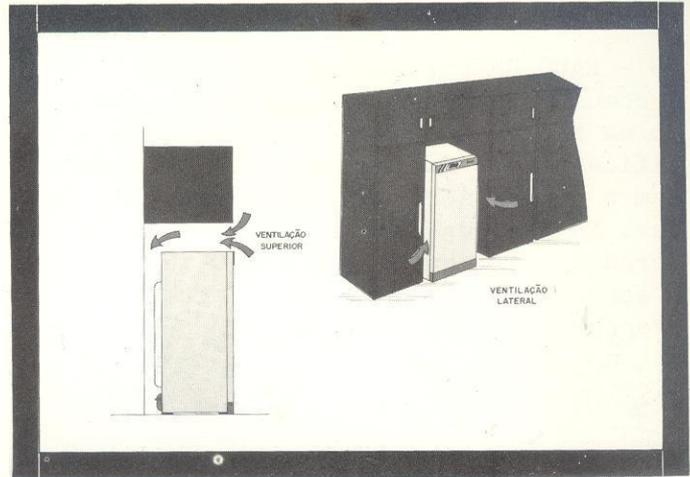


92 - LOCALIZAÇÃO DOS REFRIGERADORES

A instalação dos refrigeradores é muito importante. Os mesmos não devem ser expostos diretamente aos raios solares e devem permanecer longe do ar quente emanado de estufas, fogões, fornos e similares.

93 - INSTALAÇÃO EM BOXES

Os refrigeradores nunca devem ser encostados na parede, pois necessitam de boa circulação de ar em torno do condensador. Nas instalações em boxes, as paredes e o teto do refrigerador devem permanecer com um espaçamento mínimo de 5 cm.

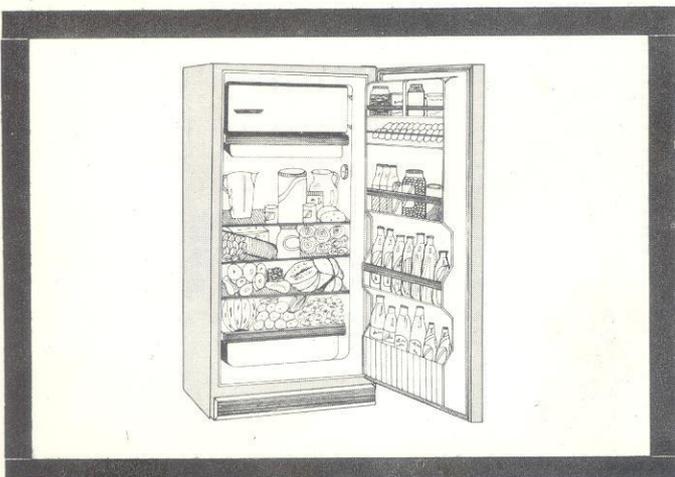
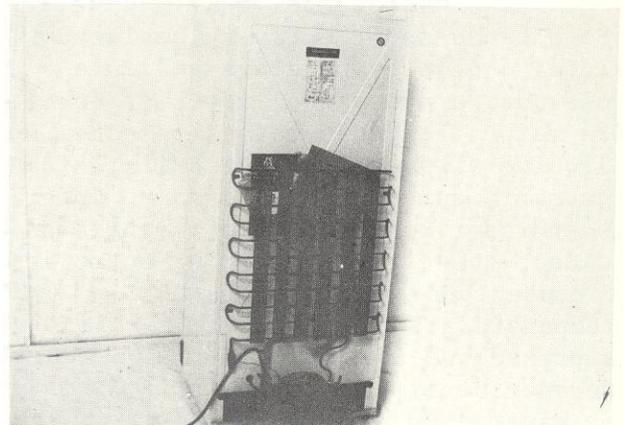


94 - OS REFRIGERADORES NÃO SÃO SECADORAS DE ROUPA

A colocação de roupas de diversos tipos, na grade do condensador bloqueia a circulação de ar. Deve-se instruir o cliente que tal procedimento prejudica consideravelmente o rendimento do refrigerador provocando muitas vezes a queima do compressor.

95 - OS REFRIGERADORES NÃO SÃO DEPÓSITOS DE PAPÉIS

O espaço entre o condensador e o fundo do refrigerador não deve ser utilizado como depósito de jornais, papéis, sacolas etc. Às vezes os mesmos são guardados sobre o refrigerador e caem acidentalmente neste local.



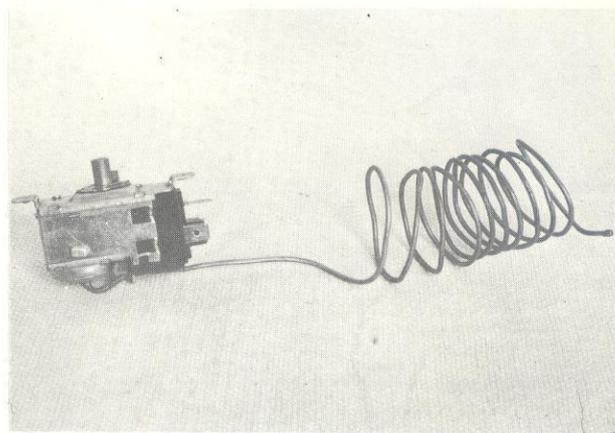
96 - SOBRECARGA DE ALIMENTOS

Todo e qualquer refrigerador bem como os congeladores devem ser carregados com alimentos gradativamente. Se uma grande carga de alimentos é colocada de uma só vez, a refrigeração ficará comprometida até que todo o calor dos alimentos seja removido.

97 - O COMPRESSOR FUNCIONA ININTERRUPTAMENTE ?

Quando todos os alimentos colocados no interior do refrigerador estiverem suficientemente frios, o compressor é desligado através de um dispositivo chamado termostato.

O termostato e demais componentes elétricos do refrigerador serão estudados em outra parte mais adiante.



PAUSA P/ PERGUNTAS

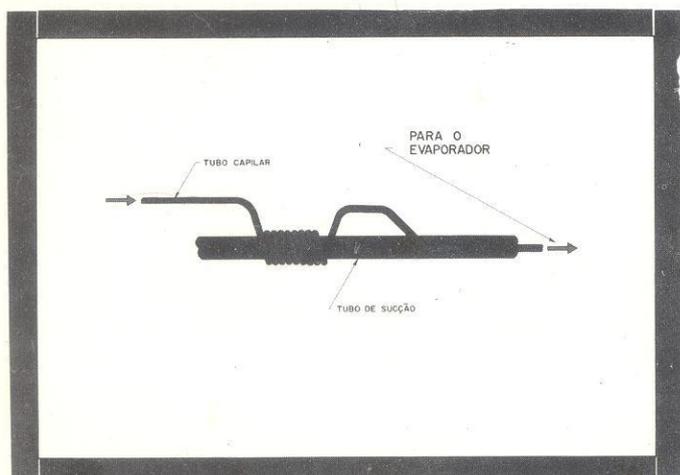
98 - UMA PAUSA PARA PERGUNTAS

Novamente faremos outra pausa para repetir esta parte, todos podem perguntar a vontade.

99 - TROCADOR DE CALOR

Em todos os refrigeradores e congeladores o tubo capilar e o tubo de sucção estão em contato direto de forma que parte do calor no tubo capilar seja transferido para o tubo de sucção fazendo com que o líquido chegue mais frio ao evaporador melhorando a eficiência do conjunto selado.

Em alguns refrigeradores e congeladores, o tubo capilar é enrolado em torno do tubo de sucção.

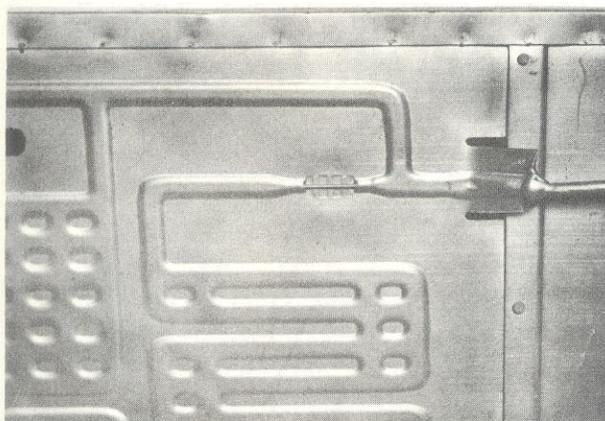
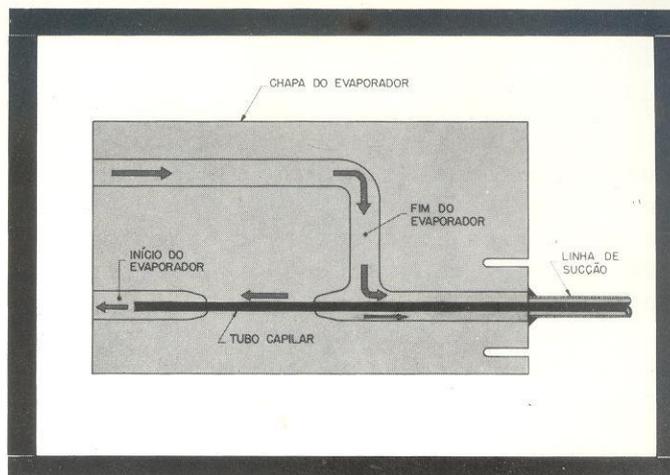


100 - TUBO CAPILAR COAXIAL

Nos refrigeradores e congeladores que possuem evaporadores roll-bond, o tubo capilar após deixar o condensador é soldado de forma a introduzir-se ao longo da linha de sucção.

101 - ENTRADA DO TUBO CAPILAR COAXIAL NO EVAPORADOR

Depois do tubo capilar ter entrado na linha de sucção ele irá separar-se da mesma no início do evaporador conforme está ilustrado neste desenho em corte.

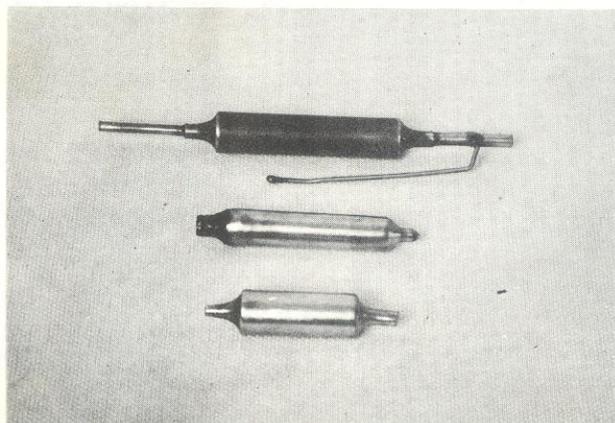
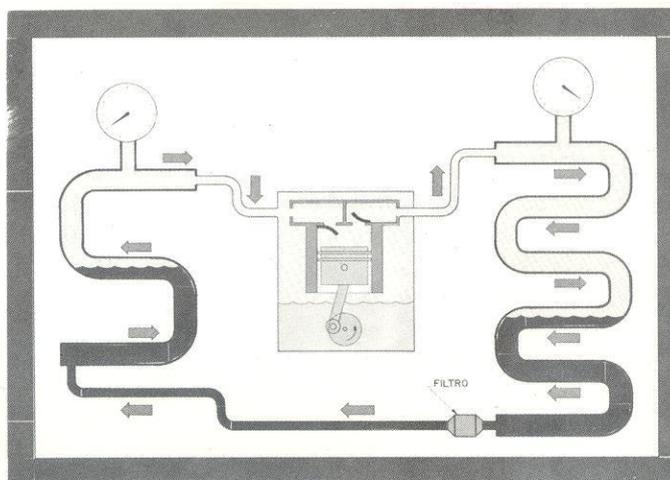


102 - ENTRADA DO TUBO CAPILAR NO EVAPORADOR ROLL-BOND.

Esta figura podemos observar a entrada do tubo capilar no evaporador roll-bond.

103 - COLOCANDO UM FILTRO

Como já sabemos, o diâmetro interno do capilar é muito pequeno e assim fácil de ser obstruído por impurezas, tais como sujeira ou partículas metálicas que possam encontrar-se no interior do conjunto selado. Para evitar este problema é instalado um filtro de impurezas no início do tubo capilar conforme ilustrado nesta figura.



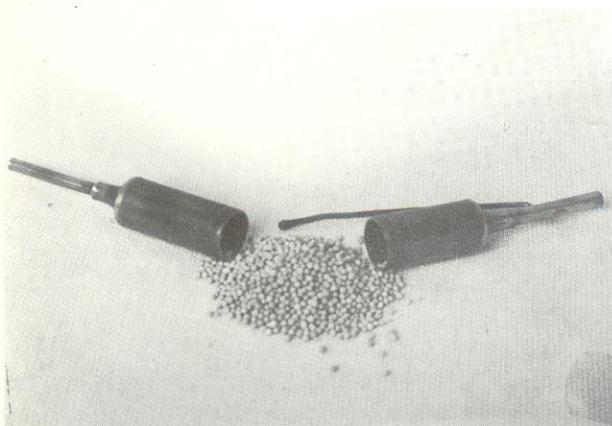
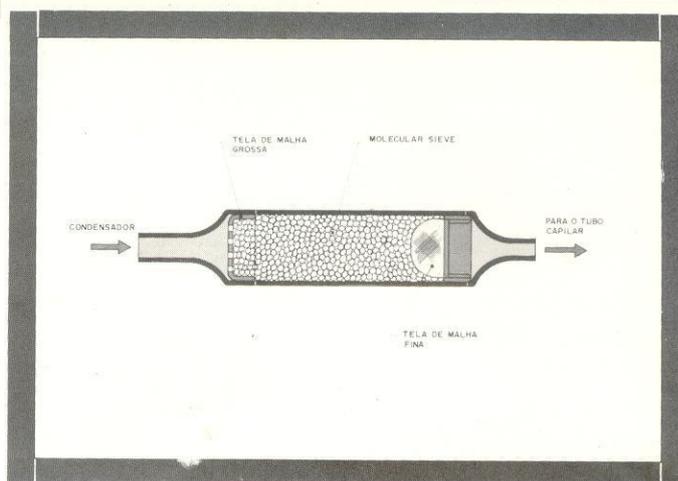
104 - FILTRO SECADOR

Nesta figura são ilustrados vários filtros secadores utilizados em refrigeradores. O filtro secador além de reter as impurezas sólidas, absorve também a umidade que possa existir no interior do conjunto selado.

105 - AGENTE SECANTE

Neste desenho em corte de um filtro, observamos duas telas, uma mais fina que fica na saída do filtro, logo em frente ao tubo capilar e outra mais grossa localizada na entrada do filtro em frente à saída do condensador.

Entre estas duas telas está localizado o agente secador em forma de "bolinhas brancas" cuja função é remover qualquer água ou umidade existente no conjunto selado.

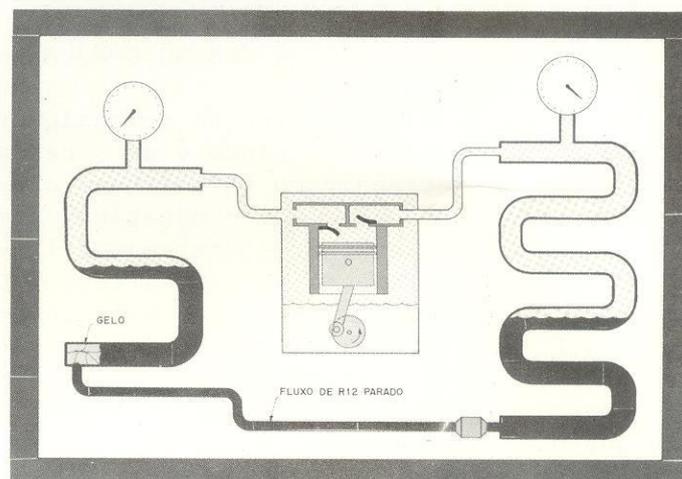


106 - MOLECULAR SIEVE

O material utilizado nos filtros secadores atuais chama-se molecular sieve e tem a aparência mostrada nesta figura.

107 - EFEITO DA ÁGUA NO CONJUNTO SELADO

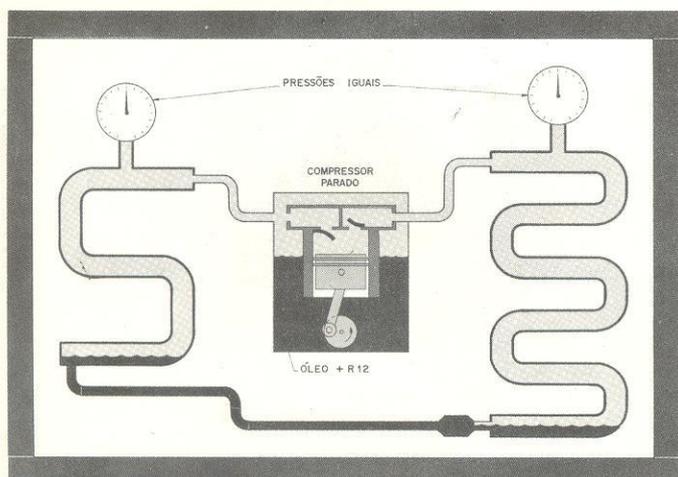
Na saída do tubo capilar ocorre a evaporação do R-12 em temperaturas de aproximadamente 27°C abaixo de zero. Ora, o ponto de congelamento da água é de 0°C. Se existir água no interior do conjunto selado, ela irá transformar-se em gelo na entrada do evaporador causando obstrução da tubulação provocando consequências que vamos estudar logo mais adiante.



108 - PRIMEIRA PARTIDA DO CONJUNTO SELADO

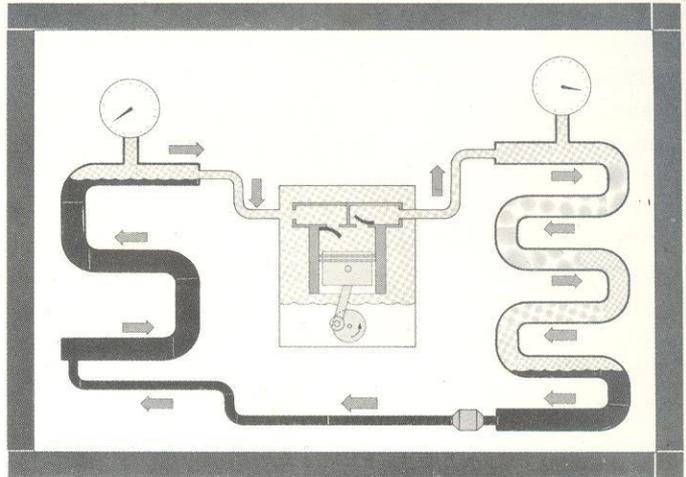
Quando um refrigerador é ligado a tomada, logo após ser instalado ou quando esteve desligado por longo tempo, o mesmo não começará a congelar todo o evaporador de imediato.

Grande quantidade do refrigerante líquido permanece misturado com o óleo do compressor e quando o refrigerador é ligado o refrigerante demora a separar-se do óleo e distribuir-se através do conjunto selado. Este fato é completamente normal, o conjunto selado demora cerca de 45 minutos para ficar balanceado.



109 - SISTEMA BALANCEADO

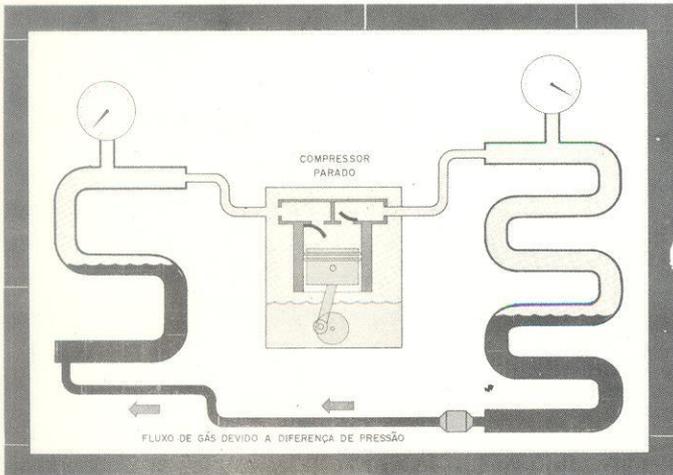
Após determinado tempo de funcionamento, o evaporador passa a congelar em toda a sua extensão, a partir deste momento dizemos que o sistema está balanceado e quase todo o refrigerante líquido estará no evaporador.



110 - EQUALIZAÇÃO DE PRESSÕES

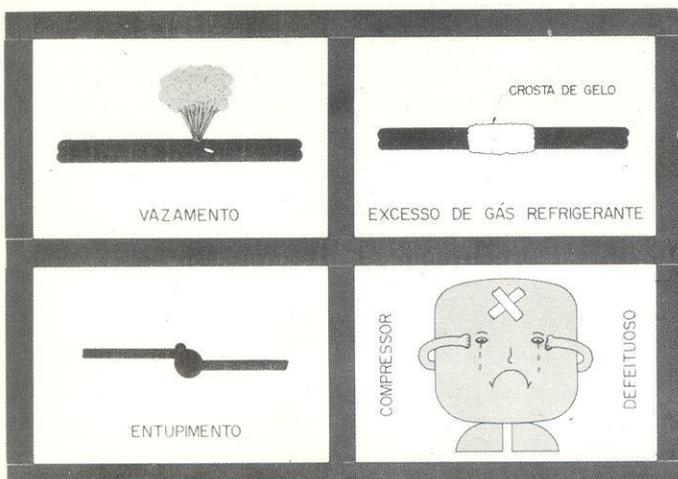
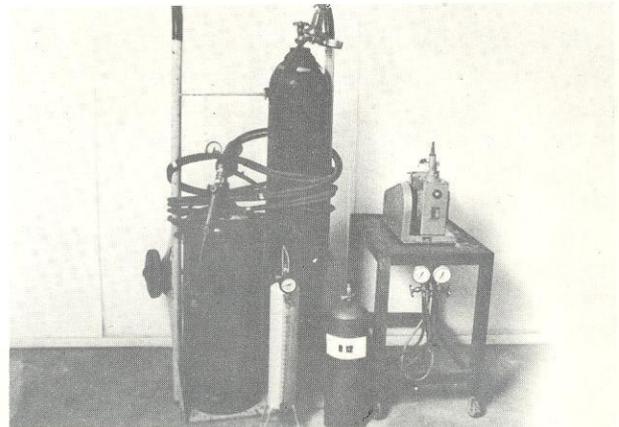
Quando o compressor é desligado através do termostato, as pressões do lado da alta e do lado da baixa tendem a igualar-se. Após a parada do compressor, a pressão do refrigerante no lado da alta, força-o através do tubo capilar para dentro do evaporador igualando as pressões no interior do conjunto selado.

O vapor do refrigerante deve circular através do tubo capilar sem o auxílio do compressor. Uma equalização completa demora cerca de 5 minutos.



111 - DIAGNÓSTICO DE DEFEITOS NO CONJUNTO SELADO

Para se efetuar a substituição de qualquer componente do conjunto selado é de certa forma bastante trabalhoso pois, requer a utilização de soldagens com o maçarico, bomba de vácuo para evacuar o sistema, cilindro de gás refrigerante para recarregar o sistema, e mais o transporte do refrigerador visto que, este tipo de trabalho não deve ser realizado na residência do cliente. Portanto, é preciso ter certeza absoluta de que o defeito realmente está no conjunto selado antes de proceder sua reoperação.



112 - DEFEITOS DO CONJUNTO SELADO

São quatro os defeitos que podem ocorrer no conjunto selado:

- vazamento
- excesso de refrigerante
- restrição ou entupimento
- compressor defeituoso

113 - SINTOMAS DOS DEFEITOS NO CONJUNTO SE LADO

Os quatro defeitos podem ser diagnosticados através de um ou mais dos seguintes sintomas:

- não gela
- gela parcialmente
- gela a linha de sucção
- compressor não parte ou provoca abertura do protetor térmico.



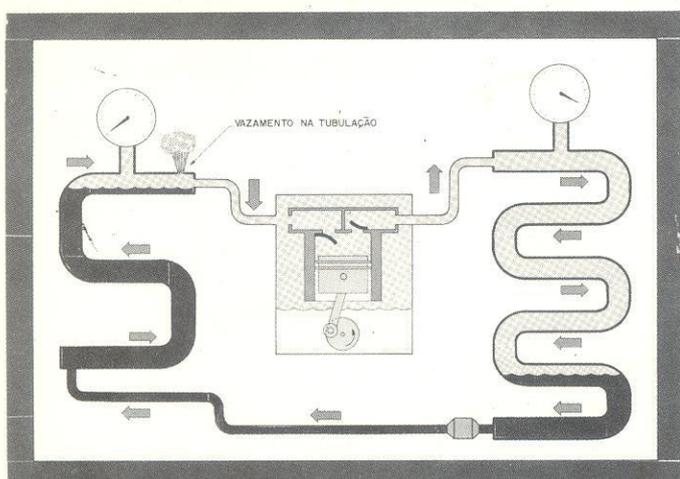
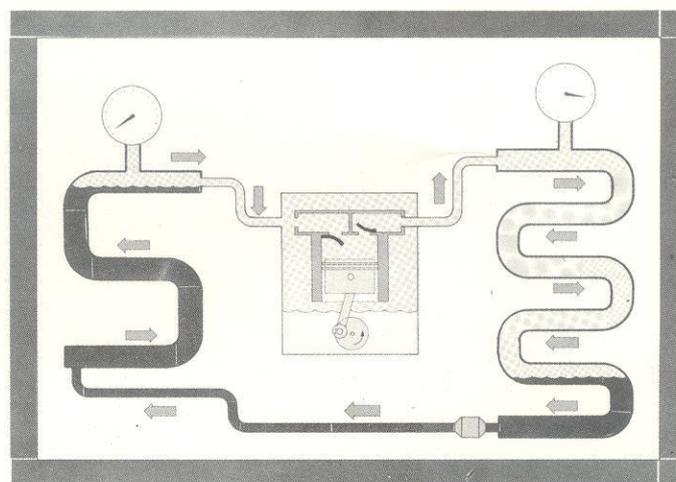
114 - EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PARA DIAG NÓSTICO

Além de uma verificação visual deve-se utilizar um alicate multímetro (voltímetro, amperímetro e ohmímetro) e um termômetro para maior precisão no diagnóstico do problema.

115 - DESENHO EM CORTE DO CONJUNTO SELADO PARA DIAGNÓSTICO DE DEFEITOS

Para podermos explicar com maior clareza os possíveis defeitos que podem ocorrer em um conjunto selado, utilizaremos novamente um desenho em corte do mesmo.

Neste desenho vamos incluir dois manômetros um no lado da baixa e outro no lado da alta apenas com finalidade de instrução.



116 - VAZAMENTO NO CONJUNTO SELADO

Se ocorrer algum vazamento no conjunto selado, logicamente o gás refrigerante começará a vazar. Dependendo do tamanho do vazamento, o conjunto selado demorará mais ou menos tempo para ficar completamente sem gás refrigerante.

Existem vazamentos tão pequenos que as vezes demora-se meses para que o conjunto selado fique totalmente sem gás.

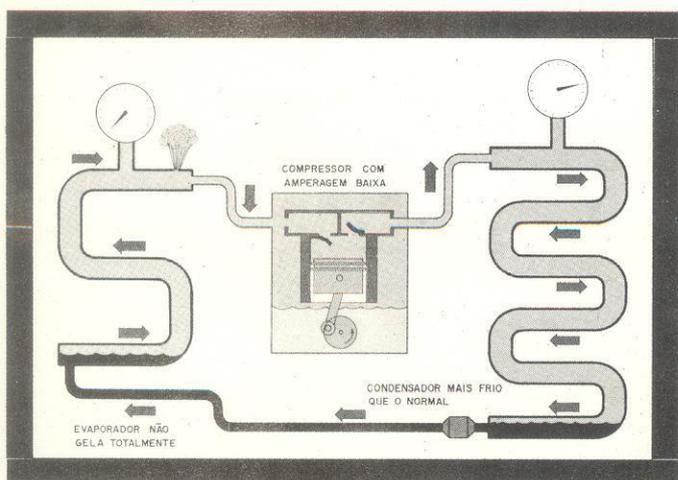
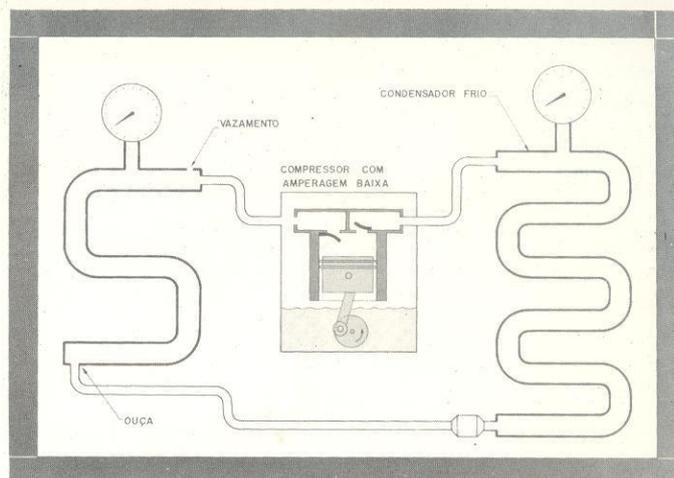
117 - CONJUNTO SELADO TOTALMENTE SEM GÁS

Neste caso, o evaporador não gela e o conjunto selado apresenta os seguintes sintomas:

Primeiro - compressor trabalha com amperagem baixa pois não apresenta nenhuma carga na cabeça do pistão.

Segundo - o condensador, apesar do compressor estar funcionando apresenta-se frio.

Terceiro - na maioria dos casos pode-se ouvir um assobio ou sopro intermitente na saída do tubo capilar.



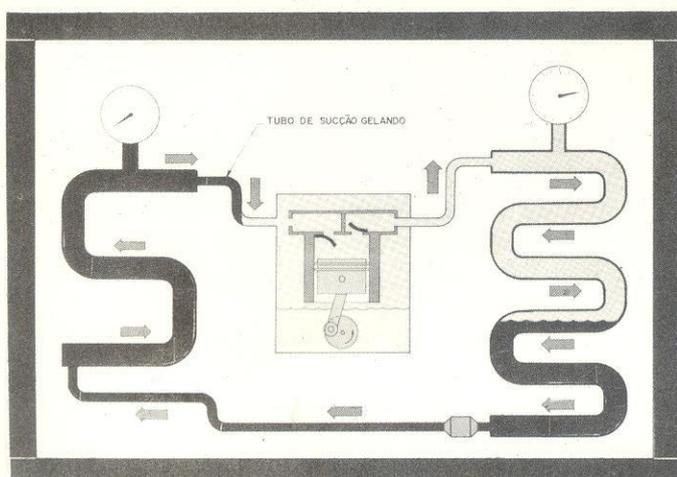
118 - CONJUNTO SELADO COM CARGA PARCIAL DE GÁS

Quando o conjunto selado estiver com carga parcial de gás, o evaporador irá gelar apenas uma parte devido a não existir líquido suficiente para preenchê-lo totalmente.

Neste caso, o compressor também apresenta amperagem baixa e o condensador estará apenas um pouco mais frio que o normal. Para obter-se certeza desta condição deve-se desligar o compressor, descongelar o evaporador e tornar a ligar o conjunto selado verificando após aproximadamente uma hora se o evaporador continua gelando parcialmente.

119 - UMA PAUSA PARA PERGUNTAS

Novamente faremos outra pausa para repetir esta parte. Todos podem perguntar a vontade.



PAUSA P/ PERGUNTAS

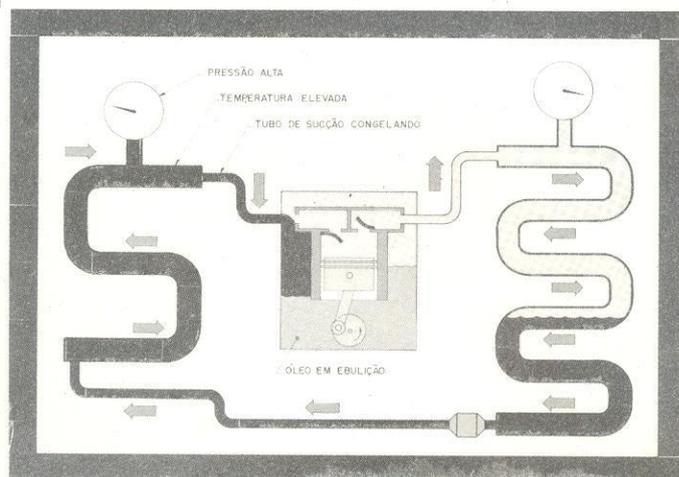
120 - PEQUENO EXCESSO DE GÁS REFRIGERANTE

Se o conjunto selado estiver com pequena quantidade de gás refrigerante além do necessário este excesso irá fluir para a linha de sucção provocando congelamento, suor e gotejamento de água.

121 - GRANDE EXCESSO DE GÁS REFRIGERANTE

Se o conjunto selado estiver com grande quantidade de gás refrigerante além do necessário, ocorrerá o congelamento total da linha de sucção aumentando a pressão no interior do evaporador elevando assim a temperatura do mesmo.

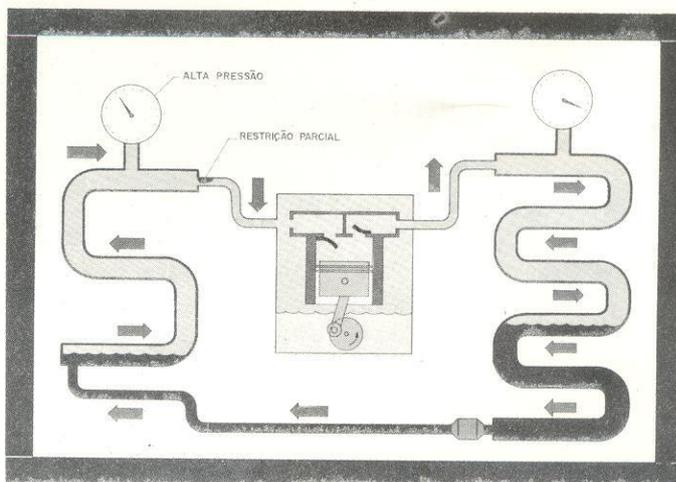
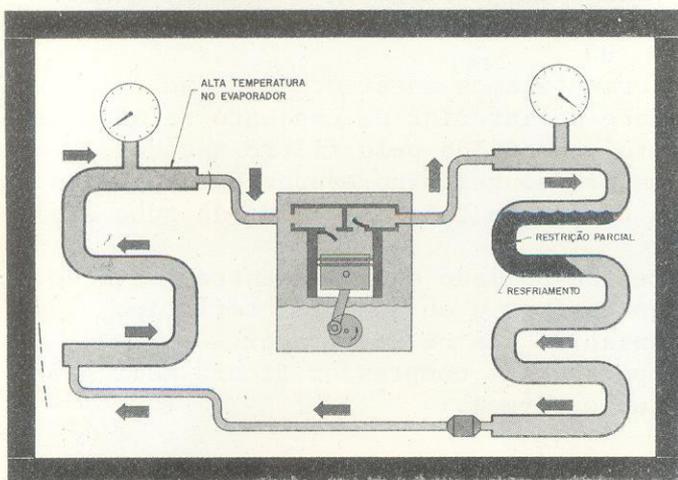
Este excesso ocasionará também a chegada do refrigerante líquido para o interior do compressor causando uma furiosa ebulição no óleo, provocando o desligamento do protetor térmico.



122 - RESTRIÇÃO PARCIAL OU TOTAL NO LADO DA ALTA

Se ocorrer a restrição total no lado da alta devido a algum dobramento da tubulação ou excesso de solda, o compressor poderá desligar pelo protetor térmico dependendo do local onde ocorreu a restrição.

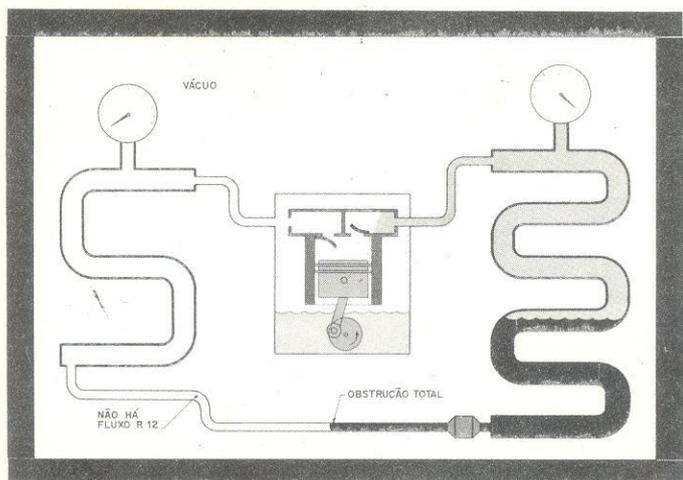
Se não ocorrer a restrição total, mas sim uma restrição parcial, então geralmente devido a diferença de pressão ocasionada pela restrição, ocorrerá o resfriamento próximo a esta restrição.



123 - RESTRIÇÃO PARCIAL OU TOTAL NO LADO DA BAIXA

A restrição total no lado da baixa provoca o não resfriamento do evaporador.

Se ocorrer uma restrição parcial no lado da baixa, então a pressão no interior do evaporador será alta provocando aumento de temperatura no mesmo.



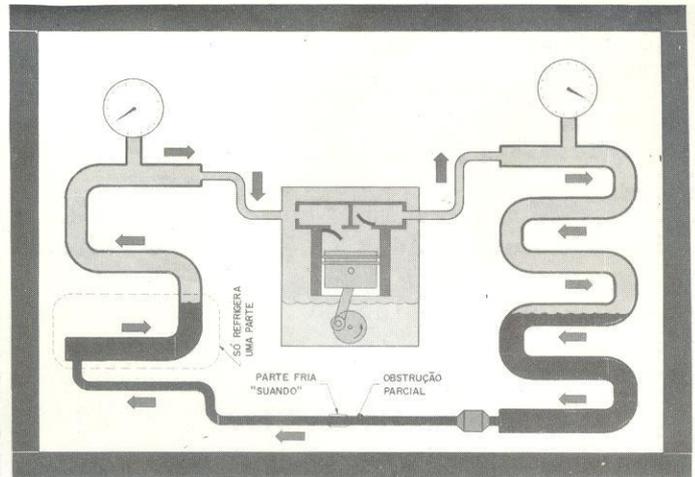
124- RESTRIÇÃO TOTAL DO CAPILAR

Neste caso, deve-se desligar o compressor, aguardar alguns minutos e tentar dar a partida novamente. Esta restrição não permite que as pressões do lado da baixa e do lado da alta se equalizem.

125 - RESTRIÇÃO PARCIAL DO CAPILAR

Uma restrição parcial no tubo capilar tem a mesma ação que aumentar o seu comprimento fazendo com que o refrigerante fique muito frio no evaporador, porém só refrigera uma parte do mesmo.

As vezes este problema é confundido com vazamento de gás devido aos sintomas do defeito serem parecidos.

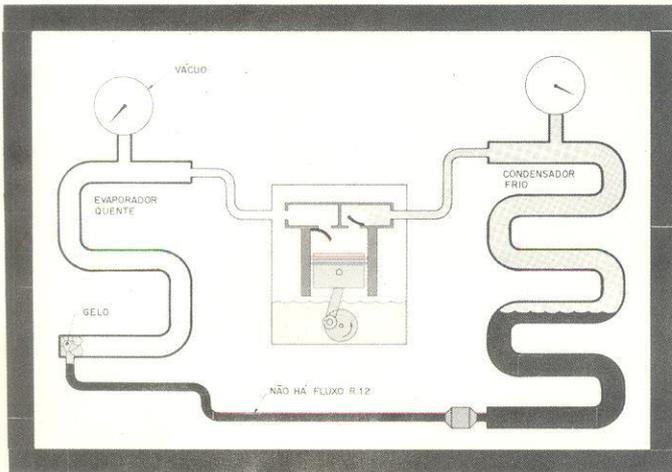


126 - UMIDADE NO INTERIOR DO CONJUNTO SELADO DO

Conforme falamos anteriormente, se existir umidade no interior do conjunto selado, que não foi absorvida pelo filtro secador, a mesma irá congelar no evaporador, provocando a restrição total na saída do tubo capilar.

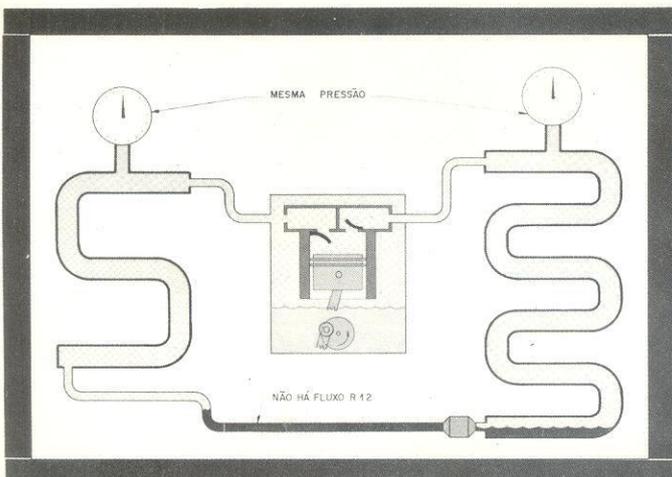
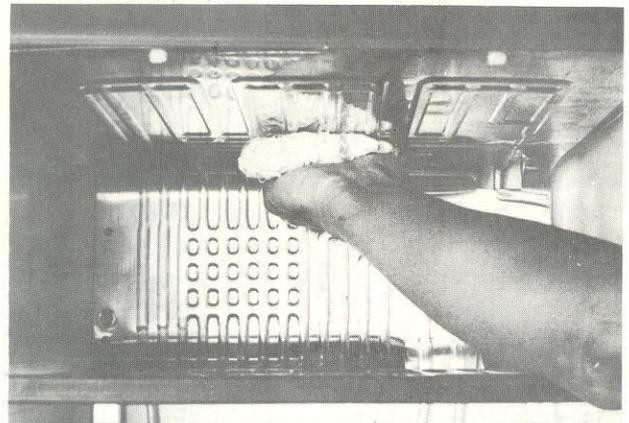
A pressão no lado da baixa entra em vácuo, e não ouvimos o chiado característico da expansão do gás no evaporador.

A amperagem do compressor ficará mais baixa que o normal.



127 - APLICAÇÃO DE CALOR PARA IDENTIFICAÇÃO DA UMIDADE

Para obter-se certeza absoluta de que realmente a restrição na tubulação é causada por umidade, deve-se aplicar calor na entrada do evaporador com o auxílio de um pano embebido com água quente, após pouco tempo o gelo no interior da tubulação derreterá, o evaporador começará a gelar e poderemos ouvir o chiado característico da expansão do gás refrigerante.



128 - COMPRESSOR NÃO COMPRIME

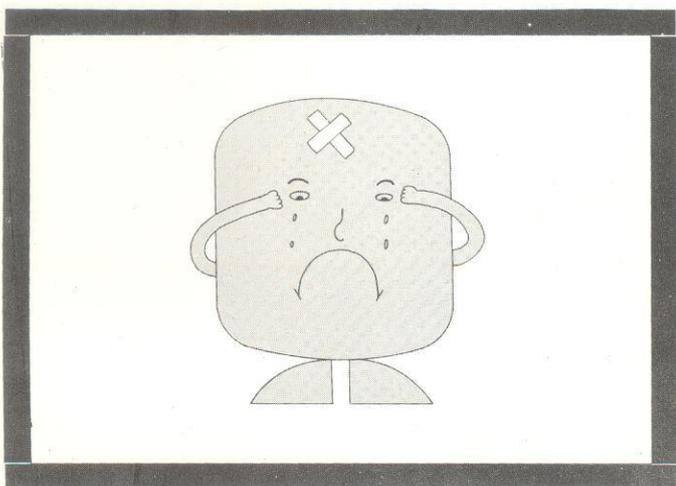
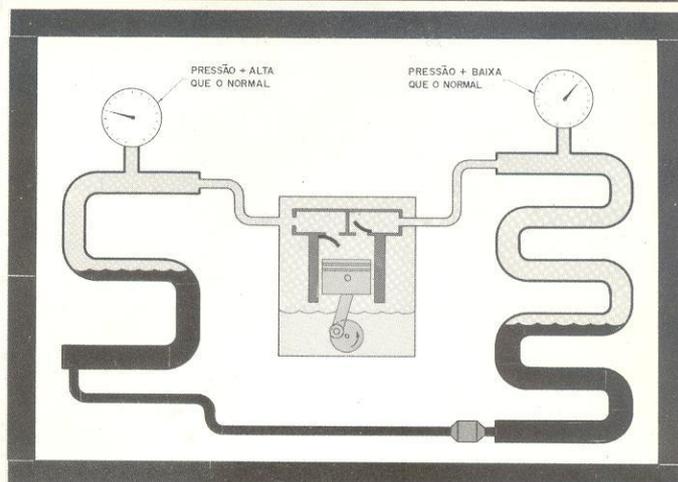
Se o compressor funcionar mas não comprimir o gás refrigerante devido a alguma falha o evaporador logicamente não irá gelar e os sintomas serão os mesmos que ocorrem se o conjunto selado estiver sem gás refrigerante, ou seja:

- compressor com amperagem baixa e,
- condensador frio.

129 - COMPRESSOR COM BAIXO RENDIMENTO

Se o compressor estiver com rendimento abaixo do normal, o mesmo não conseguirá manter o diferencial de pressão necessário entre o lado da baixa e o lado da alta no conjunto selado.

Neste caso, o evaporador ficará mais quente que o normal.



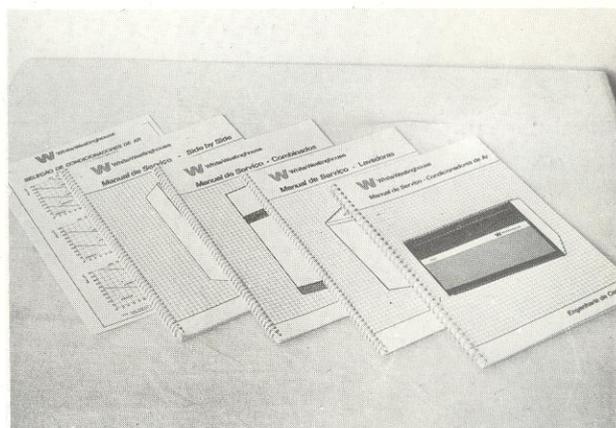
130 - OUTROS DEFEITOS DO COMPRESSOR HERMÉTICO

Acabamos de ver alguns defeitos que podem ocorrer na bomba do compressor hermético. Como já vimos, o compressor hermético é constituído de uma bomba e um motor elétrico.

Os componentes elétricos de refrigeração serão abordados em outro curso mais adiante.

131 - MANUAIS DE SERVIÇO

Para complementação deste curso devemos estudar atentamente os manuais de serviço dos produtos White-Westinghouse.



132 - FIM

A White-Westinghouse sente-se honrada com a presença de todos vocês, aproveitamos a oportunidade para lhes dizer: MUITO OBRIGADO