

11 CONTROLES AUTOMÁTICOS DO CICLO DE REFRIGERAÇÃO

O Controle é um dispositivo que dá partida, para, regula e/ou protege o ciclo. Um sistema de controle tem como funções básicas:

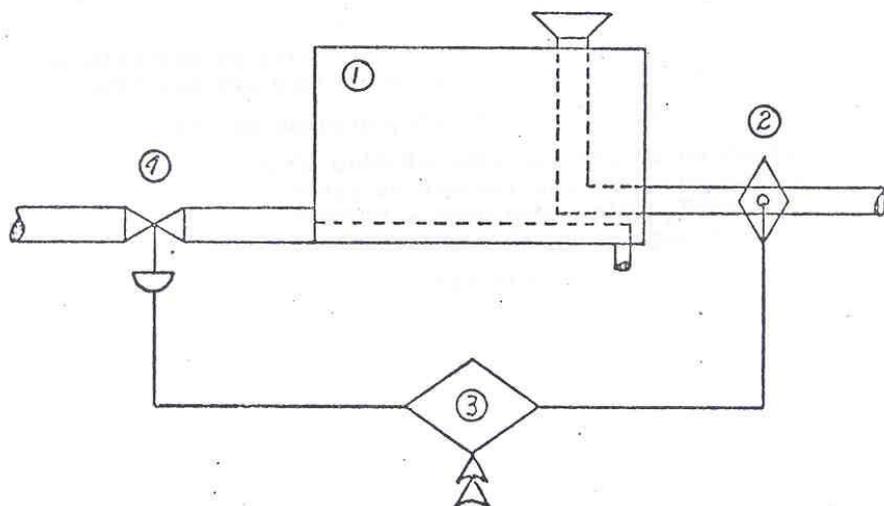
- regular o sistema de modo que condições de projeto sejam mantidas no espaço controlado;
- permitir uma operação eficiente do equipamento;
- evitar possíveis efeitos nocivos aos ocupantes, instalações e equipamentos.

Os dispositivos de controle variam em complexidade desde um simples interruptor até controladores mais sofisticados de modulação e rearme. Estes dispositivos podem ser elétricos, eletrônicos, pneumáticos, por computador, autônomos, de estado sólido, ou fluídicos. O tipo de controle selecionado depende grandemente da preferência do projetista do sistema e, do grau de controle desejado. A seguir, apenas se discutirão os dispositivos de uso mais comum em refrigeração e condicionamento de ar, recomenda-se para informações mais completa os catálogos e manuais dos vários fabricantes de controles.

11.1 COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE CONTROLE

Os sistemas de controle baseiam-se na idéia fundamental da retroalimentação ou realimentação (feedback), isto é, na idéia de medir o valor real que está sendo obtido, compará-lo com um valor predeterminado ou especificado e se houver diferença, fazer uma correção para aproximar o valor obtido ao valor desejado, a fim de diminuir e eliminar o erro. Isto é realizada de forma contínua. A (fig. 116) ilustra os componentes básicos de um sistema de controle.

FIGURA 116 - COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE CONTROLE



PROCESSO (1): O sistema a ser controlado; é definido como sendo as múltiplas funções desenvolvidas no equipamento, no qual a variável é controlada. Logo, o

termo processo inclui tudo aquilo que afeta a variável controlada quando não é acionado o elemento final do controle.

MEIO DE MEDIÇÃO (DETECÇÃO) (2): É um meio para medir o valor real da variável controlada.

MEIO DE CONTROLE (3): É um sistema que compara o sinal emitido pelo sensor com um sinal correspondente ao valor do ponto de controle.

ELEMENTO FINAL DO CONTROLE (ATUADOR) - (4): É a unidade ou aparelho que modifica diretamente uma outra variável ou condição que afeta o valor da variável controlada.

11.2 TIPOS OU FORMAS DE CONTROLE:

Podem-se construir mecanismos de controle para converter a resposta mecânica de um elemento sensível em vários tipos de ação de controle: liga-desliga (on-off) - (fig. 117a), flutuante (fig. 117b), de ação proporcional (P) - (fig. 117c), de ação integral (I) - (fig. 117d), de ação derivativa (D) - (fig. 118).

CONTROLE ON-OFF: Simplesmente para o resfriamento ou aquecimento quando a temperatura alcança o ponto de desligamento e começa novamente no ponto de ligamento. O "Ponto de Ajuste" é fictício em virtude do termostato possuir um diferencial de trabalho no mínimo de 2°C entre os pontos de ligamento e desligamento.

CONTROLE FLUTUANTE: O termostato, de ação instantânea, pode ter 3 posições, abrir circuito, descanso, fechar circuito. O atuador aciona um damper, válvulas as quais poderão ser abertas ou fechadas ou permanecerem numa posição de descanso pelo termostato. Um diferencial de no mínimo 2°C é desejado entre as posições aberto- fechado.

Apesar deste sistema ser sensivelmente melhor do que o on-off não pode ser classificado como um bom controle.

CONTROLE PROPORCIONAL: Significa que a posição do atuador é sempre proporcional ao desvio de controle existente traduzido pela diferença entre o s_p e a temperatura do ambiente. O máximo desvio requerido para levar o atuador de sua posição final para a outra extremidade (inicial) é chamada de Banda Proporcional (PB). Esta banda é normalmente 2°C para temperatura ambiental.

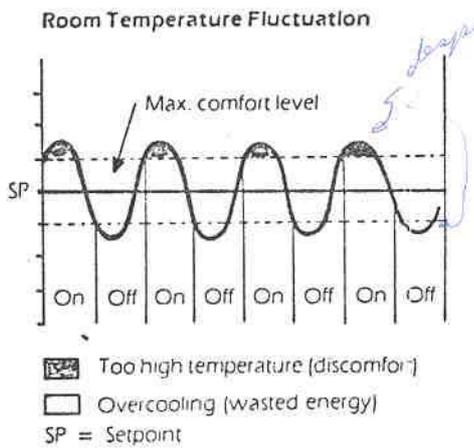
CONTROLE INTEGRAL: É um aperfeiçoamento do controle, P no qual elimina-se o desvio do controlador P.

Os controladores PI podem ser fabricados hoje a baixo custo graças ao desenvolvimento da eletrônica.

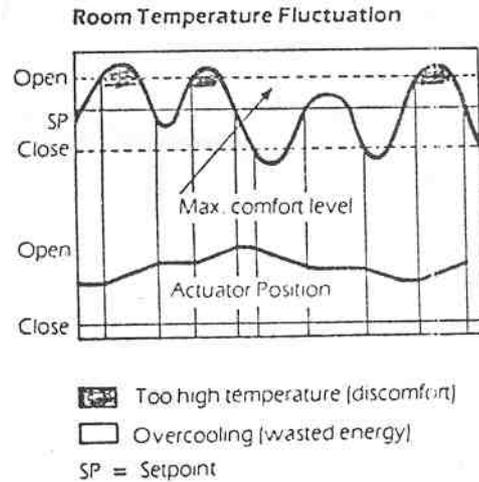
O controle PI dá uma resposta rápida sobre uma mudança na função P, eliminando o erro remanescente através do deslocamento contínuo do atuador até a eliminação completa do desvio.

CONTROLE DERIVATIVO: A ação derivativa responde a uma brusca variação de carga de forma a corrigi-la imediatamente ao ponto de ajuste. Isto previne que as condições ambientais previamente ajustadas não modifiquem através de repentinas aberturas de janelas, dampers de ar exterior dos condicionadores ou no ligamento dos mesmos.

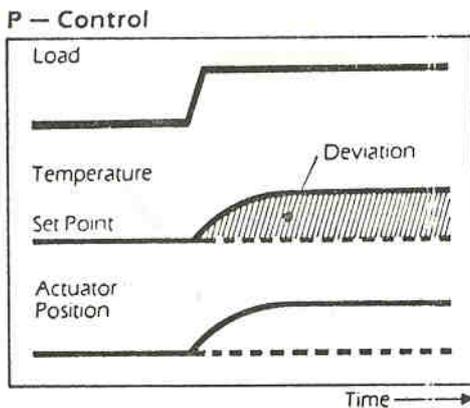
FIGURA 117 - TIPOS DE AÇÃO DE CONTROLE



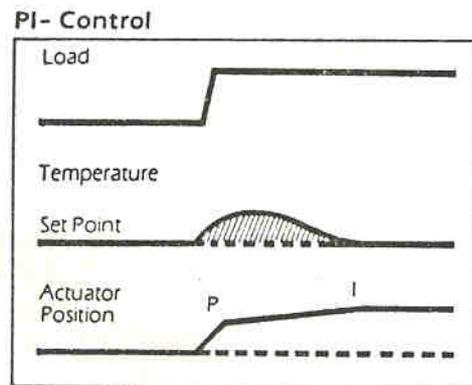
(a)



(b)

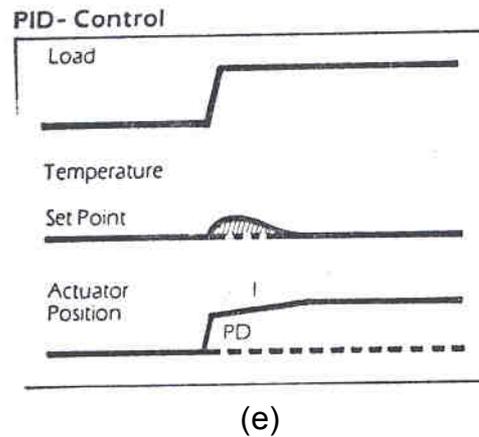


(c)



(d)

FIGURA 118 - CONTROLE DERIVATIVO



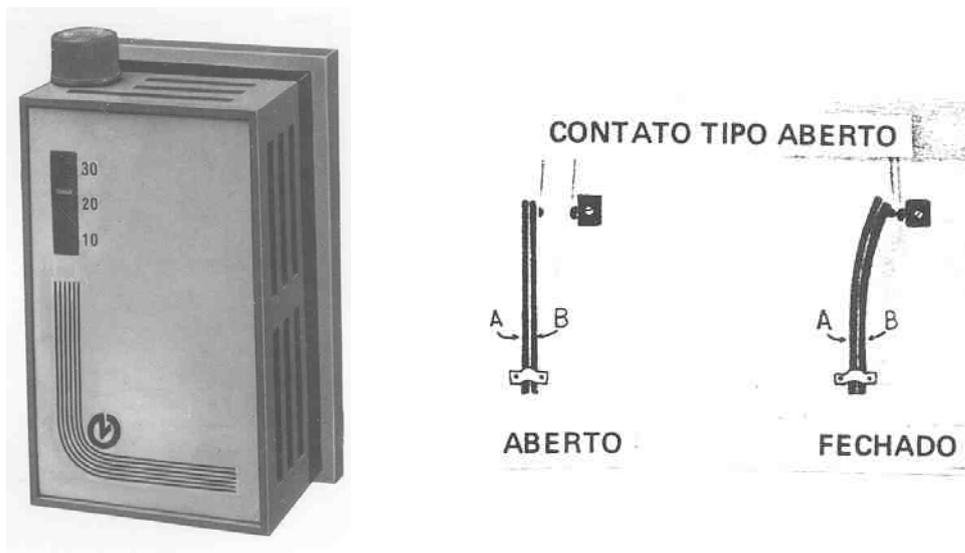
11.3 DISPOSITIVOS DE CONTROLE

11.3.1 Termostatos

São atuados por temperatura e normalmente ativados por efeito de uma lâmina bimetálica ou por pressão de fluido.

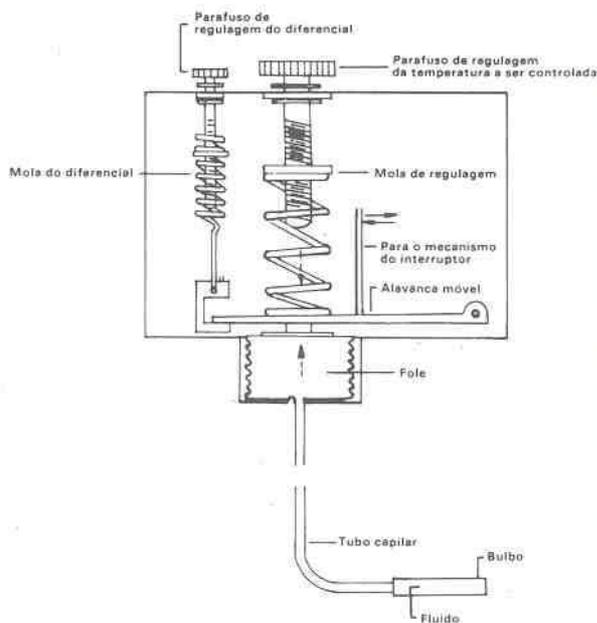
TERMOSTATO BIMETÁLICO: Se a temperatura subir em torno do elemento bimetálico (fig. 119), ambos os metais (A) e (B) começarão a expandir. Contudo o metal (A) foi escolhido para expandir mais rapidamente que o metal (B). Isto fará o bimetal curvar e fechar os contatos. Quando a temperatura baixa o metal (A) contrai mais depressa que o (B) e deste modo endireitará abrindo os contatos.

FIGURA 119 - TERMOSTATO BIMETÁLICO



TERMOSTATO TIPO FOLE: Atuam por pressão de fluido. Com um líquido e gás dentro do bulbo, a pressão dentro do fole aumentará ou diminuirá em função da variação de temperatura do bulbo, (fig. 120).

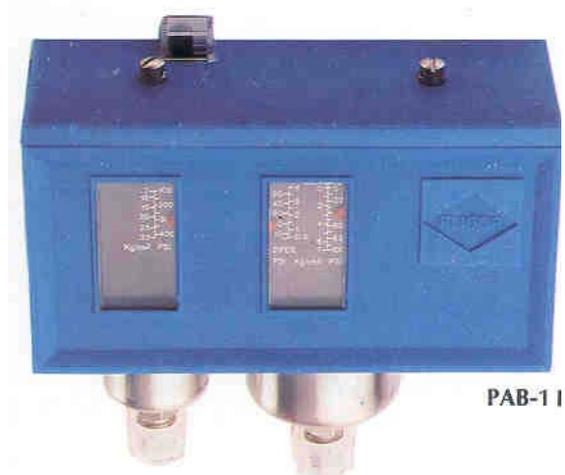
FIGURA 120 - TERMOSTATO TIPO FOLE



11.3.2 PRESSOSTATOS:

São conjuntos eletromecânicos comandados por um sinal de pressão, (fig. 121).

FIGURA 121 - PRESSOSTATO CONJUGADO DE ALTA E BAIXA PRESSÃO



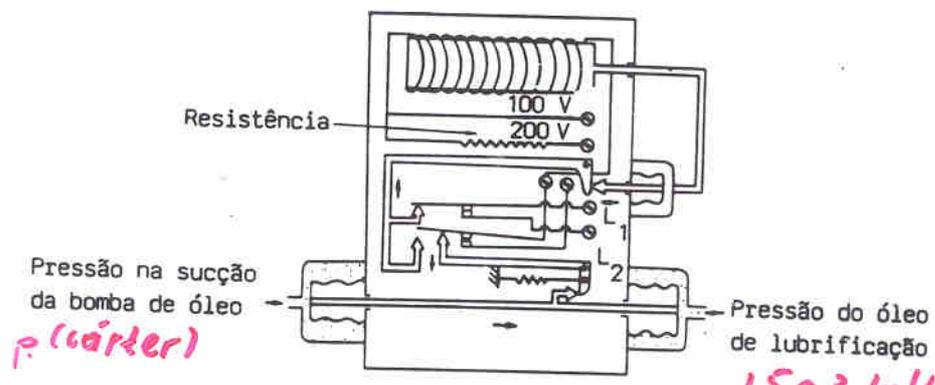
PRESSOSTATO DE BAIXA: Abre os contatos quando a pressão que atua no fole é menor que a pressão de trabalho.

PRESSOSTATO DE ALTA: Abre os contatos quando a pressão que atua no fole é maior que a pressão de trabalho.

PRESSOSTATO DE ALTA E BAIXA: Engloba os dois tipos anteriores.

PRESSOSTATO DE ÓLEO: Controla o diferencial de pressão do óleo lubrificante do compressor, que caso caia muito desliga o compressor, protegendo as partes mecânicas de lubrificação inadequada, (fig. 122).

FIGURA 122 - PRESSOSTATO DE ÓLEO



Quanto ao rearme os pressostatos podem ser de rearme manual ou automático.

REARME MANUAL: É um dispositivo de segurança opcional encontrado nos pressostatos de alta (lado de alta pressão). Este dispositivo trava os contatos permitindo que o sistema entre novamente em regime mediante o rearme manual.

REARME AUTOMÁTICO: Quando o fechamento dos contatos ocorre automaticamente em função do diferencial estabelecido.

PRESSÃO DE TRABALHO: Pressão na qual o pressostato interrompe a passagem da corrente elétrica.

DIFERENCIAL: Diferença de pressão entre a abertura e o fechamento dos contatos.

O pressostato de baixa pode ser usado para:

- controle da temperatura de evaporação (Permite controlar a temperatura da câmara;
- limitar a pressão de baixa;

- controle de capacidade.

O pressostato de alta pode ser usado para:

- limitar a pressão de descarga;
- controlar o ventilador do condensador (para baixas temperaturas externas).

Na instalação dos pressostatos são necessários os seguintes cuidados:

- fixar o pressostato em local sem vibrações;
- fixar firmemente os fios nos terminais do interruptor evitando mal contato.
- ligar sempre o fio terra;
- no pressostato conjugado de alta e baixa pressão, deve-se tomar o cuidado de não inverter as conexões de tomada de pressão;
- rearmar o pressostato somente depois de detectada a causa que gerou o travamento dos contatos;
- o pressostato nunca deve comandar diretamente motores monofásicos maiores de 1 HP. Para motores monofásicos maiores de 1 HP fazer o comando sempre através de chave magnética (contator).

Para selecionar o pressostato é preciso conhecer:

- pressões de trabalho;
- tipo de refrigerante;
- tipo de rearme (automático ou manual);
- tipo de conexão (com ou sem capilar).

11.3.3 Umidostatos

O Elemento interruptor do umidostato (fig. 123) é acionado por um sensor cujo comprimento varia em função da umidade relativa do ar.

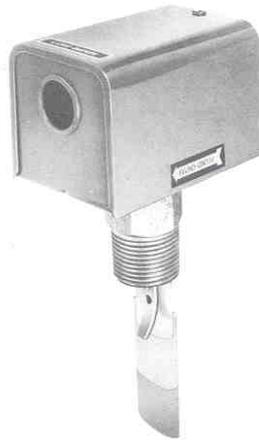
FIGURA 123 - UMIDOSTATO



11.3.5 Fluxostatos

Os fluxostatos (fig. 124), aplicam-se ao controle do fluxo de ar, líquidos que não atacam as ligas de cobre, como água, salmoura, etc. Seus contatos são reversíveis, o que permite sua utilização para conectar e desconectar um circuito quando o fluxo atinge um valor pré-ajustado. Este fluxo tanto pode ser mínimo (falta de fluxo) como máximo (excesso de fluxo).

FIGURA 124 - FLUXOSTATO



11.3.6 Válvulas de Controle

Uma válvula automática de controle consiste em um corpo de válvula acionada por um atuador pneumático, elétrico ou eletrônico através de um sinal remoto compatível controlando assim o fluxo passante através da válvula. A (fig. 125), ilustra a válvula de controle de duas e três vias.

FIGURA 125 - VÁLVULA DE CONTROLE



11.4 CONTROLES ELÉTRICOS

São compostos por botoeiras, sinalizadores, contatores, proteções, termostato de controle, temporizadores e sinalizadores que comando funções dos equipamentos, tais como:

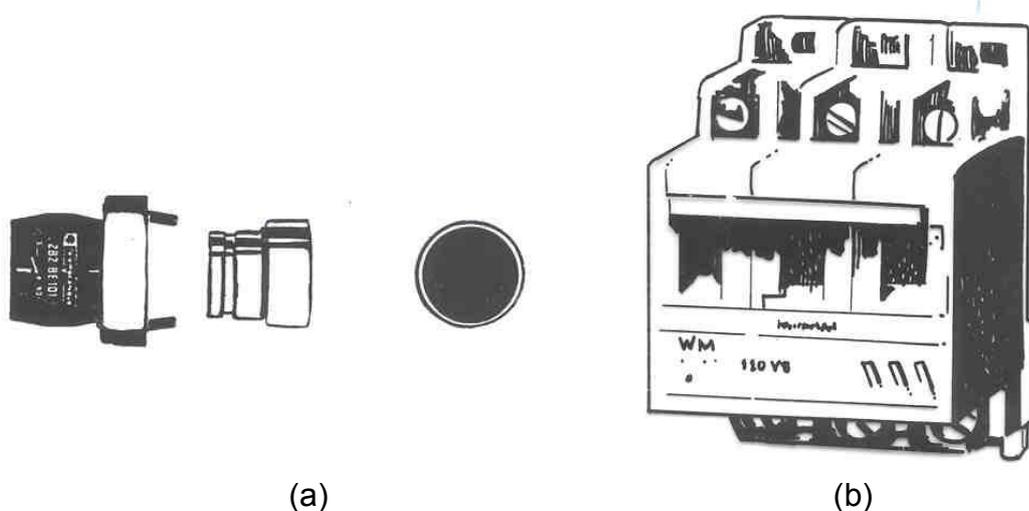
- parada do equipamento por falha no ciclo ou instalação;
- temporização entre as partidas dos Compressores (no caso da máquina ter mais de um ciclo);
- evitar a reciclagem muito freqüente do compressor.

11.4.1 Componentes do Circuito de Controle

BOTOEIRA: Ela tem a função de um interruptor. Está acoplada ao circuito de comando, destinada ao acionamento de contadoras ou a interrupção de todo o circuito, (fig. 126a).

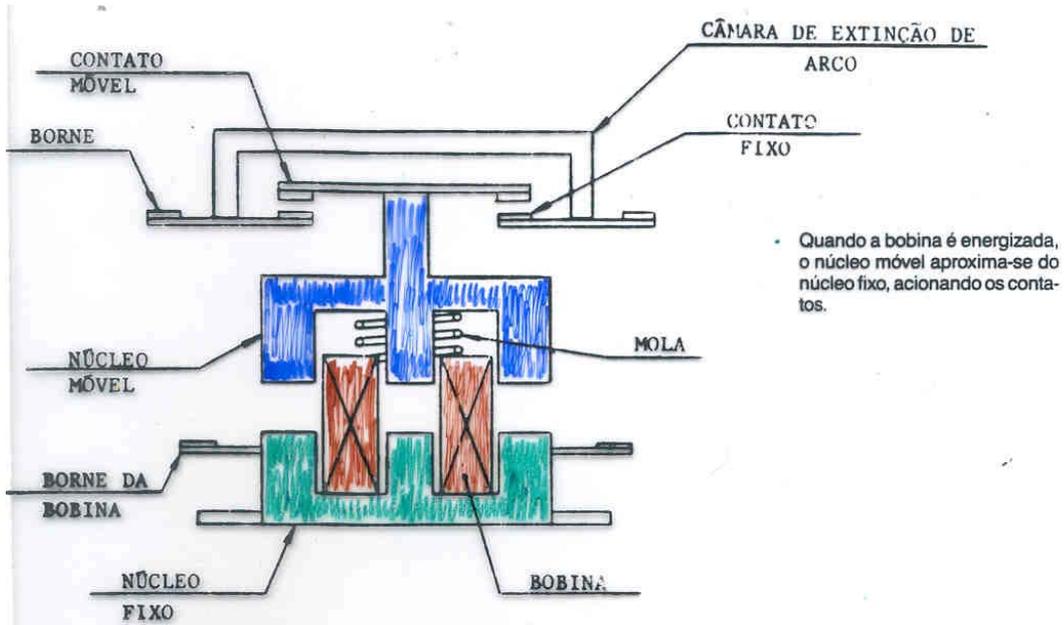
DISJUNTORES: São dispositivos de manobra e proteção que, além de poder seccionar, conduzir e interromper correntes em condições normais de um circuito podem também interromper correntes em condições anormais, especialmente as de curto-circuito, (fig. 126b).

FIGURA 126 - a) BOTOEIRA b) DISJUNTOR



CONTADORAS: Destina-se ao acionamento de motores, resistências, etc., por meio de fechamento rápido de contatos, este fechamento é acionado por força eletromagnética, (fig. 127).

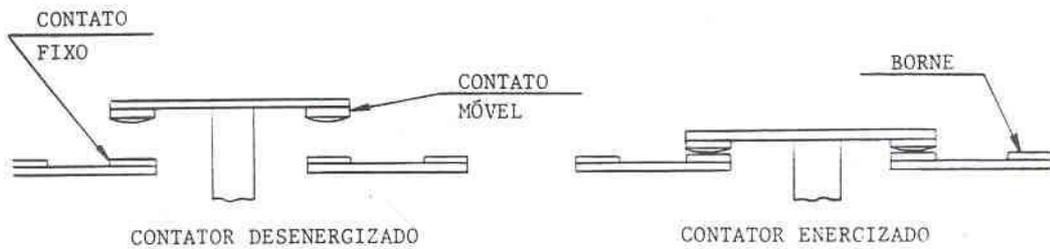
FIGURA 127 - CONTATORA



Tipos de Contatos:

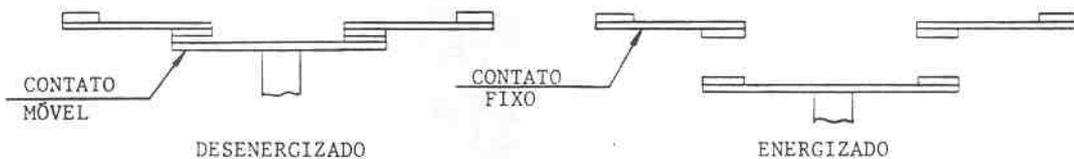
- Normalmente Aberto (fig. 128): Quando o contator está desenergizado não há passagem de corrente entre os contatos.

FIGURA 128 - CONTATO NORMALMENTE ABERTO



- Normalmente Fechado (fig. 129): Quando o contator está energizado há passagem de corrente entre os contatos.

FIGURA 129 - CONTATO NORMALMENTE FECHADO



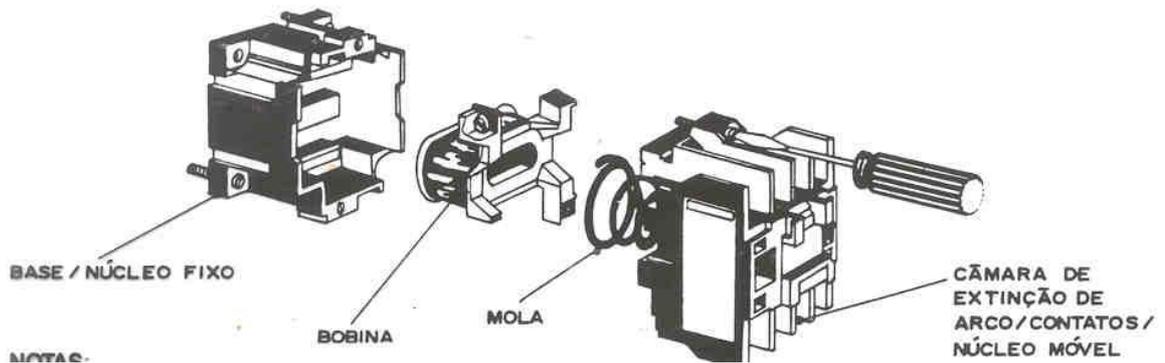
Considerando-se a intensidade de corrente que passa pelos mesmos.

- Contato Principal: Utilizado no circuito de força para o acionamento de:

motores, compressores, resistências, etc. São sempre do tipo Normalmente Aberto.

- Contato Auxiliar (fig. 130): Utilizado no circuito de comando, normalmente para acionamento de: outro contator, lâmpadas, termostatos, válvulas solenóide, etc. São dimensionados para valores baixos de corrente.

FIGURA 130 - CONTATO AUXILIAR

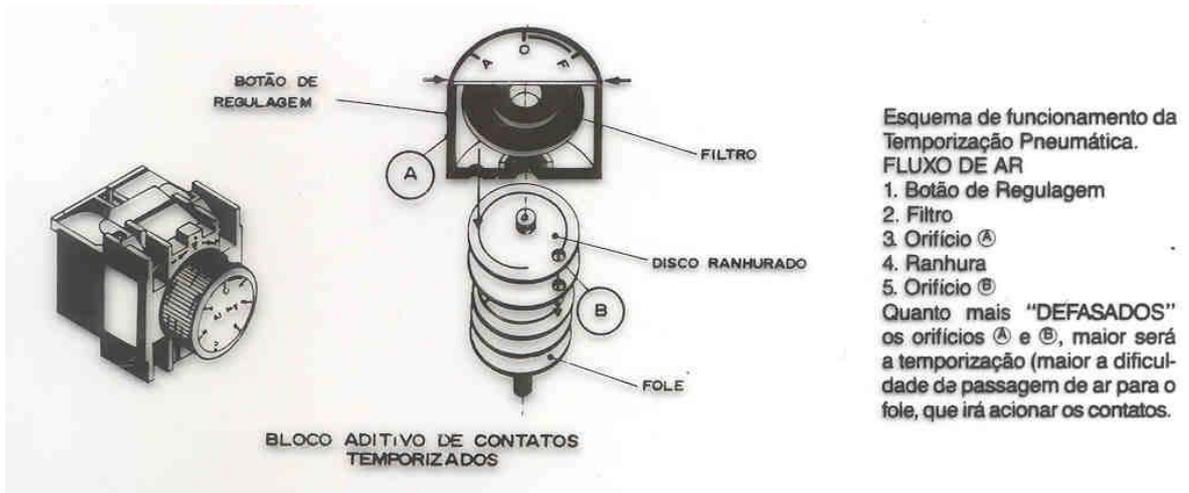


Numeração:

- Contatos Normalmente Abertos: (NA) ou (NO) numeração terminada em 3/4 Ex.: 13/14, 43/44, etc.
- Contatos Normalmente Fechados: (NF) ou (NC) numeração terminada em 1/2. Ex. 21/22, 61/62, etc.

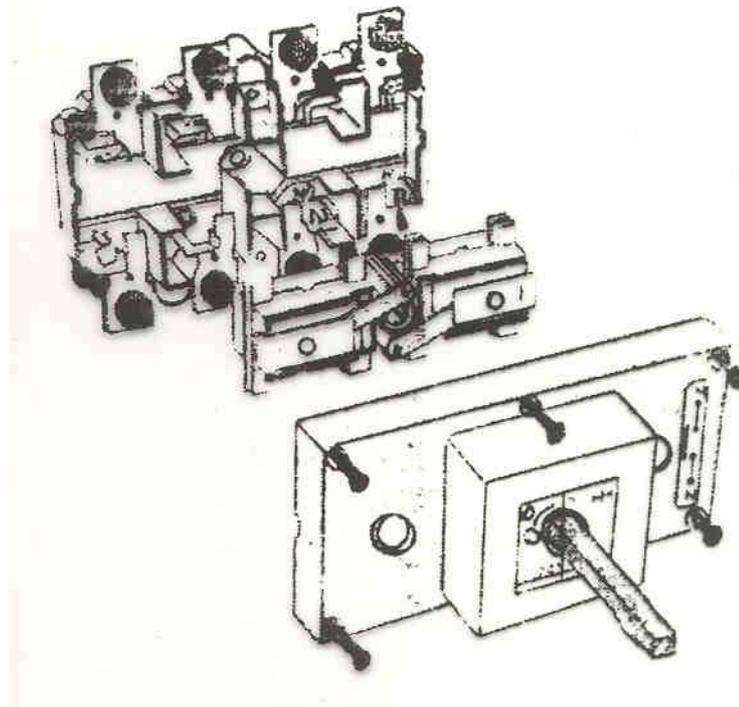
RELÊ DE TEMPO: Utilizados normalmente na partida defasada dos compressores (em caso de aparelhos com mais de um ciclo), proteção contra reciclagem, etc., (fig. 131).

FIGURA 131 - RELÊ DE TEMPO



CHAVE SECCIONADORA: Sua função é desligar o circuito de distribuição ou o circuito terminal do motor cuja principal finalidade é permitir inspeções e manutenção seguras no motor, (fig. 132).

FIGURA 132 - CHAVE SECCIONADORA

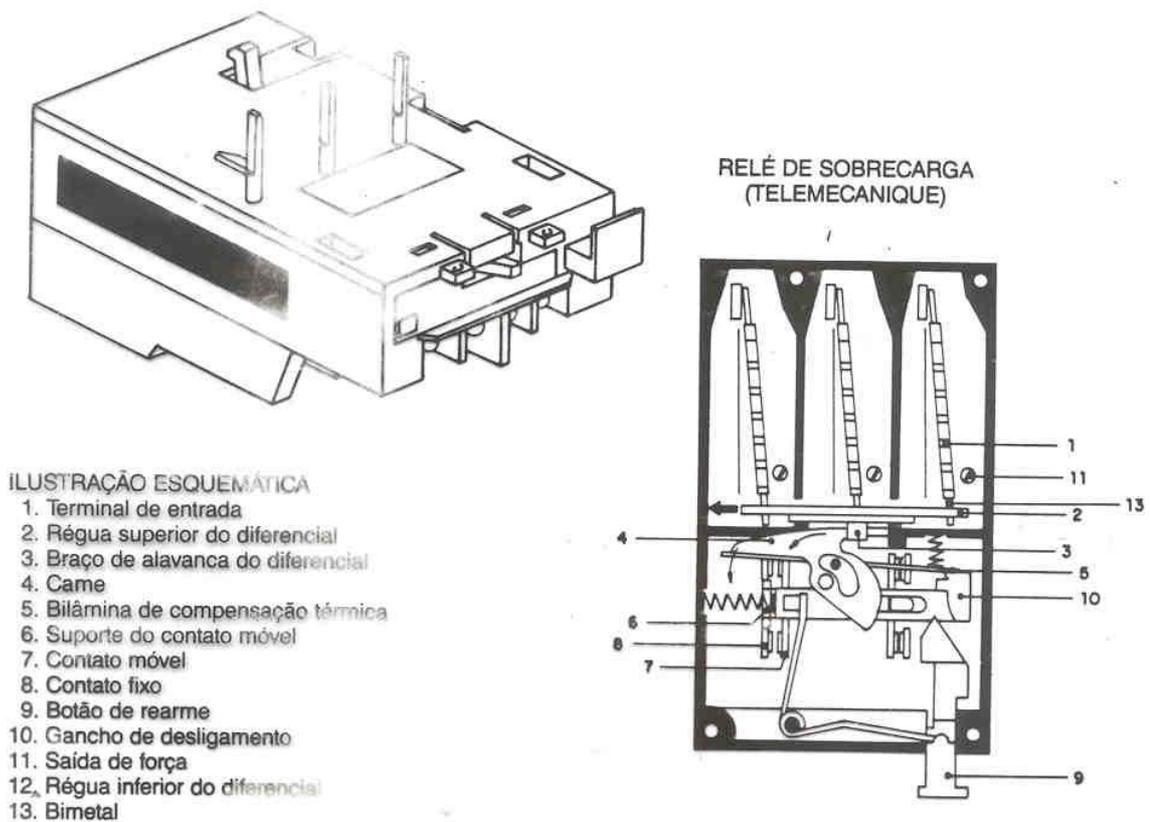


RELÊ DE SOBRECARGA: Tem como finalidade proteger os motores elétricos da sobrecorrente, (fig. 133).

Seu funcionamento pode ser Diferencial e Compensado.

- Diferencial: Quando há desbalanceamento entre as correntes de cada fase, a atuação do relé é acelerada.
- Compensado: O relé de sobrecarga atua pelo aquecimento causado pela sobrecorrente sobre um bimetálico. Quando a temperatura ambiente é mais elevada, há a tendência do desarme do relé devido ao calor do ambiente. Para compensar isso, existe outro bimetálico (ou bilâmina) que atua em sentido oposto ao bimetálico principal.

FIGURA 133 - RELÊ DE SOBRECARGA



RELÊ DE MERCÚRIO: Tem por finalidade a proteção contra a sobre-corrente.
Sem Sobre-corrente, (fig. 134):

- a corrente de comando passa do terminal A para o terminal B, através do mercúrio.

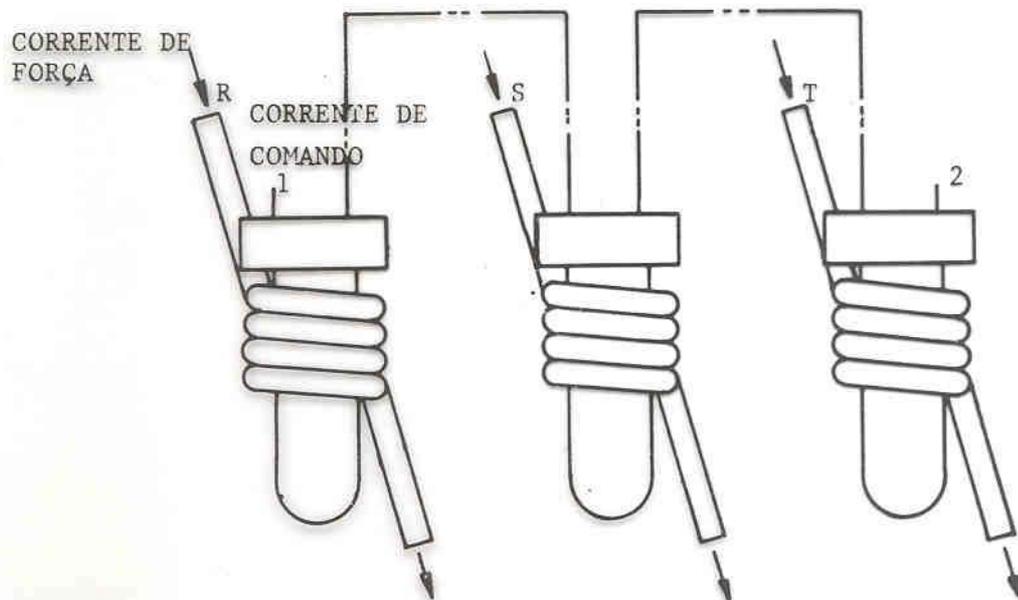
FIGURA 134 - RELÊ DE MERCÚRIO SEM SOBRE-CORRENTE



Com Sobre-corrente (fig. 135):

- a corrente do circuito de força gera um campo magnético na bobina, 5 suficiente para erguer o atuador 6. O nível de mercúrio 8 abaixa e interrompe a passagem de corrente de comando do terminal A para o terminal B.

FIGURA 135 - RELÊ DE MERCÚRIO SEM SOBRE-CORRENTE

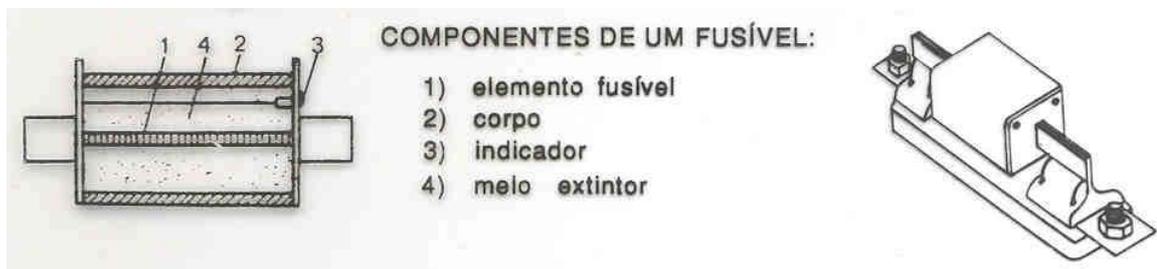


FUSÍVEL NH – DIAZED: O fusível é um condutor de pequena secção transversal, que sofre um aquecimento maior do que o dos outros condutores com a passagem da corrente, (fig. 136a e 136b).

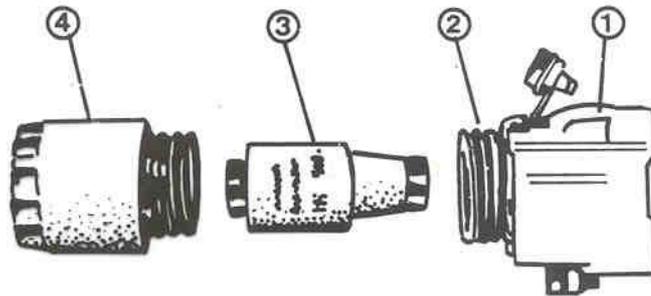
Quando a temperatura do condutor atingir valores próximos do máximo admissível ocorrerá a fusão do elemento, sendo, portanto, usado como uma proteção contra curto-circuito. O elemento fusível é um fio ou uma lâmina de cobre, prata ou estanho.

Em geral, o corpo do fusível é de porcelana ou papelão hermeticamente fechado. Alguns fusíveis possuem indicador que indica se o elemento fusível operou. Normalmente, os fusíveis contêm em seu interior, envolvendo o elemento fusível, um material granulado extintor, usualmente areia de quartzo.

FIGURA 136 - a) FUSÍVEL NH b) FUSÍVEL DIAZED



(a)



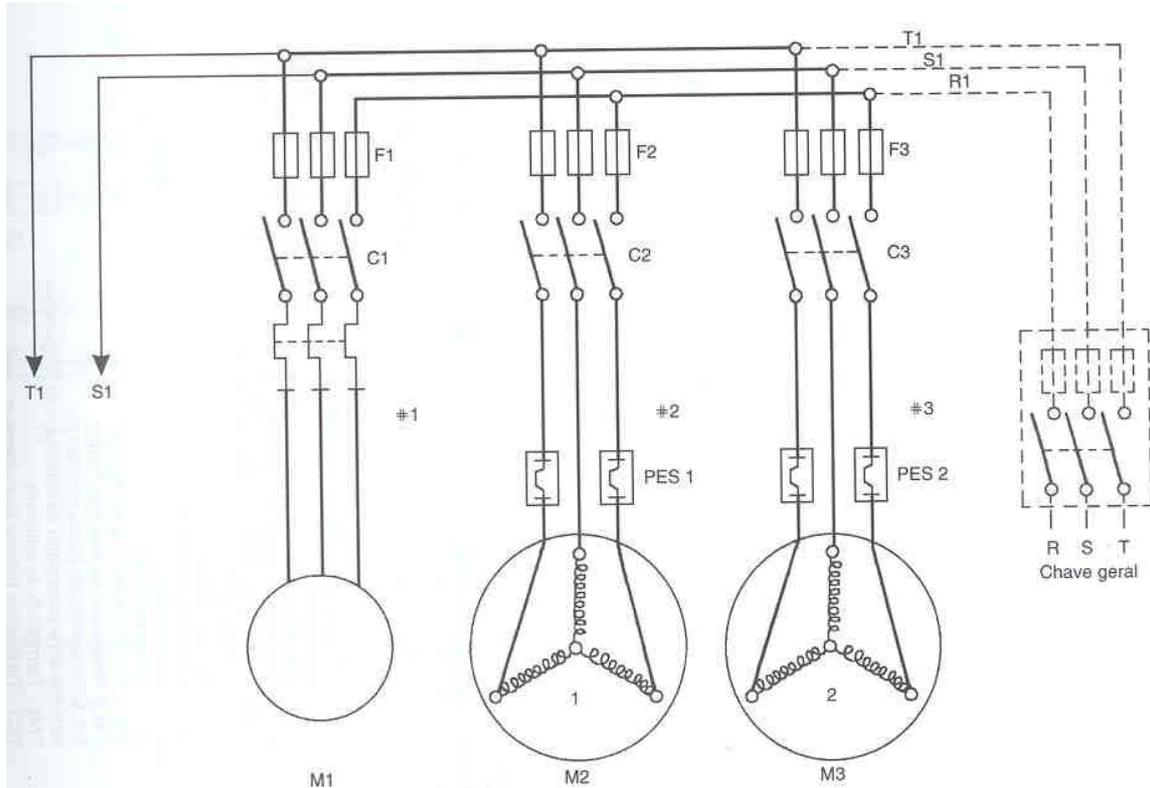
1) base, 2) parafusos de ajuste, 3) fusível, 4) anel de proteção e tampa.

(b)

11.5 FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO DE CONTROLE ELÉTRICO DE UM CONDICIONADOR DE AR

No circuito de força (fig. 137), vemos como os diversos motores do condicionador se ligam às fases R, S, T de uma rede elétrica. Uma chave geral liga, protege e secciona o condicionador na rede (poderia ser um disjuntor); cada ramal é protegido por fusíveis (F_1 , F_2 e F_3). Cada motor é ligado e desligado pelos contactores C_1 , C_2 e C_3 que são acionados pelas bobinas a-b, que estão no circuito de controle.

FIGURA 137 - CIRCUITO DE FORÇA DE UM CONDICIONADOR COM CONDENSAÇÃO A ÁGUA



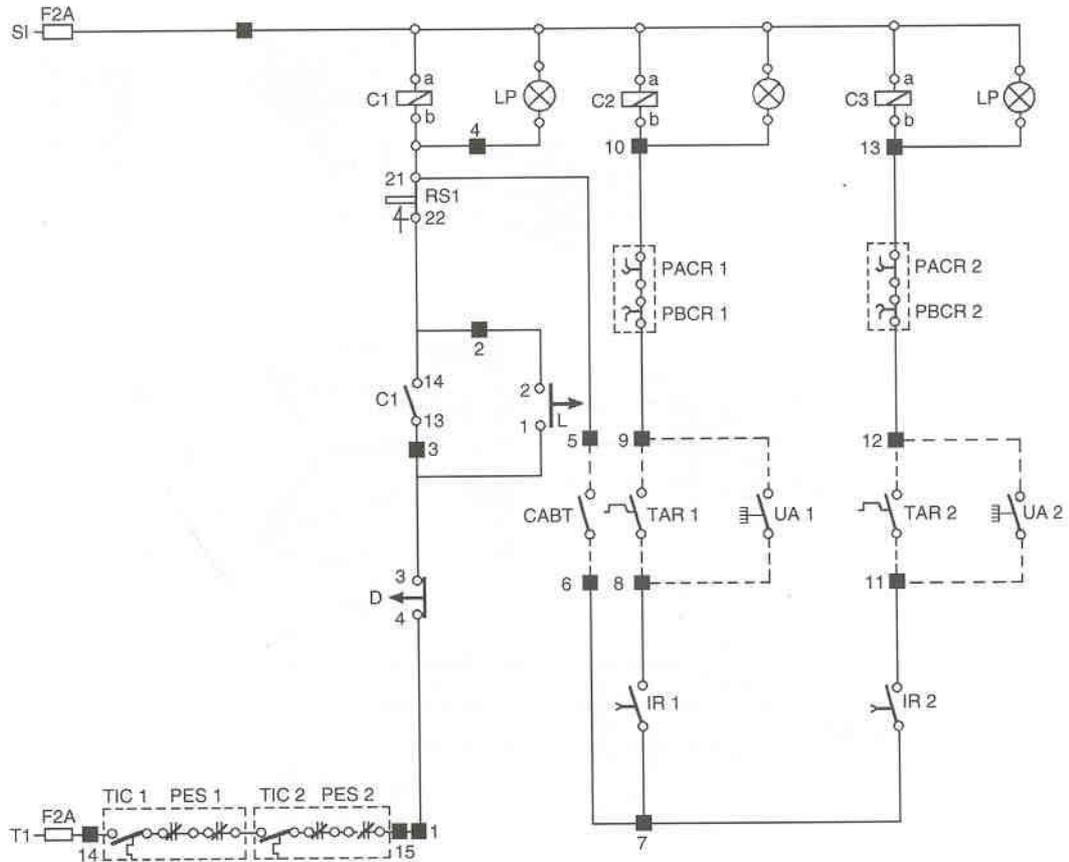
No circuito de controle (fig. 138), vemos os diversos componentes destinados a acionar os equipamentos e a manter as condições necessárias ao conforto no recinto.

A partida do ventilador M1 é feita através da botoeira liga, L o que possibilita completar o circuito elétrico, onde estão as bobinas a-b do contactor C1, o relé RS1 (21-22), o contato auxiliar C1 do contactor (13-14), a bobina desliga, D (3-4), os termostatos internos do compressor T1C1 e T1C2 e os protetores externos de sobrecarga PES1 e PES2. Completar o circuito significa ligar a fase S1 à fase T1 através dos componentes citados.

Para que o circuito a partir da fase S1 fique completado, é necessário que a bomba da torre de arrefecimento esteja em funcionamento, ou seja, o contato auxiliar CABT fechado e também o termostato de ambiente TAR1, e o interruptor refrigerar IR1. Desse modo, teremos o circuito completo até o ponto, 21 do diagrama, e a partir daí, até a fase T1, todos os componentes estarão ligados.

Na (fig. 117), vemos que o contato auxiliar CABT, o termostato TAR1 e o umidostato UA1 estão ligados com linhas interrompidas, o que significa que estão localizados fora da barra de terminais do condicionador. Facilmente se verifica que quaisquer desses ramais que se completarem farão com que a lâmpada-piloto, LP, se acenda, indicando que o circuito está energizado.

FIGURA 138 - CIRCUITO DE CONTROLE DE UM CONDICIONADOR COM CONDENSAÇÃO A ÁGUA



- C1 contactor do motor do ventilador do evaporador
- C2 contactor do motor do compressor 1
- C3 contactor do motor do compressor 2
- CABT contacto da bomba de água da torre de resfriamento
- D botoeira desliga
- IR interruptor refrigerar
- L botoeira liga
- LP lâmpada piloto
- PES protetor externo de sobrecarga
- PACR pressostato de alta com rearme
- PBCR pressostato de baixa com rearme
- RS1 relé de sobrecarga do ventilador do evaporador
- TAR termostato de ambiente
- TIC termostato interno do compressor
- UA umidostato de ambiente
- M1 motor do ventilador
- M2 motor do compressor 1
- M3 motor do compressor 2

Pode-se constatar, pela (fig. 138) que os compressores M2 e M3 só podem

funcionar se o ventilador M1 estiver ligado; aliás, é recomendado que, na partida do condicionador, ligue-se o ventilador e espere-se cerca de 2 minutos para dar partida nos compressores, que só entrarão em funcionamento se a torre estiver ligada (CABT) e se o termostato de ambiente (TAR) ou o umidostato de ambiente (UA) estiverem fechados.

Para facilitar a ligação dos componentes internos ou externos do circuito, os fabricantes montam uma barra de terminais, conforme ilustra a (fig. 139).

FIGURA 139 - BARRA DE TERMINAIS

