

1 CHOQUE ELÉTRICO

Em termos de riscos fatais, o choque elétrico, de um modo geral, pode ser analisado sob dois aspectos:

- Correntes de choques de baixa intensidade, sendo o efeito mais grave a considerar o da fibrilação ventricular;
- Correntes de choques de alta intensidade, proveniente de acidentes de alta tensão, sendo o efeito térmico o mais grave.

Numa cidade, a população vive dentro de um circuito elétrico. Há redes elétricas energizadas por todos os lados. (paredes, tetos, piso, equipamentos, etc.)

Devido ao gigantismo da rede elétrica, o choque é um evento corriqueiro e cada pessoa já recebeu, pelo menos um choque, muitos destes fatais ou com sequêlas.

Ao circular pelo corpo humano, a corrente elétrica produz uma sensação desconfortável sentida pelo organismo, o que torna o choque elétrico mais perigoso que outros riscos físicos, como o fio, calor ou ruído.

Para qualificar melhor os riscos e a gravidade do problema, são apresentados alguns dados estatísticos:

- 43% dos acidentes ocorrem na residência;
- 30% nas empresas;
- 27% não foram especificadas.

Os efeitos das perturbações do choque elétrico

- Percurso da corrente elétrica pelo corpo humano;
- Intensidade da corrente elétrica;
- Tempo de duração do choque elétrico;
- Área de contato do choque elétrico;
- Pressão do contato;
- Espécie da corrente;
- Freqüência;
- Tensão;
- Espraiamento da corrente de choque pelo corpo humano;
- Condições da pele do indivíduo;
- Região do choque no corpo humano;
- Constituição física do indivíduo;
- Estado de saúde do indivíduo;
- Outras condições, ex: quanto a próteses metálicas internas, marca-passo, transplante, etc.

As perturbações e sintomas no indivíduo:

Ao passar pelo corpo humano, a corrente elétrica causa um conjunto de perturbações de natureza e efeitos diversos, que se manifestam no organismo animal e humano desde uma ligeira contração superficial até uma violenta contração muscular, ocasionando morte instantânea.

Tais distúrbios estão detalhados a seguir:

- Inibição dos centros nervosos, inclusive dos que comandam a respiração produzindo parada respiratória;
- Alteração no ritmo cardíaco podendo produzir fibrilação ventricular e uma conseqüente parada cardíaca;
- Queimaduras profundas, produzindo necrose do tecido, ossos, músculo, órgãos, etc;
- Alterações do sangue provocadas por efeitos térmicos eletrolíticos da corrente elétrica;
- Perturbação no sistema nervoso;
- Seqüelas em vários órgãos do corpo humano: renais mentais;
- Contrações musculares;
- Eletrólise no sangue;
- Retenção sangüínea.

Estatisticamente, as incidências em ordem decrescentes dos choques elétricos no corpo humano, estão assim relacionadas: *mãos, braços, costas, cabeças, pernas, troncos, etc.*

Espraiamento da corrente do choque elétrico

Em conseqüência da diferença de resistência elétrica e de seções transversais das várias regiões do corpo humano, a corrente que provoca o choque elétrico sofre, dentro de um indivíduo, uma distribuição diferenciada, isto é, um espraiamento.

Evidentemente, em decorrência disto, as várias regiões do corpo humano, para uma corrente de choque, ficam sujeitas a diferentes densidades de correntes. Deste modo os efeitos térmicos são mais intensos nas regiões de alta densidade de corrente.

Macro choque:

É definido quando a corrente entra, pela pele, invade o corpo e sai novamente pela pele (choque comum).

Micro choque:

É o que ocorre no interior do corpo humano, provocado por defeito em equipamento médico-hospitalar. (equipamento invasivo).

Tipos de choque:

Choque Estático:

É devido ao efeito capacitivo (atrito com o ar gera cargas elétricas), ou seja, o choque é produzido por eletricidade estática, cuja duração é pequena, o suficiente para descarregar a carga da eletricidade contida no elemento energizado, podendo não provoca efeitos danosos ao corpo, devido a curtíssima duração. ex: linhas de distribuição e transmissão desligada, veículos que se movem em climas secos.

Solução: colocar no veículo uma corrente ou fita metálica que fica arrastando no solo, aterrando em construção.

Choque dinâmico:

É o choque tradicional, ou seja, surge pelo contato direto da pessoa com a parte energizado da instalação, durando enquanto permanecer o contato e a fonte de energia estiver ligada. As conseqüências podem ser pequenas contrações ou até lesões irreparáveis.

Descargas atmosféricas (raios)

Raios podem incidir diretamente ou indiretamente com uma pessoa, gerando tensão de passo e toque, causando queimaduras graves e até morte imediata. No gado a tensão de passo se transforma em tensão de pata. A tensão de pata é maior que a tensão de passo no homem, pois no gado a corrente de choque passa pelo coração e por isso o gado esta mais sujeito a fibrilação ventricular.

Área de Contato

Quanto maior a área de contato com circuito energizado, maior será a corrente de choque e, em conseqüência, maiores danos.

Quando a área de contato é muito pequena, nesta região a densidade de corrente é grande, produzindo queimaduras na pele.

Quanto maior a pressão (força) do contato na área do corpo humano com o eletrodo energizado, maior será a corrente de choque elétrico.

Duração do choque elétrico

Para uma mesma corrente elétrica passando pelo corpo de uma maneira geral, quanto mais tempo persistir o choque elétrico, maiores são os danos e as suas conseqüências.

Na maioria das vezes, a própria contração muscular, devido ao choque elétrico, produz movimentos bruscos, livrando a pessoa do choque elétrico. Este caso ocorre em todas os níveis, porém é mais marcante no choque elétrico de alta tensão. Outras vezes, o próprio desmaio, por ação da queda do corpo, livra a pessoa do choque elétrico.

O acidente com maior perigo e conseqüências graves é quando a pessoa fica inevitavelmente presa ao circuito elétrico.

Intensidade de corrente do choque elétrico

A intensidade da corrente depende da tensão, das condições da resistência elétrica (pele da pessoa, área de contato, percurso da corrente elétrica), e o tempo de atuação. Porém as perturbações produzidas pelo choque elétrico dependem somente dessa intensidade que atravessa o corpo, e não da tensão do circuito responsável por essa corrente.

Tipo de corrente do choque elétrico:

- Corrente alternada senoidal = mais comum
- Corrente contínua (12V - brinquedos), (48V - telefone) (transmissão Itaipu 600Kv)
- Corrente exponencial
- Corrente forma retangular
- Corrente forma dente de serra.

Tensão do choque elétrico

A forma de onda da corrente de choque é a mesma da tensão de trabalho do circuito energizado.

A tensão elétrica que mais causa morte é a baixa tensão (127/220), sendo a grande vilã de causar morte neste nível de tensão é a fibrilação ventricular do coração.

Efeito Skim

Com o aumento da frequência elétrica, as cargas elétricas tendem a percorrer caminhos mais periféricos da seção transversal do condutor. Este fenômeno é o efeito "SKIN", ou pelicular.

Portanto o choque em alta frequência faz com que a corrente elétrica percorra a região superficial do corpo. (derme da pele).

Neste caso, como a corrente não passa no interior do corpo, os músculos internos e o coração estão livres dos efeitos e sintomas do choque elétrico.

Pessoas que trabalham com equipamento que operam com altas frequências não devem usar objetos metálicos, isto porque o choque elétrico produz campos magnéticos em alta frequência com um poder extremamente elevado de gerar tensões induzidas em materiais metálicos. Estas tensões induzidas geram correntes que elevam a altíssimas temperaturas os metais no corpo, com as conseqüentes queimaduras. (estas pessoas deverão usar objetos plásticos).

Choque elétrico em alta tensão

O choque neste nível de tensão é fulminante, causando quase sempre a morte, o efeito mais drástico é a morte pôr queimaduras.

Muitas pessoas sobrevivem ao choque de alta tensão, isto se deve à contração muscular, tirando e jogando a vítima longe.

A queimadura produz danos e seqüelas, tais como:

- Perda da massa muscular
- Perda da massa óssea
- Perda da coordenação motora
- Perda da sensibilidade
- Perda da memória
- Atrofia
- Problemas mentais

Pele humana

A pele humana equivale a 14% do peso do corpo humano e, é composta de duas partes: epiderme e derme.

A epiderme é a parte externa da pele composta por glândulas e pelos, com constituição seca e escamosa. Deste modo, é mal condutora, sendo sua resistência elétrica variando como o estado da umidade no local do contato como o circuito energizado.

A derme é constituída de vasos e nervos, com isto é boa condutora. É pela derme que o choque de alta freqüência percorre, se esse for elevado, toda a derme a queimadura é dissolvida, tornando-se uma pasta gelatinosa. A epiderme perde a aderência com o corpo, ficando flácida e caída.

A impedância da pele depende de:

- Tensão de contato
- Freqüência elétrica
- Tempo de choque
- Umidade da pele
- Área de contato
- Temperatura da pele
- Tipo de pele.

As características de pele diferenciam de indivíduo para indivíduo, influenciando a circulação de corrente sob o corpo de cada pessoa. Diversos são os fatores que irão influenciar nesta capacidade de condução como:

A Espessura da pele, onde a pele grossa é mais isolante que uma pele fina. Por este motivo que os eletricitistas “calejados” quase não sentem o choque.

A Umidade, onde uma pele úmida se torna excelente condutora de eletricidade, principalmente se estiver molhada de suor que, pela presença de sal, é mais condutora ainda. Isso torna o choque nas condições de um banho, extremamente perigoso, pois as correntes podem ser dezenas de vezes maiores do que em condições normais.

Presença de Cortes, onde coloca a pele “molhada” do nosso corpo, formado por fluidos sanguíneos ou outros interiores, em contato direto com a eletricidade, aumentando em muito a intensidade do choque elétrico.

Exposição a partes mais Sensíveis, onde um choque nos dedos (pele mais grossa) apresentará uma intensidade menor do que em partes onde a pele é

mais fina, sensível e úmida. Geralmente a exposição ocorre quando o técnico utiliza o auxílio da boca para segurar um fio.

Classificação da pele humana

A pele humana praticamente limita a corrente e o choque, a pele é classificada em função do seu grau de umidade, isto é condição BB1 - pele seca, BB2 – pela úmida, BB3 – pele molhada e BB4 – pelo imersa na água.

Para as mesmas condições da pele humana, o aumento da tensão elétrica diminui a resistência do corpo humano, aumentando, também o choque elétrico.

A curva de segurança da tensão do choque de acordo com a classificação da pele pode ser vista na **Figura 1**.

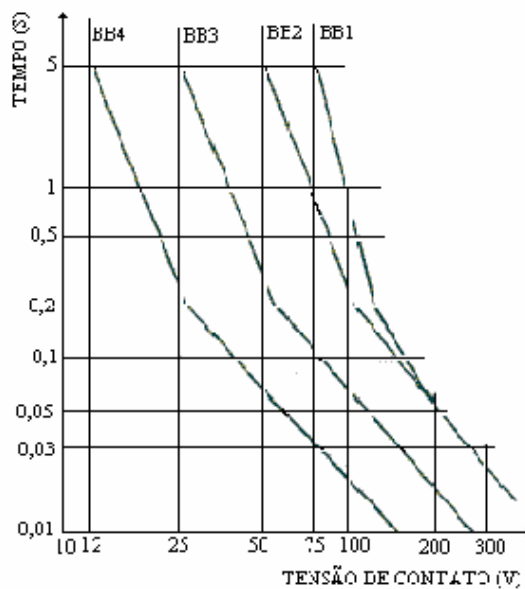


Figura 1 – Curvas de segurança S de tensão para cada condição da pele humana.

Para a situação do tipo de atividade que deixa a pele na condição BB4, a tensão de alimentação das instalações ou equipamentos elétricos é de 12V. As luminárias imersas na água da piscina devem ter as lâmpadas alimentadas por um circuito de 12V. Nesta condição, em caso de um choque acidental, não haverá risco de fibrilação ventricular.

Com a pele na condição BB3, os equipamentos ao seu alcance devem ter tensão no máximo 25V.

Condição BB2 – tensão máxima 50V

Os choques analisados neste item são para toques acidentais diretos na parte energizada da rede, equipamentos ou circuitos da instalação elétrica.

Freqüência da corrente de choque elétrico

O Limiar de Sensação da corrente cresce com um aumento da freqüência, ou seja, correntes com freqüências maiores são menos sentidas pelo organismo, estas correntes de altas freqüências acima 100000 Hz, cujos efeitos se limitam ao aquecimento são amplamente utilizadas na medicina como fonte de febre artificial. Nessas condições pode-se fazer circular até 1^A sobre o corpo humano sem causar perigo.

Na **Figura 2** temos o comportamento da contração muscular para uma corrente elétrica senoidal de mesma amplitude, mas com freqüência variada.

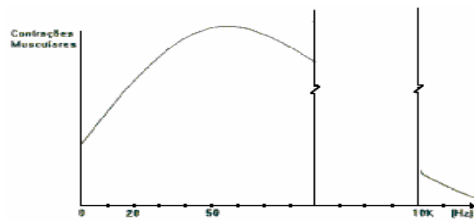
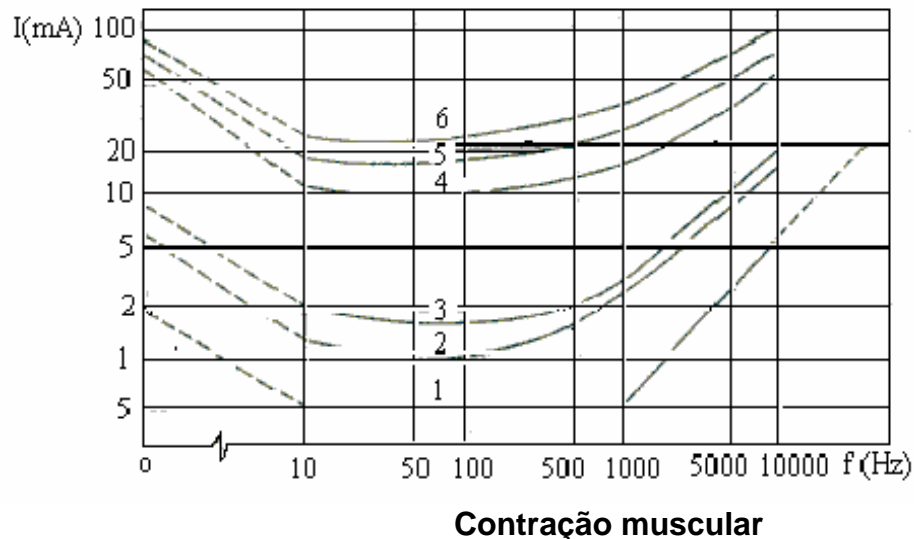


Figura 2 – Contrações musculares x freqüência para corrente elétrica

Observa-se a resposta distinta do músculo frente à variação da freqüência para a mesma condição do choque elétrico

Na **Figura 3** temos os valores da corrente de choque elétrico senoidal versus freqüência, para as mesmas condições de contração muscular.

Figura 3 - Corrente elétrica x freqüência para a mesma



Curva 1 – mostra o limite convencional das intensidades de corrente elétrica do choque que não resulta nenhuma percepção.

Curva 2 – início da percepção para 50% das pessoas.

Curva 3 – início da percepção para 99,5% das pessoas.

Curva 4 – corrente de largar para 99,5% das pessoas.

Curva 5 – corrente de largar para 50% das pessoas.

Curva 6 – corrente de não largar para 99,5% das pessoas.

As correntes de choque menores que as demarcadas na curva um não provocam percepção na pessoa.

Nota-se que as freqüências de 50 ou 60Hz, não são favoráveis ao ser humano, com respeito a contração muscular devido a corrente de choque elétrico.

As condições de corrente de não largar em DC e na freqüência de 10Khz, são as mesmas.

1.1 Efeitos do Choque Elétrico

Contração muscular pelo choque elétrico

Todo músculo percorrido por uma corrente elétrica sofre um estímulo que provoca a sua contração.

A força da contração muscular depende da intensidade e do tipo da corrente de choque elétrico.

Tetanização do músculo pelo choque elétrico

A tetanização é a paralisação (crispação) do músculo causado pela intensa contração muscular devido ao choque elétrico, mesmo cessado o choque elétrico o músculo persiste paralisado por um certo tempo. A tetanização é uma câimbra no músculo causada pelo choque elétrico

Queimaduras devido ao choque elétrico.

Quando uma corrente elétrica passa através de uma resistência elétrica é liberada energia calorífica, denominado efeito Joule, Conforme indica a **Equação 01**.

$$E_{\text{calorífica}} = R \cdot I_{\text{choque}}^2 \cdot t_{\text{choque}} \quad (\text{Equação 01})$$

R = Resistência elétrica (Ω) do corpo humano.

E_{calorífica} = energia calorífica liberada no corpo humano (J)

I_{choque} = corrente elétrica de choque (A)

t_{choque} = tempo de choque (S).

O calor liberado aumenta a temperatura da parte atingida do corpo humano, podendo produzir vários efeitos e sintomas, tais como:

- Queimaduras de 1º, 2º ou 3º graus nos músculos do corpo.
- Aquecimento do sangue, com sua conseqüente dilatação,
- Aquecimento podendo provocar o derretimento dos ossos e cartilagens.
- Queima das terminações nervosas e sensoriais da região atingida.

- Queima das camadas adiposas ao longo da derme, tornando-as gelatinosas.

As condições acima não acontecem individualmente, mas sim associadas.

Como o efeito térmico depende da corrente ao quadrado, e a corrente para o choque de alta tensão é grande, seu poder de queima é bastante grande.

O choque em alta tensão queima, danifica, fazendo buracos na pele, nos pontos de entrada e saída de tensão da corrente pelo corpo humano.

As vítimas de choque de alta tensão morrem devido, principalmente, às queimaduras, e as que sobrevivem ficam com seqüelas, tais como: *perda da massa muscular, perda parcial dos ossos, diminuição, atrofia muscular, perda da coordenação motora, cicatrizes, etc.*

Os efeitos térmicos produzem queimaduras internas, no corpo humano de difícil diagnóstico, produzindo necrose, *com conseqüente gangrena*, devendo ser extirpado.

Toda queimadura facilita a infecção, pois abaixa a imunidade da pele.

Choques elétricos em baixa tensão tem pouco poder térmico.

Parada respiratória

O choque elétrico com corrente menor do que a do limite de fibrilação ventricular do coração, com o passar do tempo, produz comprometimento na capacidade respiratória, devida á fadiga e tensionamento do músculo diafragma. O diafragma é um músculo transverso, que divide a região torácica e abdominal, e é responsável pelos movimentos que promovem o enchimento de ar nos pulmões.

Se o choque for maior, o tensionamento exagerado produz a tetanização do diafragma, e em conseqüência a *parada respiratória*. Se o coração continuar funcionando, a circulação será só de sangue venoso, o que deixa a vítima em estado de morte aparente. Neste caso, deve-se recorrer à respiração artificial.

Parada cardíaca devido ao choque elétrico.

O choque elétrico com correntes elevadas produz a *tetanização* das fibras musculares do tecido do coração, deixando o coração preso: *é a parada cardíaca*.

Eletrólise no sangue

O corpo humano é constituído de 70% de matéria líquida, que tem dissolvido, ou em suspensão, vários tipos de sais .minerais, o choque em corrente contínua provoca o efeito da aglutinação dos sais, fenômeno este conhecido por eletrólise.

A eletrólise ocorre no sangue e no plasma líquido de todo o corpo no sangue este efeito pode ocasionar:

- Mudança da concentração de sais minerais, produzindo desequilíbrio no corpo humano (mudança no equilíbrio de K⁺ no sangue).
- Glutinação de sais, produzindo bolinhas que provocam coágulos no sangue, provocando trombose.

Em AC, o efeito de eletrólise é muito pequeno podendo ser desconsiderado.

Danos no cérebro

Muitos acidentes ocorrem com choque elétrico na parte superior da cabeça.

A corrente elétrica, passando através do cérebro, pode produzir efeitos diversos tais como:

- Inibição do cérebro
- Dessincronização nos seus comandos
- Edema
- Isquemia
- Aquecimento
- Dilatação

Dependendo do choque podem danificar regiões produzindo seqüelas tais como:

- Perda da memória
- Perda do raciocínio
- Perda da fala
- Comprometimento nos movimentos
- Perda da visão, etc.

Danos renais

A corrente elétrica ao passar pelos rins pode comprometer o funcionamento deste órgão, com os seguintes efeitos:

- Insuficiência renal
- Eneuresia (incontinência urinária).

Os choques elétricos que produzem queimaduras em tecidos internos liberam grande quantidade de mioglobina, que é uma substância tóxica para os rins, acarretando a insuficiência renal. Os problemas renais geralmente aparecem depois de certo tempo, ficando difícil fazer a correlação do efeito com o choque elétrico.

1.2 Estado de saúde do indivíduo

O estado físico psicológico de uma pessoa influi na reação ao choque: ansiedade, angústia, calafrios, febres influenciam na qualidade da pele.

O perfil da pessoa: idade, tamanho, peso, sexo, etc. ex: “uma pessoa gorda, baixinha e com tórax largo suporta bem o choque elétrico”.

Arco Elétrico ou Arco Voltaico: acidente na rede elétrica provoca arcos voltaicos, que pode queimar a pele ou cegar a vítima, queimadura de fora para dentro, ao contrário da corrente elétrica.

1.3 Choques elétricos especiais:

São causados acidentalmente nas pessoas sob certas circunstâncias tais como:

- Choque no local do corte da pele;
- Pessoas com próteses internas metálicas;
- Gravidez;
- Marcapasso;
- Durante cirurgias;
- Durante exames invasivos, etc.

A grande barreira da corrente elétrica de choque é a pele humana, portanto se o choque ocorrer no local do corte no corpo a corrente será muito maior.

Prótese ⇒ causa queimaduras.

Gravidez ⇒ pode ocorrer fibrilação ventricular no feto.

Muitos efeitos e danos do choque elétrico ainda são desconhecidos, principalmente aqueles com reflexos posteriores.

Riscos do choque elétrico:

Os riscos são grandes devido a corrente elétrica do choque ser:

- Invisível;
- Inodora
- Incolor

Os efeitos podem ser imediatos ou a posteriori.

1.4 Aterramento Elétrico

Deve cumprir a finalidade principal de:

- Sensibilizar a proteção para que sua atuação seja eficiente e segura.
- Os potenciais de toque e passo sejam menores que os limites da fibrilação ventricular.
- Escoar as cargas estáticas, equalizando os potenciais.

Choque elétrico direto:

Seu efeito depende:

- Resistência elétrica do corpo humano
- Resistência do calçado
- Resistência da terra
- Resistência do contato

Choque elétrico indireto:

É o que ocorre em regiões que não estão energizadas diretamente, ocorrem devido a curto-circuito. ex: tensão de toque e passo.

1.5 Coração Humano

Célula é a menor estrutura viva, nasce, cresce e morre para se manter viva recebe nutrientes e oxigênio O_2 . Exemplo **Figura 4**.

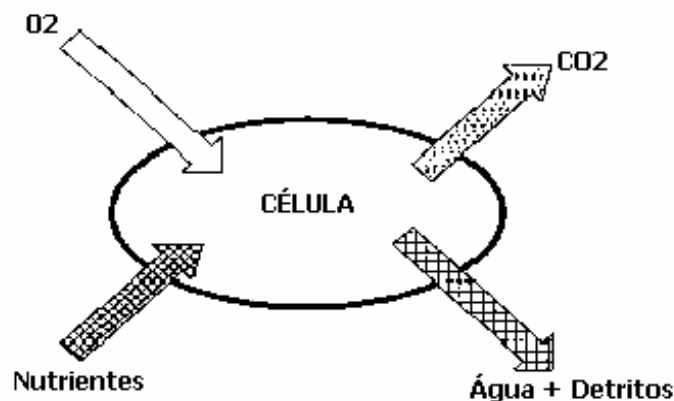


Figura 4 - Célula

O sangue é o agente que possibilita o transporte dos nutrientes e oxigênio às células e o recolhimento dos resíduos e gás carbônico (CO_2).

Por ser um líquido com grande concentração de sais minerais, o sangue é um condutor de eletricidade. Por este motivo, a corrente elétrica do choque invade todos os órgãos.

Há duas categorias de sangue:

- Sangue arterial: é rico em O_2 e pobre em CO_2 , tem coloração vermelho intenso.
- Sangue venoso: rico em CO_2 e pobre em O_2 , tem coloração vermelho escuro.

Os Pulmões tem a finalidade de efetuar a hematose, isto é, a troca de CO_2 , pelo O_2 no sangue, ou seja, o pulmão é o órgão que transforma o sangue venoso em sangue arterial.

Coração humano é uma bomba hemo-hidráulica que bombeia o sangue para todo o corpo, promovendo uma perfeita irrigação das células. Portanto o funcionamento adequado de qualquer célula depende da bomba cardíaca.

O coração humano é formado por Átrio (direito e esquerdo).e Ventrículo (direito e esquerdo), podendo ser observado nas **Figuras 5 e 6**.

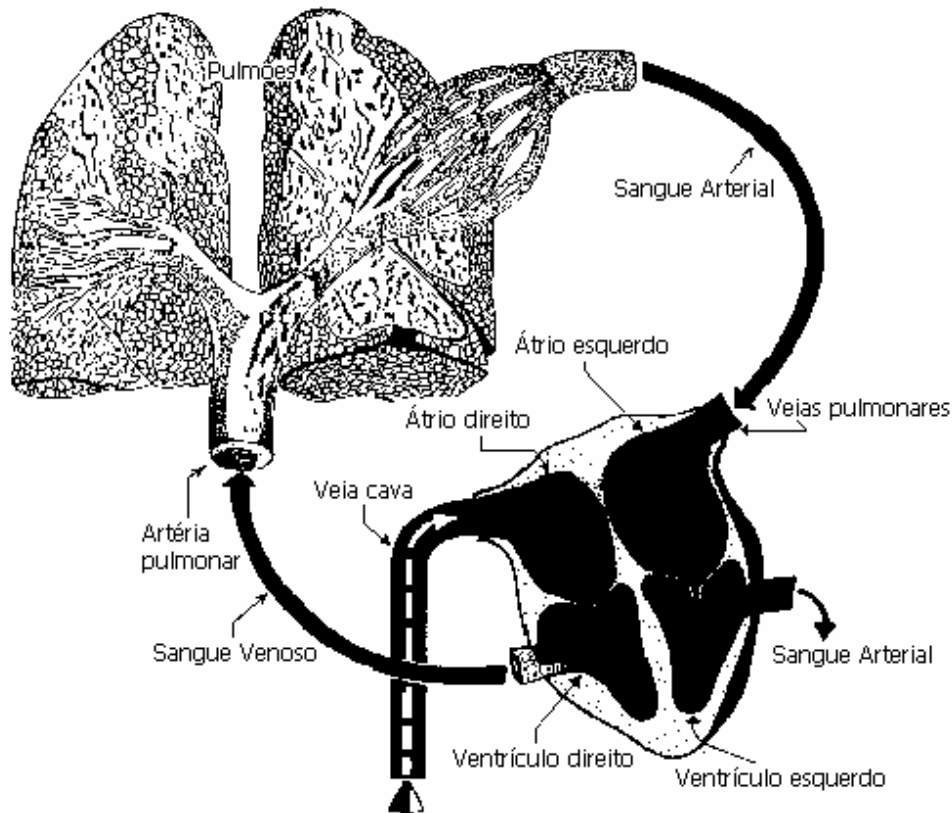


Figura 5 – Coração humano com o pulmão.

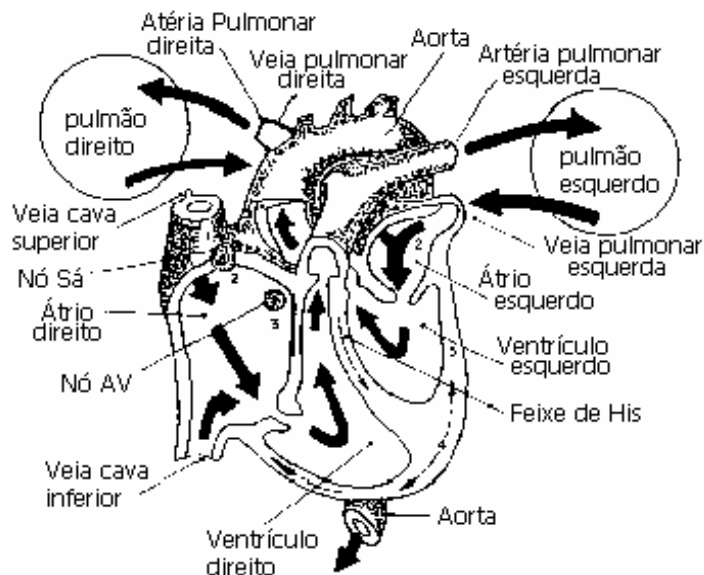


Figura 6 – Coração humano completo.

Não há comunicação entre as cavidades do lado direito e esquerdo do coração.

A passagem do Átrio direito ao ventricular direito é pela válvula unidirecional tricúspide.

A passagem do Átrio esquerdo ao ventricular esquerdo é pela válvula unidirecional mitral.

A contração do átrio direito e esquerdo ocorrem simultaneamente (diástole)

A contração do ventrículo direito e esquerdo ocorrem simultaneamente (sístole).

Ventricular \Rightarrow Maior problema de enfarte.
 \Rightarrow Músculos mais solicitados.

As fibras musculares que revestem as paredes dos ventrículos do coração são muito mais fortes, trabalham o tempo todo, tendo, conseqüentemente, um alto consumo energético.

Pulsações médias 70 a 80 por minuto.

O funcionamento mecânico do coração é controlado e comandado eletricamente por dois geradores eletroquímicos:

- NÓDULO SINO ATRIAL (NSA): cavidade átrio direito (superior)
- NÓDULO ÁTRIO VENTRICULAR (NAV): cavidade átrio direito (inferior)

O NAV gerador de reserva que acompanha os sinais do NSA.

Próximo a (NAV) esta o feixe de His de onde parte uma rede de terminações que se ligam a cada fibra muscular da parede do ventrículo (Rede de Purkinje).

O NSA é um gerador elétrico que, quimicamente, processa os ions Na^+ e K^+ , alternando-os e emitindo o pulso elétrico, que ao passar pelas paredes dos Átrios produzem, por efeito de um choque elétrico, contrações simultâneas, impulsionando o sangue aos ventrículos.

Em seguida o sinal elétrico é captado pelo feixe de His e distribuído pela rede de Purkinje a todo o ventrículo. Estes se contraem ao receberem de maneira sincronizada o sinal elétrico, promovendo a contração, conforme demonstrado nas **Figuras 7, 8 e 9.**

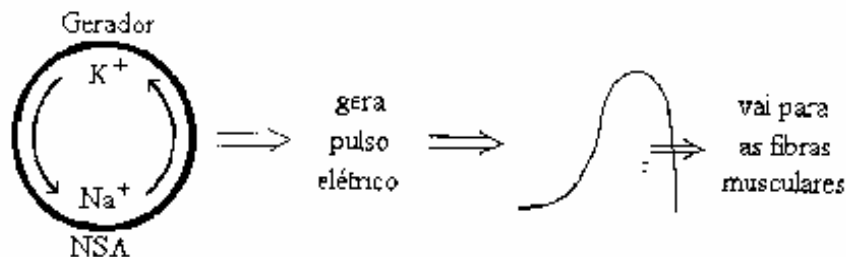


Figura 7 – Gerador elétrico NSA.

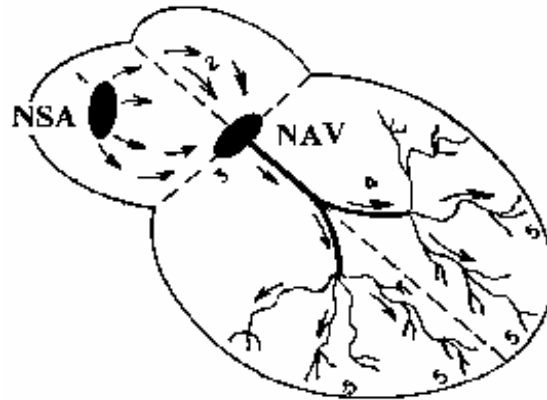


Figura 8 – Transmissão do sinal elétrico pelas parcelas do coração

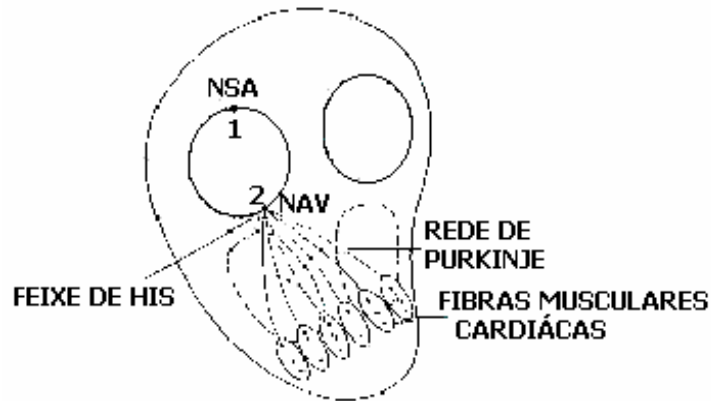


Figura 9 – Esquema elétrico do coração

Em análise só do ventrículo, este se comporta como um circuito elétrico, conforme **Figura 10**.

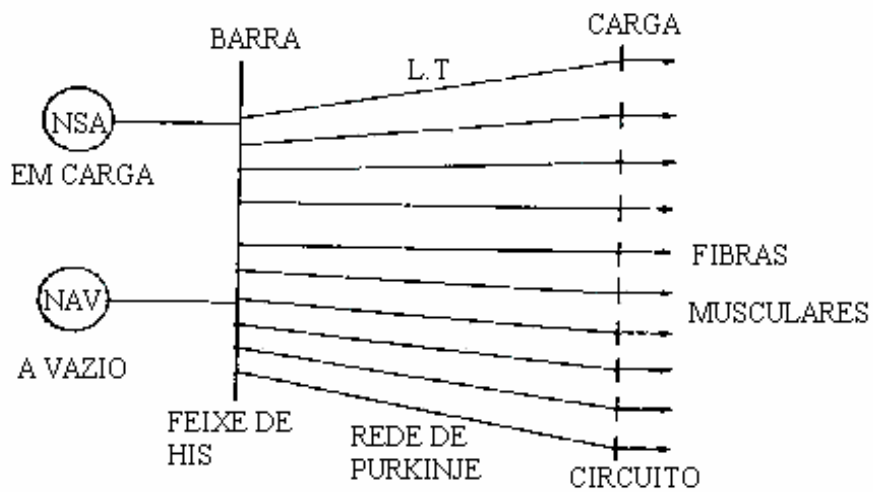


Figura 10 – Análogo Elétrico

O NSA e o NAV estão em paralelo, o NSA opera impondo o sinal. O NAV se mantém em sincronismo, porém a vazio.

As linhas de transmissão representam a rede de Pukinje e as barras de cargas são o consumo de cada fibra muscular dos ventrículos.

Os sinais elétricos percorrem o coração com velocidades diferentes, pois as paredes do coração são formadas por tecidos que contém substâncias e plasmas com concentrações de sais diversos. Em função da variação de velocidade, também muda de forma. Exemplo **Figuras 11,12 e 13.**

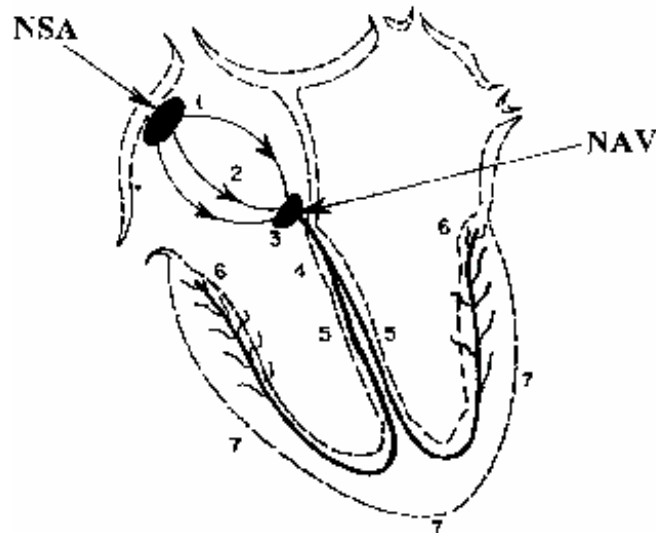


Figura 11 – Pontos enumerados no coração.

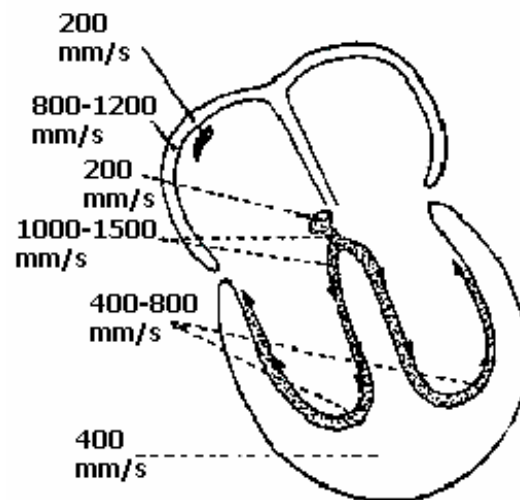


Figura 12 – Velocidade de propagação do sinal elétrico emitido pelo NSA(30).

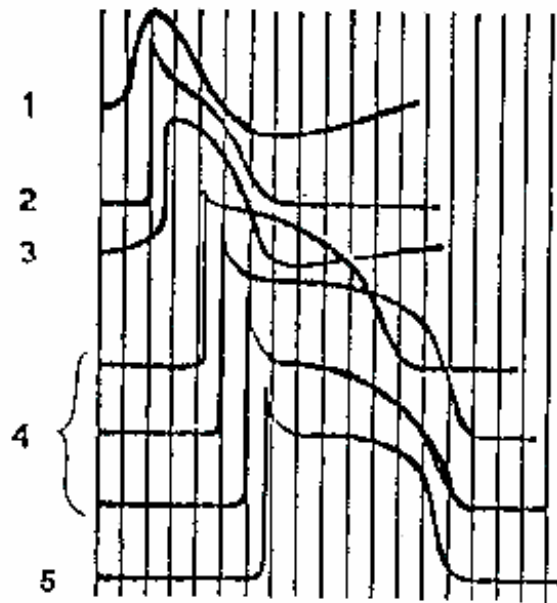
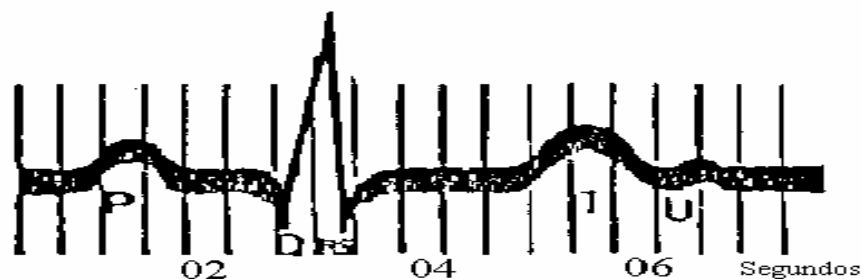


Figura 13 – Formas do sinal elétrico no coração

Eletrocardiograma (ECG)

O pulso elétrico proveniente do NSA e que percorre o coração, ultrapassa os limites deste, chegando à flor da pele. Se este micro sinal for amplificado e registrado, teremos o seguinte sinal, dado pela **Figura 14**.



.Figura 14 – Eletrocardiograma do ciclo cardíaco

Como o sinal de tensão elétrica captada na pele é muito pequeno, qualquer problema de contato no eletrodo distorce o sinal.

Antes de colocar o eletrodo a região deve ser limpa com álcool para retirar gordura e suor, e aplicar uma pasta com função condutora e umidificadora.

Fases do ciclo cardíaco

Observando as **Figuras 15** e **16** é possível perceber três fases distintas:

Onda P, que correspondente à fase de contração dos átrios - seus músculos não são muito forte porque sua função é apenas fazer o sangue passar para os ventrículos;

Onda do complexo Q R S que corresponde a contração dos ventrículos. São músculos mais fortes e que produzem a pressão arterial. (este período é conhecido como refratário);

Potencial em torno de - 90mV;

Onda T corresponde à fase onde se processa a repolarização das fibras musculares do ventrículo.

Ao final deste período as fibras musculares estão novamente prontas.

Este período de repolarização é conhecido como vulnerável, tanto para Choque elétrico como para diagnóstico de doenças cardíacas.



Figura 15 – Períodos refratário e vulnerável do coração

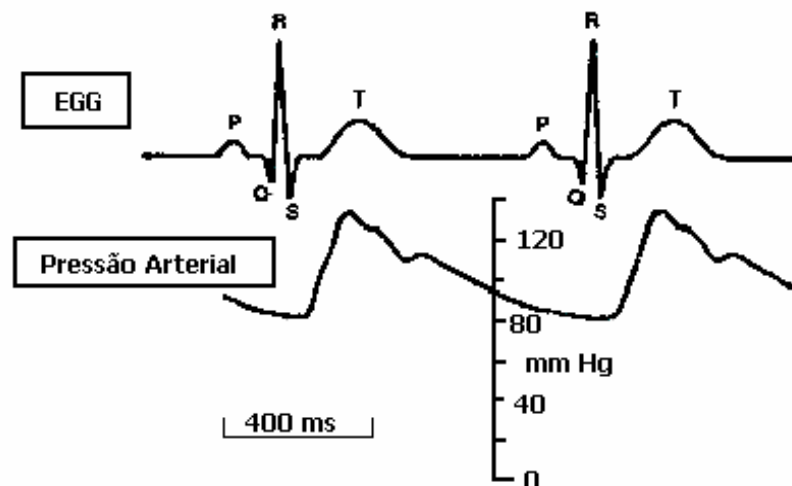


Figura 16 – Pressão arterial

Fibrilação Ventricular do Coração

Muitas são as vítimas fatais da fibrilação ventricular do coração produzida pelo choque elétrico.

Parada cardíaca - falta total de funcionamento do coração - sangue não é bombeado, pressão cai a zero, pessoa perde o sentido.

A fibrilação ventricular o coração fica tremulando desordenadamente, podendo ser observado na **Figura 17**, a vítima permanece em estado de morte aparente, se providências imediatas não forem tomadas, dentro de 4 minutos começam os danos cerebrais, já no estado de irreversibilidade.

Como as fibras musculares que compõem as paredes do ventrículo do coração não mais recebem nutrientes e oxigênio, elas se exaurem completamente,

passando para o estado de parada cardíaca, isto é, da morte definitiva. Este processo ocorre na faixa de tempo entre 9 e 12 minutos.

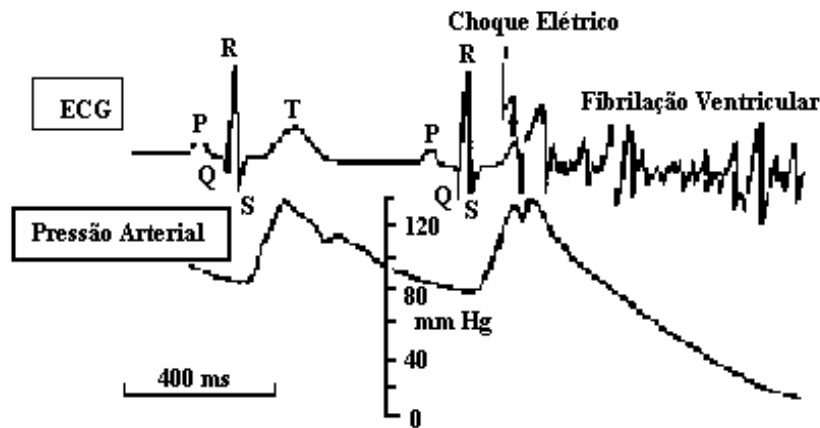


Figura 17 - ECG e pressão arterial do coração em fibrilação ventricular.

Atualmente, cogitam-se três teorias para explicar a fibrilação ventricular decorrente do choque elétrico:

1) Teoria da vibração distinta das camadas estratificadas das paredes dos ventrículos.

A explicação na qual fundamenta-se esta teoria é que a parede do coração é formada por diversos tecidos diferentes superpostos.

Quando uma CA da ordem de 60Hz passa pelo coração os tecidos respondem vibrando de maneira distinta, prejudicando a repolarização, não deixando que a onda T ocorra. Este estado caótico de polarização é irreversível, com perda total do sincronismo das contrações comandadas pelo NSA.

Para correntes de choques grandes os efeitos mais drásticos são: tetanização e queimaduras, para correntes pequenas o maior perigo é a fibrilação ventricular.

2) Teoria do despertar simultâneo dos marcapassos ectópico natural do coração.

Pesquisas comprovam ser o feixe de His alterado em função de corrente de choque, estimulando os diversos marcapassos naturais do coração.

3) Teoria da reentrada das fibras dos ventrículos.

Quando a pessoa recebe um choque, a corrente elétrica passa diferenciadamente pelos ramos de condução e se superpõem ao pulso elétrico da condução normal do NSA.

Este estado anárquico deixa as fibras polarizadas caoticamente, perdendo a cadência sincronizante.

Desfibrilador Elétrico:

Como a fibrilação ventricular é irreversível naturalmente, faz-se necessário o emprego de técnicas para que o coração retome o seu ritmo normal.

Muitas pesquisas, drogas foram usadas, mas o método em que obteve sucesso foi o desfibrilador elétrico, que nada mais é do que um capacitor a ser descarregado no acidentado.

$$C = 10\mu F \text{ a } 50\mu F$$

$$E = 2kV \text{ a } 9kV$$

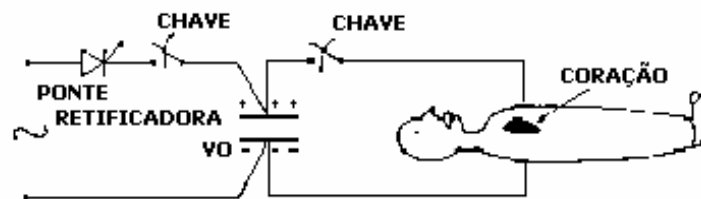
$$I = 1 \text{ a } 30 A$$

$$t = 10ms$$

Com a avalanche rápida de corrente unidirecional, obriga as fibras musculares do ventrículo a ficarem polarizadas, voltando a obedecer ao sinal emitido pelo NSA.

Esta corrente de descarga do capacitor produz no coração e músculos adjacentes contrações violentíssimas que em conseqüência pode produzir irregularidades momentâneas ou permanentes.

A regulagem do aparelho é feita pela energia armazenada no capacitor,



conforme exemplo na **Figura 18**.

Figura 18 – Desfibrilador Elétrico

A densidade de corrente ótima e a que produz a maior probabilidade de reverter a fibrilação do coração depende de:

- Estado clínico do coração
- Tamanho do coração \Rightarrow perímetro do tórax.
- Peso do coração
- Idade da vítima
- Qualidade da pele
- Peso da vítima

A eficácia da cardioreversão depende:

- Rapidez dos primeiros socorros
- Eficiência da massagem cardíaca
- Estado de saúde da vítima
- Tempo de utilização do desfibrilador.
- Bom funcionamento do desfibrilador.

2 DIELETRICOS OU ISOLANTES

Dielétricos ou material isolante se caracterizam por oferecer uma considerável resistência a passagem da corrente.

Quando temos dois condutores separados por um isolante, ao aumentarmos progressivamente a diferença de potencial entre esses condutores, o dielétrico deixa bruscamente de funcionar como isolante, sendo atravessado por uma corrente elétrica. O valor da diferença de potencial correspondente, referida à unidade de espessura do dielétrico (kV/mm) é a resistência dielétrica ou rigidez dielétrica.

Chama-se rigidez dielétrica o gradiente de potencial, isto é, o quociente V/e no momento da ruptura e se avalia em kV/cm ou kV/mm.

Nos Estados Unidos é comum expressar a rigidez dielétrica em volts por mil, lembrando que um mil é igual a 0,001 polegada.

O valor da rigidez dielétrica de uma certa substância isolante depende de vários fatores entre os quais temos:

- Classe de voltagem (DC ou AC), freqüência.
- Duração de aplicação da d.d.p.
- Rapidez do crescimento da d.d.p.
- Forma dos corpos de prova
- Espessura do dielétrico
- Temperatura
- Tensão desruptura- breack-downm.

Perda dielétrica

Os dielétricos sujeitos a d.d.p. CA apresentam perdas internas que tem por consequência o seu aquecimento, denominadas perdas dielétricas.

Aumentam com: a d.d.p., temperatura, freqüência, teor de umidade e as impurezas do isolante.

Os materiais classificados como dielétricos não são isolantes perfeitos, ao contrário pode-se constatar que ainda apresenta uma reduzida condutividade a qual, entretanto, é tão pequena que pode ser geralmente desprezada, quando o material é usado dentro dos limites especificados pela sua rigidez dielétrica.

2.1 Classificação dos Dielétricos

Gases dielétricos

AR - O isolante de maior uso é o ar, sendo amplamente usado entre todos os condutores sem isolante ou líquido, ex: redes de transmissão e distribuição de energia, onde os condutores são fixados através de isolantes de porcelana.

É o mais importante dos dielétricos gasosos, altamente confiável, desde que as voltagens que o submetam não sejam muito alta.

A rigidez dielétrica do ar entre eletrodos planos, distintos entre si de 1 cm, à pressão atmosférica normal, é de 32 kV/cm; à pressão de 10 atmosferas a

rigidez dielétrica aumenta para 226 kV/cm e com o aumento da umidade pode decrescer a 3kV/mm.

O ar apresenta o inconveniente de determinar a formação de ozônio, esse gás provoca uma destruição lenta dos isolantes, o ar pode formar com os outros gases misturas detonantes, por fim, o ar úmido determina a corrosão mais acentuada.

Efeito Corona

O efeito corona pode ser compreendido como uma forma incompleta da desrupção num gás. A descarga é incompleta.

Observa-se este fenômeno no escuro, o eletrodo em forma de onda se faz luminoso, acompanhando de um ruído sibilante e desprendimento de ozônio, iluminação esta com um tom de violeta.

Quando se estabelece uma diferença de potencial entre dois fios paralelos, situados no ar, a uma distância grande em relação ao diâmetro do fio, nota-se a formação de ozônio e ruído, perturbando os rádios-receptores nas proximidades. O conjunto destes fenômenos observados nas linhas de transmissão denomina-se de efeito corona.

O efeito corona é devido à ionização do ar, diminui com o aumento do diâmetro dos condutores, e com o espaçamento entre eles.

NITROGÊNIO - Também chamado de Azoto, tem rigidez dielétrica vizinha do ar, é um gás quimicamente neutro, é incolor, inodoro, insípido e forma quatro quintos partes do ar.

Aplicações = transformadores em atmosfera de nitrogênio, pára-raios e cabos de alta tensão

GÁS CARBONICO - Ou dióxido de carbono, rigidez dielétrica próxima a do ar, tendo como vantagem - não alimenta a combustão.

Aplicação= cabos de alta tensão, empregado em mistura com o ar sob altas pressões.

HIDROGÊNIO - rigidez dielétrica inferior a do ar, aproximadamente a metade, condutividade térmica elevada, portanto excelente agente de refrigeração.

Aplicação = Aplicado no isolamento e refrigeração de alternadores de grande potência e motores síncronos.

HEXAFLUORETO DE ENXOFRE (SF6) - É um gás que vem sendo usado largamente, com excelente meio extintor de arco nos disjuntores de alta tensão.

As principais características de SF6 são as seguintes:

- Seu peso é cinco vezes maior que a do ar;
- Não é tóxico, é inodoro e incolor,
- Não é inflamável,
- Tem extraordinário poder de extintor de arco, estimado 2 vezes superior a do ar,
- Rigidez dielétrica a pressão atmosférica é de 90 kV/cm, 3 vezes a do ar.
- Rigidez dielétrica a 2 atmosferas é de 125 kV/cm, a pressão de 20 a 22 atmosferas se liquefaz
- Condutibilidade térmica é elevada.

- Aplicações = disjuntores, subestação.

Líquidos

ÓLEO MINERAL - De acordo com os hidrocarbonetos que os constituem, os óleos podem ser divididos em duas classes principais: parafénicos e naftalínicos

PETRÓLEO é decomposto, por destilação, em diversos subprodutos, de acordo com o grau de aquecimento de

450 a 150° C ⇒ benzina

150 a 300° C ⇒ óleos leves e combustíveis

300 a 350° C ⇒ óleo diesel

acima de 350°C ⇒ óleos lubrificantes, isolantes

resíduo ⇒ asfalto

O petróleo atualmente usado para obtenção de óleos isolantes é a base naftalínica.

Propriedades Físicas: cor amarelo claro, ponto de fogo 165° C, rigidez dielétrica - 90-100 kV/cm, óleo puro - 200-300 kV/cm – para trafo, óleo impuro - 40-50 kV/cm, 120 kV/cm para disjuntores.

O óleo absorve com muita facilidade a umidade do ar, diminuindo a rigidez dielétrica. O óleo oxida ao contato com o ar (luz) e sob ação de elevadas temperaturas. Com a oxidação há a formação de produtos ácidos, chamadas "lamas" ou "borras", que se precipitam, diminuindo a rigidez dielétrica.

Utilizado em transformadores, disjuntores, condensadores, cabos de alta tensão etc. como isolante e trocador de calor.

Devido ao processo de deterioração a que está sujeito o óleo isolante, há a necessidade de manutenção, objetivando a conservação de duas propriedades essenciais.

São os seguintes ensaios realizados no óleo isolante mineral para apoio à manutenção.

- Rigidez dielétrica,
- Água,
- Acidez,
- Cor,
- Devido ao seu envelhecimento, mudando suas características físico-químicas, este óleo tem que sofrer um tratamento físico e físico-química, tais como filtragem, desidratação, centrifugação e etc.

Ascaréis ou Askarel

É o nome genérico dado para o líquido isolante clorado, não inflamável.

Nomes dados em função do fabricante: clophen, Pgranol, Inerteen, Pyrocolor Sowol.

Quimicamente, este se compõem basicamente de cloro-bifenol

Basicamente o askarel é um defenil, associada a átomos de cloro.

- Ataca o sistema respiratório e visual
- Hoje proibido,
- Rigidez dielétrica 200 kV/cm.

Polímeros

Material orgânico - cortiça, couro, madeira.

Resinas

As resinas podem ser de origem natural ou artificial

As maiores das resinas usadas em eletrotécnica são insolúveis em água existem dois tipos básicos:

- TERMOPLÁSTICOS - readquirem seu estado de plasticidade
- TERMOESTÁVEIS ou TERMOFIXAS - não retornam a fluidez.

Resinas naturais

GOMA LACCA - É o resultado do excremento de um inseto, chamado cientificamente de Soccus-lacca, que em número elevadíssimo aderem as árvores. os insetos expelem uma substância resinosa que cobre as árvores e ao solidificar-se da a composição da goma-lacca natural.

Utilizado como verniz de colagem

Ponto de fusão - 80 a 100° C

Rigidez dielétrica - 300 kV/cm.

Seu uso é cada vez menos, devido as melhores características apresentadas pelas de origem sintética. Apenas 10% da produção mundial é utilizada na engenharia elétrica.

COPAL - provem de várias espécies de árvores (extraídas sob forma de gota), as principais fontes estão na África e sudeste da Ásia.

Entre as resinas tipo copal destacamos a terebentina extraída de árvores coníferas. É um dielétrico usado na manufatura de vernizes isolantes.

ÂMBAR - É uma resina fóssil, quimicamente é uma mistura de resinas e substâncias betuminosas. É extraída por mineração ou dragagem.

É utilizada no isolamento de certos instrumentos elétricos.

Atritada contra certos tecidos adquire carga elétrica, sendo atribuída a esse fato a origem do nome eletricidade (âmbar em grego - elétron).

LÁTEX OU BORRACHA NATURAL - É oriunda de um produto tropical (seringueira)

Maiores produtores 1º - Malásia, 2º- Indonésia, 3º- Tailândia, 8º- Brasil. Só utilizada depois de vulcanizada

O produto é leve, muito elástico e possui um grande alongamento. Bom isolamento térmico e elétrico, porém é combustível.

A borracha natural é um polímero denominado isopreno.

Um dos derivados mais importantes da borracha natural é a ebonite, que é obtida pela incorporação de uma forte proporção de enxofre (45%). Rigidez dielétrica - 180 a 250 kV/cm.

Resinas artificiais

BAQUELITE é um produto de poli condensação, é formado a partir do formaldeído sob a forma líquida a baquelite é empregada como elemento de impregnação em materiais filrosos, como madeira, papel, papelão.

A baquelite ou Resite sólida é que é utilizada, sendo excelente isolante térmico e elétrico, resiste até a temperatura de 300° C Rigidez dielétrica - 50 a 400 kV/cm.

POLIVINIL (P.V.C.) OU CLORETO DE POLIVINIL é um produto sólido resultante da polimerização do cloreto de vinil gasoso, um derivado do etileno. Esta resina, sob a forma de plástico é largamente usada como material isolante em isolamento de fio. Rigidez dielétrica - 300 a 400 kV/cm.

EPOXIS são comercialmente conhecidos por araldite. Possui excelentes propriedades dielétricas grandes resistência mecânica, grande estabilidade térmica, ausência de envelhecimento, grande poder adesivo sobre os metais, vidros e porcelana, facilidade para moldagens. Rigidez dielétrica - 700 kV/cm.

TEFLON (P.T.E.E.) é uma resina termoestável que é obtida através da polimerização do tetrafluoretileno. Excelente isolante, resistente ao calor e ao frio (-100° C a 3000° C) resistente a maior parte dos agentes químicos. Devido a seu custo elevado, seu uso é limitado em casos onde existem condições severas de temperatura. Rigidez dielétrica - 180kV/cm.

POLIETILENO é obtido pela polimerização de etileno, é uma resina termoplástica muito utilizada em eletrodomésticos, isolante em rádio-freqüência e cabos de comunicação, especialmente em cabos submersos. Rigidez dielétrica - 400 - 500 V/mil.

RESINA POLIÉSTER - podem ser termoestáveis ou termoplásticas. Rigidez dielétrica - 130 a 220 kV./cm.

POLIAMIDOS (NYLON, CAPRON) - Resina obtida por policondensação, caracteriza-se por ser elástica e também forte resistência mecânica. Estas resinas largamente usadas para fabricação de fibras sintéticas, filmes e plásticos. Rigidez dielétrica - 100 a 180 kV/cm.

POLIESTIRENO é uma resina resultante da polimerização do estireno. Desvantagens: torna-se inelástico e quebradiço em baixas temperaturas.

BORRACHA SINTÉTICA, a borracha sintética mais parecida com a natural é a classificada como Buna, sendo a matéria prima principal neste tipo é um gás chamado butadieno, feito a partir do petróleo.

Descobriram que o butadieno se aperfeiçoaria ao lhe ser adicionando um líquido chamado estireno, por meio deste, se consegue um tipo mais derivável com maior elasticidade, chamada borracha estireno.

O neopreno é também uma sintética feita com acetileno.

BETUMES E ASFALTO - são substâncias complexas, constituídas basicamente de hidrocarbonetos de cor negra. Podem ser artificiais (resultantes da destilação do óleo) ou naturais obtidas por mineração (asfalto)

Mica

É o nome genérico de um produto a base de silicatos de alumínio hidratados de metais alcalinos. No comércio é apresentado em lâminas de 0,015 a 0,033 mm, podendo ser empregada diretamente ou preparadas em pó de mica cimentada.

As micas podem ser agrupadas em dois grandes grupos: as Muscovetas e Flogopitas, sendo as muscovetas de melhor qualidade.

Resistente ao calor na faixa de 500 - 1000° C e pode alcançar 500kV/mm sua rigidez dielétrica.

Altamente resistente a perfuração pelo impacto de faísca (punctura).

Sua aplicação em eletrotécnica está ligada a corrente elétrica e ao calor, isto é, utilizada como isolante elétrico e térmico.

A Índia é o maior produtor, o Brasil é um dos maiores produtores, verificando-se nos municípios de Parilhas e Carnaúba dos Pantos, no nordeste.

Devido a pouca coesão entre as pequenas lâminas e a fragilidade das mesmas, utiliza-se vária forma composta a base de mica, tais como:

- Micaletto (Megomite, Micanita, supermicanite).
- Micasin (Dimicanit, Mica-Mat, Samica, Samicaneta)
- Micalex (Microy, Turx)
- Micafólio (Micafoliun)

Porcelana

Produto cerâmico é o nome dados a todos os inorgânicos que são cozidos em altas temperaturas. A porcelana é o mais antigo, apresentando rigidez dielétrica e mecânica elevada, seu principal componente é o caolim e a água que são silicatos alumínicos, que associam quartzo e o feldspato. Os materiais cerâmicos podem classificados em função de sua composição básica.

Antes do cozimento pode colar as peças com uma pasta especial que no forno vitrifica-se (esmaltamento), o que torna o material menos poroso. Seu uso em eletrotécnica é mais como isolantes (35 kV/cm).

Vidro

Material básico é a sílica (SiO₂)quartzo, sua rigidez dielétrica está em torno de 250 a 500 kV/cm.

Fibra de vidro

Também conhecida como "Fiber-glass" ou glassfaeden, é um produto resultante do esticamento do vidro fundido em fios finos. Rigidez dielétrica - 40 a 50 kV/cm. (sem impregnação)

2.2 Resumo

Classificação dos materiais isolantes segundo sua natureza.

Materiais isolantes - Gases, Líquidos e Sólidos (aplicados em estado pastoso aplicados em estado sólido)

Os isolantes podem ser ainda classificados:

- Orgânicos ou inorgânicos
- Naturais ou sintéticos
- De origem vegetal, mineral ou animal.

Gases = ar, nitrogênio, hidrogênio, dióxido de carbono, gases raros, hexafluoreto de enxofre (SF₆). Dielétricos gasosos é o que mais se aproxima do dielétrico ideal.

Líquidos = óleos minerais derivados do petróleo, askarel (a prova de fogo, hoje proibido), óleos vegetais: tung - linhaça.

Solventes (empregados nos vernizes e compostos isolantes) álcool, benzeno, benzina, nafta-acetona. Característica mais importante viscosidade.

Sólidos = Pastoso (Reinas, betumes, ceras, solvente, vernizes e massas), Sólidos (Madeira, papel, papelão, seda, linho, algodão, nylon, mica, borracha, neoprene, porcelana, asbesto(amianto))

- Amorfos - vidros, resinas (não tem ponto de fusão definido);
- Atômico - silício, germânio;
- Sólidos cristalino molecular - fósforo, arsênico;
- Iônico - sal, mica (constituídos de íons + elétrons);
- Mistos.

Material	Rigidez dielétrica (kV/mm)
Óleo mineral _____	10 a 14
Askarel _____	13 a 16
Óleo silicone _____	10 a 30
Parafina _____	20 a 25
Goma- laca _____	20 a 30
PVC _____	40 a 50
Polietileno _____	30
Polestirol _____	25 a 30
Baquelite _____	20
Betume _____	50 a 100
Papel para capacitores _____	35
Papel para cabos _____	08 a 10
Vidro e fibra de vidro _____	35 a 50
Amianto _____	02 a 30
Mica muscovita _____	05 a 40
Mica flogopeta _____	04 a 40

Condutividade superficial de isolantes sólidos

O conceito de condutividade aplicado a uma superfície isolante, obviamente apenas pode ser aplicado a isolantes sólidos; condiciona-se de imediata, a película que esteja recobrindo a superfície do sólido. Dessa forma, a condutividade superficial é acentuadamente uma função das condições do ambiente em que o isolante se encontra.

Entre essas condições, aparece com destaque, a influência da água, seja a de chuva, de orvalho ou de condensação, que reduz a resistividade do isolante, reduzindo assim a chamada resistência superficial de descarga. Como consequência, os corpos isolantes são freqüentemente projetados com perfis que assegurem uma certa proteção contra deposição dessa natureza, e, além disso, o ensaio para a determinação da capacidade isolante de certos elementos é feito a seco e sob chuva. A umidade relativa começa a ter uma influência sensível quando seu valor ultrapassa os 50%.

A condutividade superficial diminui quanto mais liso for o acabamento superficial e mais limpo a superfície.

3 ANÁLISE GERAL DOS METAIS

Os elementos químicos são classificados em metálicos e em metalóides ou não-metálicos.

Os metais apresentam as características apontadas abaixo:

- Estrutura cristalina,
- Brilho típico,
- Elevada capacidade ou condutividade elétrica e térmica,
- São geralmente sólidos,
- Capacidade de deformação e moldagem,
- Transforma em derivados metálicos quando expostos a certos ambientes. Ex.: exposto a ar - óxidos
sal - ácidos

Classificação quanto ao peso específico e ponto de fusão.

- Metais leves = (peso específico < 4g/cm³) - Al, Mg, Be, Na e Ca.
- Metais pesados = peso específico igual ou maior que 4g/cm³
- Baixo ponto de fusão - até 1000oC - Sn, Pb, Zn, Sb
- Médio ponto de fusão - 1000 a 2000oC - Cu, Fe, Ni, Mn.
- Alto ponto de fusão - acima 2000oC - W, Mo, Ta.

Obtenção.

Este estudo cabe a metalurgia - matéria-prima são os minérios, ou seja, as ligações do metal com o oxigênio, enxofre, sais e ácidos. Na natureza encontramos no estado puro apenas os metais nobres: ouro, platina e pequena quantidade de prata e de cobre.

Obtenção de cobre: O principal minério de cobre é o CuFeS₂, vindo a seguir o Cu₂S, Cu₃ Fe S₃ , Cu₂O, CuCO₃ . Cu(OH)₂ .

A porcentagem de cobre nesses minerais varia de 3,5 a 0,5 %. Principais jazidas se localizam no Congo, Rodésia do Norte, USA, Austrália, Espanha, Suécia, Noruega e Chile.

Os minérios de chumbo (Pb) e do Zinco (Zn) geralmente encontrados são sulfatos PbS e ZnS.

O níquel (Ni) é mais raramente encontrado.

Os principais minérios de tungstênio (W) são CaWO₄, PbWO₄ e a Wolframita [(Mn,Fe)WO₄]. Esses minerais são encontrados principalmente na China, USA, Burma, Malásia, Portugal e Bolívia. Temperatura de fusão de 3300°C a 3400°C.

Alumínio: O principal mineral são a bauxita (Al₂O₃H₂O), ou em outra forma Hidróxido de Alumínio [Al O(OH)]. 7% de toda crosta terrestre é de alumínio.

O alumínio se caracteriza por uma grande afinidade com o oxigênio, ou seja, apresenta oxidação rápida. Temperatura de fusão 2050° C.

Materiais sob o ponto de vista elétrico

- Materiais condutores - 10^{-2} a $10 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
- Materiais semicondutores - 10 a $10^{12} \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
- Materiais isolantes - 10^{12} a $10^{24} \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

$$\rho = \frac{R \times A}{L} \quad \rightarrow \quad \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} = \Omega \text{ cm} = \Omega \text{ m} \quad (\text{Equação 02})$$

onde:

ρ - resistividade elétrica do material

R - resistência elétrica (Ω)

A - seção transversal (cm^2)

L - comprimento do corpo condutor (cm)

Os metais de condutibilidade elétrica mais elevados, é que podem ser utilizados, sob o ponto de vista econômico. Ex.: Cobre, alumínio, prata, chumbo, platina, mercúrio.

Nome	Resistividade $\rho(\Omega \text{ Mm}^2/\text{M})$
Mercúrio	0.96
Chumbo	0.205
Níquel	0.072
Zinco	0.059
Alumínio	0.0262
Ouro	0.024
Cobre	0.0169
Prata	0.0162

3.1 Tipo de Metais

Cobre

Vantagens.

- Pequena resistividade, perdendo apenas para a prata.
- Característica mecânica favorável
- Baixa oxidação para a maioria das aplicações
- Fácil deformação a frio e a quente.

Bronze

Resistente ao desgaste por atrito, fácil usinagem usado para rolamentos, engrenagens, trilhos de contato, molas condutoras, fios finos.

Alumínio

É o segundo metal mais usado na eletricidade.

- Cobre - 2 a 3 vezes o preço do alumínio.
- Consumo de cobre no Brasil - 20 vezes a produção.
- Consumo de alumínio no Brasil - 70% da produção - (1977).

Para fins de eletrotécnica usa-se alumínio com um teor máximo de impurezas, isto é, 0.5%.

O alumínio mais puro é usado nas folhas e eletrodos de capacitores com 99.95% grau de pureza.

O alumínio apresenta uma oxidação extremamente rápida. Os contatos entre o cobre e o alumínio precisam ser isolados contra a influência do ambiente (ar e umidade) para evitar a corrosão galvânica.

Chumbo (Pb)

Sua aplicação na eletricidade é encontrada reduzida em finas chapas ou folhas nas blindagens de cabos, acumuladores, material de solda, fusíveis e proteção contra ação de Raio-X.

Estanho (Sn)

Utilizado como material de solda, e em algumas aplicações é reduzido a finas folhas, este minério já está se tornando bastante raro.

Prata (Ag)

É o metal nobre de maior uso industrial, notadamente nas peças de contato. A prateação, numa espessura de alguns micrometros, é usada para proteger peças e metais mais sujeitos a corrosão.

Ouro (Au)

É encontrado eletricamente em peças de contato na área de corrente muito baixa casos em que a oxidação poderia levar a interrupção elétrica do circuito. É o caso de peças de contatos em telecomunicações e eletrônica.

Mercúrio (Hg)

É o único metal líquido, à temperatura ambiente. Aquecido oxida-se rapidamente em contato com o ar. É usada em chaves basculante, lâmpada (V.M.), termômetro resistivo (0 a 100°C).

OBS: Os vapores de mercúrio são venenosos.

Platina (Pt)

Devido às suas propriedades antioxidantes o seu uso elétrico é encontrado, particularmente, em peças de contatos, anodos, fios de aquecimento. É

o metal mais adequado para a fabricação de termoelementos e termômetro resistivo até resistivo até 1000°C - faixa de -200 a 500°C permite maior exatidão.

Tungstênio (W)

É obtido quimicamente por um processo complexo. Custo elevado. É utilizado para a fabricação de filamentos de lâmpadas incandescentes que operam a $\pm 2000^{\circ}\text{C}$. É utilizado ainda em ligas sujeitas a temperaturas elevadas.

Cromo (Cr)

É usado para proteger outros metais que oxidam com mais facilidade, aliada a sua baixa oxidação a elevada estabilidade térmica e a alta resistividade elétrica, resulta ampla utilização do cromo na fabricação de fios resistivos.

Cádmio (Cd)

É acompanhante constante dos minerais de zinco e assim se constitui num subproduto do mesmo. Seu uso fica condicionado à fabricação das baterias de Ni-Cd. O Cadmio é venenoso.

Níquel (Ni)

Metal cinzento claro, com propriedades ferromagnéticas puro, é usado em forma gasosa em tubos e para revestimento de metais de fácil oxidação. Seu uso resulta em fios eletrodos, anodos, grades, parafusos e em lâmpadas incandescentes, como alimentadores do filamento de tungstênio.

Zinco (Zn)

É um metal branco-azulado que tem o maior coeficiente de dilatação entre os metais. É quebradiço à temperatura ambiente, estado que muda entre 100-150°C, quando se torna mole e maleável o que permite sua redução a finas chapas e fios.

3.2 Comparações entre condutores de cobre e alumínio equivalentes.

Quadro 01 - Comparação entre dimensões externas de condutores de cobre e alumínio equivalentes

Referências	Cobre	Alumínio
-------------	-------	----------

Para igual resistência ôhmica	Relação entre áreas*	1	1.61
	Relação entre diâmetros	1	1.27
	Relação entre pesos	1	0.48
Para igual Ampacidades** e aumento de temperaturas	Relação entre áreas	1	1.39
	Relação entre diâmetros	1	1.18
	Relação entre pesos	1	0.42
Para igual diâmetro	Relação entre resistências ôhmicas	1	1.61
	Relação entre ampacidades	1	0.78

* Condutores redondos.

** Ampacidades = capacidade de condução da corrente.

Valores de referências de condutividades:

Cobre: 58 m/Ωmm² (56 a 61)

Alumínio: 38m/Ωmm² (36 a 38)

$$k = \frac{58}{38} = 1.53$$

(Equação 03)

Quadro 02 – Comparação das Características Físicas dos Metais em Relação ao Padrão

Características Físicas	Alumínio (duro)	Cobre (duro)	Padrão IACS*
Densidade a 20 °C (g/m ³)	2.70	8.89	8.89
Condutividade mín. Porcentual a 20°C	61	97	100
Resistividade máx. a 20 °C (Ωmm ² /m)	0.0282	0.0177	0.0172
Relação entre pesos de condutores de igual resistência em CC e igual comprimento.	0.48	1.03	1.00
Coefficiente de variação da resist. por °C a 20°C.	0.0040	0.0038	0.0039
Calor específico (cal/g °C)	0.214	0.092	0.092
Condutividade térmica (cal/cm ³ s °C)	0.48	0.93	0.93
Modulo de elasticidade do fio sólido (kgf mm ²)	7000	12000	-
Coefficiente de dilatação linear/°C	23 × 10 ⁻⁶	17 × 10 ⁻⁶	17 × 10 ⁻⁶

3.3 Ligas metálicas resistentes

Ligas deste tipo têm uma resistividade elétrica (ρ) variável entre 0,2 e 1,5Ωmm²/m e deve atender a certas condições em função de seu emprego.

- Ligas para fins térmicos ou de aquecimento.
- Ligas para fins de medição.

- Ligas para fins de regulação.

Niquelina - (67CV, 30-3 (Ni e 2-3 Mn)).

A niquelina é usada como matéria-prima de dispositivos de partida e de resistores de pré-ligação.

Ligas Cu - Mn - recomendadas para temperaturas até 400°C

A liga mais usada é o manganina com 86 Cu, 12 Mn e 2 Ni recomendado para resistores de precisão para fins de medição.

A manganina é a liga básica para diversas ligas derivadas, tais como: ISABELINA = 84 Cu, 13 Mn e 3 Al, não possui níquel e substitui o Konstantan.

Ligas de prata

A resistividade é elevada e o coeficiente de temperatura é negativo e usado como resistores para regulação. As ligas principais são: Mg - Ag - Sn.

Ligas de ouro cromo

Utilizadas em resistores de precisão e em padrões. É bastante sensível a esforços mecânicos e à variação da umidade do ambiente.

Ligas de níquel cromo

Elevada resistividade e resistência mecânica a frio e a quente, recomendada para fabricação de fio para aquecimento.

Ligas de aquecimento

Tais ligas precisam ter uma elevada estabilidade térmica, tendo um bom comportamento corrosivo ou químico à temperatura local.

Na escolha dos componentes de liga, também podem ser de importância sua capacidade de dilatação e de irradiação.

Ligas para fins de medição

Resistores para instrumentos de precisão admitem um coeficiente de temperatura máxima de $2,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, uma pequena tensão de contato com relação ao cobre (no máximo $1 \times 10^{-5}\text{V}/^{\circ}\text{C}$, a temperatura ambiente) e resistividade praticamente constante.

Ligas para fins de regulação e carga

Nesse caso, a faixa de temperatura se move entre 100 e 200°C.

Tipos de ligas resistivas

Ligas de cobre - geralmente usadas para fins de regulação e medição se usados para aquecimento, a temperatura máxima seria de 400oC;

Ligas com Níquel (Cu - Ni);

Composição 54% Cu, 45% Ni e 1% Mn recebe o nome de Konstantan, P20 = 0,50Ωmm²/m - valor praticamente constante - boa estabilidade térmica, deve ser usado até 400OC.

Ligas de ferro - aquecimento:

Carvão para fins elétricos:

O carvão apresenta uma variação de resistividade inversamente proporcional à temperatura.

Matéria-prima: grafite natural ou o antracito, que é reduzido a pó e prensado na forma desejada, contando com acréscimo de um aglomerante.

Peças de carvão são utilizadas eletricamente em:

- a) peças de contato.
- b) escovas coletoras - distinguem-se os seguintes tipos.

Quadro 03 - Dados Técnicos De Escovas Elétricas (Valores Médios)

TIPOS	Densidade de corrente admissível (A/mm²)	Velocidade admitida do rotor (m/s)	Resistividade elétrica (Ωmm²/m)
Carvão-grafítico	7	10-15	20-60
grafítico	9	10-25	10-50
eletrografítico	10	25-45	10-60
cobre-grafítico	10-20	15-25	0.05-10
bronze-grafítico	20	20	0.5-1.0

Outras aplicações do carvão:

Microfones de carvão,

resistores sem fio.

Quadro 04 – Dados Técnicos de Alguns Metais

LIGAS	TRATAMENTO	CONDUTIVIDADE DE EM RELAÇÃO AO COBRE (%)	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO, EM KG/MM ²	ALONGAMENTOS (%)
Cu + Cd (0,9 Cd)	recozido	95	até 31	50
	encruado	83-90	até 73	4
Bronze 0,8 Cd + 0,6 Sn Cu > 60%	recozido	55-60	29	55
	encruado	50-55	até 73	4
Bronze 2,5 Al + 2 Sn	recozido	15-18	37	45
	encruado	15-18	até 97	4
Bronze fosforoso 7 Sn + 1 P	recozido	10-15	40	60
	encruado	10-15	105	3
Latão 30 Zn	recozido	25	32-35	60-70
	encruado	25	até 88	5
Bronze BI 0,1% Mn, ou resto Cu	-	82	50-52	-
BII 0.8 Mn ou 1% Sn + 1 Cd)	-	60	56-58	-
BIII 2,4% Sn ou 1,2 Sn + 1,2 Zn	-	31	66-74	-

4 EMENDAS DE CONDUTORES

Os requisitos para emendas são simples: a emenda deve ter no mínimo as mesmas qualidades elétricas e mecânicas que os condutores. Depois de pronta a emenda, o isolante deve ser refeito sobre ela, de modo a tornar-se equivalente ao original.

Para alcançar tal fim, retira-se o isolamento do trecho onde os condutores serão emendados, faz-se a solda, ou sem solda, e o isolante é reconstituído por meio de fitas apropriadas.

Retirada do isolante - Corte o isolante até o condutor, mantendo o elemento cortante (faca, canivete) num ângulo mais ou menos 60° , e não perpendicular. Esta preocupação evita talhos no mesmo, que o enfraqueceriam, facilitando a sua quebra ou rompimento.

Esta preocupação deve ser evitada quando se utiliza alicate descascador de fio.

Depois de ter sido cortado em torno de condutores, arranque o isolamento, deixando exposto o comprimento de cobre suficiente para se fazer a emenda, Conforme Indica a **Figura 19**.



Figura 19 – Modelo de Emenda Simples

Execução da emenda: o método mais simples e mais comum de se ligar dois fios é por meio de emenda de torção ou "Western union" (inventado nos primeiros dias do telegrafo), Conforme indica a **Figura 20**.

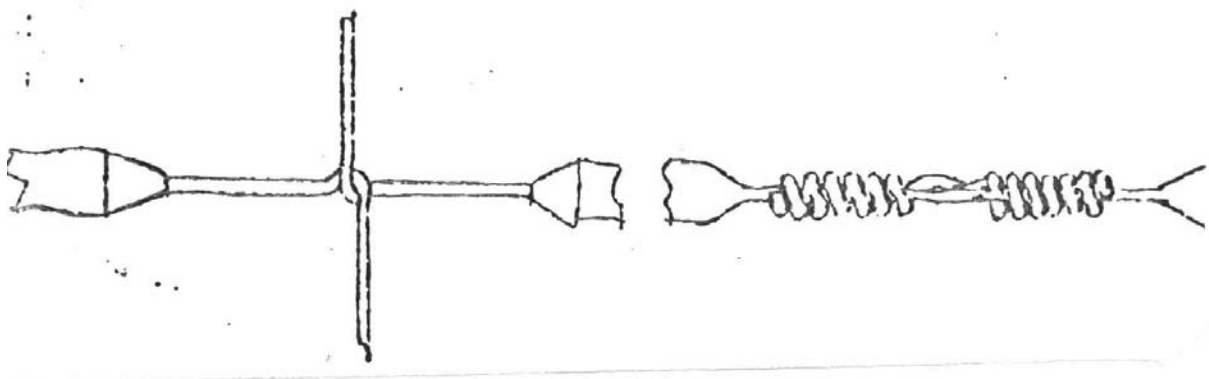


Figura 20 – Execução da Emenda

Emenda em derivação - _Está indicada minuciosamente na **Figura 21**.



Figura 21 – Emenda em Derivação

Emendas de cabos - _Pode-se emendar cabos de pequena secção transversal do mesmo modo. Se os fios componentes do cabo forem grossos, será melhor fazer a emenda do tipo indicado na **Figura 22**.

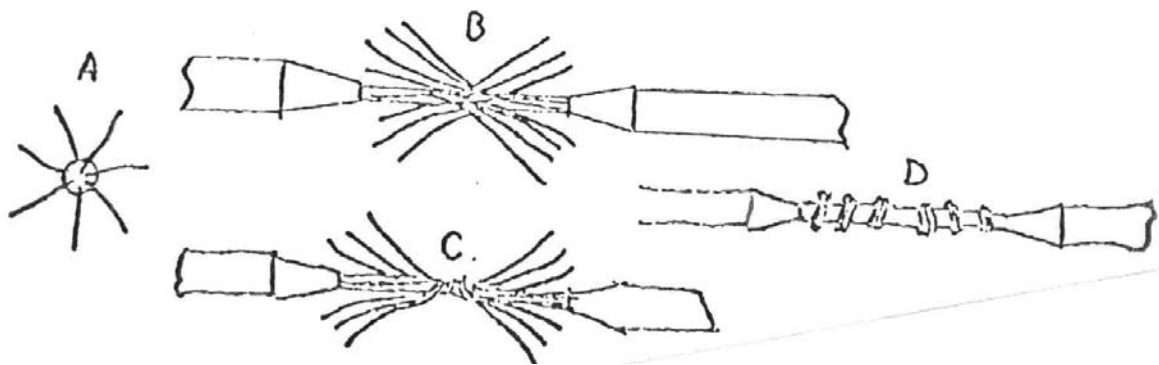


Figura 22 – Emendas de Cabo a Torção

Emendas de cabo em derivação - Espalhe os fios individuais uniformemente, como em "A". Coloque os dois cabos frente a frente com os diversos fios cruzados como indica "B". Enrole, então, um dos fios em torno dos conjuntos e faça o mesmo com um dos fios do outro cabo, enrolando-o, porém na direção oposta, como se vê em "C".

Continue assim, enrolando um fio em cada cabo alternadamente, até o último, o que resultará na aparência final mostrada em "D".

Emendas em derivação - _Em primeiro lugar, separe os fios de cabo principal em dois grupos, como em "A", de modo que o cabo da derivação possa ser inserido na abertura. Divida os dois fios deste cabo em dois grupos aproximadamente iguais, como em "B". Enrole, então, cada grupo no cabo principal, num sentido e outro no outro, caminhando em direções opostas, até que a ligação fique completa como em "C"., conforme indica a **Figura 23**

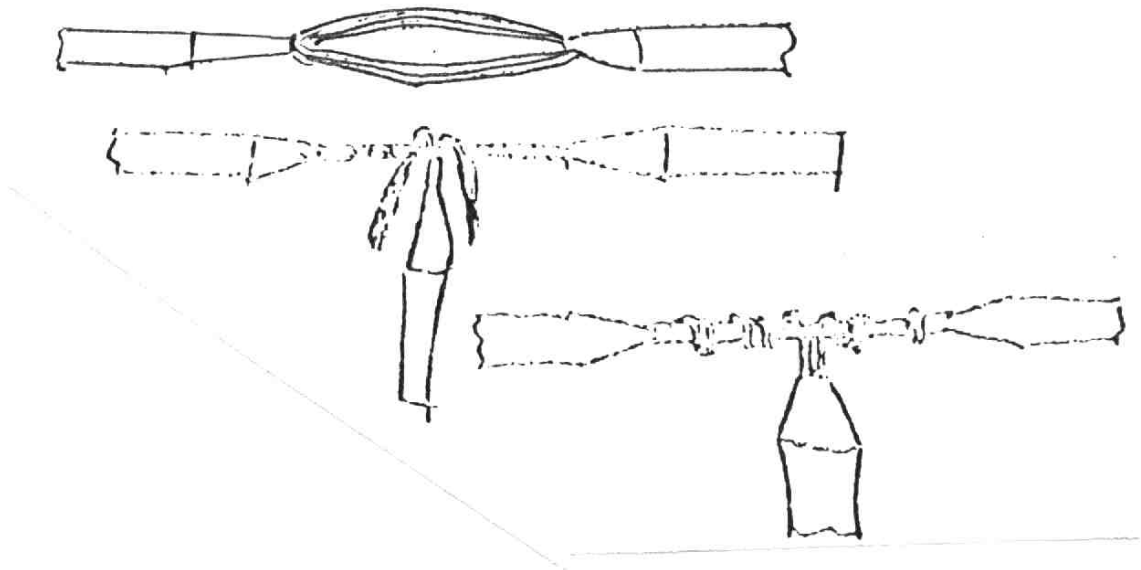


Figura 23 – Emendas em Derivação

Quando não há esforço mecânico nos condutores, geralmente as duas pontas são torcidas juntamente, como mostra a **Figura 24** (rabo de porco).

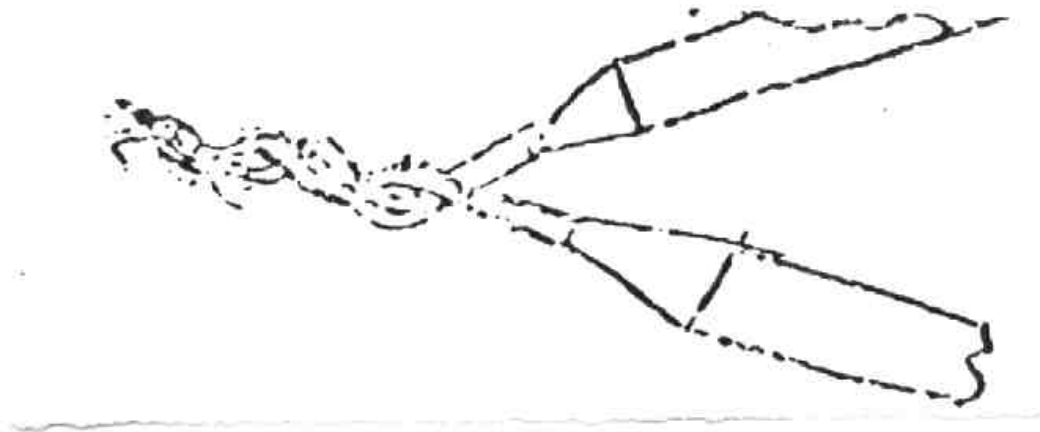


Figura 24 – Emenda sem Esforços Mecânicos

Emendas de cordões flexíveis - Alterne as emendas nos dois condutores. A junta terá diâmetro e maior segurança, como mostra a **Figura 25**.

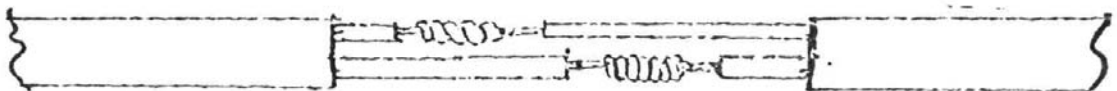


Figura 25 – Emendas de Cordões Flexíveis

4.1 Soldagem

As pontas dos ferros de solda devem ser estanhadas (com solda), isto é o processo de aplicar a ponta de cobre uma camada protetora de solda, para evitar a oxidação.

O processo consiste em :

- 1- Lime ou lixe a ponta do ferro de solda.
- 2- Ligue o ferro de solda e deixe o esquentar,
- 3- Aplique solda aos dois lados da ponta até que ela fique coberta por uma camada de solda.
- 4- limpe o excesso de solda com um pano.

Como soldar um fio a um terminal, ou soldar 2 fios ?

Uma boa ligação soldada tem a solda estritamente necessária.

Qualquer outro aspecto indica uma solda imperfeita. Uma grande bola de solda nos terminais soldados, indica um excesso de solda. Se a junção é fosca e irregular, ou se as bordas da solda são bem visíveis, é sinal de que o metal não esta suficientemente quente quando a solda foi aplicada.

O ferro de soldar deve ser aplicado na parte onde deve ser soldada, pressionando essas partes. Depois de alguns segundos, encoste a solda no lado oposto ao ferro. Se a solda se fundir prontamente, a conexão está suficientemente aquecida. Se a conexão ainda não esta bem quente, remova a solda e continue a aquecer o terminal com o ferro, não encoste a solda no ferro.

Muitas vezes há o perigo de o calor do ferro de solda derreter ou queimar o isolamento dos condutores que estão sendo soldados, ou danificar componentes. Para evitar que isso ocorra, use um alicate de bico fino como dissipador de calor, agarre o fio ou o componente entre a conexão e a parte onde esta sendo soldada. Os condutores flexíveis são geralmente estanhados para evitar que ele se espalhe.

Potências dos ferros de solda:

- 25 - 30 - 75 W - eletrônica
- 250 - 500 W - tipo machadinha

Solda:

- Estanho
- Chumbo

70/30 - 60/40 - 50/50 - 40/60

Porcentagem de / Porcentagem de
estanho chumbo

5 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

São dispositivos cujas finalidades é proteger a instalação em situações anormais. Em instalações prediais em baixa tensão normalmente é utilizado, fusível e disjuntor termo-magnéticos.

5.1 Fusíveis

Basicamente são constituídos por um condutor de seção reduzida (elo fusível) em relação aos condutores da instalação, montados em uma base de material isolantes. Na ocorrência de correntes elevadas, o elo fusível deve fundir-se, interrompendo a passagem de corrente antes que ocorra algum dano à instalação.

A curva característica da **Figura 26** apresenta a relação entre o tempo necessário para a interrupção em função da corrente.

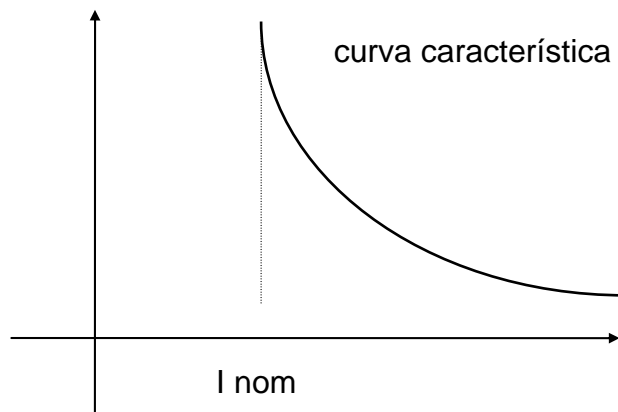


Figura 26 – Curva Característica do Fusível

Dependendo do tempo de atuação podem ser classificados em rápidos e retardados. Normalmente os fusíveis retardados são empregados na proteção de motores, pois durante a partida a corrente pode atingir de 3 a 8 vezes o valor da corrente nominal, conforme indica a **Figura 27**.

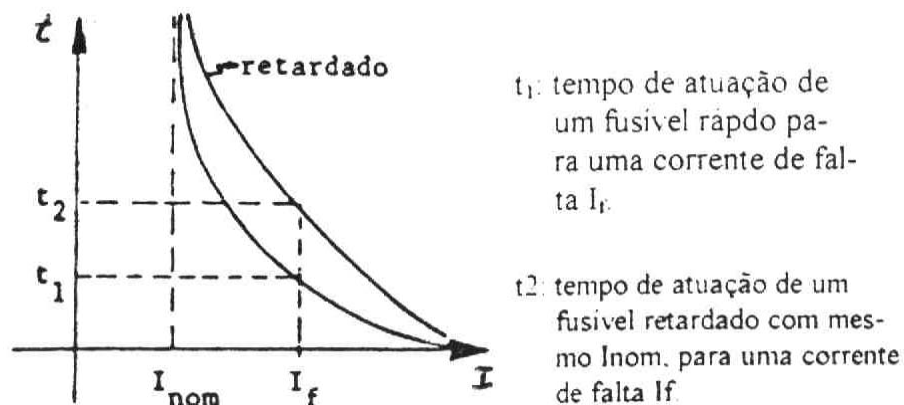


Figura 27 – Curva de Atuação do Fusível

- **Elo Fusível**

Pode ser feito de chumbo, ou de cobre recoberto com zinco, pois devido a alta temperatura ocorre a formação de uma liga que apresenta uma resistência elétrica maior que a do metal puro, ocasionando uma maior dissipação de potência neste ponto, de modo a facilitar a fusão do elo.

Para evitar a transmissão de calor para o ambiente através dos contatos e soquete do fusível, utiliza-se elo fusível com redução de seção no centro, onde deve ocorrer a fusão. Conseguindo-se com isto uma melhor precisão do valor da corrente de fusão.

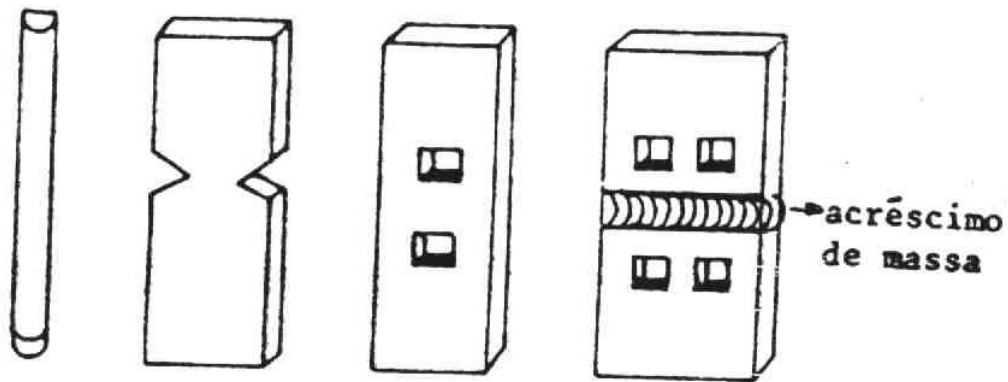


Fig. 28: Tipos de Elos Fusíveis Segundo a Forma

Nos fusíveis retardados utiliza-se um acréscimo de massa no centro, onde se dará a fusão, de modo que durante um certo tempo esta massa adicional absorve parte do calor desenvolvido na secção reduzida do elo, ocasionando o retardamento da fusão.

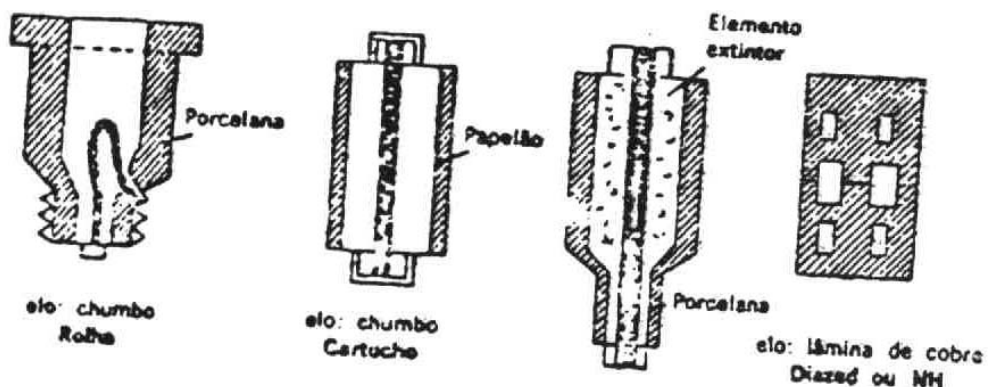


Fig. 29: Segundo Tipos de Elos Fusíveis

Tipos de Fusíveis

a) Tipo Rolha: Montado em um corpo de porcelana com os contatos sendo realizados através da rosca de fixação ao soquete e de um terminal na sua parte inferior. O elo fusível é construído de liga chumbo-estanho e de seção constante. Normalmente apresentam uma vedação de mica na parte superior a fim de reter o material fundido.

São encontrados no mercado para correntes nominais de 6 a 30A, sendo de pouca precisão o seu valor nominal. Apresentam baixos valores de corrente de ruptura. Devido as suas características são pouco confiáveis, porém devido ao seu baixo custo, ainda são largamente utilizados em instalações de uma maneira geral.

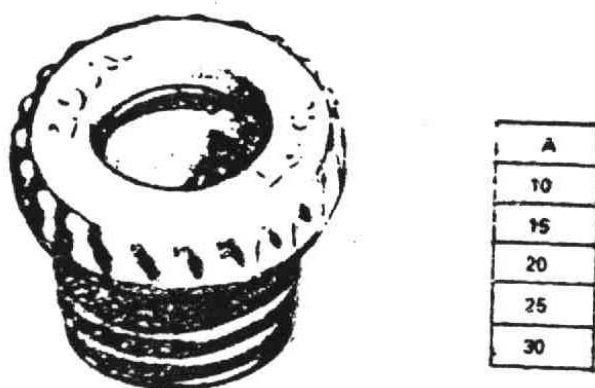


Fig. 30: Fusível Rolha

b) Tipo Cartucho: Montado em um invólucro cilíndrico de papelão impregnado, ou fibra, com terminais de cobre, tipo faca, ou tipo virola. O elo fusível pode ser de vários formatos de liga de cobre, ou de chumbo-estanho.

São encontrados no mercado para correntes nominais de 5 a 60A, com terminais tipo virola, e de 60 a 600A com terminais tipo faca. Normalmente, para correntes superiores a 100A são preenchidos internamente com areia de sílica, com o intuito de facilitar a extinção do arco.

Tal como as rolhas apresentam valor de corrente de fusão imprecisa e tem correntes de ruptura da ordem de 20 a 30kA. São baratos e apresentam tal como o tipo rolha o inconveniente das bases (soquetes) servirem para uma ampla gama de valores nominais, possibilitando a uma substituição desavisada por outro fusível de valor nominal mais elevado, prejudicando assim a segurança da instalação.

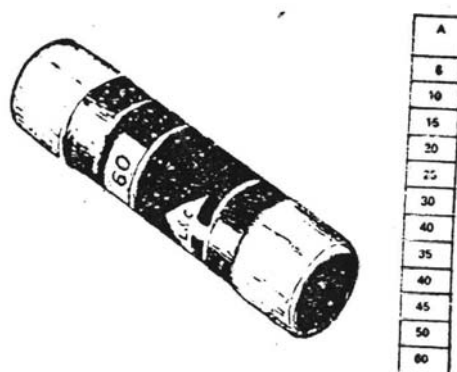


Fig. 31: Fusível Cartucho Tipo Virola

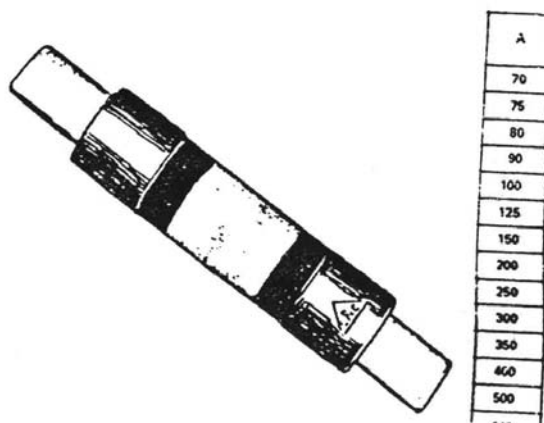


Fig. 32: Fusível Cartucho Tipo Faca

O **Quadro 05**, a seguir, apresenta as classes de fusíveis com as capacidades em ampère para as quais são fabricados.

Por exemplo, os fusíveis de 250, 300 e 400 A cabem no porta-fusíveis de 400A.

Quadro 05 - Classes de Fusíveis com as Capacidades em Ampère.

CLASSE		CAPACIDADE PARA AS QUAIS SÃO FABRICADOS
Ampères	Tipo	Ampères
30	cartucho	6-10-15-20-25-30
30	cartucho	10-15-20-25-30
60	cartucho	40-50-60
100	faca	80-100
200	faca	150-200
400	faca	250-300-400
600		500-600

Porta fusível de cartucho tipo virola:

Os fusíveis são colocados em porta fusíveis, que podem constituir um dispositivo próprio ou em conjunto com chaves de faca, que então se denominam "chaves de faca com porta fusíveis", Conforme indica a **Figura 33** .

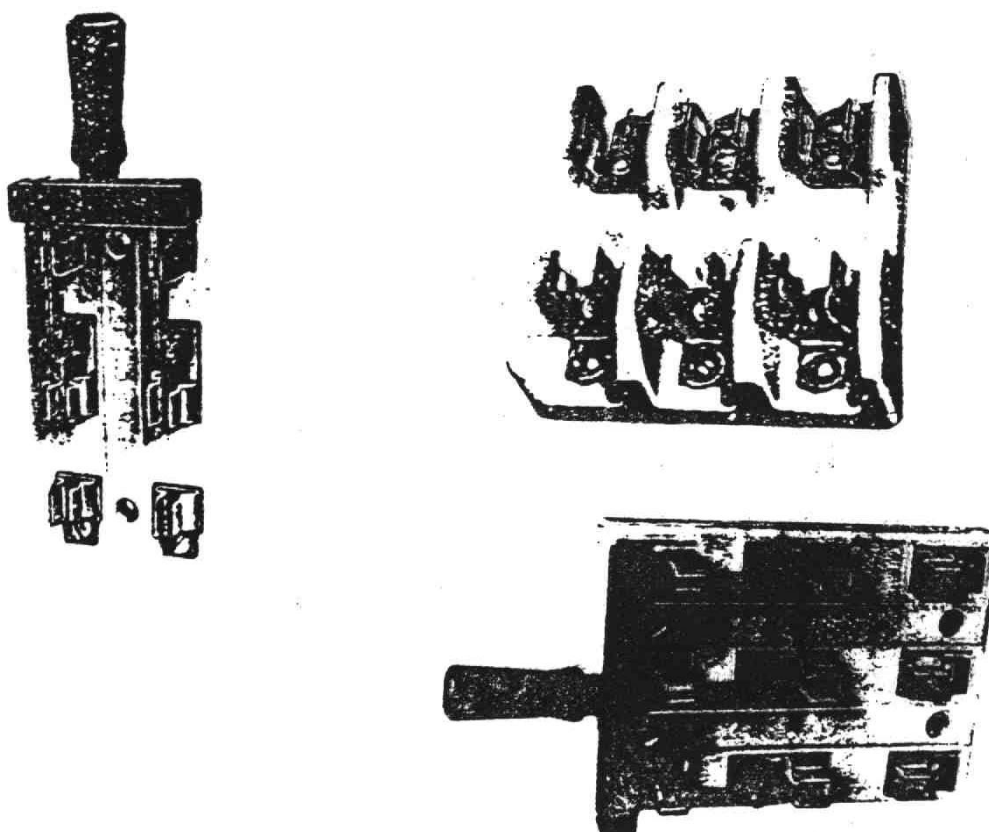


Figura 33 – porta Fusíveis de Cartucho de Virola

Fusíveis tipos NH e D(Diazed)

São dispositivos usados com o objetivo de limitar a corrente de um circuito, proporcionando sua interrupção em casos de curtos-circuitos ou sobrecargas de longa duração.

a) Fusíveis NH: Os Fusíveis NH são compostos de base e fusíveis.

A **base** é constituída geralmente de esteatita, plástico ou termofixo, possuindo meios de fixação a quadros ou placas. Possuem contatos em forma de garras prateadas, que garantem o contato elétrico perfeito e alta durabilidade; a essas garras se juntam molas que aumentam a pressão do contato, Conforme a **Figura 34**.

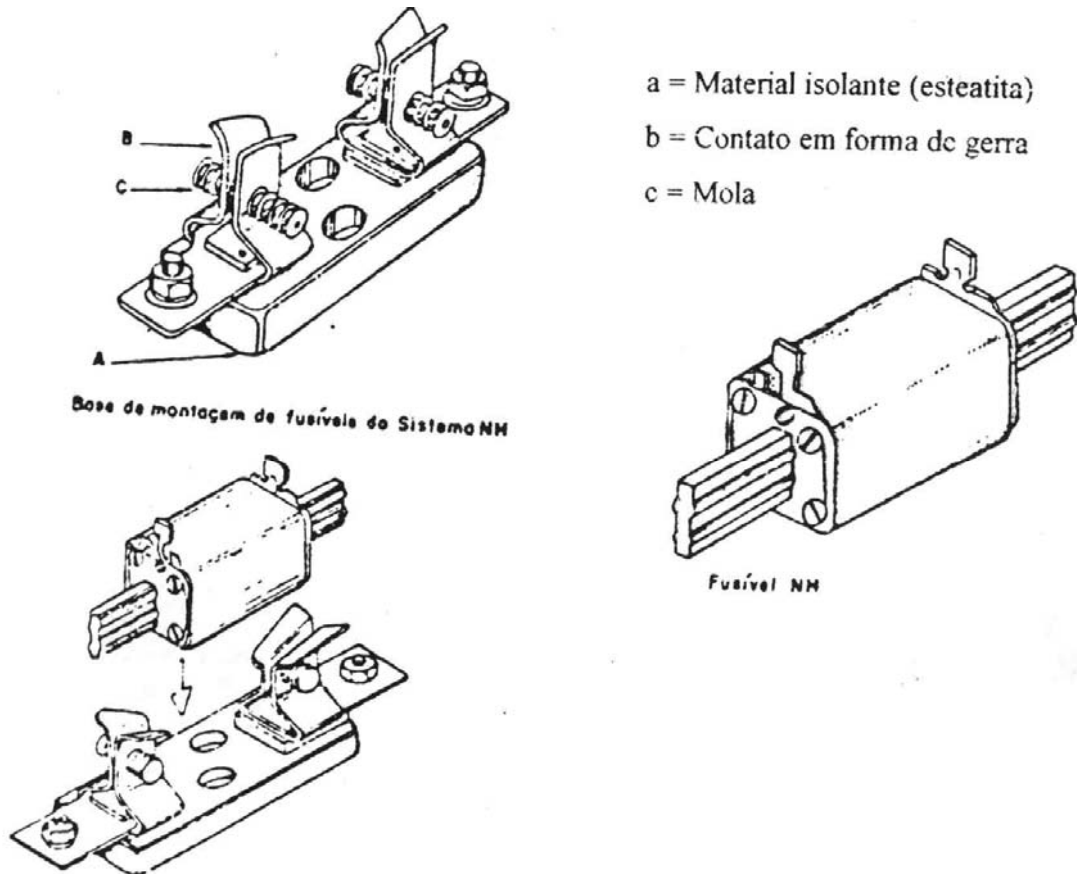
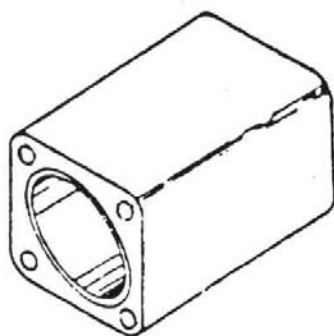


Figura 34 – Fusíveis Tipo NH

O fusível possui um corpo de porcelana (**Figura 35**) de seção retangular, com suficiente resistência mecânica, contendo nas extremidades facas prateadas. Dentro do corpo de porcelana se alojam o elo fusível e o elo indicador de queima, imersos em areia especial, de granulação adequada.



Corpo de porcelana

Figura 35

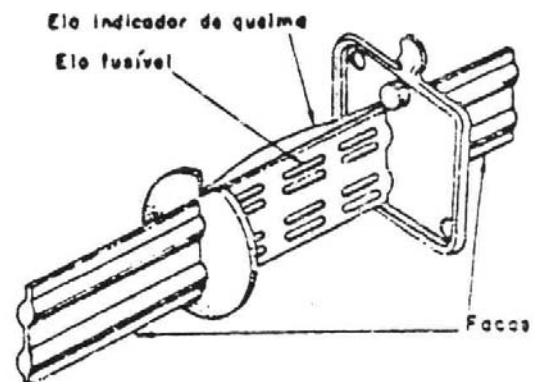


Figura 36

O elo fusível é feito de cobre, em forma de lâminas, vazadas em determinados pontos para reduzir a seção condutora (**Figura 36**). Existem ainda elos fusíveis feitos de fita de prata virgem.

Retirando-se o fusível de segurança, obtém-se uma separação visível dos bornes, tornando dispensável em alguns casos a utilização de um seccionador adicional. Para se retirar o fusível, é necessária a utilização de um dispositivo, construído de fibra isolante, com engates para extração, o qual recebe o nome de "punho saca-fusíveis", Conforme Indica a **Figura 37**.

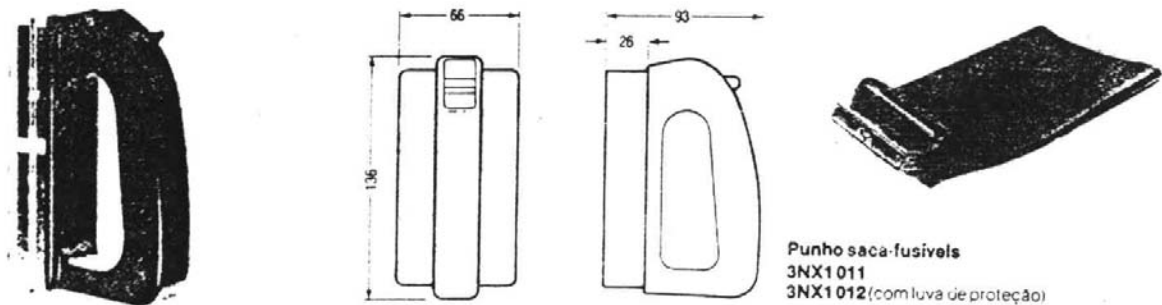


Figura 37 – Punho Saca-Fusíveis

b) Fusíveis Tipo D (DIAZED): Os Fusíveis D são compostos de: base aberta ou protegida, tampa, fusível, parafuso de ajuste e anel.

Base: É um elemento de porcelana (**Figura 38**) que comporta um corpo metálico, roscado internamente, e externamente ligado a um dos bornes; o outro borne está isolado do primeiro e ligado ao parafuso de ajuste.

a = borne ligado ao corpo roscado
b = borne ligado ao parafuso de ajuste

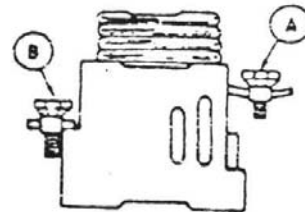


Figura 38 – Base

Tampa: É um dispositivo, geralmente de porcelana, com um corpo metálico roscado, que fixa o fusível à base e não se inutiliza com a queima do fusível.



Figura 39 – Tampa

Permite inspeção visual do indicador do fusível e a substituição deste sob tensão.

Parafuso de ajuste: É um dispositivo, feito de porcelana, com um parafuso metálico que, introduzido na base, impede o uso de fusíveis de "capacidade" diferente da indicada, **Figura 40**.



Figura 40 – Parafuso de Ajuste

A montagem do parafuso de ajuste é feita com o auxílio de uma chave especial.

O anel: É também um elemento de porcelana, roscado internamente, que protege a rosca metálica da base aberta, evitando a possibilidade de contatos acidentais, na troca do fusível (**Figura 41**)



Figura 41 – Anel

O fusível: É constituído de um corpo de porcelana em cujos extremos metálicos se fixa a um fio de cobre puro ou recoberto com uma camada de zinco, imerso em areia especial, de granulação adequada, que funciona como meio extintor do arco voltaico, evitando o perigo de explosão, no caso da queima do fusível, conforme as figuras abaixo.

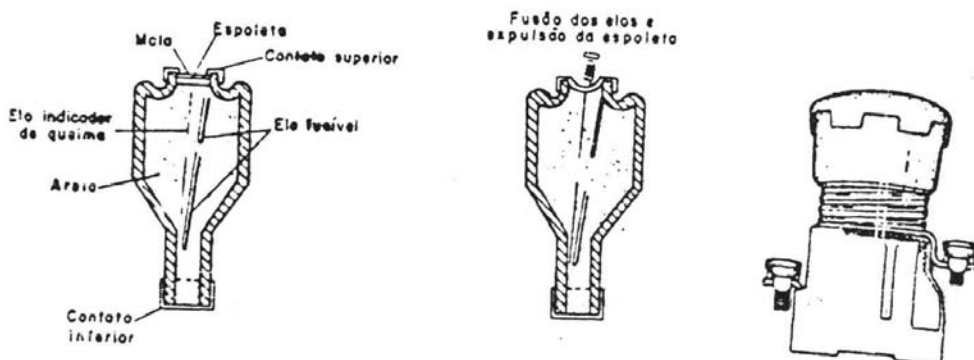


Figura 42 – Fusível

Possui um indicador, visível através da tampa, denominado espoleta, com cores correspondentes às diversas correntes nominais. Esses indicadores se desprendem em caso de queima.

O elo indicador de queima é constituído de um fio muito fino, que está ligado em paralelo com o elo fusível. No caso de fusão do elo fusível, o fio do indicador de queima também se fundirá, provocando o desprendimento da espoleta.


Algumas cores e as correntes nominais correspondentes (fusíveis tipo D) estão representadas no **Quadro 06**

Quadro 06 – Intensidade de cor de Corrente

Intensidade Cor de corrente (A)	Intensidade Cor de corrente (A)
Rosa 2	Azul 20
Marron 4	Amarelo 25
Verde 6	Preto 35
Vermelho 10	Branco 50
Cinza 16	Laranja 63

Fusíveis "D" - Composição: Os elementos que compõem o sistema de Fusível "D" são: Base (com fixação rápida ou por parafusos), Anel de Proteção (ou alternativamente Capa de Proteção), Parafuso de Ajuste, Fusível e Tampa, Conforme indica a **Figura 43**.

No sistema "D" a troca de um fusível por outro de maior valor só é possível com a substituição do parafuso de ajuste (exceção: para 2, 4 e 6A, quando o parafuso tem a mesma bitola, embora diferenciado nas cores).



Corrente nominal (A)	Código de cor	Fusíveis		Bases unipolares DIAZED			tripolares TRIZED	Parafusos de ajuste	Tampas	Coberturas	Anéis de proteção	Chave de parafuso de ajuste
		DIAZED	SILIZED	Fixação por parafusos	Fixação rápida plástica	Fixação rápida em aço	Fixação por parafusos					
2	Rosa	SSB2 11	—									
4	Marrom	SSB2 21	—									
6	Verde	SSB2 31	—									
10	Vermelho	SSB2 51	—									
16	Cinza	SSB2 81	SSD4 20	SSF1 02	SSF1 002-B	SSF1 012-B	SSF5 080-OY		SSH1 12	SSH2 02	SSH3 32	SSH3 70x
20	Azul	SSB2 71	SSD4 30									
25	Amarelo	SSB2 81	SSD4 40									
30	—	—	SSD4 80									
35	Preto	SSB4 11	SSD4 50									
50	Branco	SSB4 21	SSD4 60	SSF1 22	SSF1 202-B	SSF1 212-B	SSF5 230-OY	SSH3 17	SSH1 13	SSH2 22	SSH3 34	
63	Cobre	SSB4 31	SSD4 70					SSH3 18				
80	Prata	SSC2 11	SSD5 10					SSH3 20				
100	Vermelho	SSC2 21	SSD5 20									

Figura 43 – Composição do Fusível D

Instalação de segurança com fusíveis: Os fusíveis devem ser colocados no ponto iniciais do circuito por proteger.

Os locais devem ser arejados, evitando-se os ambientes confinados, para que a temperatura se conserve igual à do ambiente. Esses locais devem ser de fácil acesso, para facilitar a inspeção e a manutenção.

A instalação da segurança de fusíveis deve ser feita de tal modo, que permita seu manejo sem perigo de choque para o operador.

Aplicação de seguranças Nh e Diazed

Os fusíveis construídos de acordo com o sistema NH são de ação retardada, pois são próprios para serem empregados em circuitos sujeitos a picos de corrente. São construídos para valores de corrente padronizada e variam de 6 a 1000A. Sua capacidade de ruptura é sempre superior a 70kA, com uma tensão máxima de 500V.

Os fusíveis construídos de acordo com o sistema D (Diazed) podem ser de ação rápida ou retardada. Os fusíveis de ação rápida usam-se em circuitos resistivos (sem picos de corrente), e os de ação retardada, para circuitos sujeitos a picos de corrente (motores, capacitores, etc.).

São dados imprescindíveis dos fusíveis tipo D (Diazed) e NH que servem para a sua especificação e uso correto nas instalações elétricas.

As características dos fusíveis tipo D (DIAZED) e NH

Corrente nominal: A corrente nominal é a corrente máxima que o fusível suporta continuamente sem provocar a sua interrupção. É o valor marcado no corpo de porcelana do fusível.

Corrente de curto-circuito: A corrente de curto-circuito é a corrente máxima que pode circular no circuito e que deve ser interrompida instantaneamente.

A capacidade de ruptura: É o valor da potência que o fusível é capaz de interromper com segurança. Essa capacidade de ruptura não depende da tensão nominal da instalação, e sim do produto tensão x corrente.

Tensão nominal: É a tensão para a qual o fusível foi construído. Os fusíveis nominais para baixa tensão são indicados para tensões de serviço em C.A. até 500V e em C.C. até 600V.

Resistência de contato. É uma grandeza elétrica (resistência ôhmica) que depende do material e da pressão exercida. A resistência de contato entre a base e o fusível é a responsável por eventuais aquecimentos, em razão da resistência oferecida à corrente. Esse aquecimento às vezes pode provocar a queima do fusível.

Substituição: Não é permitido o recondicionamento dos fusíveis, em virtude de geralmente não haver substituição adequada do elo de fusão.

Curva, tempo de fusão-corrente: Em funcionamento, o fusível deve obedecer a uma característica, tempo de desligamento - corrente circulante, dada pelos fabricantes (**Figura 44**)

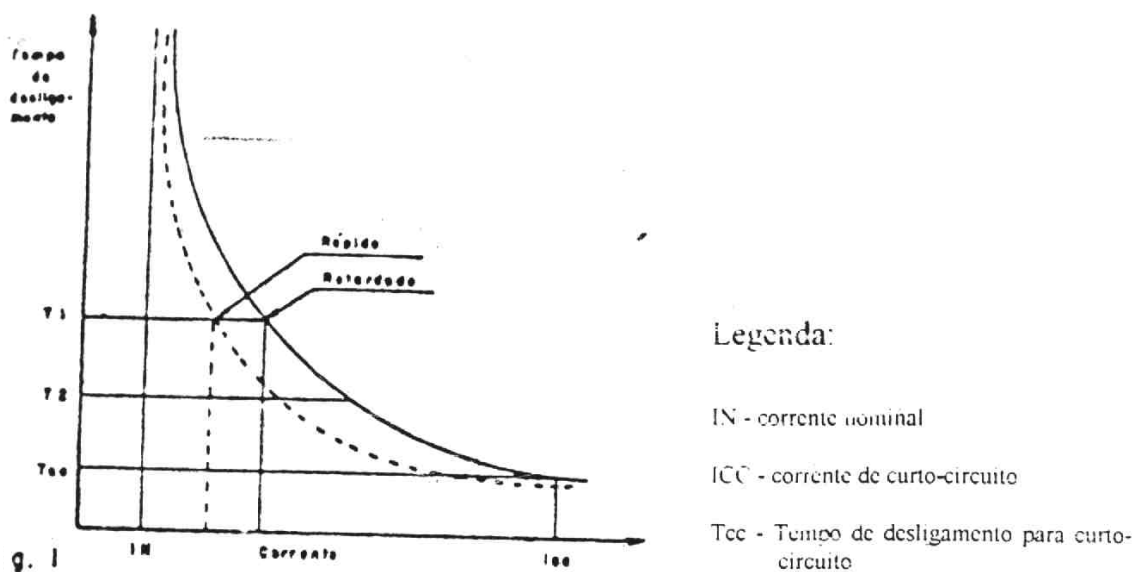


Figura 44 – Curva, Tempo de Fusão-Corrente

Observação:

Dentro da curva de desligamento, quanto maior a corrente circulante, menor será o tempo em que o fusível terá que desligar.

Essas curvas são variáveis com o tempo, corrente, o tipo de fusível e o fabricante.

Normalmente as curvas são válidas para os fusíveis, partindo do estado frio à temperatura ambiente.

Fusíveis tipos retardados e tipo rápido: - O fusível tipo retardado suporta elevações de correntes por certo tempo, sem ocorrer à fusão. É indicado para proteção de circuitos onde existem cargas indutivas e capacitivas.

O fusível tipo rápido é de aplicação mais específica. Não suporta picos de corrente. É usado em circuitos predominantemente resistivos.

Através do gráfico, pode-se verificar que para um fusível retardado de 10A, com uma corrente no circuito também de 10A, o elo não se funde, pois a reta vertical que passa pelo nº 10 não encontra a curva do fusível escolhido.

Com uma corrente no circuito de 20A, procedendo-se de maneira análoga, o elo funde-se em 2min, e com 100A funde-se em 0,05 segundos. Conclui-se que, quanto maior a corrente, menor é o tempo de fusão.

Escolha do fusível: - A escolha do fusível é feita considerando-se a corrente nominal da rede, malha ou circuito que se pretende proteger contra curto-circuito ou sobrecarga de longa duração.

Critérios de Escolha.: - Os circuitos elétricos, com sua fiação, elementos de proteção e de manobra, devem ser dimensionados para uma determinada corrente nominal, dada pela carga que se pretende ligar.

A escolha do fusível deve ainda ser estudada, para que uma anormalidade elétrica no circuito fique restrita ao setor em que ocorra, sem afetar as demais partes do mesmo.

A má escolha da segurança fusível pode provocar anomalias no circuito.

Dimensionamento: - Para se dimensionar um fusível, é necessário levar em consideração as seguintes grandezas elétricas:

- Corrente nominal do circuito ou ramal;
- Corrente de curto-circuito;
- Tensão nominal.

5.2 Contatores

São dispositivos de manobras mecânicas, acionadas eletromagneticamente, constituídas para uma elevada frequência de operações, e cujo arco é extinto no ar, sem afetar e sair de funcionamento.

O contato é, de acordo com a potência (carga), um dispositivo de comando de motor, pode ser utilizado individualmente, acoplado a relés de sobre corrente, na proteção contra sobrecarga. Existem contatores para motores e contatores auxiliares. Os contatores são constituídos de: bobina, contato fixo e móvel, mola, núcleo dos magnetos, etc.

O Funcionamento ocorre através da bobina eletromagnética, quando alimentada por um circuito elétrico forma um campo magnético que, concentrando-se no núcleo fixo, atrai o núcleo do móvel. Como os contatores fixos estão acoplados mecanicamente com o núcleo móvel, o desligamento deste último no sentido do núcleo fixo desloca consigo os contatos móveis.

A configuração dos contatos, o material empregado, a velocidade de abertura, são grandezas e fatores dimensionados, de acordo com as cargas.

O comando da bobina é efetuado por meio de botoeiras, chave fim de curso etc.

Os contatores são constituídos de contatos principais e contatos auxiliares, sendo este último constituído de contatos normalmente abertos e normalmente fechado, ou abertos, ou fechados, como mostra a **Figura 45**.

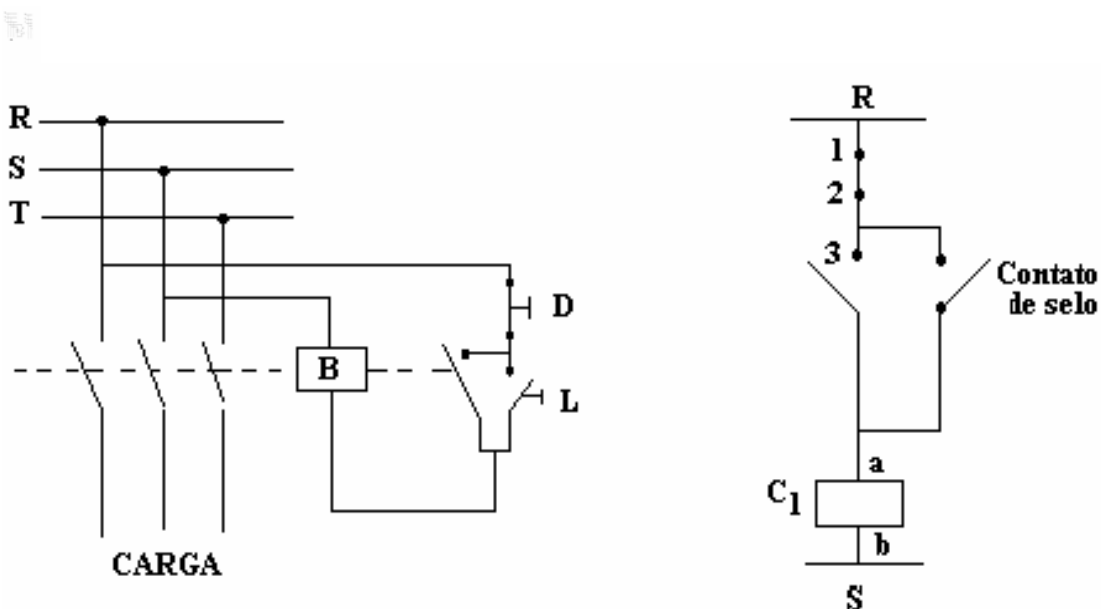


Figura. 45 - Ligação do Contator

Os contatores para motores e contatores auxiliares são basicamente idênticos, porém algumas características mecânicas e elétricas são diferentes.

Contatores para motores

Dois tipos de contatos com capacidade de cargas diferentes (principais e auxiliares) e mais robustez.

Contatores auxiliares

Tamanho físico varia conforme número de contatos (menor), são utilizados para aumentar o número de contatos auxiliares dos contatores.

Vantagens do emprego dos contatores

- Comando a distância,
- Números de manobras elevadas (10 a 30 milhões)
- Vida mecânica elevada
- Pequeno espaço para montagem

Montagem

Devem ser montada de preferência na vertical, inclinação máxima 22.5° em relação a vertical, isento de trepidações.

A escolha de um contator é feita através de catálogo de fabricante, baseando-se na potência, tensão de ,serviço, frequência e tipo de carga do circuito.

5.3 Chaves auxiliares tipo botoeira

As chaves auxiliares tipo botoeira são chaves de comandos manual que tem por finalidade interromper ou estabelecer momentaneamente, um circuito de comando.

Podem ser montadas em caixas para sobreposição ou para montagem de painéis. As botoeiras podem ter diversos botões agrupados em painéis ou caixas, e o botão pode acionar também diversos contatos, abridores ou fechadores. Externamente são construídas com proteção contra ligação acidental, sem proteção ou com chave tipo fechaduras, denominadas comutadores de comando podem ser sem proteção (saliente), protegido (guarda alta), tipo pendente.

Número de Manobras: 10 milhões de operações.

Botões: O botão desliga deve ficar sob o botão liga na posição vertical

- Vermelho - Parar ou desligar.
- Verde ou preto - Partida, ligado.
- Amarelo - Partida de retrocesso fora das condições normais de operação.
- Branco ou Azul claro - Qualquer função para o qual as cores mencionadas acima não têm validade.

5.4 Reostato de partida

É um resistor ajustável, construído de tal forma que permite variar sua resistência ôhmica sem abrir o circuito no qual se encontra inserido.

Serve para regular a corrente e produzir queda de tensão. Apresentam as mais variadas formas construtivas.

Aplicação

Um motor monofásico tipo universal o reostato é ligado em série com o motor, ele limita a corrente, provoca queda de tensão controlada, o que permite a variação da velocidade do motor.

No motor trifásico de rotor bobinado o reostato é ligado aos terminais do rotor, limitando a corrente no mesmo, permitindo ao motor partida suave e controle de velocidade.

Motor trifásico rotor gaiola de esquilo ou rotor em curto, o reostato é ligado em série com duas das três linhas da rede, provocada queda de tensão e conseqüente redução da corrente de partida.

Motor C.C. (série, paralelo e misto ou compound) o reostato é ligado em série com a armadura, reduzindo a corrente na partida.

Tipos de Reostato

Tubular, anel, placa circular, grade de ferro fundido, carvão sob pressão e líquido. Os reostatos tipo tubular, anel, placa circular, são construídos com fios níquel-cromo suportados por isolantes refratários, acondicionados em caixas metálicas, podendo ainda estar imersos em óleos isolantes.

Partida

- Y - Δ - motor de indução até 30 HP
- Compensadora ou autotransformador - qualquer motor 3 ϕ de 10 a 200 Hp.
- Indutor de partida e resistor de partida - Motor acima de 100 Hp.

5.5 Chave compensadora

É um dispositivo próprio para partida de motor elétrico com tensão reduzida, a fim de evitar perturbações nas redes de energia.

Usa-se também a chave de compensadora, atendendo a outros detalhes técnicos, quando o motor necessita partir com carga, onde outros dispositivos de partida tensão reduzida sejam contra indicadas.

A tensão na chave compensadora é reduzida através do autotransformador, que a possui normalmente taps de 50, 65 e 80%, portanto, a chave compensadora através deste autotransformador reduz a tensão a esses valores Percentuais conforme indica a **Figura 46**

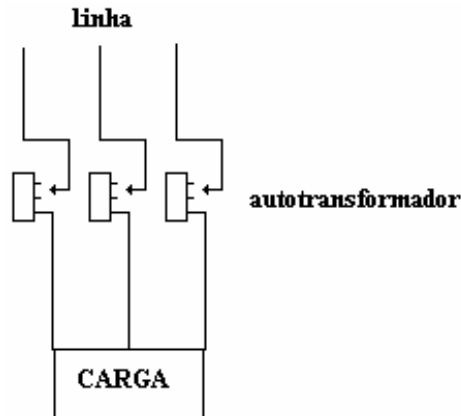


Figura 46 - Chave Compensadora com Taps.

Vantagens

No tap de 65% a corrente de linha é aproximadamente igual a chave Y- Δ , entretanto na passagem para a tensão da rede o motor não é desligado e o segundo pico é bem reduzido visto que o autotransformador por curto tempo se torna numa reatância.

É possível a variação do tap de 65 para 80% ou até para 90% da tensão da rede, a fim de que o motor possa partir satisfatoriamente.

Desvantagens

- Limitação de sua frequência de manobra
- Custo
- Volume.

5.6 Chave reversora de comando manual trifásica

São dispositivos de comando de motores trifásicos usados para partida e reversão da rotação, podem ser blindadas para montagem em sobre posição ou aberturas para montagem em painéis.

Estas chaves podem ser secas ou imersas em óleo vegetal. Nessas condições são chaves para correntes mais elevadas em função do meio extintor de arco.

As chaves reversoras de comando manual possuem três posições que podem ser direita, desligada e esquerda.

Tensão 500 a 800 V Corrente -15 - 30 – 60 A	Direta 5 Hp	Motor 3 \emptyset Hp 1/2 - 3/4 1 1 1 1/2 2 - 3 - 5 - 7 1/2 10 15 - 20 - 25 - 30
	Y- Δ até 30 Hp Compensadora ou 10 a 100 Hp	
	Auto transformador	40 - 50 - 60 -75
	5.6.1 Resistência > 100 Hp	100 - 125 -150 - 200

5.7 Chave de comando manual estrela triângulo

A chave estrela-triângulo é um dispositivo atualizado para partida de motores trifásicos de rotor em curto-circuito sob tensão reduzida com a finalidade de diminuir a corrente de partida.

Emprega-se a chave estrela-triângulo em motores que permitam essas ligações, sendo que a tensão da rede deverá coincidir com a tensão do motor na ligação triângulo.

Os motores deverão ter seis bornes (1, 2, 3, 4, 5, 6 ou U, V, W, X, Y, Z). Esta chave não deve ser utilizada em redes c.a. tensão acima de 500V.

A manobra da chave (a passagem da ligação estrela-triângulo) só deve ser executada quando o motor atingir 80% da velocidade síncrona.

A corrente fica reduzida para 25 a 33% da corrente de partida na ligação Δ (aproximadamente $1/3$ da I_n).

5.8 Seccionador

É um dispositivo de manobra mecânica que, por razões de segurança, assegura na posição aberta uma distância de isolamento que satisfaz condições especificadas. Serve para fechar e abrir o circuito, quando é desprezível a corrente que está sendo ligada ou interrompida.

Tipos de seccionadores:

Chave-faca

Seccionador do tipo mais simples, normalmente dotados de peças de contatos de cobre, onde a peça móvel de contato encaixa em um contato fixo. São fixo em uma peça (mármore ou ardósia, porcelana ou baquelite) "base".

A posição recomendada para sua instalação é tal que as facas abram quando fixadas para baixo, posição vertical, ou para o lado, posição horizontal.

Quando utilizadas em conjunto com porta-fusíveis os fusíveis devem estar do lado da carga e não do fornecimento de energia, de modo que quando da substituição de algum fusível , a pessoa após abrir a chave não esteja sujeita a contato com partes energizadas da instalação.

Chave-faca e porta-fusíveis monofásica, trifásica

- Capacidade da chave (viola) 30 a 60 A
- Capacidade da chave (faca) 100 - 200 - 400 - 600 A

Fim de curso

Chaves auxiliares tipo fim de curso: Estes tipos de chaves são dispositivos auxiliares de comando, de acionamento mecânico, que atuam num circuito com funções bastante diversificadas como: comandar contatos, válvulas solenóides e circuito de sinalização para indicar a posição de um determinado móvel.

As chaves auxiliares fins de curso são basicamente constituídos por uma alavanca ou haste, com ou sem roldanas na extremidade, que transmite o movimento aos contatos, que se abrem conforme a necessidade.

- Fins de curso mecânico
- Fins de curso de Precisão
- Fins de curso eletromagnéticos
- Fins de curso ópticos.

Fins de curso Mecânico : quando depende de uma ação mecânica para acionar seus contatos, podendo ser de movimento retilíneo ou movimento angular. Esses tipos podem apresentar as mais variadas características quanto:

- Precisão
- Utilização múltipla
- Retorno automático
- Retorno por acionamento
- Forma de utilização.

Fins de curso de Precisão: atuam com um mínimo de movimento, da ordem de 0.5 mm ou 6º de deslocamento angulo.

São utilizadas basicamente em 4 casos:

- Controle - comando e segurança.
- Controle - acelerar movimentos, determinar os pontos de paradas de elevadores, produzir seqüência e controle de operação, sinalizar.
- Comando - inversão de curso ou sentido de rotação de partes móveis, paradas.
- Segurança - paradas de emergência

Fins de curso eletromagnéticos: são aquelas que funcionam por indução eletromagnética: uma bobina atravessando o campo magnético, recebe uma indução de uma corrente elétrica que aciona os contatos através de um relé.

Fins de curso ópticos: são aqueles com função de detectar a passagem de um objeto opaco e não refletor, através de um feixe luminoso.

Número de manobras: (em milhões) 3 a 20

Tensão: CA - 600 V
CC - 600 V

Grau de proteção

É a classificação que indica, para determinar equipamento elétrico, sua proteção contra choques, penetração de corpos estranhos, líquido, etc.

5.9 Relés eletromagnéticos

São destinados a comandos ou proteção de circuitos.

Tipos de relés

Relés eletromagnéticos

Relés de mínima tensão: Recebe uma regulagem para uma tensão mínima (aproximadamente 20% menor que a tensão nominal). Se esta baixar a um valor prejudicial, o relé atua interrompendo o circuito de comando das chaves principais, conseqüentemente abrindo seus contatos principais. Estes relés são aplicados principalmente em contatores e disjuntores.

Relés eletromagnéticos da máxima tensão de corrente.

Quando um relé for regulado para proteger um circuito contra excesso de corrente, ele abrirá o circuito principal indiretamente, assim que ela atingir o limite estabelecido pela regulagem.

Funcionamento: circulando pela bobina uma corrente elevada, o núcleo atrai o ferro qual provoca a abertura de um contato, interrompendo o circuito.

Relés térmicos

Os relés térmicos são dispositivos constituídos para proteger, controlar e comandar um circuito elétrico, atuando sempre pelo efeito térmico provocado pela corrente elétrica.

Os relés térmicos têm como o elemento básico o "bimetal". Esse elemento é constituído de 2 lâminas finas (normalmente ferro e níquel), sobrepostos e soldados.

Quando dois metais, de coeficiente de dilatação diferentes, são unidos em superposição temos um par metálico (ou bimetal). Em virtude da diferença do coeficiente de dilatação, um dos metais se alonga mais que o outro. Por estarem rigidamente unidos, o de menor coeficiente de dilatação provoca um encurvamento do conjunto para o seu lado, afastando o conjunto de um ponto determinado. Esse movimento pode ser usado para diversos fins, como o disparar um gatilho e abrir um circuito.

Aplicação dos relés térmicos:

- Sobrecarga na proteção de motores
- Controle de temperatura ambiente.

Tipos de relés térmicos:

- Direto ou indireto
- Com retenção ou sem retenção

- Compensado
- Diferenciais

Direto - os relés são aquecidos pela passagem da corrente de carga pelo próprio bimetal.

Indireto - o aquecimento do bimetal é feita por um elemento aquecedor indireto que transmite o calor para o bimetal, provocando a atuação do relé.

Com retenção - são aqueles que possuem dispositivos que travam as lâminas bimetálicas na posição desligada, após a sua atuação, para recoloca-las em funcionamento, é necessário soltar manualmente a trava, o que se consegue ao apertar e soltar um botão. O relé estará novamente pronto para funcionar.

OBS: antes de rearmá-lo, verifique por que motivo o relé desarma.

Compensados - são relés que não apresentam alteração na regulagem com a variação da temperatura ambiente. Assim, um relé regulado para 5 A não sofrerá alteração na regulagem, se a temperatura ambiente aumentar ou diminuir.

Diferenciais ou de falta de fase - são relés que disparam com maior rapidez que a normal, quando há falta de fase ou sobrecarga em uma delas.

Os diversos tipos de relés térmicos possibilitam a sua montagem em bases ou no próprio contato. A regulagem dos relés térmicos é processada no botão onde estão marcados os valores da corrente limite que se pretende estabelecer.

A determinação deste valor dessa corrente dependerá da corrente de carga do motor. Os relés térmicos têm o mesmo princípio de funcionamento do disjuntor termo elétrico.

Queck-lag (normalmente os dispositivos disjuntores não devem trabalhar a mais de 70%, 80% de sua capacidade nominal).

Relé temporizado motorizado

Os relés temporizados motorizados são dispositivos que atuam em circuitos de comando, para comutação de dispositivos de acionamento de motores, chaves estrela-triângulo, partidas em seqüência, ou onde for necessário comando por temporização.

Funcionamento

O motor do relé, quando ligado movimenta um dispositivo de relógio, o qual aciona os contatos, após um tempo preestabelecido, abrindo ou fechando um circuito de comando e ou de sinalização.

Existem temporizado eletrônico, bem mais eficiente.

6 SISTEMAS DE ATERRAMENTO

Os principais tipos são:

- Uma haste vertical
 - Hastes alinhadas
 - Hastes em triângulo
 - Haste em quadrados
 - Haste em círculo
 - Placas de material condutor
- Fios ou cabos: estendido, em cruz, em estrela, quadrícula, formando malha de terra.

6.1 Hastes

O material das hastes de aterramento deve ter as seguintes características:

- Baixa resistência elétrica.
- Inerte às ações dos ácidos e sais dissolvidos no solo.
- Sofrer a menor ação possível da corrosão galvânica.
- Resistência mecânica compatível com a cravação e movimentação do solo

Tipo de hastes

- Copperweld – barra de aço de seção circular (alma de aço) onde o cobre é fundido sobre a mesma.
- Encamisada por extrusão – alma de aço revestido por um tubo de cobre através do processo de extrusão.
- Cadweld – alma de aço onde o cobre é depositado eletroliticamente.
- Cantoneira de ferro Zincada.

6.2 Corrosão no sistema de aterramento

Eletronegatividade dos Metais

O **Quadro 07** abaixo, mostra a eletronegatividade dos metais mais importantes onde os potenciais dos metais estão referidas ao potencial do Hidrogênio, que tem referência de valor zero.

Quadro 07 – Eletronegatividade dos Metais

Metal	Potencial (v) (25° C)
Potássio (K)	-2,922
Cálcio (Ca)	-2,870
Sódio (Na)	-2,712
Magnésio (Mg)	-2,370
Alumínio (Al)	-1,670
Manganês (Mn)	-1,180
Zinco (Zn)	-0,762
Ferro (fé)	-0,440
Níquel (Ni)	-0,250
Chumbo (Pb)	-0,126
Hidrogênio (H ₂)	0,000
Cobre (Cu)	0,345
Prata (Ag)	0,800
Ouro (Au)	1,680

Na **Figura 47**, abaixo, temos uma cuba eletrolítica também chamada de pilha eletroquímica.

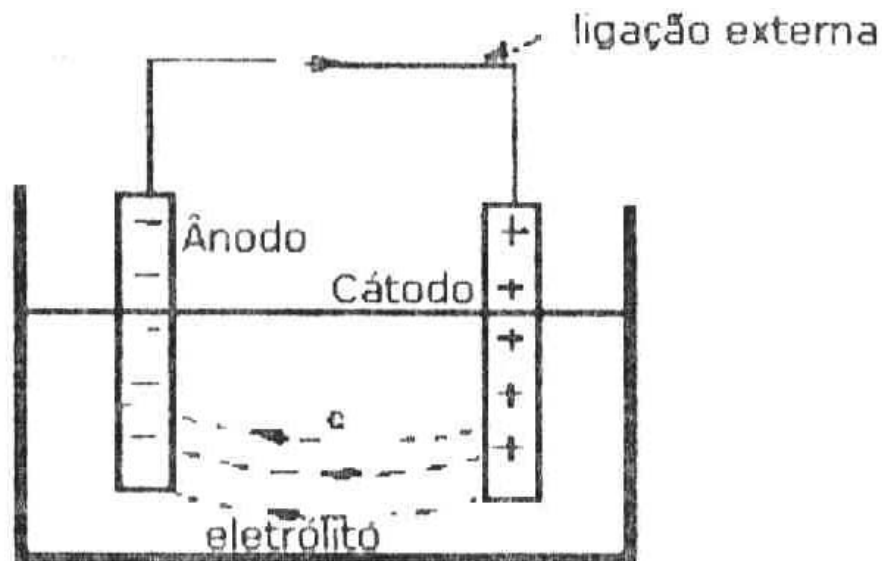


Figura 47 – Pilha Eletroquímica

Com a corrente elétrica, o processo de corrosão sempre se dará no ânodo, isto é, o polo negativo pois o ânodo dissolve o seu metal, gerando elétrons e mantendo o seu potencial negativo. A corrente que circula é conhecida como corrente galvânica.

Usando dois elementos de cobre e de ferro na cuba eletrolítica da **Figura 48**, o potencial da pilha será:

$$E_{\text{pilha}} = E_{\text{catodo}} - E_{\text{ânodo}}$$

$$E_{\text{pilha}} = 0,345 - (-0,440) = 0,785\text{V}$$

(Equação 04)

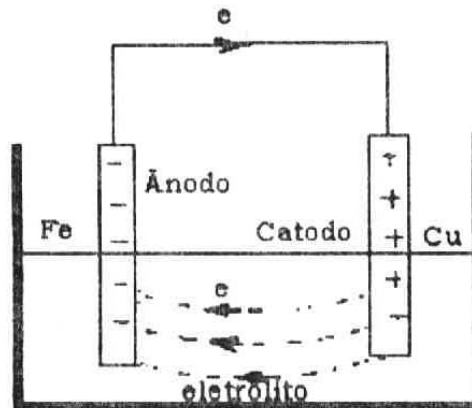


Figura 48 – Circulação de Corrente

Neste caso o eletrodo de ferro sofrerá corrosão já o eletrodo de cobre não sofrerá corrosão.

Corrente Impressa:

Se conectarmos uma fonte externa maior que o potencial de pilha, conforme a **Figura 49** abaixo, haverá circulação de corrente contrária, que é conhecido por corrente impressa ou forçada.

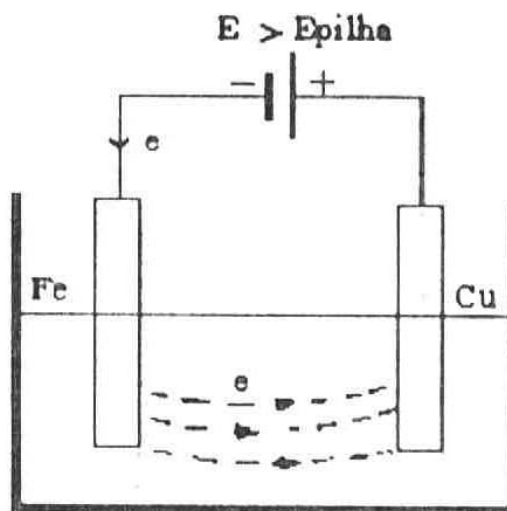


Figura 49 – Corrente Impressa

Esta corrente elétrica, imposta pela fonte externa, circula ao contrário, protegendo a barra de ferro e produzindo corrosão na barra de cobre.

Portanto, com o uso adequado da corrente impressa, pode-se controlar e determinar qual eletrodo será protegido. Esta técnica é muito empregada na proteção do material a ser protegido.

Ação das correntes elétrica dispersa no solo

No solo, há correntes elétricas provenientes de diversas fontes. Estas correntes são conhecidas como correntes dispersas, de fuga ou parasitas e procuram os caminhos de menor resistência, tais como encanamentos metálicos, trilhos, qualquer condutor enterrado, solos de menor resistividade e principalmente sistemas de aterramento.

Conforme **Figura 50** abaixo, os pontos onde as correntes de elétrons entram no condutor formarão uma região anódica e sofrerá corrosão. A região catódica, isto é, a região protegida será a região formada pelas partes onde o fluxo de elétrons deixa o condutor.

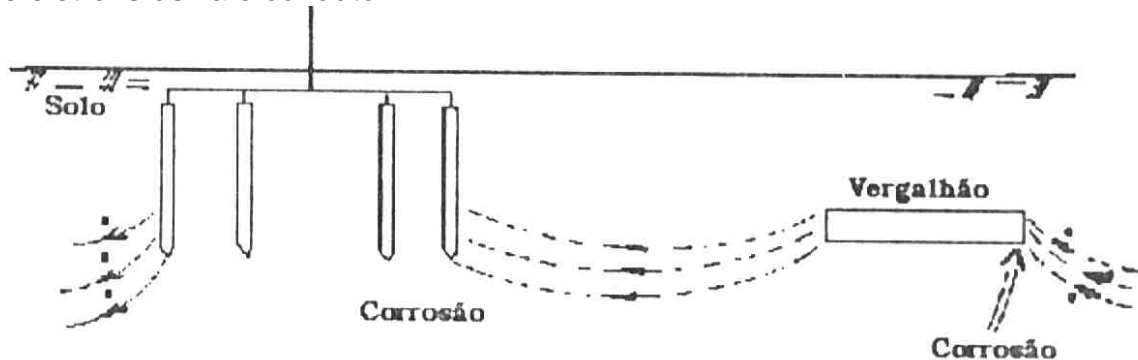


Figura 50 – Correntes de Elétrons Dispersas no Solo

Proteção contra corrosão:

As correntes contínuas em relação à corrosão são muito mais atuantes que as correntes alternadas.

Para uma corrente elétrica de mesmo valor, a alternada produz somente 1% da corrosão em corrente contínua.

As fontes que geram correntes dispersas no solo são:

- Correntes galvânicas devido à pilha eletroquímica formada no solo;
- Correntes devido à tração elétrica de corrente contínua, com retorno pelos trilhos;
- Corrente alternada com retorno pela terra do sistema monofásico com retorno pela terra (MRT);
- Correntes alternadas provenientes dos curtos-circuitos nos sistemas de energia;
- Corrente contínua de curtos-circuitos no sistema de transmissão em corrente contínua;
- Correntes telúricas, geradas pelas variações de campo magnéticos provenientes da movimentação do magma da terra.

Técnicas de proteção contra a corrosão

- Construir todo o sistema de aterramento com um único metal;
- Isolar o eletrólito de metal diferente do sistema de aterramento;
- Usar ânodo de sacrifício para se obter a proteção;
- Usar corrente impressa ou forçada.

Proteção por isolamento de um componente

No sistema de aterramento é mais simples isolar o cabo de descida do equipamento aterrado, cobrindo toda a conexão com uma massa emborrachada, conforme **Figura 51**.

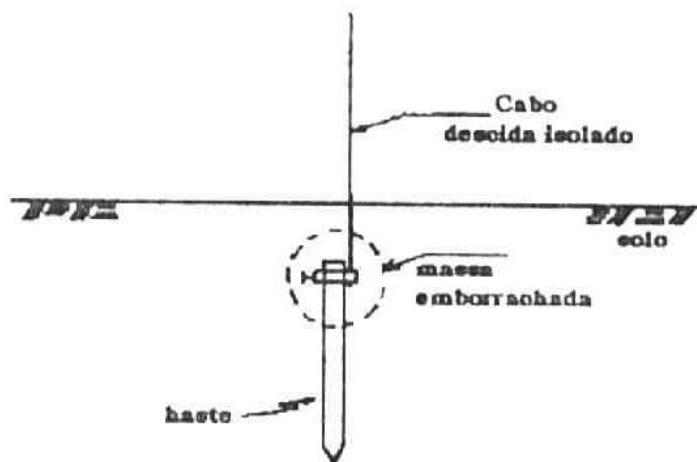


Figura 51 – Cabo de Descida Isolado

Proteção catódica por ânodo de sacrifício

Para que o metal do sistema de aterramento fique protegido, basta ligá-lo a um outro metal que tenha um potencial menor na escala de eletronegatividade do **Quadro 07**.

Assim, o material protegido será o cátodo e o outro será o ânodo. Como o ânodo sofrerá corrosão, ele é denominado de ânodo de sacrifício.

Os materiais mais usados como ânodo de sacrifícios são as ligas de zinco, para solos de resistividades até $1000 \Omega \cdot m$ e de magnésio para solos de até $3000 \Omega \cdot m$.

Para proteções catódicas dos ânodos de sacrifício pode-se utilizar um revestimento (enchimento) formado por uma mistura à base de gesso (75%), bentonita (20%) e sulfato de sódio (5%), conforme **Figura 52** abaixo.

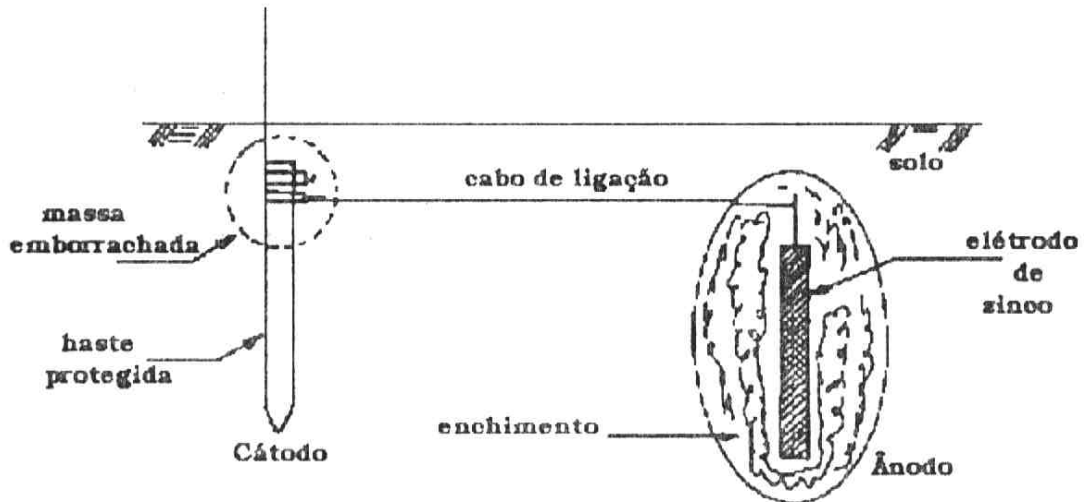


Figura 52 – Ânodo de Sacrifício de Zinco Com Enchimento

Proteção por corrente impressa

Aplicado em solos de resistividade elevada (acima de $3.000\Omega m$). Neste caso, deve-se impor uma corrente contínua com uma fonte externa (energia fornecida por trafo ou por sistemas fotovoltaicos), conforme **Figura 53** abaixo.

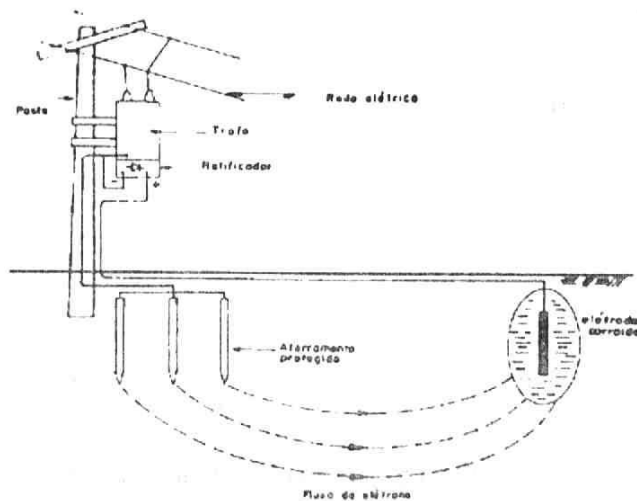


Figura 53 – Proteção por Corrente Impressa

Para manter a vida útil e a eficiência da proteção por corrente impressa, deve-se usar um material altamente resistente à corrosão no eletrodo a ser corroído. Por isso ele é chamado de eletrodo inerte.

Os materiais usados na confecção dos eletrodos inertes são:

- Grafite ou ferro silício em solos normais.
- Ferro-silício-cromo (81% Fe + 14,5% Si + 4,5% Cr) em solo com salinidade.

Como o eletrodo inerte está enterrado no solo, há a necessidade de envolvê-lo com um enchimento condutor de coque metalúrgico moído. Isto traz as seguintes vantagens:

- Diminui a resistividade elétrica da região que envolve o eletrodo inerte, facilitando a passagem da corrente elétrica;
- Diminui a corrosão do eletrodo inerte;
- Aumenta a área de dispersão da corrente no solo.

7 LÂMPADAS INCANDESCENTES

7.1 Constituição básica

A lâmpada incandescente vem sendo continuamente aperfeiçoada, desde a sua descoberta por Thomas Alva Edison em 1879. Atualmente, encontramos lâmpadas incandescentes em centenas de tamanhos, formatos, acabamentos, apresentando ampla variedade, destinadas à muitas aplicações.

O Filamento

A parte principal de qualquer lâmpada incandescente é um fino fio metálico enrolado em hélice, denominado **filamento**. Quando uma corrente elétrica passa através do filamento ele se aquece e passa a emitir “luz visível”. Este processo é denominado **incandescência**, como podemos observar na **Figura 54**.

Os filamentos das primeiras lâmpadas eram de carvão, mais atualmente são de tungstênio, que tem um ponto de fusão de aproximadamente 3400°C. Esta temperatura não é atingida nem pela lâmpada de 1500 Watts (2700°C). Quanto mais “enrolamento” e mais próximas estas “espirais”, mais calor estará sendo concentrado no filamento. Atualmente, os filamentos são, geralmente “espiralados”, mais de 800 vezes e, freqüentemente, “espiralados” sobre si mesmos. É o que chamamos de filamento “duplo espiral” ou “coiled-coil”.

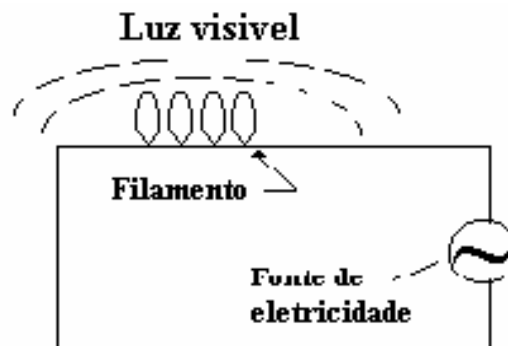


Figura 54 - Processo de Incandescência

Na **Figura 55** vemos uma lâmpada incandescente com seus principais componentes:

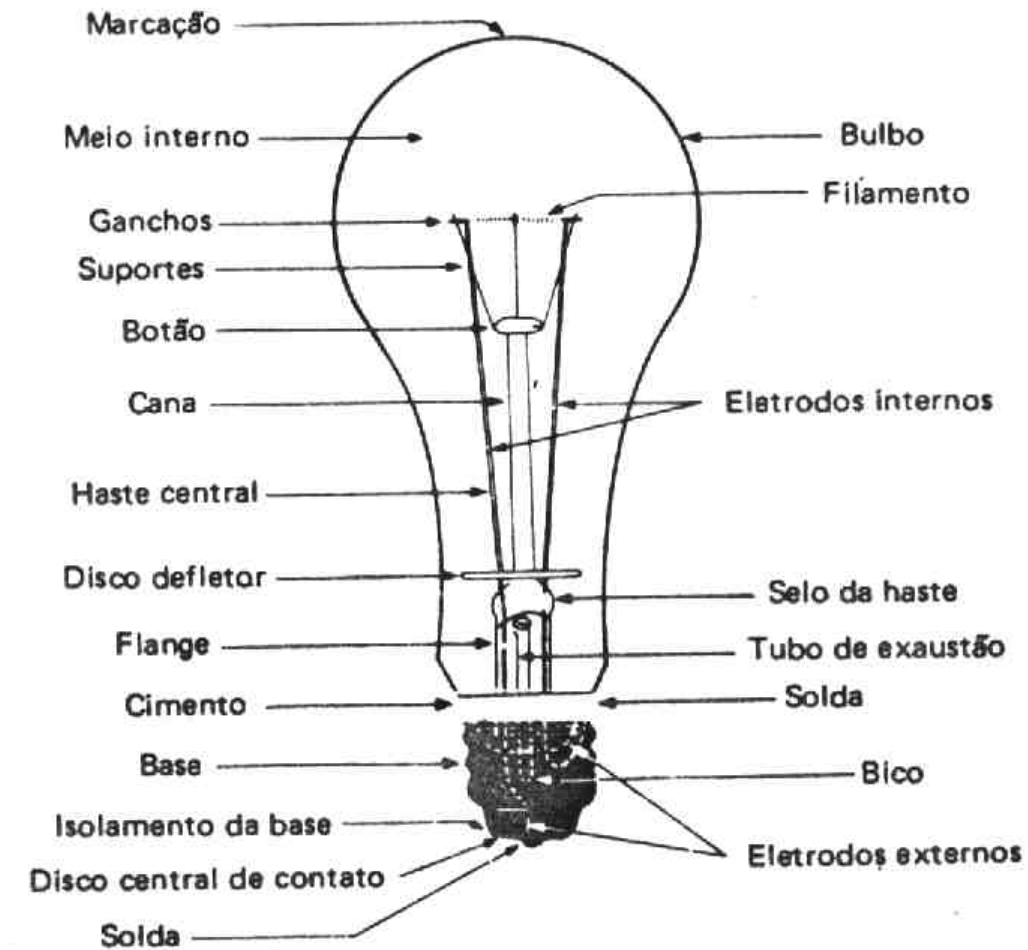


Figura 55 - Lâmpada Incandescente

Bulbo

Se o filamento aquecido for exposto ao ar será rapidamente evaporado ou se queimará. A solução é colocá-lo em um bulbo de vidro. O ar existente ao redor do filamento é então extraído e substituído por um gás inerte, denominado gás de enchimento. Este gás de enchimento retarda a evaporação do filamento. Algumas lâmpadas de baixa potência, em vez do gás, têm vácuo em seu interior. Os gases nitrogênio e argônio são mais utilizados, usa-se também o criptônio, mas seu preço é muito elevado.

Os materiais mais comumente usados na fabricação do bulbo de lâmpadas incandescentes são feitos de vidro alcalino, porém muitos bulbos são feitos de vidros resistentes ao calor, chamados vidros duros. Outras lâmpadas, como a família halógena, usam o quartzo.

*O Bulbo poderá ser transparente ou ter acabamento argente (leitoso).

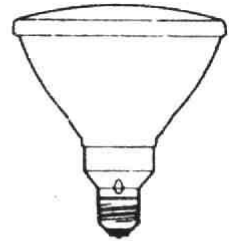
Formato do Bulbo

Os formatos dos bulbos são indicados por um código de letras. Provavelmente esta é a característica mais fácil de se reconhecer, como podemos observar na **Figura 56**.

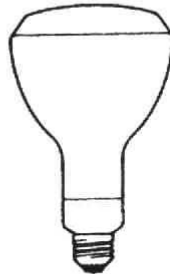
A - Arbitrário
O formato mais
Comum para
lâmpadas
incandescentes.



**PAR - Refletor
Aluminizado
Parabólico.**



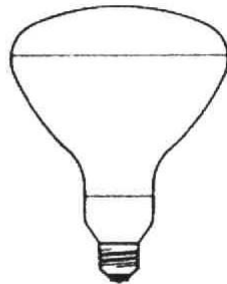
**ER - Refletor
Elítico**



T - Tubular
Utilizado onde o
espaço é limitado.



R - Refletor.
O formato
do bulbo é
parabólico



P ou PS - Pêra.
Utilizado nas
lâmpadas de alta
potência

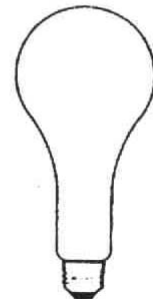


Fig. 56 - Formato de bulbos

Tamanho do Bulbo

Acompanhando cada letra na coluna bulbo, existe um número que indica o tamanho do bulbo. Este número representa o diâmetro nominal do bulbo, em oitavas de polegadas. Podemos medir o diâmetro aproximado do bulbo, utilizando uma régua com escala em polegadas. Coloque o diâmetro maior do bulbo sobre o lado esquerdo da escala (marca zero) e leia o tamanho à direita.

Acabamento

O tipo de acabamento no bulbo pode modificar a composição espectral ou a distribuição luminosa da radiação emitida pela lâmpada, de modo que a mesma atenda as características desejadas.

M.C.T (máximo comprimento total)

É a tolerância máxima que o fabricante garante não exceder e é a distância, em milímetros, entre o topo do bulbo e a parte inferior da base.

D.M. (diâmetro máximo)

É a dimensão do diâmetro maior do bulbo. O diâmetro máximo (milímetro) é a tolerância máxima que o fabricante garante não exceder.

Base

É o elemento de conexão entre a lâmpada e o circuito elétrico e torna fácil a fixação e substituição da lâmpada. A maioria das lâmpadas incandescente possui base de rosca feita em alumínio.

Logicamente a base da lâmpada deve ser compatível com o soquete a que se destina. As bases de rosca mais comuns são a E-27 e E-40, embora também possam ser encontradas no mercado lâmpadas com outros tipos de base. A letra **E** designa o tipo de rosca, ou seja, Edison e o número indicam o diâmetro nominal em milímetros.

Outros tipos de Base

Algumas aplicações requerem outros tipos de bases. Por exemplo, a pré-focus ou a baioneta devem ser usadas sempre que se necessite de um preciso posicionamento do filamento no aparelho em que serão usadas ou quando necessitar prender a lâmpada firmemente no soquete (locais de vibrações, choques, etc.). Na **Figura 57** observamos vários tipos de bases.

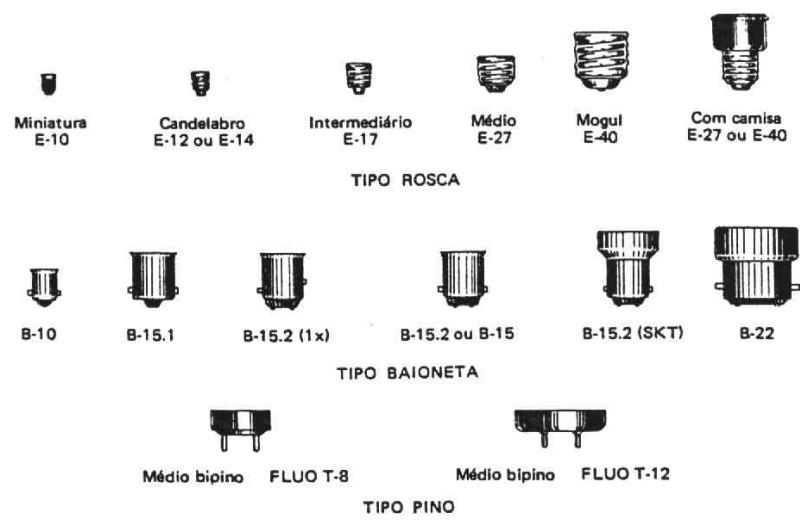


Figura 57 - Tipos de Bases

Suportes

Muitas lâmpadas incandescentes têm suportes (de molibdênio) que seguram o filamento em seu lugar, protegendo-o durante o transporte e uso da lâmpada. Este suportes também conduzem calor para fora do filamento. Quanto maior o número de suportes, mais calor será conduzido para fora do filamento, o que diminui a eficiência luminosa da lâmpada.

7.2 Características operacionais

Você pode avaliar todas as lâmpadas - incandescentes, fluorescentes e de descargas de alta intensidade - em termos de quatro características básicas de operação:

- Eficiência luminosa, que é a quantidade de luz emitida por unidade de potência aplicada.
- Eficiência de Lúmens, que diz respeito à diminuição do fluxo luminoso da lâmpada ao longo do uso.
- Vida Média, que é a expectativa de vida de um grupo de lâmpadas.
- Cor, que descreve a sensação de “quente” ou “frio” proporcionada pela fonte de luz e como a cor desta luz afeta a aparência das pessoas e objetos iluminados.

A lâmpada “perfeita” seria aquela de extrema eficiência, que mantivesse o mesmo fluxo luminoso durante toda a sua vida, que durasse para sempre e apresentasse excelente cor. Na realidade, não existe lâmpada “perfeita”. A melhor lâmpada é aquela que pode oferecer um balanceamento satisfatório de tais características em uma dada aplicação.

Eficiência luminosa

A eficiência luminosa de uma lâmpada é similar a eficiência de um automóvel. Mas, em lugar de quilômetros por litro, a eficiência da lâmpada é medida em **lúmens por watt** ou **LPW**.

Lúmens representam a medida da luz emitida. Watt representam a medida da potência elétrica aplicada. Quanto mais lúmens a lâmpada produz para cada watt aplicado, maior será sua eficiência.

A eficiência de uma lâmpada incandescente está relacionada com a temperatura na qual o filamento de tungstênio opera. Quanto maior a temperatura, mais lúmens por watt (LPW) o filamento emite.

A temperatura do filamento é afetada por vários fatores, inclusive a forma do filamento e a quantidade de suportes.

Maior número de espiras no filamento, aumenta a eficiência da lâmpada pela concentração do calor.

Os suportes que mantêm o filamento no seu lugar, diminuem a eficiência da lâmpada, porque conduzem o calor para fora do filamento.

Para cada tipo de aplicação as lâmpadas são projetadas com o menor número possível de suportes necessários. Assim, lâmpadas incandescentes de uso geral utilizam pouco ou nenhum suporte, enquanto que lâmpadas sujeitas a vibração e/ou serviço pesado devem usar um maior número de suportes.

Eficiência de lúmens

Considerando que a energia é a maior parcela no custo da iluminação, a eficiência é freqüentemente o fator determinante na escolha da lâmpada correta para uma dada aplicação. Mas há outras características de operação que são importantes e devem ser levadas em conta. Estas incluem manutenção de lúmens e vida média. Ambas estão relacionadas com as condições sob as quais o filamento trabalha.

Durante a vida de uma lâmpada incandescente, pequenas partículas de tungstênio evaporam do filamento, resultando na diminuição do fio em pontos localizados. Eventualmente, o filamento rompe nestes pontos. Quanto mais aquecido o filamento, mais rápido ocorre este rompimento.

As partículas que se evaporam do filamento também revestem o interior do bulbo. Este enegrecimento do bulbo, bloqueia a passagem da luz. O resultado de ambos os processos é um gradual declínio nos lumens, durante a vida da lâmpada.

Eficiência de lúmens ou **Manutenção de lúmens**, também denominada **Depreciação luminosa**, descreve este gradual declínio nos lúmens.

Vida média (Mortalidade)

O conceito vida média ou mortalidade diz respeito a quanto tempo uma lâmpada pode durar, ou qual seria sua vida esperada, indicada em horas de operação. Esta média é baseada no teste de milhares de lâmpadas em operação. A vida média esperada (ou a vida mediana nominal) é o ponto no tempo através do qual 50% das lâmpadas testadas falham e 50% ainda permanecem acesas.

Uma lâmpada falha quando o filamento se parte. Este rompimento poderá ser causado por choque mecânico quando a lâmpada está sujeita a excesso de vibração ou manuseio abusivo. Mas a maioria das lâmpadas falham devido a evaporação gradual do filamento. Como sabemos, quanto maior for a temperatura do filamento, maior será a eficiência da lâmpada, porém também mais rapidamente ela se queimará. A **Figura 58** demonstra a vida média de uma lâmpada.

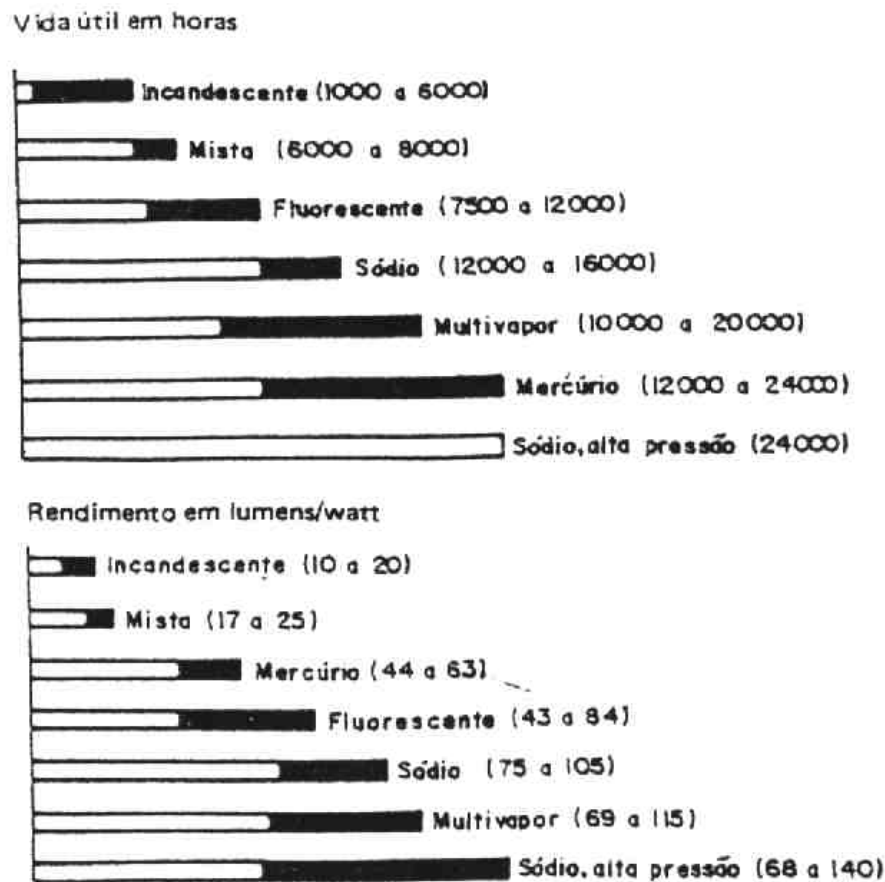


Figura 58 - Diagrama comparativo vida média e eficiência luminosa

Potenciais mais comuns: 25, 40, 60, 100, 150, 200 e 300W.

Alta eficiência e vida longa

Uma lâmpada incandescente não pode ter, ao mesmo tempo, alta eficiência luminosa e vida longa. Por exemplo, tomemos uma lâmpada de 100W de vida média igual a 1000 horas. Poderia se fazer a mesma lâmpada de 100W para durar 100 anos, porém ela produziria apenas 1 décimo da luz da lâmpada de 1000 horas!

Como explicado anteriormente, eficiência é freqüentemente o fator determinante na escolha da melhor lâmpada para uma dada aplicação, entretanto, em muitas aplicações, vida longa pode ser muito importante. Vale lembrar que o custo de operação de uma lâmpada não é somente o custo da energia, mas também o custo da mão-de-obra para trocá-la. Se uma lâmpada for utilizada em local ou em luminária de difícil acesso, o custo de mão-de-obra para trocá-la poderá ser bem maior que o custo de energia. Existem lâmpadas de grande durabilidade especialmente projetadas para estes tipos de aplicação.

O objetivo em qualquer aplicação, deverá ser a seleção de uma lâmpada que possa balancear eficiência e vida média de maneira a proporcionar o menor custo total de iluminação.

Cor

Outra importante característica de uma fonte de luz é a cor.

Cromaticidade

Cromaticidade descreve a sensação de “quente” ou “frio” produzida por uma fonte de luz.

Uma lâmpada incandescente irradia mais energia na faixa vermelha do espectro de cores, portanto, ela é considerada uma fonte de luz “quente”.

Outros tipos de lâmpadas irradiam mais energia na faixa do azul do espectro de cores e, portanto, são consideradas fontes de luz “fria”.

Rendimento de Cor

O rendimento de cor descreve como uma fonte de luz afeta a aparência de objetos e pessoas quando estão sendo iluminadas. Fontes de luz incandescente fazem pessoas e objetos parecerem normais e naturais, portanto, dizemos que as incandescentes apresentam “boa cor”.

Cromaticidade	=	Sensação de “quente” ou de “frio” produzida por uma fonte de luz.
Rendimento de Cor	=	Aparência das cores de pessoas e objetos.

7.3 Lâmpadas incandescentes - prós e contras

As lâmpadas incandescentes representam mais da metade das lâmpadas vendidas no Brasil. A razão principal reside nas inúmeras vantagens que elas oferecem. Mas há também algumas desvantagens que tornam a escolha de uma fluorescente ou de uma descarga de alta intensidade (HID) mais apropriada para muitas aplicações.

Vantagens das lâmpadas incandescentes

1. **Simples de usar:** simplesmente rosqueia a lâmpada no soquete (não existe equipamento auxiliar).
2. **Baixo Custo Inicial:** É o tipo mais barato em termos de custo da lâmpada em si e da luminária.
3. **Acendimento Imediato:** Não necessita de tempo de aquecimento.
4. **Excelente Controle Ótico:** Incandescente é uma fonte de luz pontual e, assim, é fácil de direcionar e focalizar, sendo ideal para uso em trilhos, para aplicação em tetos e iluminação de destaque.

5. **Luz Variável:** Lâmpadas incandescentes podem ser controladas para produzir qualquer intensidade de luz desde zero até sua potência máxima, com o simples uso de “dimmers”.
6. **Flexibilidade:** Disponíveis em mais configurações que qualquer outro tipo de lâmpada, incluindo diferentes formatos, tipos de refletores, potências e cores. Também operam em uma grande variedade de voltagens.

Desvantagens das lâmpadas incandescentes

1. **Alto Custo de Operação:** É a lâmpada de menor eficiência luminosa (LPW). Principalmente devido ao custo da energia, sua operação pode custar de 2 a 5 vezes mais do que a de uma fluorescente ou HID.
2. **Sensível a Choque e Vibrações:** O filamento poderá ser reforçado por suportes, entretanto estes reduzem a eficiência luminosa da lâmpada.
3. **Sensível a Variação de Tensão:** Mesmo pequenas variações de tensão podem afetar o desempenho da lâmpada e o custo de operação (Exemplo: Se você usar uma lâmpada de 127V num circuito de 120V a eficiência da lâmpada diminuirá sensivelmente).

7.4 Lâmpadas de iluminação geral

Normalmente as lâmpada incandescentes são classificadas de acordo com o uso a que se destinam. A maioria é aplicada em iluminação genérica, constituindo-se no importante grupo de iluminação geral.

As lâmpadas utilizam os bulbos com formato tradicional (A) e pêra reta (PS), como se vê na **Figura 59**. O pescoço mais alongado neste tipo de lâmpada permite posicionar o filamento longe da base, afim de protegê-la do superaquecimento.

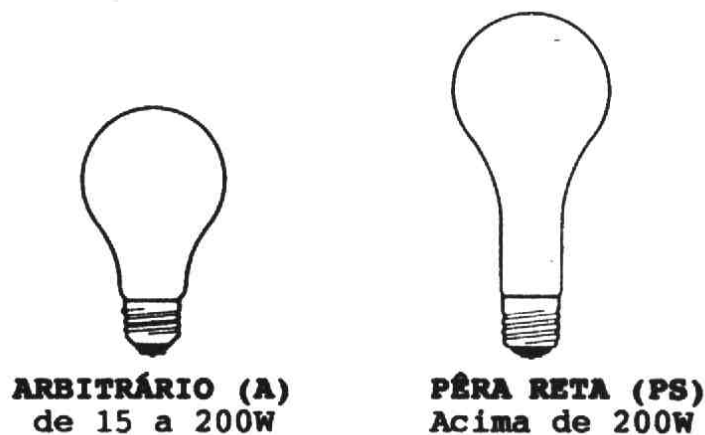


Figura 59 - Bulbo (proteção de superaquecimento)

Existe lâmpadas que possuem o acabamento branco interno que produz uma luz suave, sem ofuscamento. Devido a sua pintura interna, existe uma pequena redução do fluxo luminoso de 5 a 10%, dependendo da espessura da tinta. Outras, foram desenvolvidas para consumir menos energia elétrica do que as lâmpadas comuns, mas produzindo praticamente a mesma quantidade de luz. Elas

podem reduzir os custos operacionais da iluminação de 10 a 15%. Muitas vezes essa economia paga o próprio custo da lâmpada.

7.5 Lâmpadas de iluminação específica e decorativa

As lâmpadas para iluminação específica possuem características próprias para usos especiais. Assim temos:

- Baixa tensão: própria para uso portátil com baterias ou em locais alimentados em baixa tensão.
- Photoflood: sendo aplicado em fotografias, cinema e televisão. Apresenta alto rendimento luminoso.
- Geladeira/fogão: projetada para suportar as condições adversas de temperatura e espaço encontradas em geladeiras e fogões.
- Repelente: fabricada com pintura especial que não deixa passar as radiações que atraem insetos.

As lâmpadas para iluminação decorativa possuem pinturas internas coloridas que proporcionam efeitos decorativos.

7.6 Lâmpadas para iluminação dirigida (refletores)

As lâmpadas refletores possuem bulbos com refletores incorporados para concentrar o fecho de luz. Apresentam-se numa imensa variedade de potências e abertura de fecho. São adequadas para iluminação dirigida com o uso em trilhos, embutidas ou sobrepostas nos tetos.

Refletores (R)

As lâmpadas refletores comuns têm bulbo com formato parabólico. Seu refletor interno é feito pelo processo de vácuo-metalização.

Refletores elípticos (ER)

Estas lâmpadas têm o bulbo de formato elíptico que focaliza a luz refletida a alguns centímetros à frente da lâmpada, como mostra a **Figura 60**. É a refletora ideal para uso em luminárias de corpo profundo, já que seu fecho cruzado minimiza a perda de luz dentro da luminária. Ela economiza energia, porque pode se usar uma elíptica de menor potência do que uma refletora comum e ter a mesma luz no plano de trabalho.



Figura 60 - Bulbos com Refletores

Refletores aluminizado parabólico (PAR)

As lâmpadas possuem ampla aplicação em iluminação externa. Elas são feitas de duas peças de vidro-duro prensadas-refletor e lente - que são seladas entre si.

Muitas apresentam uma ponte de vidro entre os eletrodos, que mantém firmemente o filamento em sua posição, mesmo em severas condições de uso.

7.7 Lâmpadas halógenas

As lâmpadas halógenas constituem a família “high-tech” (alta tecnologia) da linha das incandescentes. Como as outras lâmpadas halógenas, o filamento está encerrado dentro de uma pequena cápsula feita de quartzo ou vidro resistente à altas temperaturas. São as únicas que apresentam efeito de “auto-limpeza” denominado “ciclo-halógenos”.

Ciclo Halógeno

Durante a fabricação, uma pequena quantidade de gás halógeno, como bromo ou iodo, é introduzida na cápsula. Ao acender-se a lâmpada, partículas de tungstênio, começam a evaporar-se do filamento e a combinarem-se com o gás halógeno formando um novo gás. Ao passar pelo filamento, este gás deposita aí o tungstênio, ficando o gás halógeno livre para combinar-se com novas partículas de tungstênio que estão evaporando. Este é o “**ciclo halógeno**” e o resultado deste efeito são:

- Melhor eficiência
- Tamanhos mais compactos
- Excelente manutenção de lumens

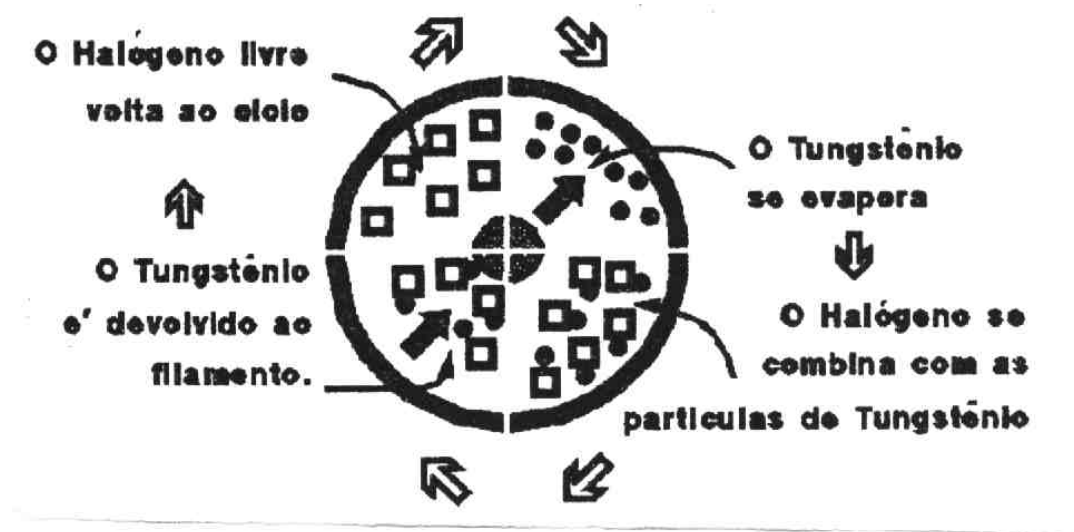


Fig. 61 - Ciclo Halógeno

As lâmpadas halógenas são muitas menores em tamanho do que as lâmpadas incandescentes normais. São usadas especialmente em instalações com projetores e automóvel.

7.8 Potência & tensão

Potência

É a potência nominal consumida (watts) para a tensão de projeto. Este valor está sujeito às tolerâncias de fabricação.

Tensão

É a tensão (volts) para a qual a lâmpada tem todas as suas características projetadas (fluxo luminoso, corrente, potência e vida mediana em condições de laboratório).

Quando uma lâmpada de 127V opera num soquete com 120V, o seu fluxo luminoso reduz 17%, sua potência diminui 8% e a sua vida

aumenta 110%. Contudo, uma lâmpada de 12V, onde uma variação na tensão de apenas $\pm 0,6V$ (5%), provoca o mesmo efeito.

7.9 Fluxo luminoso, intensidade luminosa & abertura do fecho

Fluxo Luminoso

Fluxo luminoso (lumens) é a potência total de radiação emitida por uma fonte de luz e percebida pelo olho humano. Como foi visto, ele diminui a medida que a lâmpada vai vivendo. O fluxo luminoso é o valor médio inicial e seu valor está sujeito às tolerâncias de fabricação.

Intensidade Luminosa

Intensidade luminosa (candelas) é a potência de radiação visível disponível em uma certa direção. Este valor para o centro de fecho é indicado para as lâmpadas dotadas dos refletores internos.

Abertura de Fecho

A abertura de fecho é o ângulo (graus) formado pela distribuição da intensidade luminosa, nos pontos cujo valor é 50% da intensidade luminosa máxima. No caso de lâmpadas PAR-36, estes pontos são com o valor de 10% da referida intensidade. Quando a abertura indicar, por exemplo, 22H 20V, significa que o fecho tem abertura de 22 na horizontal e 20 na vertical.

7.10 Temperatura de cor

Temperatura de Cor

É a temperatura (kelvin) aparente de cor da luz emitida pela lâmpada. As lâmpadas incandescentes comuns possuem temperaturas de cor variando de 2700K a 2900K. As lâmpadas halógenas geralmente possuem temperaturas de cor mais elevadas e, por este motivo, a luz emitida por esta lâmpada é mais branca do que as lâmpadas comuns.

7.11 Vida média & custo

Como vimos, este valor é baseado em um grande número de lâmpadas testadas sob condições controladas, de acordo com as Normas pertinentes. Ela corresponde à vida atingida no instante que 50% das lâmpadas ensaiadas ou em utilização se mantenham acesas. Esta vida média (horas) não é necessariamente a mesma vida em serviço, já que vibrações, flutuações de tensão e outras influências ambientais podem resultar em seu encurtamento.

A vida mais adequada para uma determinada aplicação depende do **Custo da Iluminação**. Resumidamente, este custo é formado por:

Custo da iluminação = Lâmpadas + Energia + Manutenção

7.12 Lâmpadas infravermelhas

Usadas em secagem de tintas, louças, vernizes, no aquecimento em certas estufas e, também em fisioterapia e criação de animais em climas frios.

8 LÂMPADAS FLUORESCENTES

8.1 Constituição básica

Basicamente, uma lâmpada fluorescente se constitui de 5 componentes:

Tubo de vidro

O bulbo de vidro da maioria das lâmpadas fluorescentes é chamado de “tubo” exatamente por sua inconfundível forma tubular. O tubo é revestido internamente com materiais fluorescentes denominados fósforos. A composição química destes fósforos determina a cor da luz produzida.

Cátodos

Em cada extremidade do tubo está um cátodo, também chamado eletrodo. Os cátodos são feitos de fios de tungstênio enrolados em hélice, como os filamentos das lâmpadas incandescentes. Mas nas lâmpadas fluorescentes, os enrolamentos são recobertos com um material (chamado “mistura emissiva”) que ajuda o cátodo a emitir elétrons mais facilmente.

Base

Cada cátodo é conectado a uma base da lâmpada. A base é cimentada em cada extremidade do tubo para fazer a ligação com o circuito elétrico e segurar a lâmpada, como pode ser observado na **Figura 62**.

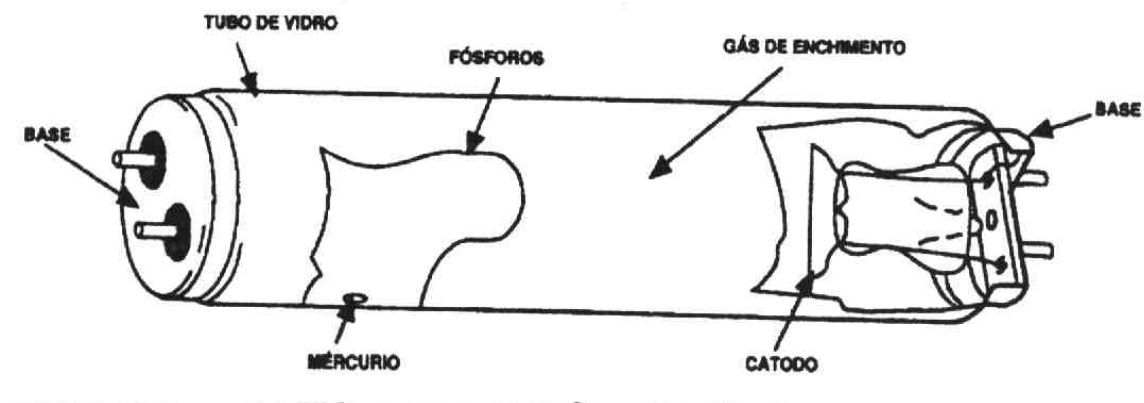


Figura 62 - Lâmpada fluorescente

Gás de enchimento

O tubo é preenchido com uma pequena quantidade de gás inerte. Normalmente, o gás é o argônio ou uma mistura de argônio e nitrogênio.

Vapor de mercúrio

Em adição ao gás de enchimento, existe ainda dentro do tubo minúscula gota de mercúrio. Quando se liga a lâmpada, o mercúrio se vaporiza, isto é, se transforma em gás.

8.2 Operação básica

As lâmpadas fluorescentes são consideradas lâmpadas de descargas, porque produzem luz pela passagem de uma corrente elétrica através de um vapor ou gás. A corrente passa através de vapor de mercúrio a baixa pressão. Assim, as lâmpadas fluorescentes são também chamadas de “lâmpadas de mercúrio de baixa pressão”.

Quando a lâmpada é ligada, a corrente elétrica aquece os cátodos que estão recobertos com seu material emissivo especial. Isto faz com que os cátodos emitam partículas elétricas, chamados elétrons. Os elétrons ionizam nos gases de enchimento e criam um fluxo de corrente entre os cátodos. Este fluxo de corrente é chamado de arco elétrico, ou descarga elétrica. Os elétrons chocam-se com os átomos de mercúrio, fazendo com que estes emitam raios ultravioletas. Na **Figura 63** podemos observar o processo de ionização de uma lâmpada fluorescente.

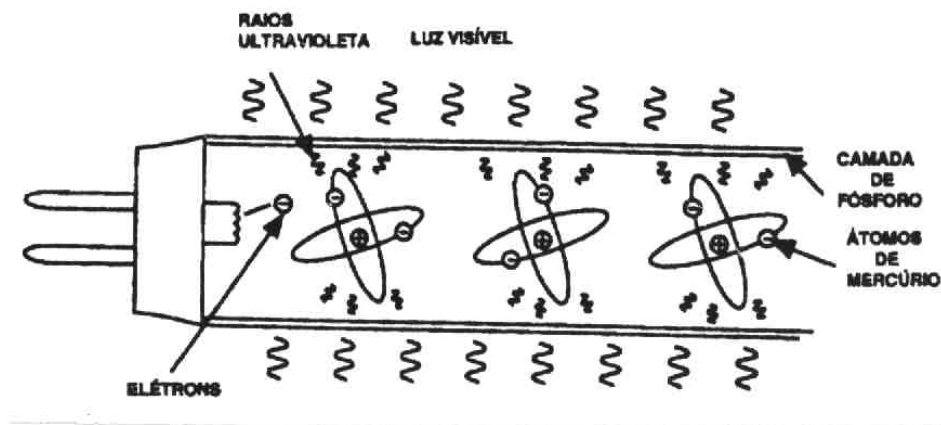


Figura 63 - Lâmpada fluorescente (processo de ionização)

Quando os raios ultravioletas atingem a camada de fósforo que reveste a parede do tubo, ela **fluorescente** isto é, brilha produzindo luz visível.

Reator

Os gases no interior da lâmpada fluorescente estão em pressão tão baixa que o arco ou corrente elétrica quase não encontra resistência, a menos que haja um dispositivo de limitação da corrente no circuito elétrico, na lâmpada que circulará tanta corrente que se auto destrói numa fração de segundos. Por esta razão, as lâmpadas fluorescentes requerem reator, como pode ser observado na **Figura 64**. Basicamente, o reator consiste de um circuito elétrico ou eletrônico que regula a corrente de tal forma que a lâmpada não se queima de imediato. O reator também fornece a tensão para partida e operação da lâmpada

A lâmpada e o reator devem ser compatível um com o outro. Uma incompatibilidade pode causar na lâmpada, falha na partida e redução de vida e, no

reator, operação com ruído, sobre aquecimento e falha prematura, além de outros problemas.

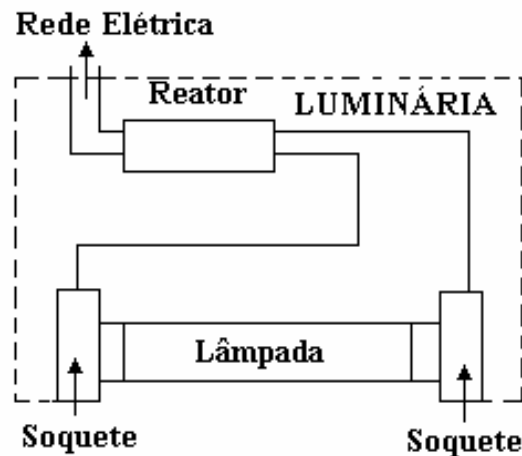


Figura 64 - Esquema de lâmpada fluorescente

8.3 Característica de operação

São quatro as características básicas de operação:

- Eficiência Luminosa, ou seja, o fluxo luminoso (lumens) por unidade de potência elétrica consumida (watts).
- Manutenção de Lumens, isto é, o decréscimo de fluxo luminoso ao longo da vida da lâmpada.
- Mortalidade, que é a expectativa de vida média da lâmpada.
- Cor, ou seja, a sensação de tonalidade quente (aconchegante) ou fria (refrescante) da fonte de luz e como esta luz faz parecer pessoas e objetos.

8.4 Eficiência

A principal razão das lâmpadas fluorescentes serem tão populares está na sua eficiência luminosa. As lâmpadas fluorescentes são 6 a 8 vezes mais eficientes do que as lâmpadas incandescentes. Isto porque mais energia é convertida em luz e menos energia é convertida em calor.

A eficiência luminosa de uma lâmpada é medida em lumens por watts, ou LPW.

Maior eficiência luminosa significa menor custo de energia. De fato, uma lâmpada fluorescente usa apenas 20 a 25% da eletricidade consumida por uma lâmpada incandescente para produzir a mesma quantidade de luz. E, como se sabe, menor custo de energia vai se traduzir normalmente em menor custo de operação.

A eficiência luminosa das lâmpadas fluorescentes depende de diversos fatores:

- Tipos de lâmpadas

- Comprimento da lâmpada. Em geral, quanto mais comprida é a lâmpada, maior sua eficiência.
- Temperatura Ambiente. (A temperatura ideal para o ar em volta da lâmpada é de 25° C. Temperaturas muito altas ou muito baixas, reduzem a eficiência da lâmpada).

8.5 Manutenção de lúmens

As lâmpadas fluorescentes gradualmente perdem luz com o uso. Estas depreciações de lumens ocorrem a medida que o fósforo lentamente se deteriora pelo bombardeio dos elétrons ionizados do mercúrio.

A **manutenção** (ou **depreciação**) **dos lumens** indica esse gradual decréscimo de luz.

Classificação dos lúmens

As lâmpadas fluorescentes têm duas classes de lumens. Estas classificações permitem comparar o fluxo luminoso de vários tipos de lâmpadas fluorescentes:

- Lúmens Iniciais: Fluxo luminoso aproximado da lâmpada após 100 horas de operação.
- Lúmens Representativos: Fluxo luminoso aproximado da lâmpada após operar por 40% de sua vida nominal.

Para as incandescentes o valor de lumens inicial é dado no começo da vida. Para as fluorescentes, entretanto, o fluxo luminoso flutua até que sua operação se estabilize por esta razão os lumens iniciais das lâmpadas fluorescentes são medidos após 100 horas de operação.

8.6 Mortalidade

A curva de mortalidade define o quanto se espera que as lâmpadas vão durar, ou seja, sua vida mediana nominal que temos chamado também de vida média nominal. O valor da vida corresponde ao número de horas de operação quando 50% das lâmpadas ensaiadas já queimaram e 50% ainda permanecem operando.

Geralmente, uma lâmpada fluorescente se queima quando o material emissivo dos cátodos se esgota.

Uma lâmpada incandescente comum de 100W tem 1000 horas de vida. Uma fluorescente de 40W tem 12000 horas de vida, ou cerca de 3 anos de operação.

8.7 Cor

Cromaticidade

Cromaticidade define o quanto uma fonte tem aparência de “quente” ou “fria”. Expressa-se em temperatura de cor (Kelvin). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais fria é aparência da luz emitida.

Comparada com a incandescente, a a lâmpada fluorescente é geralmente considerada uma fonte de luz “neutra” ou “fria”, porque irradia mais voltada para extremidade azul e para o meio do espectro de cores. Entretanto, com as novas tecnologias de fósforo, as lâmpadas fluorescentes estão disponíveis em uma extensa variedades de cores abrangendo tonalidades de frias a quentes.

Reprodução de cor

A reprodução de cor define como a luz da lâmpada afeta a aparência das pessoas e objetos iluminados. Expressa-se através de um número conhecido como índice de reprodução de cor (IRC). Quanto mais alto o IRC, mais verdadeira é a cor do objeto iluminada. As fluorescentes, em geral, são consideradas capazes de dar reprodução de cor de boa a excelente, dependendo do tipo de fósforo usado para revestir internamente o tubo.

Cor da fonte de luz

Na escolha da fluorescente, temos as seguintes denominações. Exemplo das lâmpadas da GE:

- Luz do Dia (LD)
- Super Luz do Dia (SD)
- Cromo 50 (C50)
- Conforto 41 (CF41)/Branca Fria (BF)
- Branca Fria Deluxe (BFX)
- Alvorada 35/Branca(B)
- Suave 30 (S30)/Branca Morna (BN)
- Branca Morna Deluxe (BMX)

8.8 Vantagens E Desvantagens Das Lâmpadas Fluorescentes

Quadro 08 – Relação de Vantagens e Desvantagens

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Custo de operação menor	Custo inicial mais alto
Vida mais longa	Sensibilidade a temperatura ambiente (perde eficiência a temperatura do ar muito quente ou muito fria)
Superfície de luz suave (confortável aos olhos)	Influência do número de partidas
Flexibilidade (disponíveis em vários tamanhos, formas, tonalidades e potências)	Limitação do uso com dimmers
Acendimento rápido	

8.9 Tipos de lâmpadas fluorescentes

Podemos classificar as lâmpadas fluorescentes em três categorias: convencional, partida rápida e universal.

Convencional

As fluorescentes convencionais requerem para a sua operação reator do tipo convencional e mais um dispositivo de partida que é o Starter. Levam alguns segundos se aquecendo para, então, partirem. Foram as primeiras fluorescentes introduzidas no mercado e ainda estão sendo utilizadas, mas estão perdendo para as fluorescentes dos tipos partida rápida e universal. Todas as lâmpadas convencionais apresentam bases de dois pinos (bipino).

Partida rápida

A lâmpada de partida rápida não requer ajuda de Starter para partida. Exige apenas o uso de reatores específicos, tipo partida rápida. Apresentam base normal, de dois pinos, e bases especiais chamadas de duplo contato embutido.

Universal

São as fluorescentes desenvolvidas para operação tanto em sistema convencional como em sistema de partida rápida. Apresentam base de dois pinos.

8.10 Fluorescentes especiais

São fluorescentes de formatos especiais, permitindo projetos flexíveis e econômicos, como visto na **Figura 65**.

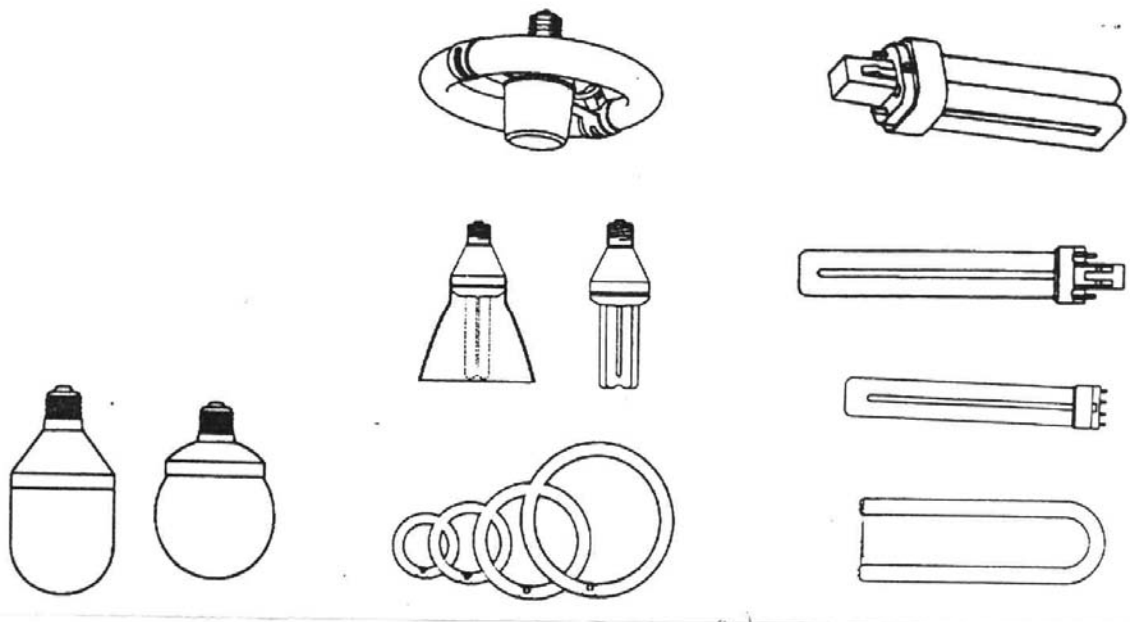


Figura 65 - Lâmpadas fluorescentes especiais.

9 LÂMPADAS DE DESCARGA DE ALTA PRESSÃO (HID)

Existem três tipos distintos de lâmpadas, como podemos observar através da **Figura 66**.

- Mercúrio (podemos incluir neste grupo as lâmpadas Mista).
- Halogenetos metálicos (ou Vapores Metálicos)
- Sódio de alta pressão.

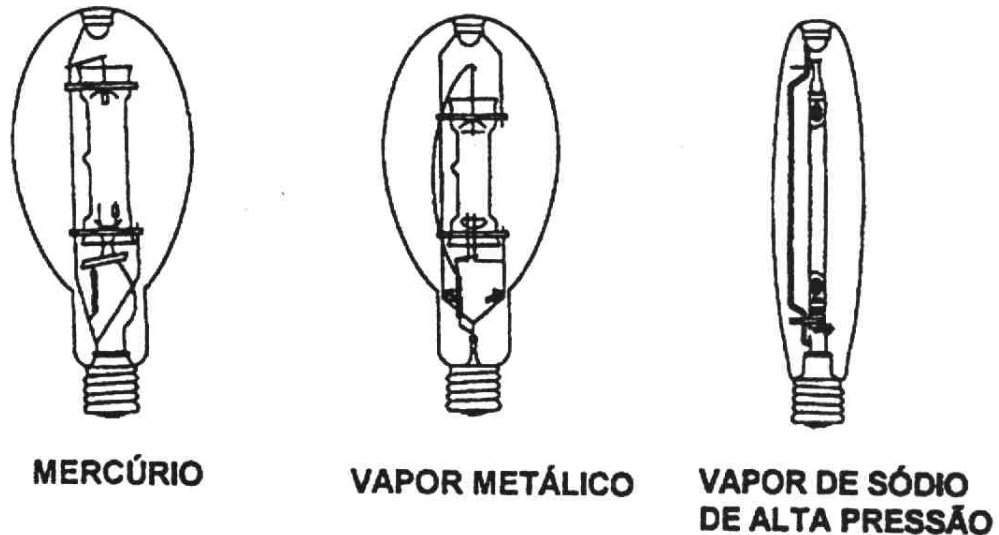


Figura 66 - Lâmpada de descargas

9.1 Constituição básica

Todas as lâmpadas HID (descarga de alta intensidade) têm como constituição uma “lâmpada dentro da lâmpada”, pela qual um tubo de arco fica suspenso dentro de um bulbo externo. Em geral estas tem os seguintes componentes:

Bulbo externo

O bulbo externo serve para isolar o tubo de arco do meio exterior. Na maioria das vezes, ele é feito de vidro resistente ao calor, podendo ser claro (sem pintura) ou branco (pintado internamente). A camada de pintura branca serve para tornar a luz difusa.

Tubo de arco

É um tubo selado que contém os elementos de trabalho da lâmpada. É feito de quartzo ou material cerâmico translúcido. O tubo é enchido com um gás de partida (argônio ou xenônio) e uma pequena quantidade de mercúrio.

ELETRODOS

Dois eletrodos principais atuam como terminais da descarga em arco. Eles são feitos de espiras de tungstênio, recobertas com óxidos de terras raras, para facilitar a emissão de elétrons.

As lâmpadas de vapor de mercúrio e mista em geral têm um terceiro eletrodo para partida em uma das extremidades do tubo de arco, como podemos observar na **Figura 67**. As lâmpadas de vapores metálicos de baixa potência requerem um circuito de partida especial junto com reator, para dar a tensão adequada para partida da lâmpada.

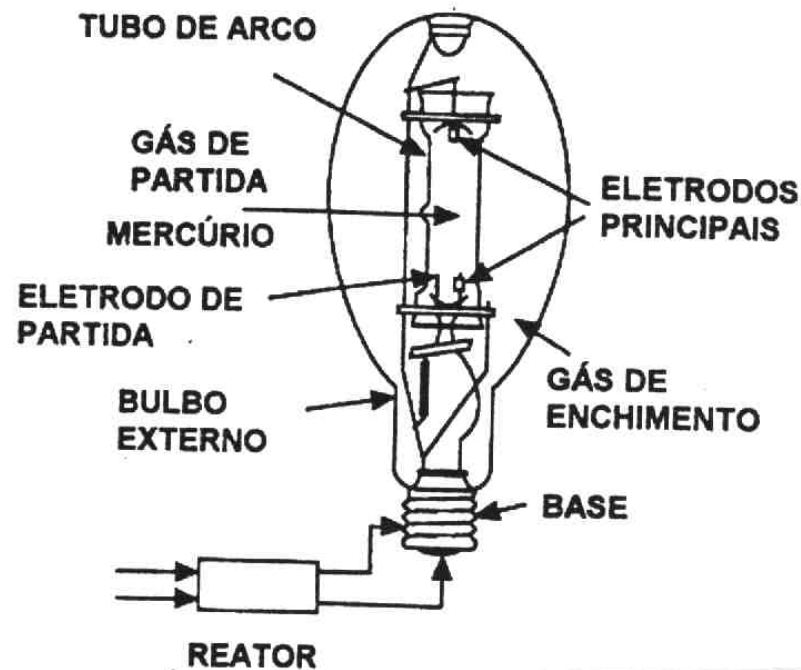


Fig. 67 - Lâmpada de vapor de mercúrio - circuito

Base

Uma base metálica do tipo rosca suporta a lâmpada no soquete e faz conexão elétrica ao circuito elétrico. Geralmente as lâmpadas de descarga de alta pressão tem base E-27 ou E-40, feitas de latão (níquelado ou não) ou de liga de níquel-cobre. O formato de bulbo mais comum é o eíptico ou ovóide, representado pela letra "E", dentre os demais temos; tubular-ovalado (BT), parabólico (PAR), refletor (R) e tubular (T). Opcionalmente, pode ser acrescida a letra "D", caso haja um "dimple" no topo do bulbo. Em seguida é indicado o diâmetro máximo em oitavas de polegada.

Reator

Com exceção da mista, todas as lâmpadas de descarga de alta pressão requerem reator externo para acender e regular a corrente. O reator e a lâmpada devem ser compatíveis.

9.2 Operação básica

As lâmpadas de Descarga de Alta Pressão são consideradas fontes de luz do tipo “descarga” porque elas produzem luz pela passagem de uma corrente elétrica através de um vapor. Neste tipo de lâmpada a luz é produzida pelo próprio arco elétrico. A descarga, em forma de arco, se processa a pressões e temperaturas muito mais altas do que nas lâmpadas fluorescentes - daí a denominação descarga de alta pressão.

Princípios de funcionamento

Quando se liga a lâmpada, um pequeno arco elétrico se forma entre os eletrodos de partida e o eletrodo principal mais próximo. O arco elétrico faz com que as partículas do gás de partida e do metal (mercúrio, por exemplo) fiquem na forma de íons eletricamente carregados. Quando a pressão atinge determinado nível, o arco principal se forma entre os dois eletrodos principais. O arco principal irradia a luz intensa que vemos. Como visto na **Figura 68**.

O tempo de espera para que a pressão se estabeleça no tubo de arco provoca a característica chamada de período de aquecimento comum a todas as lâmpadas de alta pressão. Da mesma forma, esse tipo de lâmpada não pode reacender até que a lâmpada esfrie.

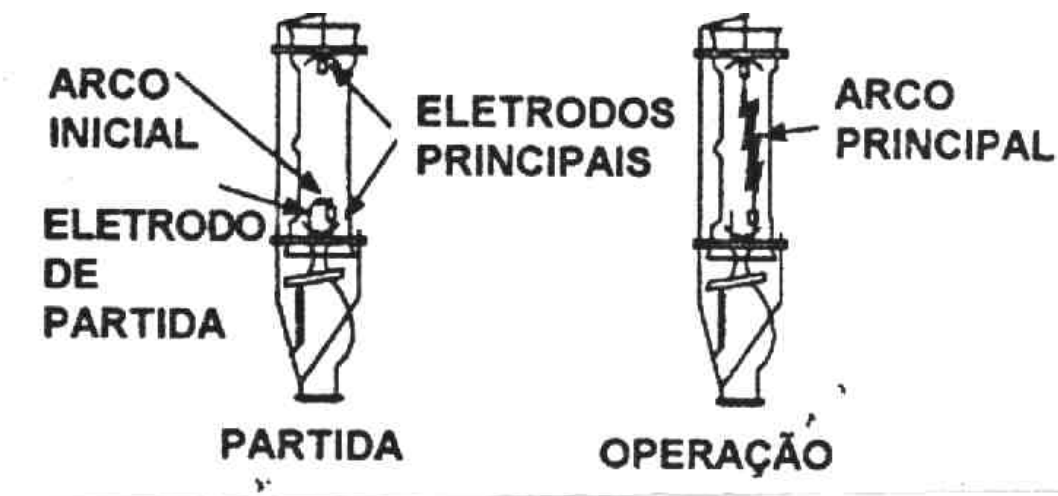


Figura 68 - Lâmpada de mercúrio

Característica de operação

ALTA EFICIÊNCIA E BAIXO CUSTO DE OPERAÇÃO: As lâmpadas de descargas de alta pressão são, em geral, as mais eficientes fontes de luz.

VIDA LONGA: Apresentam uma vida maior do que as lâmpadas incandescentes e similares às lâmpadas fluorescentes.

TAMANHO COMPACTO: Produz alto fluxo luminoso a partir de uma fonte relativamente compacta.

A combinação de alta eficiência e vida longa torna as lâmpadas de descargas de alta pressão uma fonte de luz ideal para várias aplicações comerciais e industriais.

10 LÂMPADAS DE MERCÚRIO

As lâmpadas de mercúrio têm a mesma constituição e operação básica descrita anteriormente. O tubo de arco é feito de quartzo e contém gás argônio e pequena quantidade de mercúrio. A lâmpada tem também um resistor de partida para limitar a corrente que flui para o eletrodo de partida.

Aplicações

Até então ainda encontramos lâmpadas de mercúrio em diversas aplicações. As principais são:

- Iluminação de ruas;
- Iluminação comercial e industrial com projetos;
- Iluminação paisagística;
- Iluminação de segurança comercial e residencial;
- Iluminação de pátios de estacionamento.

Tipos de lâmpadas de mercúrio

Na **Figura 69** demonstramos os principais tipos de lâmpadas de mercúrio.

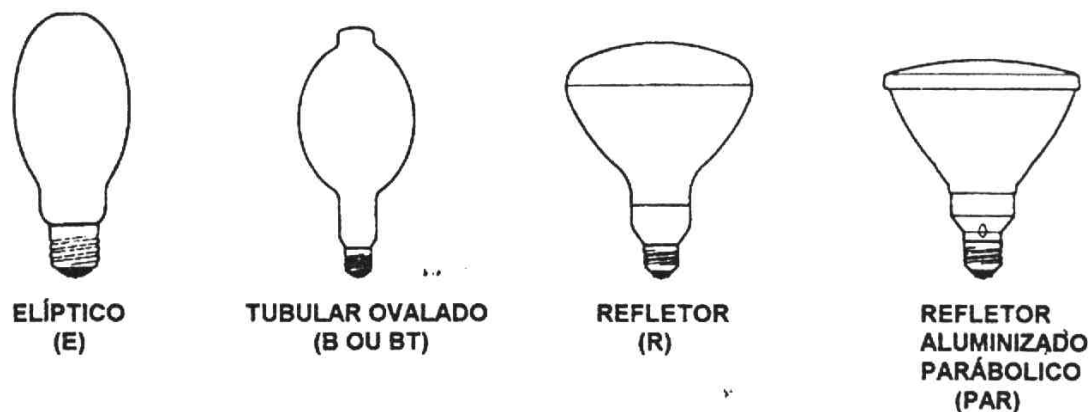


Figura 69 - Lâmpadas de mercúrio

Podem ser classificadas em dois tipos:

- Stander,
- Luz Mista

Stander: estão disponíveis nas seguintes potências: 40/50W, 75 W, 100W, 175 W, 250 W, 400W, 700W, 1000W. Os formatos possíveis, mais comuns, são os indicados abaixo:

Luz Mista: estas lâmpadas são projetadas para substituir as incandescentes. Elas não necessitam de equipamentos auxiliares (reator) externos para seu funcionamento. O circuito do mesmo é substituído por um filamento localizado dentro de seu bulbo. Tanto o filamento que serve de reator como os tubos de arco contribuem para os fluxos luminosos da lâmpada, daí a denominação de Luz Mista.

As lâmpadas de Luz Mista convencionais não necessitam de elemento eletrônico e operação diretamente em redes de faixas de 220 V. elas estão disponíveis nas potências 160 W, 250W e 500W.

11 LÂMPADAS VAPOR METÁLICO

Uma lâmpada de vapor metálico é, basicamente, uma lâmpada de mercúrio à qual são adicionados halogenetos metálicos. Tipicamente estes halogenetos incluem iodeto de escândio, iodeto de sódio, e outros. Os halogenetos determinam as características de produção da luz, resultando na melhoria de cor e eficiência. Outras características que distinguem da lâmpada de mercúrio são o tubo de arco menor com uma camada reflexiva branca em suas extremidades e um condutor não-moldado dirigido ao tubo de arco, como se vê na **Figura 70**.

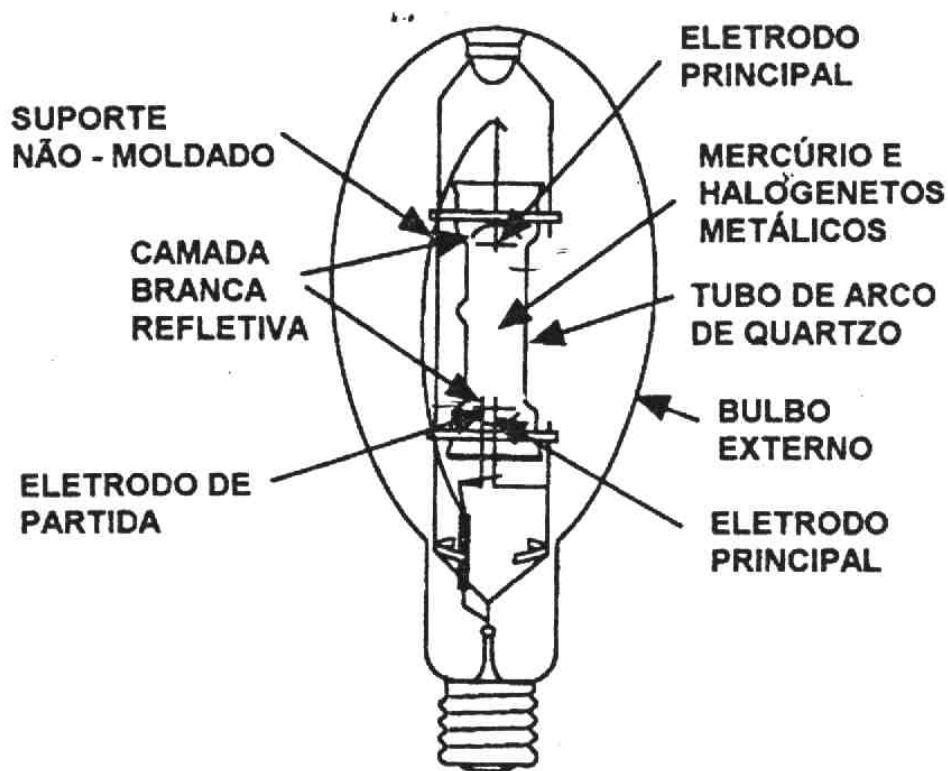


Fig. 70 - Lâmpada de vapor metálico

Característica de operação

- Boa cor,
- Boa eficiência,
- Restrição a luminárias,
- Restrições a posições de funcionamento.

Aplicações

Com sua excelente cor e boa eficiência, essas lâmpadas são ideais para uma grande variedade de aplicações. Dentre eles citamos:

- Iluminação interna industrial e comercial,
- Iluminação e projetores de edifícios e placas de anúncios,
- Iluminação de áreas de estacionamento,

- Iluminação de quadras esportivas externas.

Tipos de lâmpadas de vapor de mercúrio

As lâmpadas de vapor metálico se encontram na seguinte categoria:

Linha Stander - elas se apresentam nas potências de 175, 250, 400 e 1000 W. O acabamento do bulbo pode ser claro ou revestido.

MQI - as lâmpadas de halogenetos metálicos MQI são tubulares com duplo contato (duas extremidades). São fontes de luz muito compactas e com excelente cor, sendo muito usadas na iluminação de displays (mostruários comerciais), com acentuada aplicação com sancas spots de parede. Exigem luminárias especiais com lentes de vidro. As potências são 70 e 150W.

12 LÂMPADAS DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO

Sua constituição básica do tipo “lâmpada dentro da lâmpada”. Essa lâmpada difere bastante das lâmpadas de mercúrio e vapores metálicos.

A diferença principal esta no tubo de arco. Em vez de quartzo, o tubo é feito de material cerâmico, um óxido de alumínio translúcido (a alumina), capaz de suportar altas temperaturas de operação. Numa extremidade do tubo de arco está um reservatório de amalgama exclusivo que mantém a mistura líquida de sódio-mercúrio no ponto mais frio do tubo (externo a ele). Este reservatório contribui para melhorar a vida da lâmpada e a consistência de fluxo luminoso.

Existem outras diferenças. Por exemplo: Em lugar de um eletrodo de partida, a lâmpada requer um circuito de ignição com o reator que fornece um pulso de alta tensão para o início do arco.

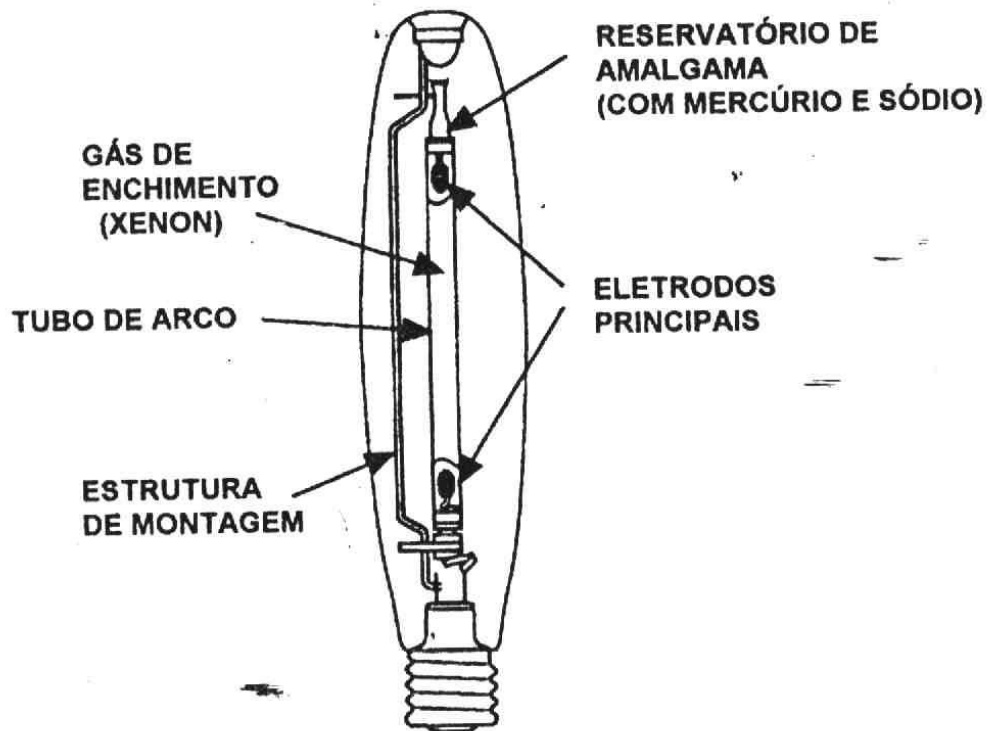


Figura 71 – Lâmpada de sódio de alta pressão

Característica de operação

- Mais Alta Eficiência/Menor Custo de Operação: Esse tipo de lâmpada é mais eficiente do que as de mercúrio e vapor metálico.
- Manutenção de Lumens Superior
- Vida Muito Longa: Tem a vida média nominal de 24000 horas.
- Tempo de Reacendimento Mais Curto
- Menores Restrições de Operações: Podem ser operadas em qualquer posição sem que isto afete o seu desempenho.

Luz com Cor Regular e Boa: Elas fornecem uma luz aconchegante com um certo acinzentamento do vermelho e do azul dos objetos coloridos. Elas proporcionam luz branca, similar a incandescente, com boa reprodução de cores.

Aplicações

- Iluminação externa a projetores,
- Iluminação pública,
- Iluminação de segurança,
- Iluminação de áreas de estacionamento,
- Iluminação comercial interna e externa,
- Iluminação industrial.

Tipos de lâmpadas

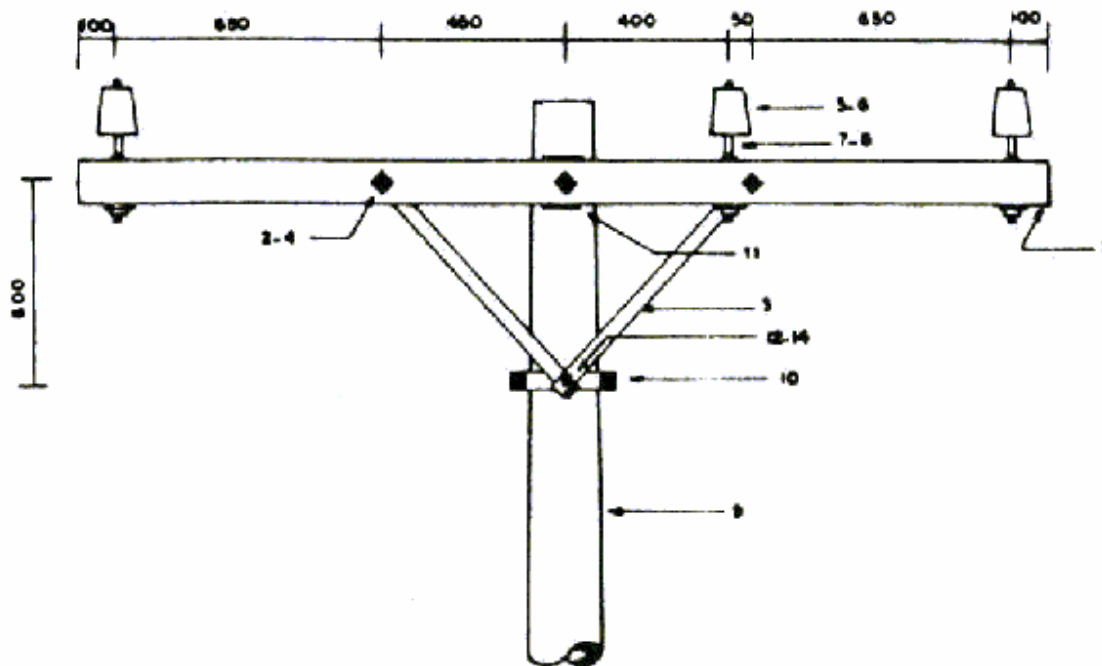
Elas se apresentam em diversas formas e tamanhos e tem bases E-27 ou E-40. A maioria dos tipos está disponível com o bulbo externo nos acabamentos - Claro e Difuso.

Normalmente são usadas as lâmpadas de 50, 70, 150, 250 e 400 watts.

Lâmpadas E-Z Luz[®] (GE) - são lâmpadas de sódio chamadas de intercambiáveis com mercúrio porque podem substituir estas últimas, em instalações já existentes, sem necessidade de trocar o reator.

Lâmpada White Lucalox[®] - sua luz tem aparência similar a incandescente e índice de reprodução superior as de vapores metálicos. São menos eficientes e tem vida mais curta do que as vapores de sódio comuns.

13 Estruturas



Notas

- 1) - A estrutura tipo N1 é usada, em tangentes, podendo também, ser empregada em ângulo, conforme indicado abaixo. Neste caso, a instalação dos condutores nos isoladores deverá ser feita lateralmente.
- 2) - Em estruturas consecutivos, deve-se alternar a posição da cruzeta em relação ao poste.
- 3) - As flechas e tensões deverão ser conforme a seção 15

Contdutores Nº AWG/MCM
2
1/0
4/0 e 336,4
477

Ângulos
0° a 30°
0° a 20°
0° a 10°
0° a 06°

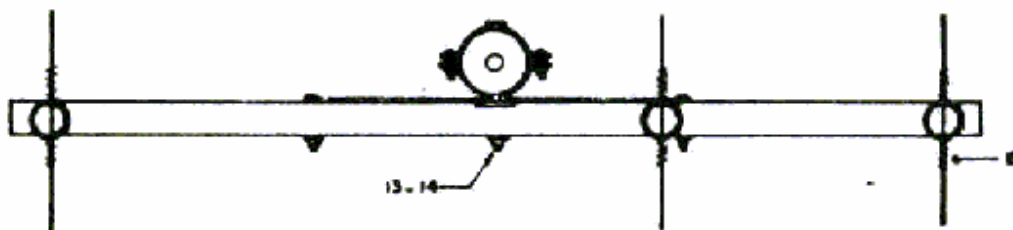


Figura 72 – Estrutura Tipo N1

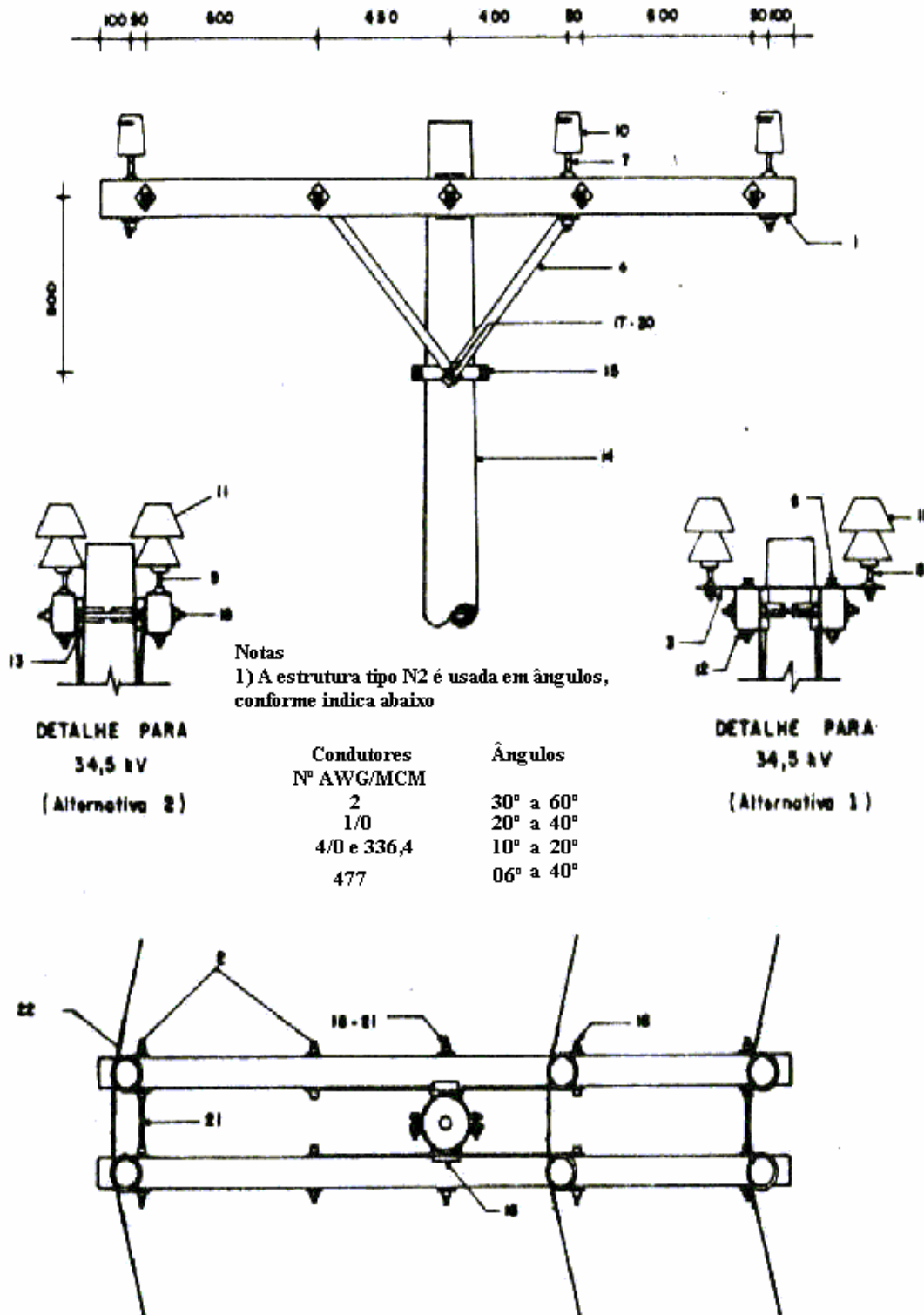


Figura 73 – Estrutura Tipo N2

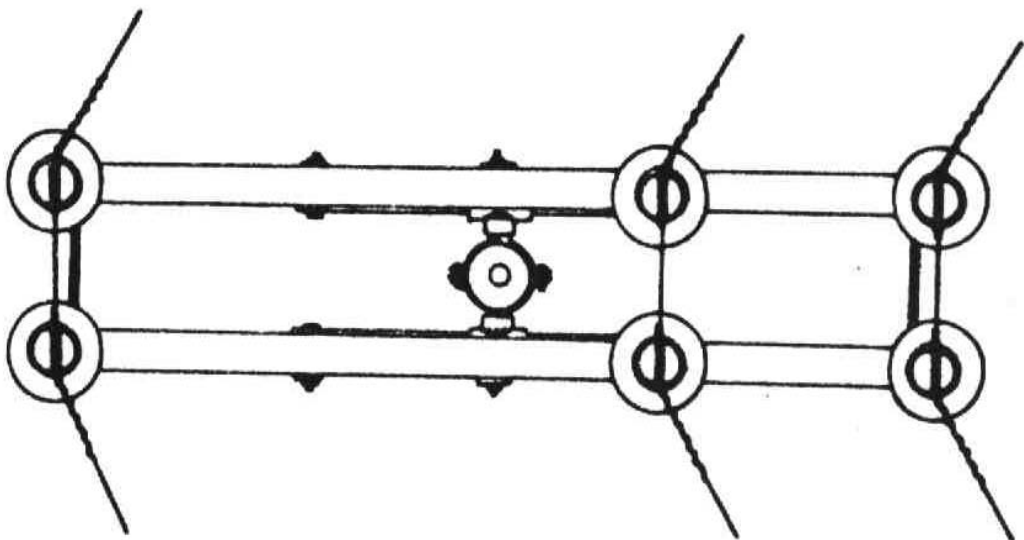
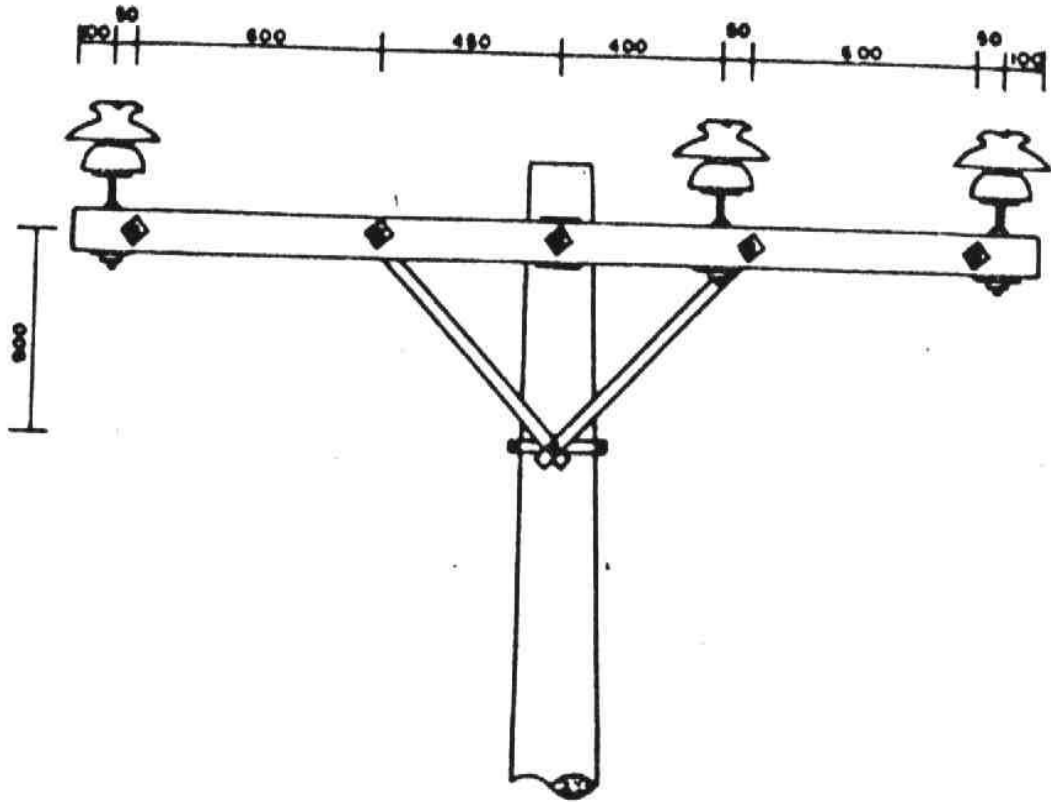


Figura 74 – Estrutura Tipo N2 (Alternativa 2)

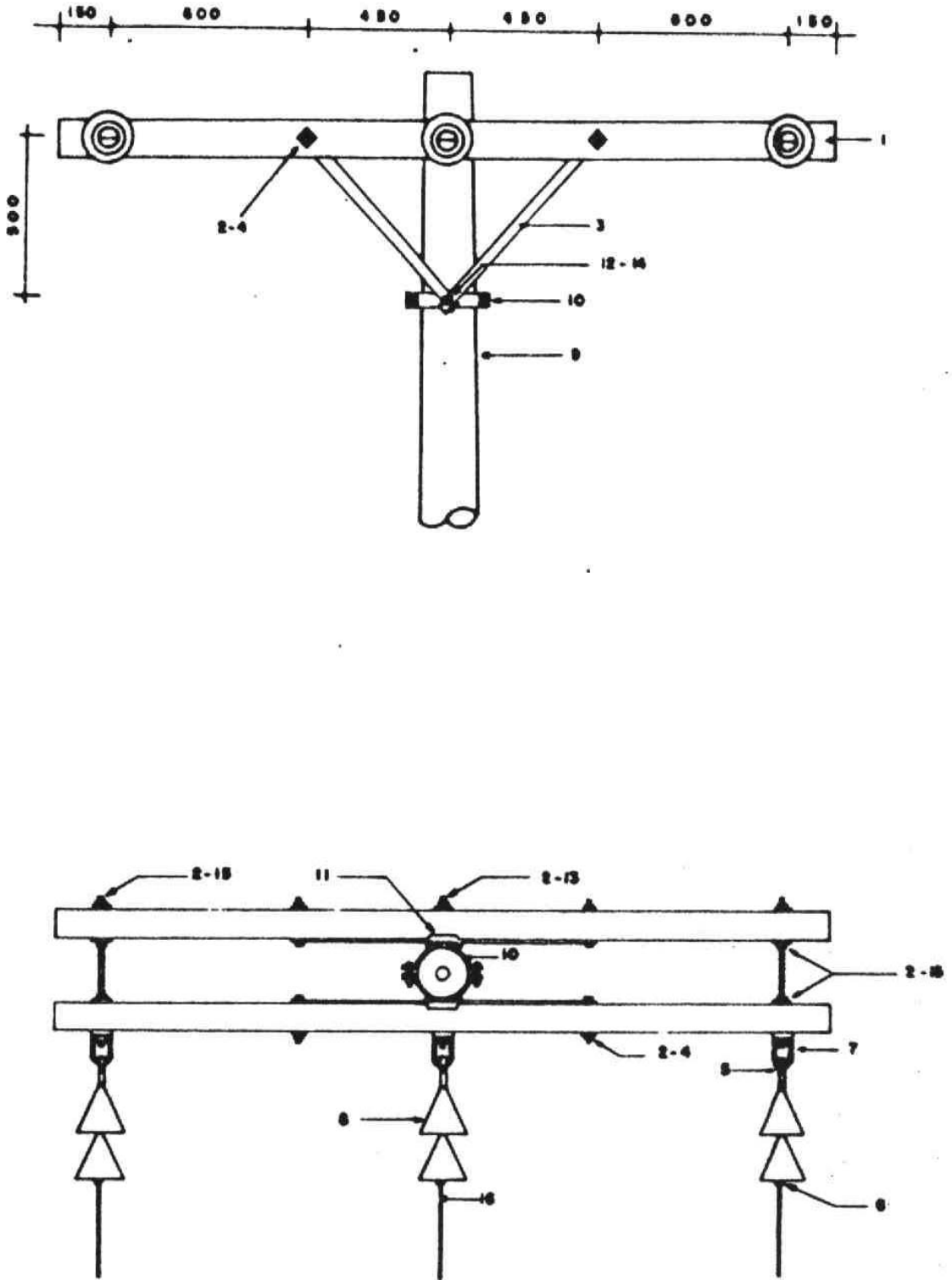
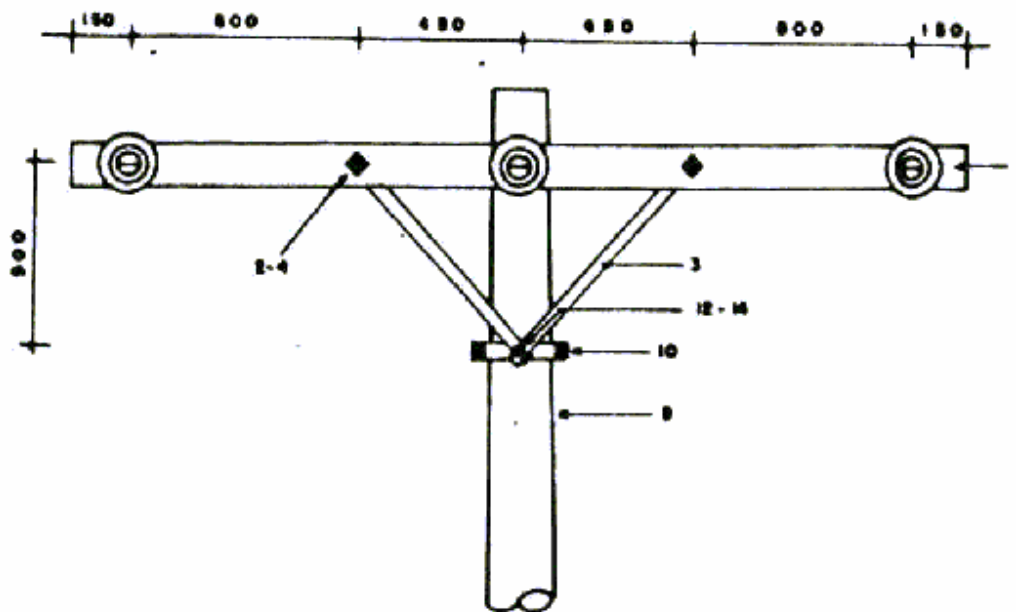


Figura 75 – Estrutura Tipo N3



Condutores
Nº AWG/MCM
1/0
4/0 e 336,4
477

Ângulo
40° a 60°
20° a 60°

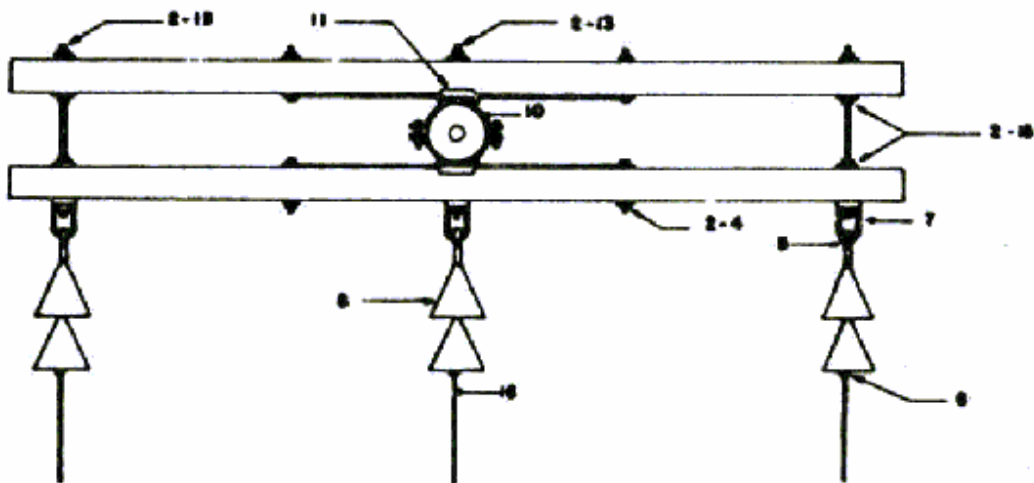


Figura 76 – Estrutura Tipo N4

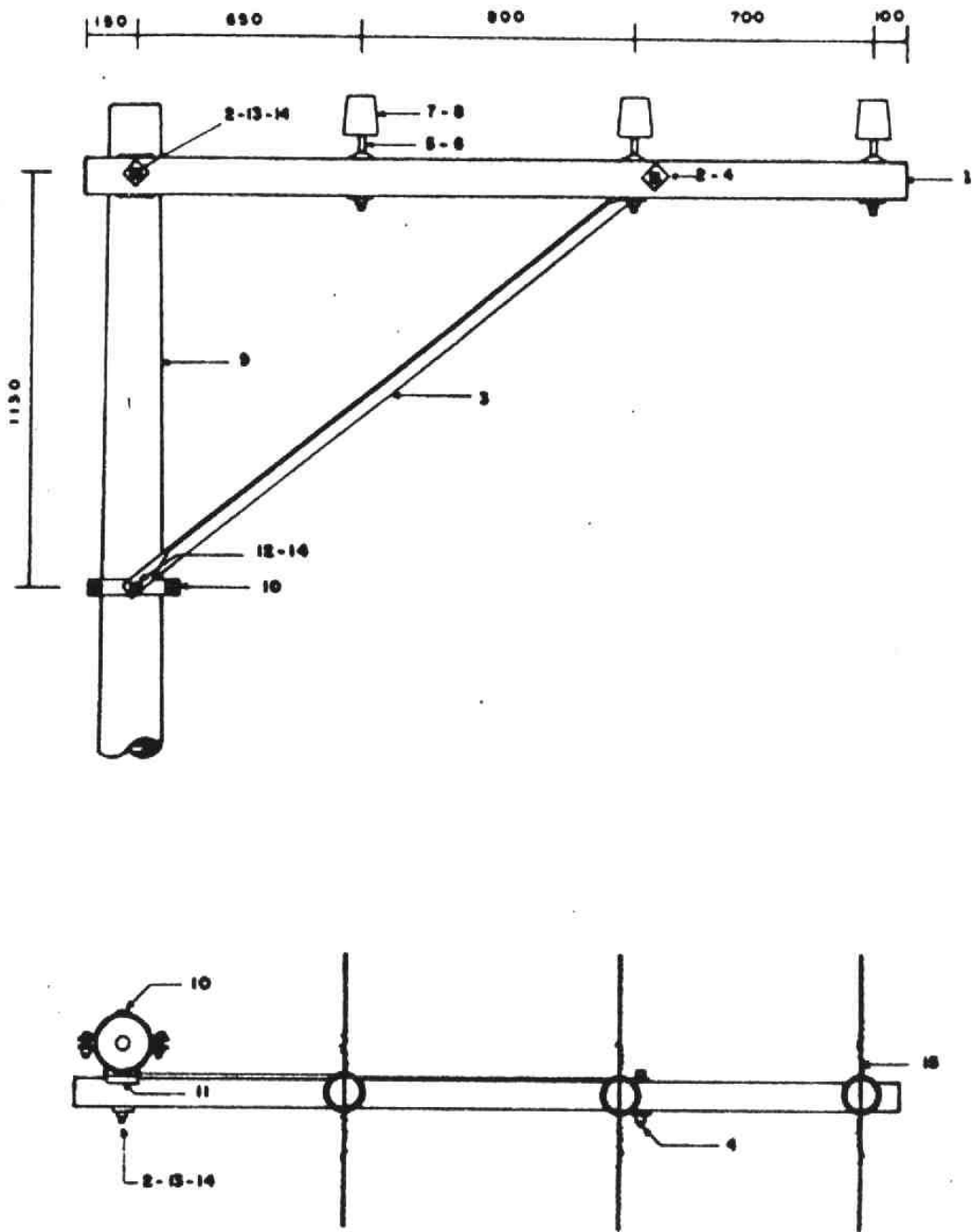


Figura 77 – Estrutura Tipo B1

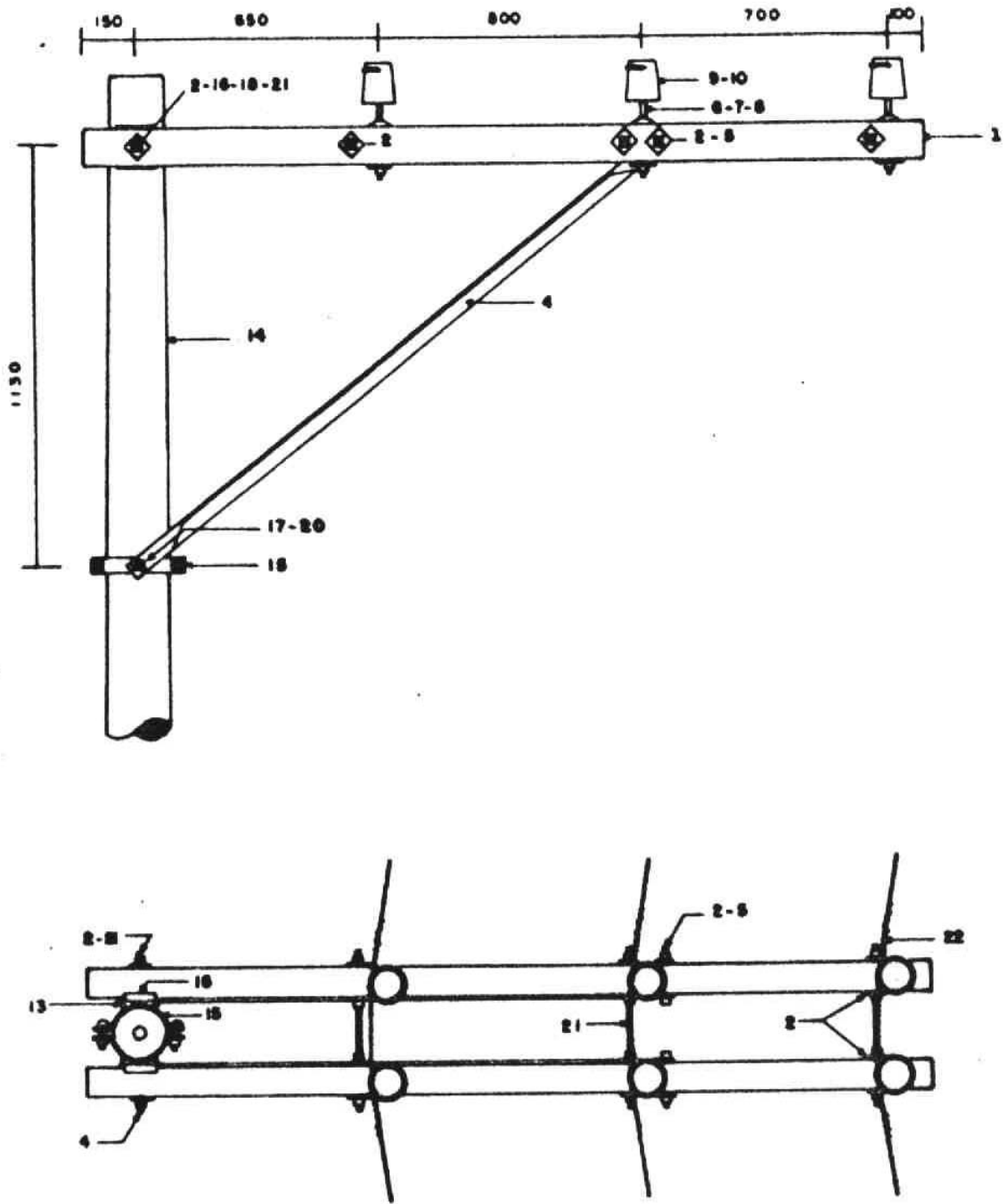


Figura 78 – Estrutura Tipo B2

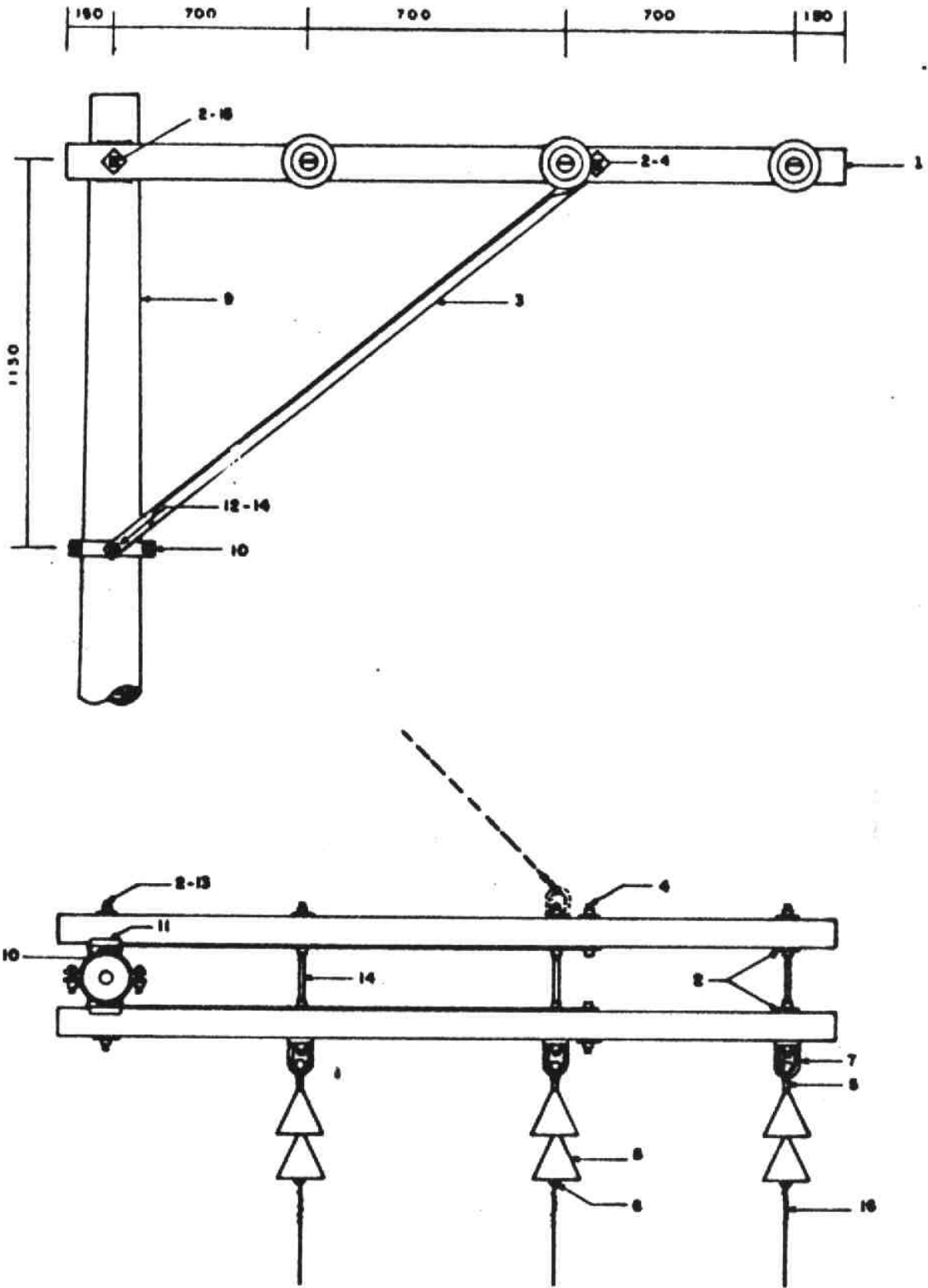


Figura 79 – Estrutura Tipo B3

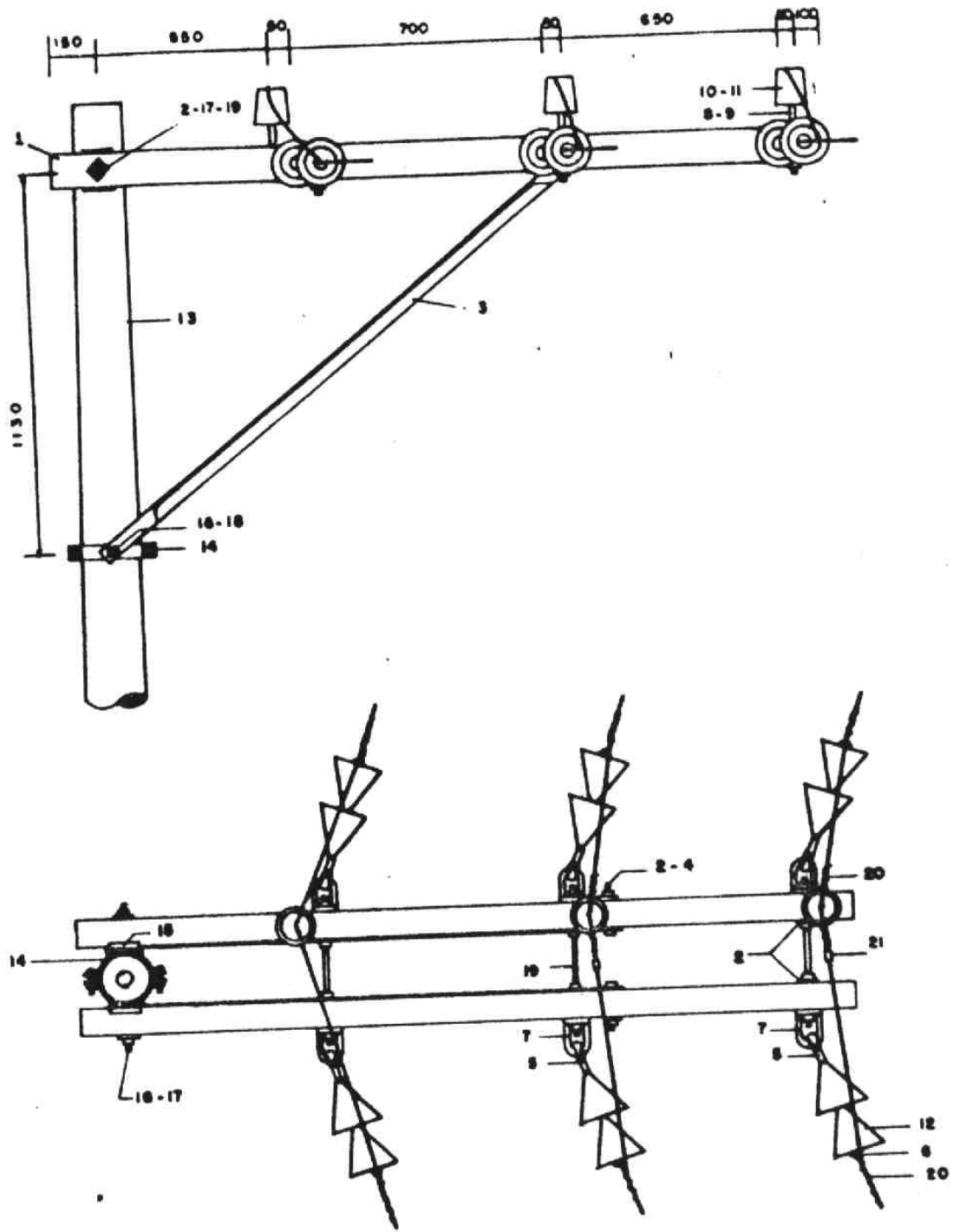


Figura 80 – Estrutura Tipo B4

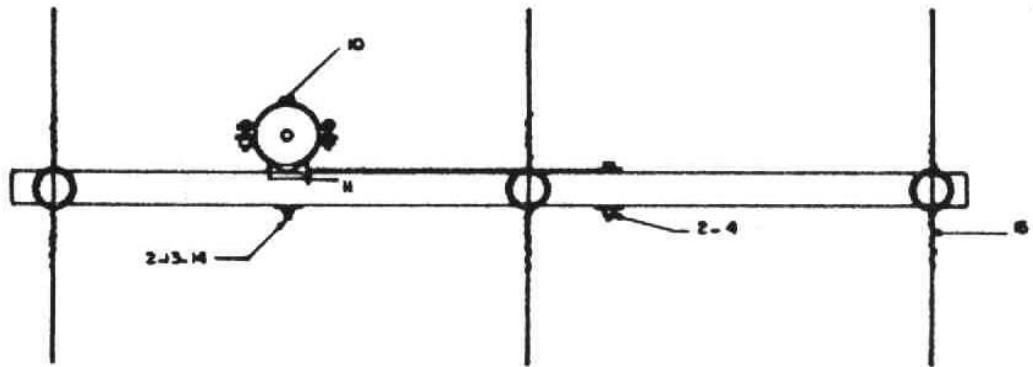
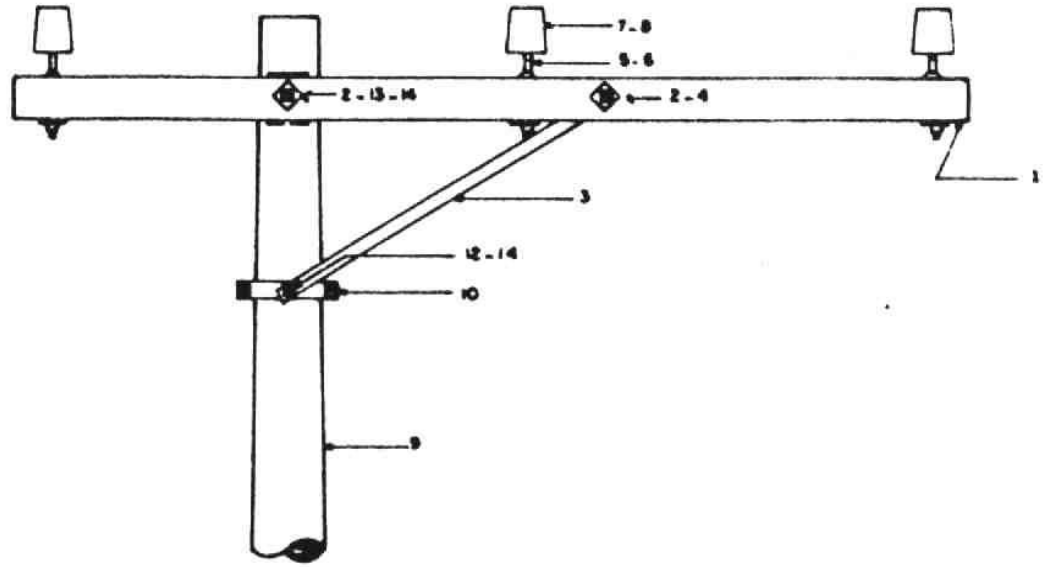


Figura 81 – Estrutura Tipo M1

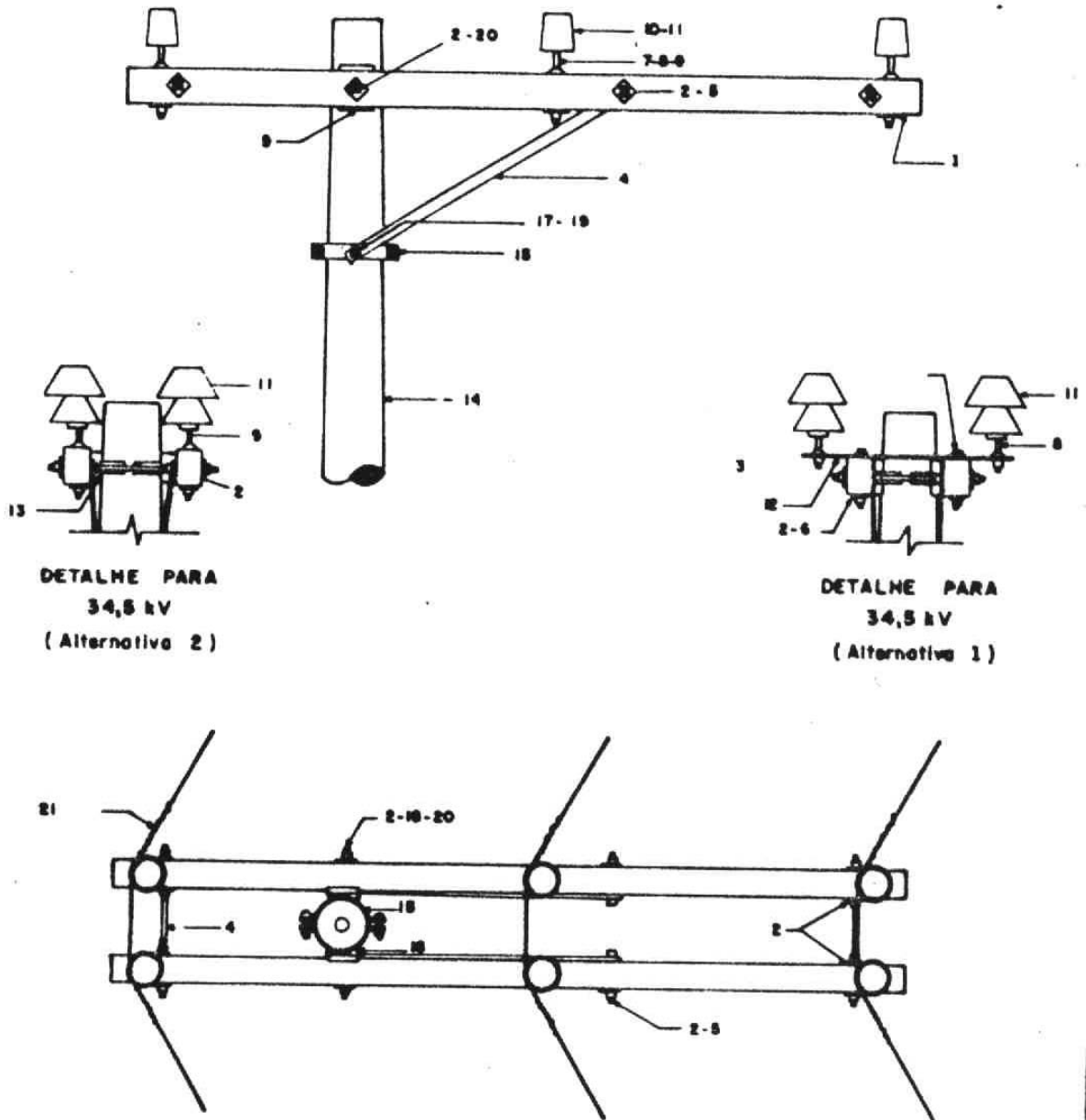


Figura 82 – Estrutura Tipo M2

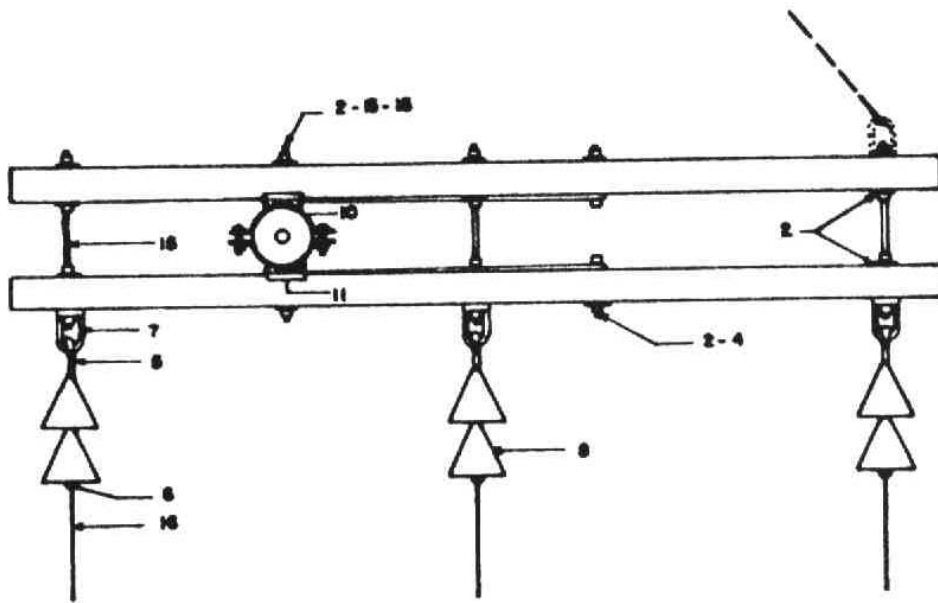
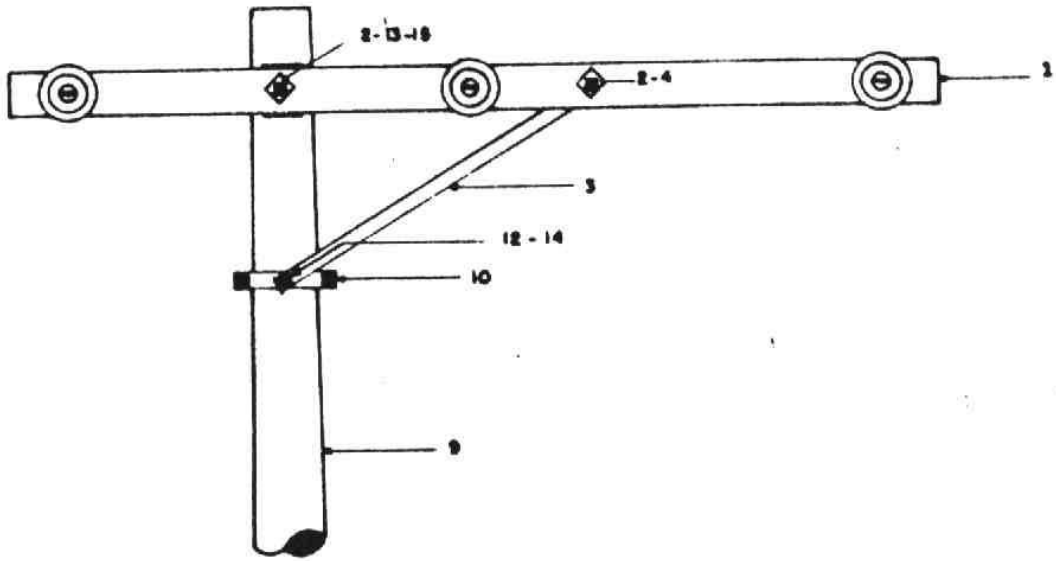


Figura 83 – Estrutura Tipo M3

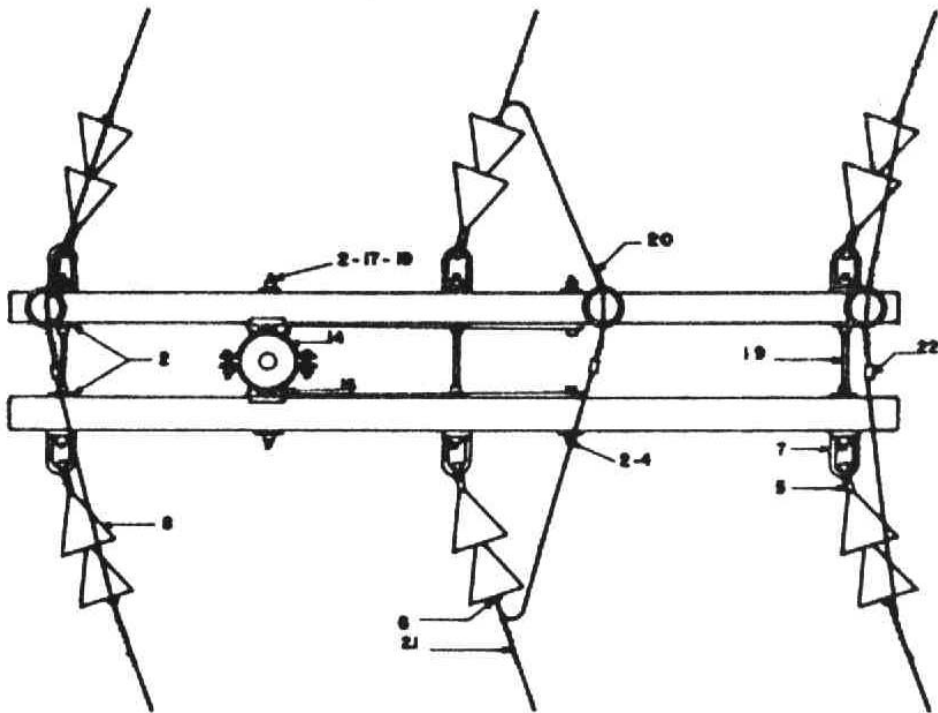
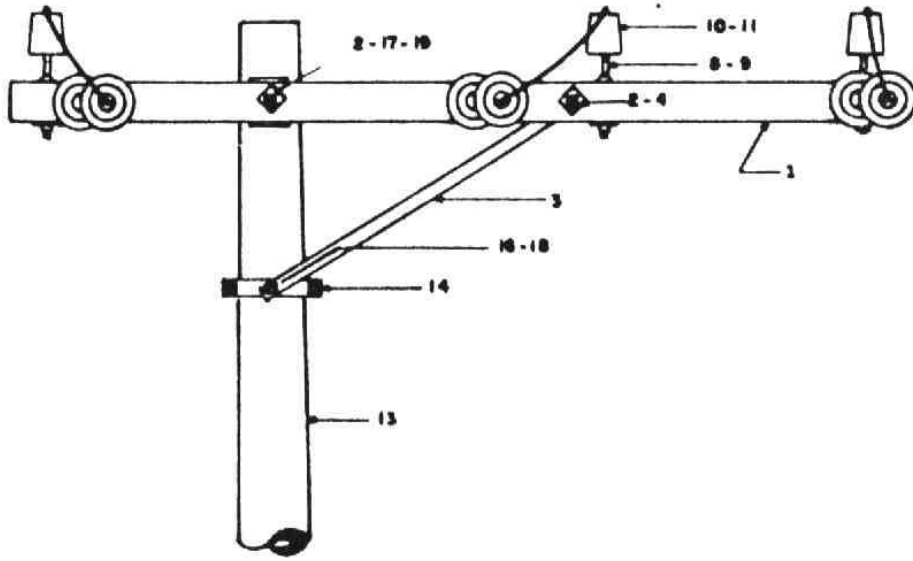


Figura 84 – Estrutura Tipo M4

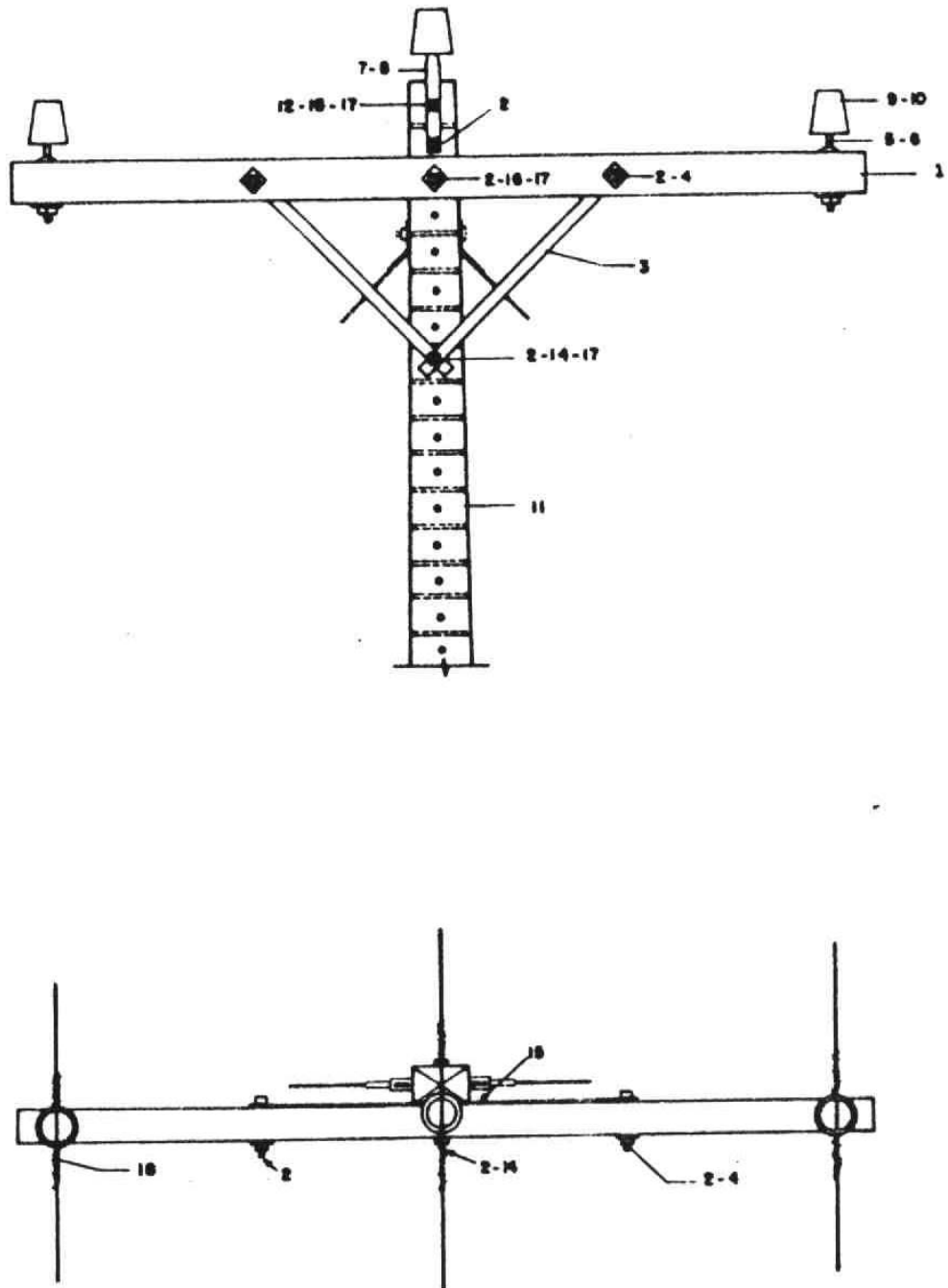


Figura 85 – Estrutura Tipo T1

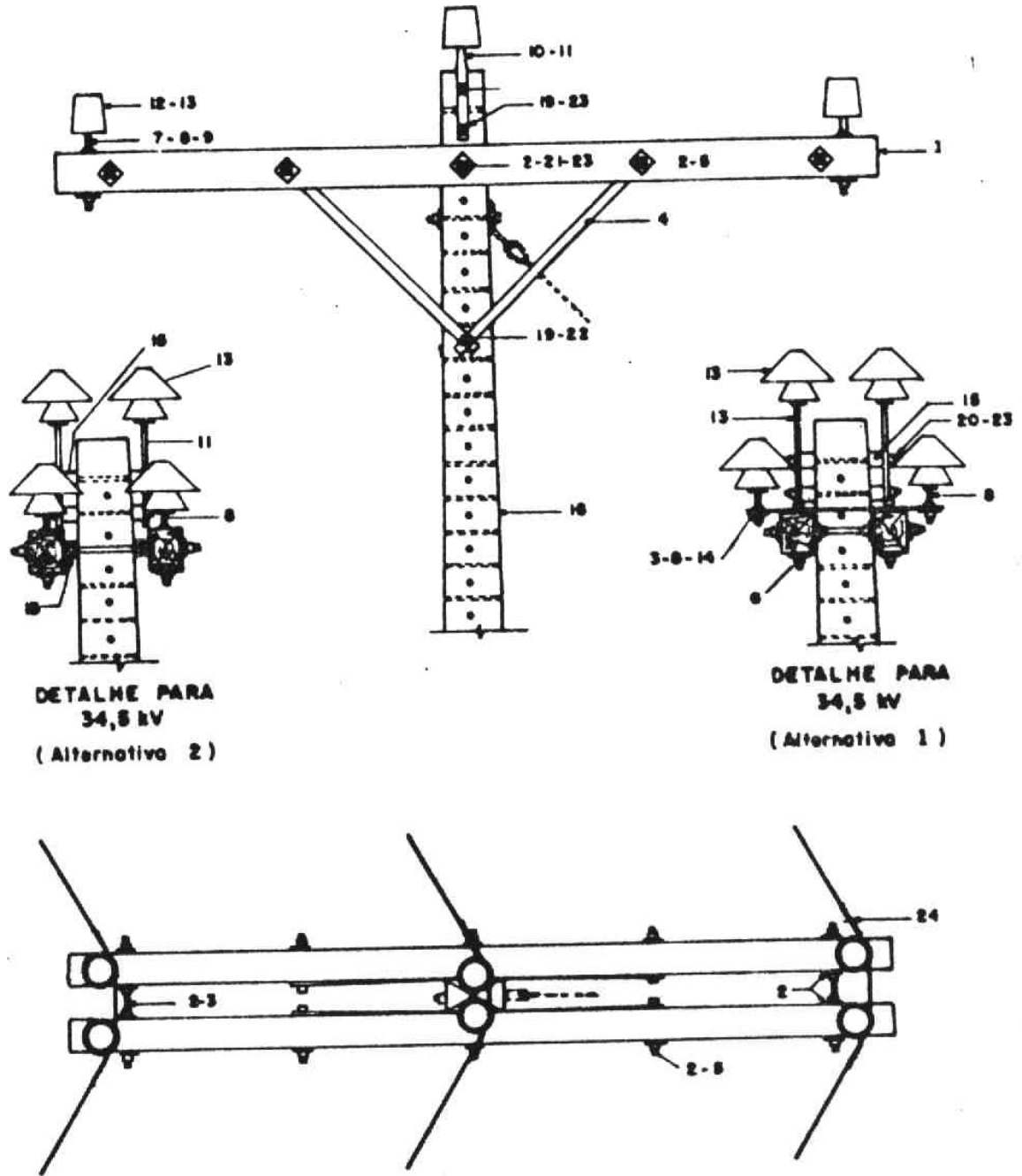


Figura 86 – Estrutura Tipo T2

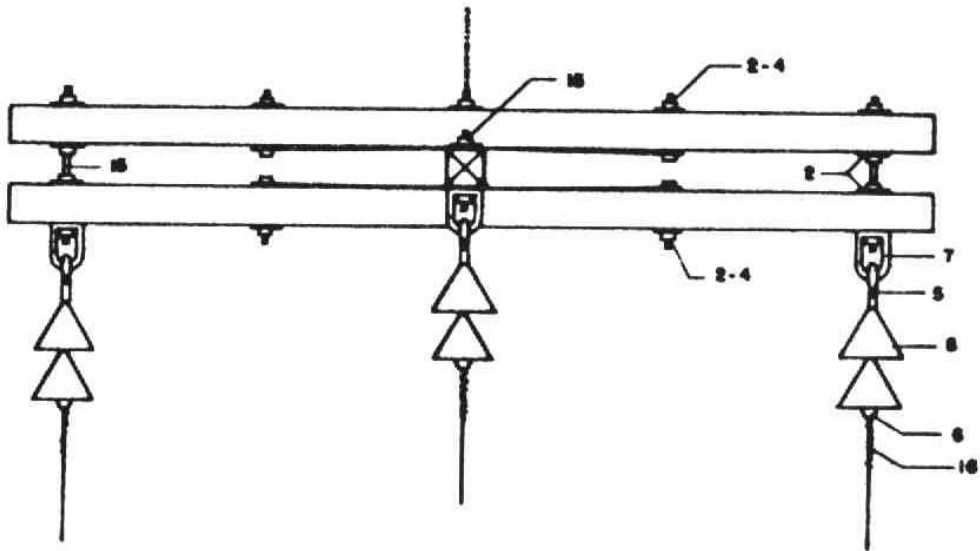
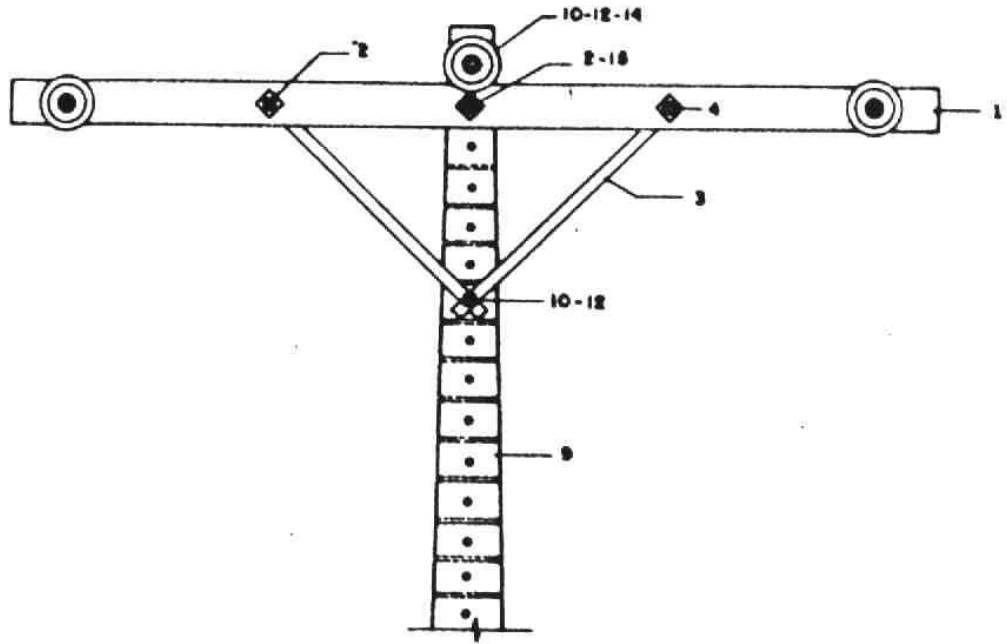


Figura 87 – Estrutura Tipo T3

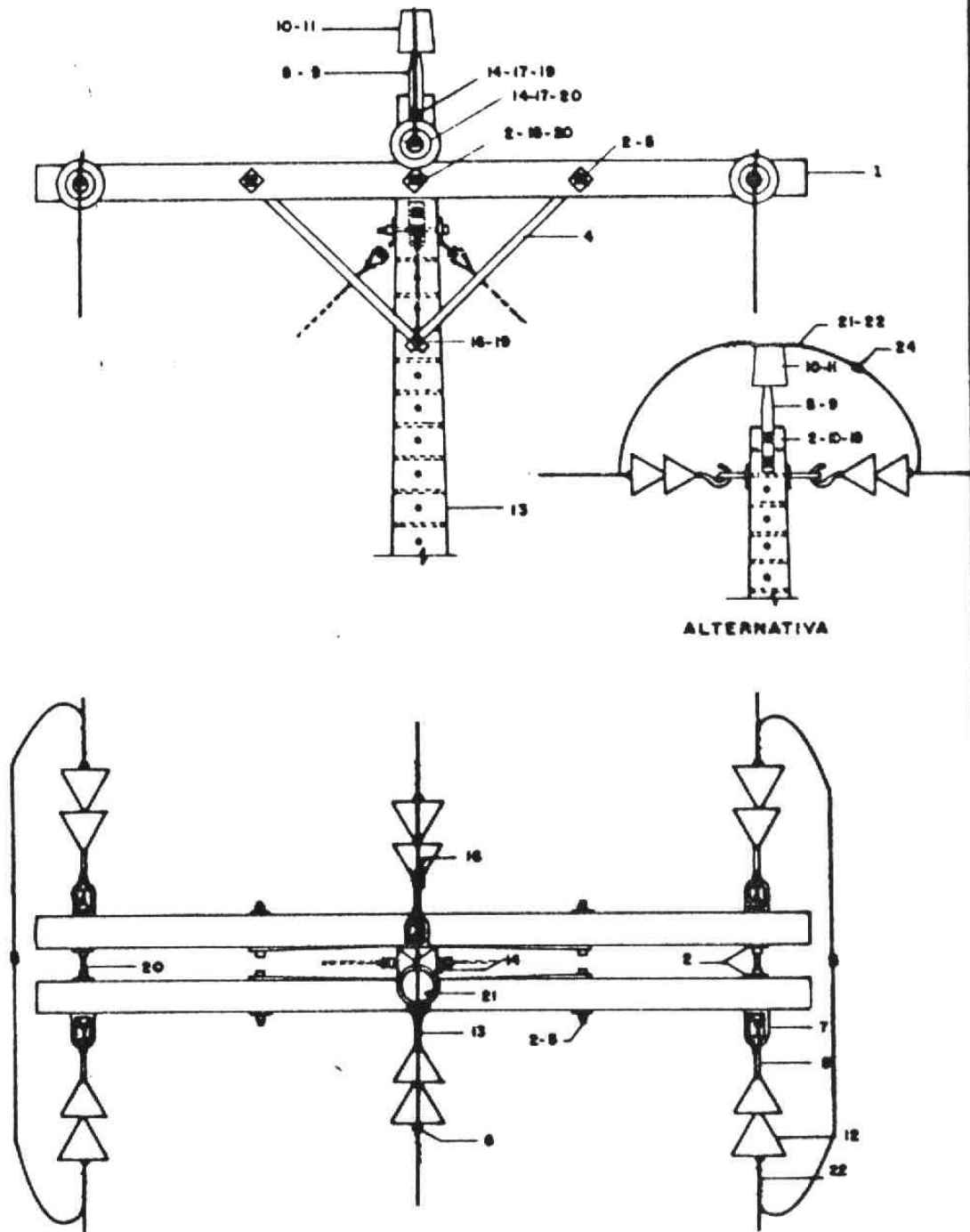


Figura 88 – Estrutura Tipo T4

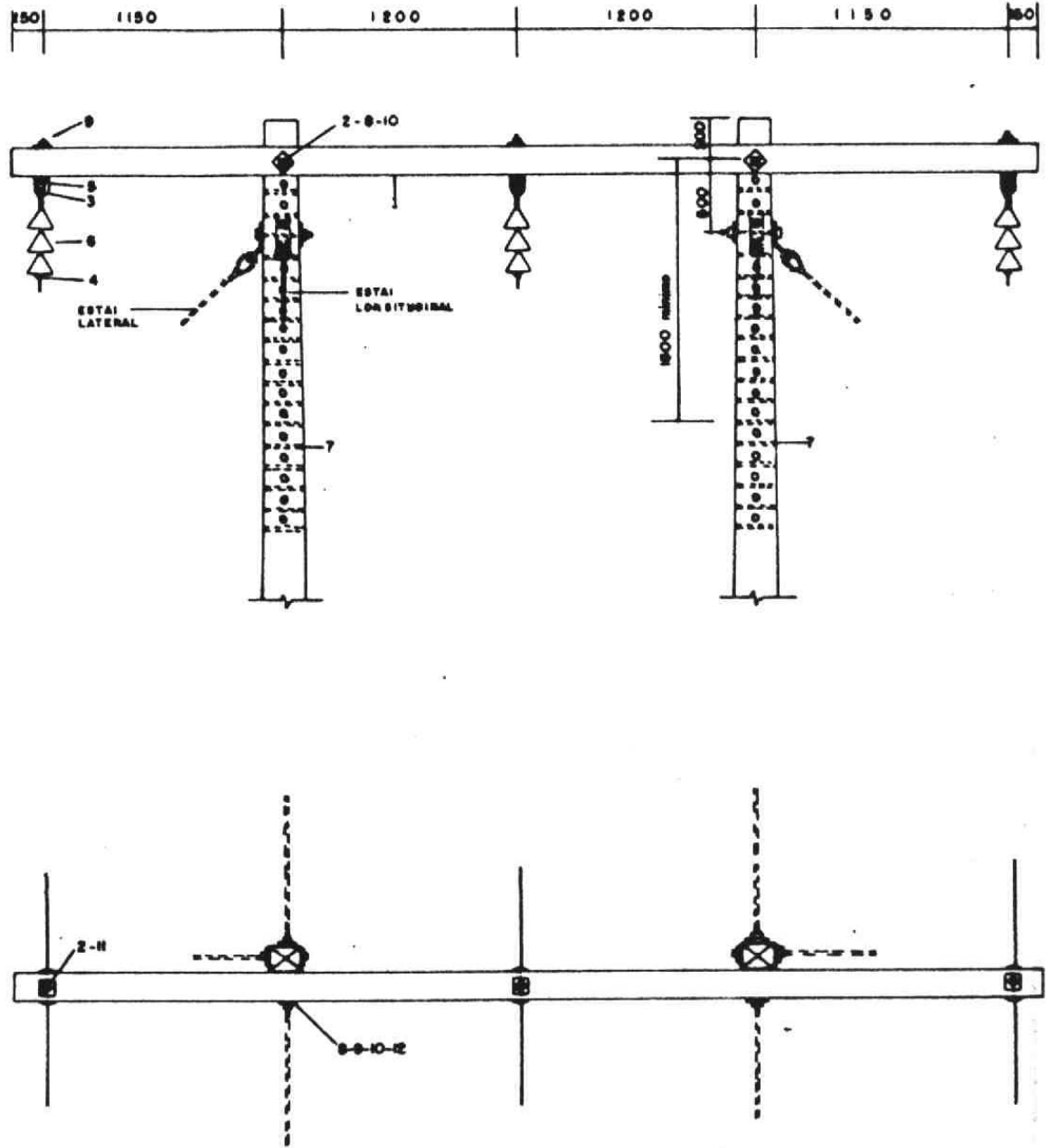


Figura 89 – Estrutura Tipo HS

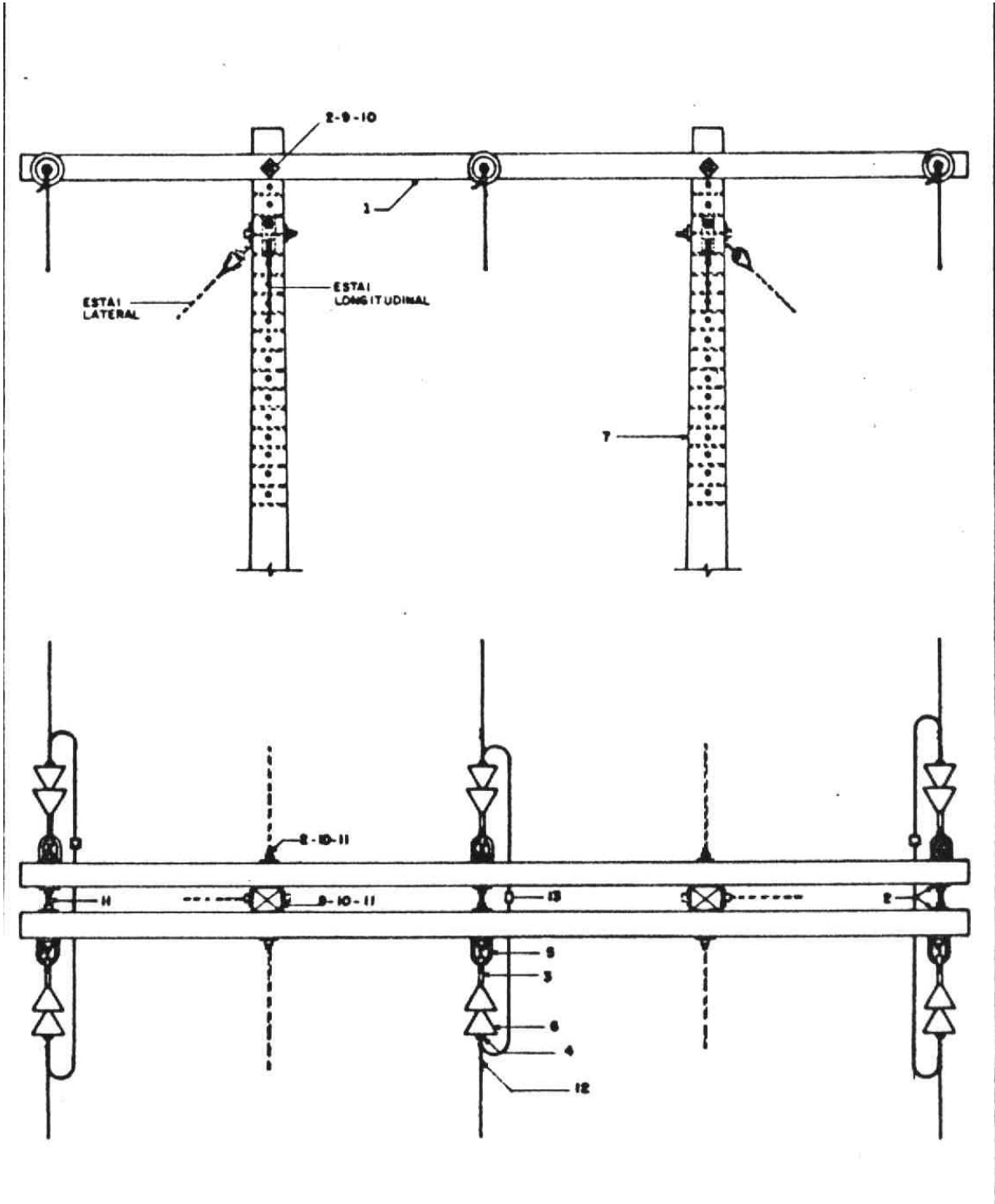


Figura 90 – Estrutura Tipo HT

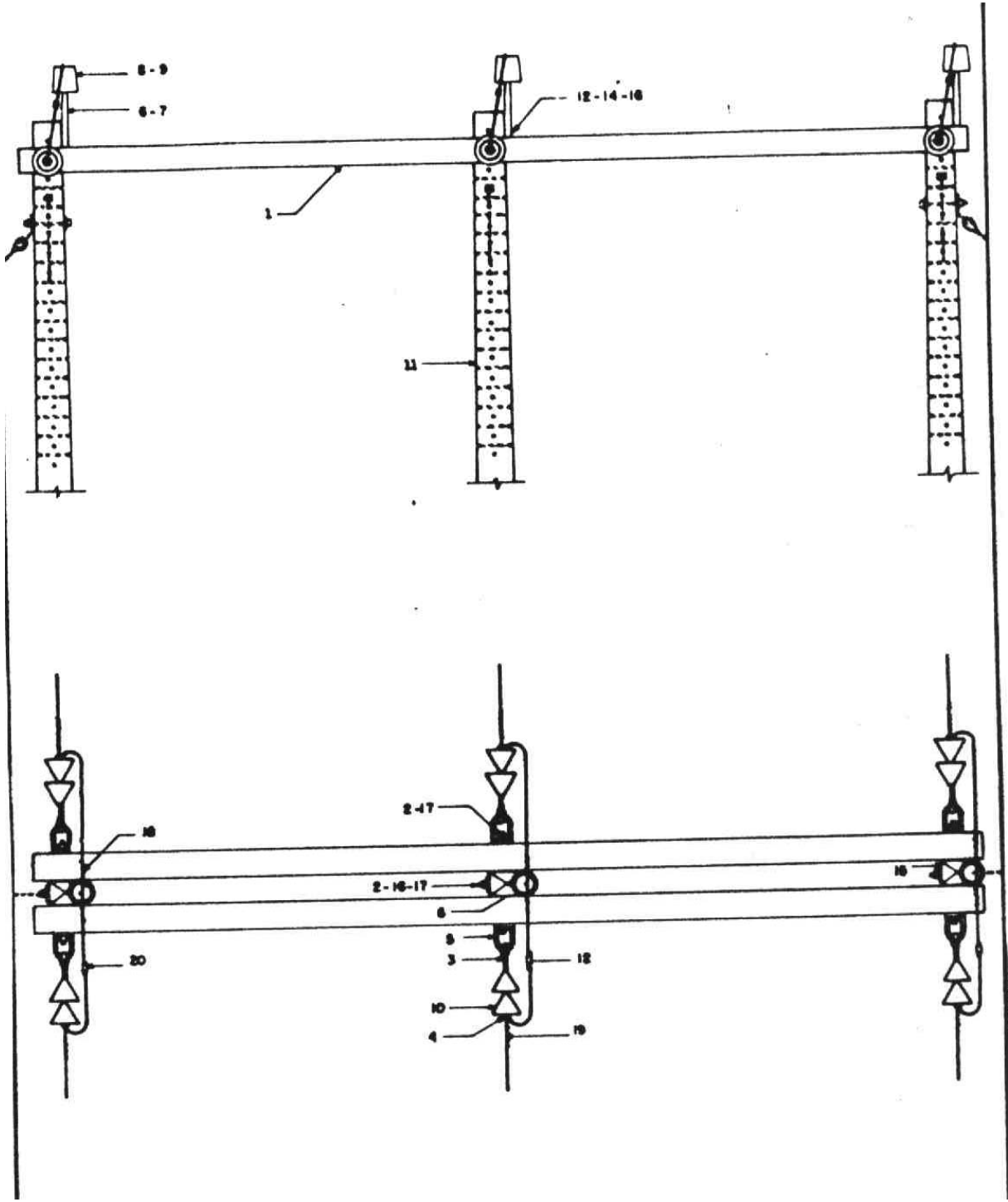


Figura 91 – Estrutura Tipo HTE

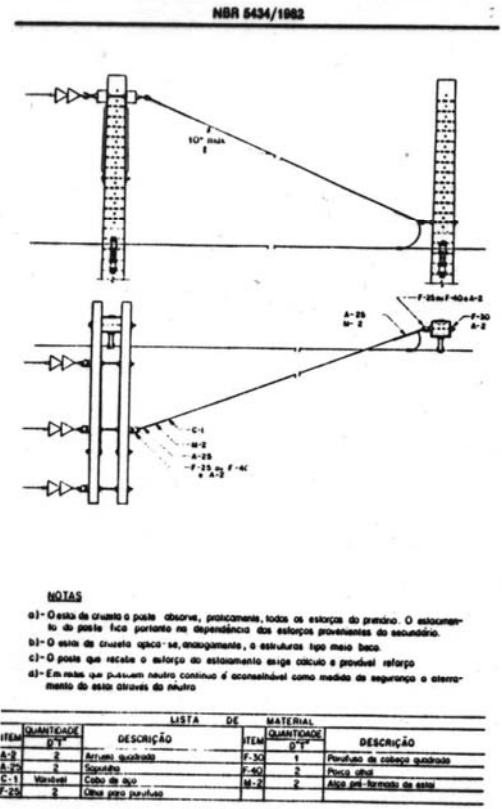
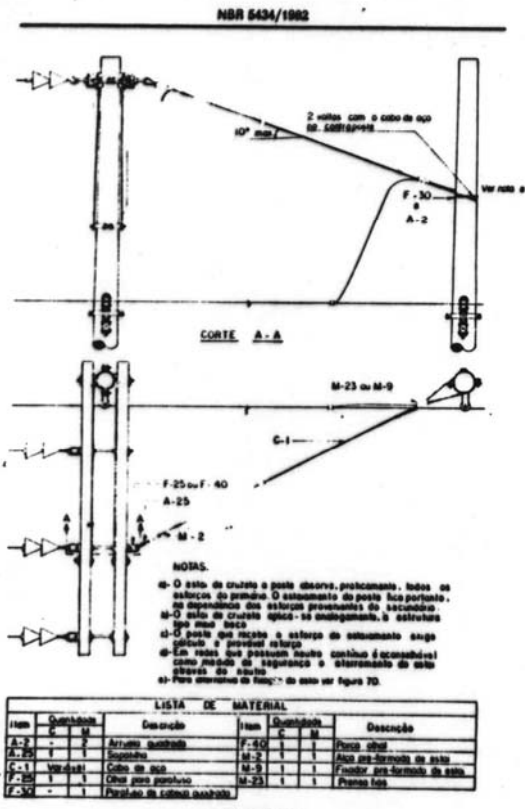
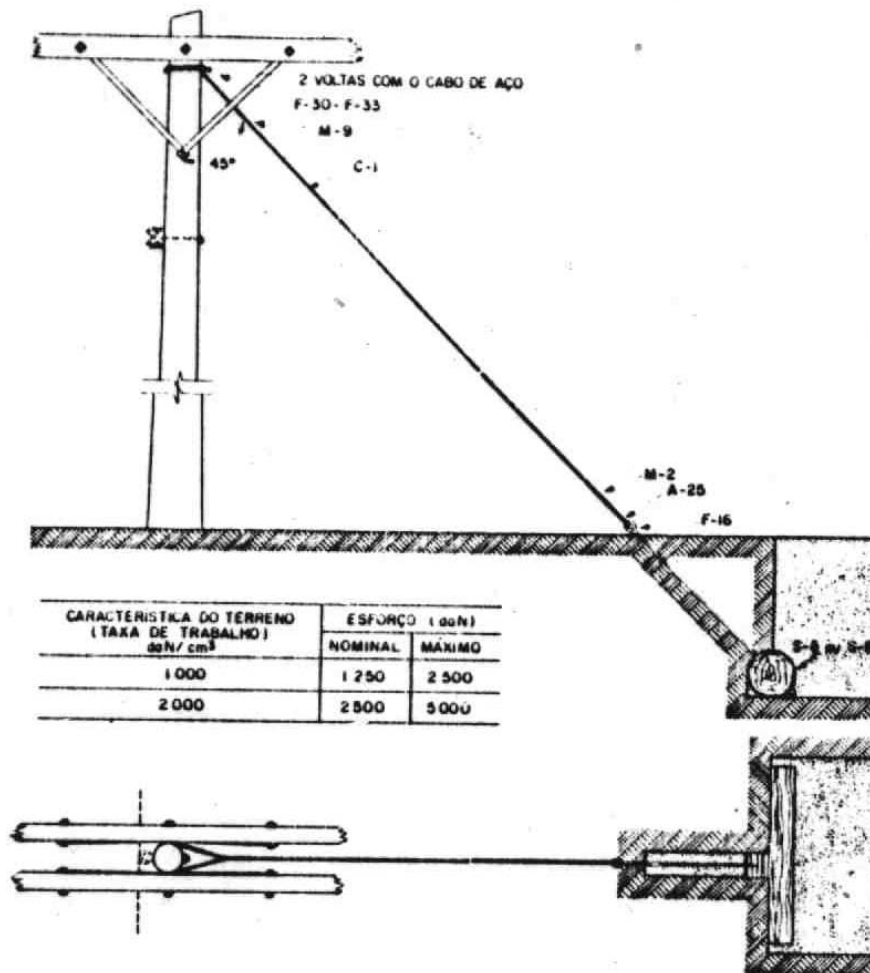


Figura 92 – Estaiamento

NBR 5433/1982

8 ESTAIAMENTO

8.1 O estaiamento das estruturas consta das Figuras 58 a 63.



NOTA

O desenho supõe terreno plano; em terrenos acidentados conservar constante o ângulo de 45°

LISTA DE MATERIAL

ITEM	QUANT	DESCRIÇÃO	ITEM	QUANT	DESCRIÇÃO
A-2	2	ARRUELA QUADRADA	F-33	1	PARAFUSO PARA MADEIRA
A-25	1	SAPATILHA	M-2	1	ALÇA PRE-FORMADA DE ESTAI
C-1	-	CABO DE AÇO	M-9	1	FIXADOR PRE-FORMADO DE ESTAI
F-16	1	HASTE DE ÂNCORA	S-5	1	PLACA DE CONCRETO
F-25	1	OLHAL PARA PARAFUSO	S-6	1	TORA DE MADEIRA
F-30	1	PARAFUSO DE CABEÇA QUADRADA			

ESTAIAMENTO

— Poste de madeira
Estai de âncora

Figura 93 – Estaiamento

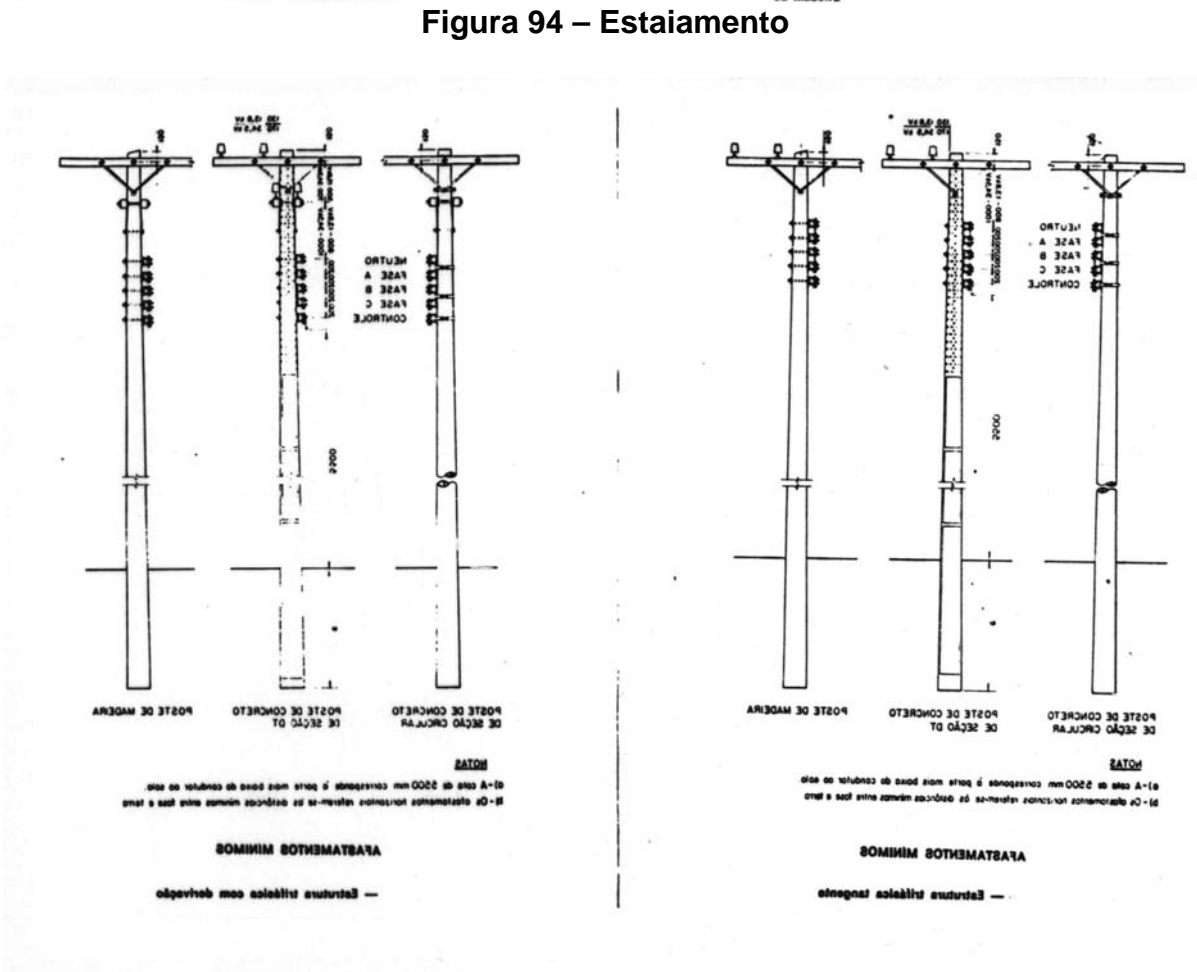
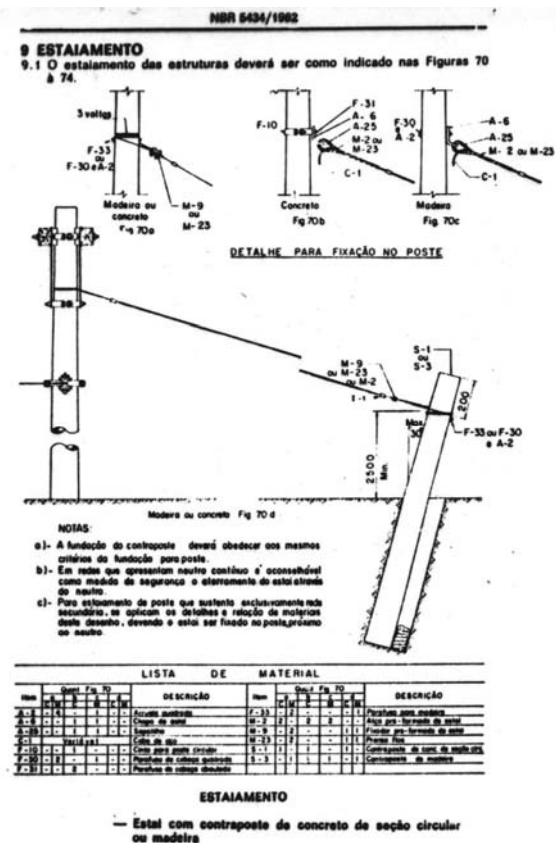
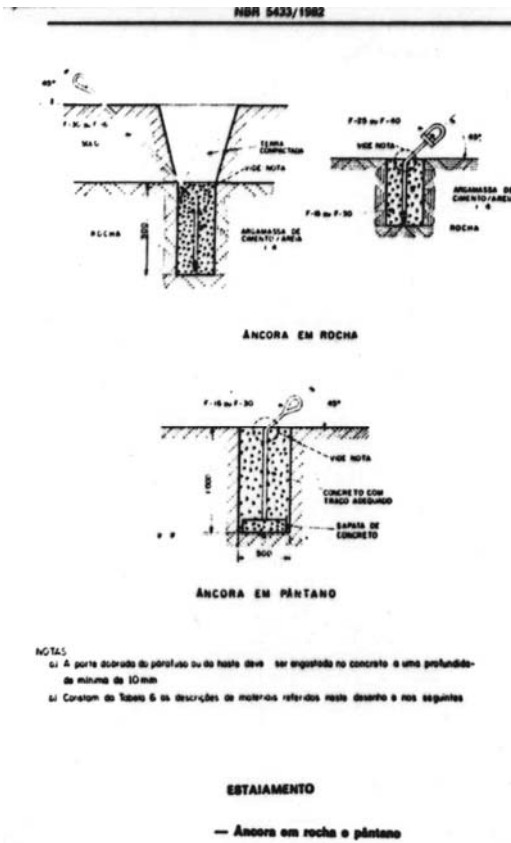


Figura 94 – Estaiamento

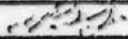
Figura 95 – Estrutura Primária e Secundária

Quadro 09 – Dimensões para Postes de Eucalipto

CÓDIGO	L (m)	Tipo	Resis- tência nominal R _n (daN)	FLECHA max. (mm.)	e (mm.)	DIMENSÕES (mm.)					
						DIAMETRO (mm.)			PERÍMETRO (mm.)		
						A 200 mm. do topo	D _a	Engas- tamento D _e	Topo A		Base B
						Min.	Max.	Min.	Min.	Max.	Min.
700849-3	8,5	L	150	425	1500	115	145	173	355	459	590
700851-9		M	300			146	178	201	452	562	708
700850-1		P	600			179	219	241	556	691	803
700852-7		XP	1000			220	270	291	685	851	959
700832-9	9	L	150	450	1500	115	145	181	355	459	616
700838-6		M	300			146	178	210	452	562	738
700844-4		P	600			179	219	251	556	691	836
700356-8		XP	1000			220	270	297	685	851	980
700833-7	10	L	150	500	1600	115	145	196	355	459	666
700839-4		M	300			146	178	228	452	562	767
700845-1		P	600			179	219	268	556	691	892
700853-5		XP	1000			220	270	309	685	851	1021
700834-5	10,5	L	150	525	1650	115	145	203	355	459	690
700840-2		M	300			146	178	236	452	562	793
700846-9		P	600			179	219	278	556	691	925
700854-3		XP	1000			220	270	314	685	851	1038
700835-2	11	L	150	550	1700	115	145	211	355	459	716
700841-0		M	300			146	178	245	452	562	823
700847-7		P	600			179	219	288	556	691	958
700855-0		XP	1000			220	270	320	685	851	1059

TIPOS :
L - Leve
M - Médio
P - Pesado
XP - Extra pesado

(*)-VALORES APROXIMADOS, SOMENTE PARA O POSTE DE 8,5 m.

APROV:  DATA: 30.11.81 REV: 28.02.85

Quadro 10 – Dimensões Mínimas para Postes de Aroeira

CÓDIGO	L (m)	TIPO	RESISTÊNCIA A 20 CM DO TOPO	FLECHA MÁX. (mm)	DIMENSÕES (mm)				
					ø mm	DIÂMETRO MÍNIMO		PERÍMETRO MÍNIMO	
						ø A	ø B	ENGASTAMENTO	A 20 CM DO TOPO
700814-7	8,5	L	150	425	1500	101	181	569	317
700813-9		M	300			138	206	648	434
700815-4		P	600			172	240	755	540
700816-2	9	L	150	450	1500	104	187	588	327
700806-3		M	300			142	213	670	447
700817-0		P	600			177	248	780	556
700818-8	10	L	150	500	1600	106	202	635	333
700807-1		M	300			146	228	716	459
700819-6		P	600			182	266	836	572
700820-4	10,5	L	150	525	1650	105	209	657	330
700611-3		M	300			147	235	738	462
700821-2		P	600			184	275	864	578
700822-0	11	L	150	550	1700	108	215	676	340
700808-9		M	300			151	242	760	475
700823-8		P	600			189	283	889	594
700809-7	12	M	300	600	1800	156	256	804	491
700824-6		P	600			196	300	942	616

LEGENDA

L - Leve
M - Médio
P - Pesado

(*) - Valores aproximados, somente para postes de 8,5 m.

APROV: *[assinatura]* DATA: 30.11.81 REV: 28.02.85

Quadro 11 – Características dos Postes de Concreto Armado (Seção Circular)

Seção Circular

CÓDIGO	Comprimento Nominal L ± 0,05(m)	TIPO	RESISTÊNCIA NOMINAL Rn (daN)	MOMENTO FLETOR NOMINAL NO PLANO DE APLICAÇÃO DE Rn mínimo MA (daN x m)	Massa Aproximada (Kg)	DIMENSÕES (mm)					
						ø A ± 5	ø B ± 5		F ± 5	J ± 15	e ± 15
							*	**			
700033-4	8,5	C-14	150	146	580	140	320	275	573	950	1500
700027-7		C-17	300	391	730	170	350	305			
700026-9		C-19	600	822	870	190	370	325			
700020-1	9	C-14	150	143	630	140	320	275	750	1000	1500
700019-3		C-17	300	387	740	170	350	305			
700022-7		C-19	600	813	910	190	370	325			
700032-6	10	C-14	150	138	750	140	340	290	975	1100	1600
700034-2		C-17	300	379	880	170	370	320			
700037-5		C-19	600	797	1090	190	390	340			
700041-7		C-23	1000	1753	1270	230	430	380			
700028-4	10,5	C-14	150	135	800	140	350	297	1475	1150	1650
700029-2		C-17	300	375	890	170	380	485			
700030-0		C-19	600	788	1130	190	400	347			
700031-8		C-23	1000	1746	1370	230	440	387			
700045-6	11	C-14	200	177	870	140	360	305	1875	1200	1700
700046-6		C-17	300	370	990	170	390	335			
700049-0		C-19	600	880	1260	190	410	355			
700053-2		C-23	1000	1930	1520	230	450	395			
700025-1	12	C-17	300	361	1130	170	410	350	2775	1300	1800
700061-5		C-19	600	880	1440	190	430	370			
700065-6		C-23	1000	1930	1770	230	470	410			

Notas: a) * - conicidade 20 mm / m.
 ** - conicidade 15 mm / m.
 b) as massas são aproximadas e não possuem sentido normativo, não devendo ser exigida a sua observância, inclusive na inspeção.
 c) *** - valores mínimos para distância do plano de aplicação de Rn ao topo do poste igual a 100 mm.
 d) valores aproximados, para postes de 8,5 m.

Quadro 12 – Características dos Postes de Concreto Armado (Seção Duplo T)

CÓDIGO	Comprimento nominal L ± 0,05 (m.)	TIPO	RESISTÊNCIA NOMINAL Rn (daN)		MOMENTO FLETOR NOMINAL NO PLANO DE APLICAÇÃO DE Rn mínimo MA (daN x m)*		MASSA APROX. (Kg)	DIMENSÕES (mm)								
			Face A	Face B	Face A	Face B		FACE A		FACE B						
								TOPO a ± 5	BASE A ± 5	TOPO b ± 5	BASE B ± 5					
700067-2	8,5	D	75	150	121	161	435	120	256	100	185	575	950	1500	1525	2000
700072-4		B	150	300	132	185	675	140	378	110	280					
700076-3			300	600	264	371	675									
700337-9	9	D	75	150	119	164	470	120	264	100	190	750	1000	1500	1525	2000
700312-2		B	150	300	129	160	750	140	392	110	290					
700313-0			300	600	258	360	750									
700344-5	10	D	75	150	117	158	550	120	280	100	200	975	1100	1600	3025	3000
700346-0		B	150	300	123	169	900	140	420	110	310					
700349-4			300	600	245	338	900									
700353-6	10,5	B-1,5	500	1000	663	911	1150	182	462	140	340	1475	1150	1650	3025	3000
700358-5		D	75	150	115	155	600	120	288	100	205					
700308-0		B	150	300	120	164	980	140	434	110	320					
700309-8			300	600	239	327	980									
700310-6	B-1,5	500	1000	652	890	1240	182	476	140	350						
700367-6	11	D	100	200	117	159	720	120	296	100	210	1875	1200	1700	3025	4500
700368-4		B	150	300	159	203	1050	140	448	110	330					
700371-8			300	600	234	317	1050									
700375-9	B-1,5	500	1000	640	869	1330	182	490	140	360						
700390-8	12	B	150	300	111	149	1210	140	476	110	350	2775	1300	1800	3025	4500
700393-2			300	600	222	298	1210									
700397-3		B-1,5	500	1000	618	829	1520	182	518	140	380					

NOTAS: a) - As massas são aproximadas e não possuem sentido normativo, não havendo ser exigida a sua observância, inclusive na inspeção.
 b)* - Valores mínimos para distância do plano de aplicação de Rn ao topo do poste: Face A - cavada = 100 mm. Face B - cavada = 100 mm.
 c) - Os valores de MA da face A foram obtidos experimentalmente.
 d) - Valores aproximados para postes de 8,5 m.

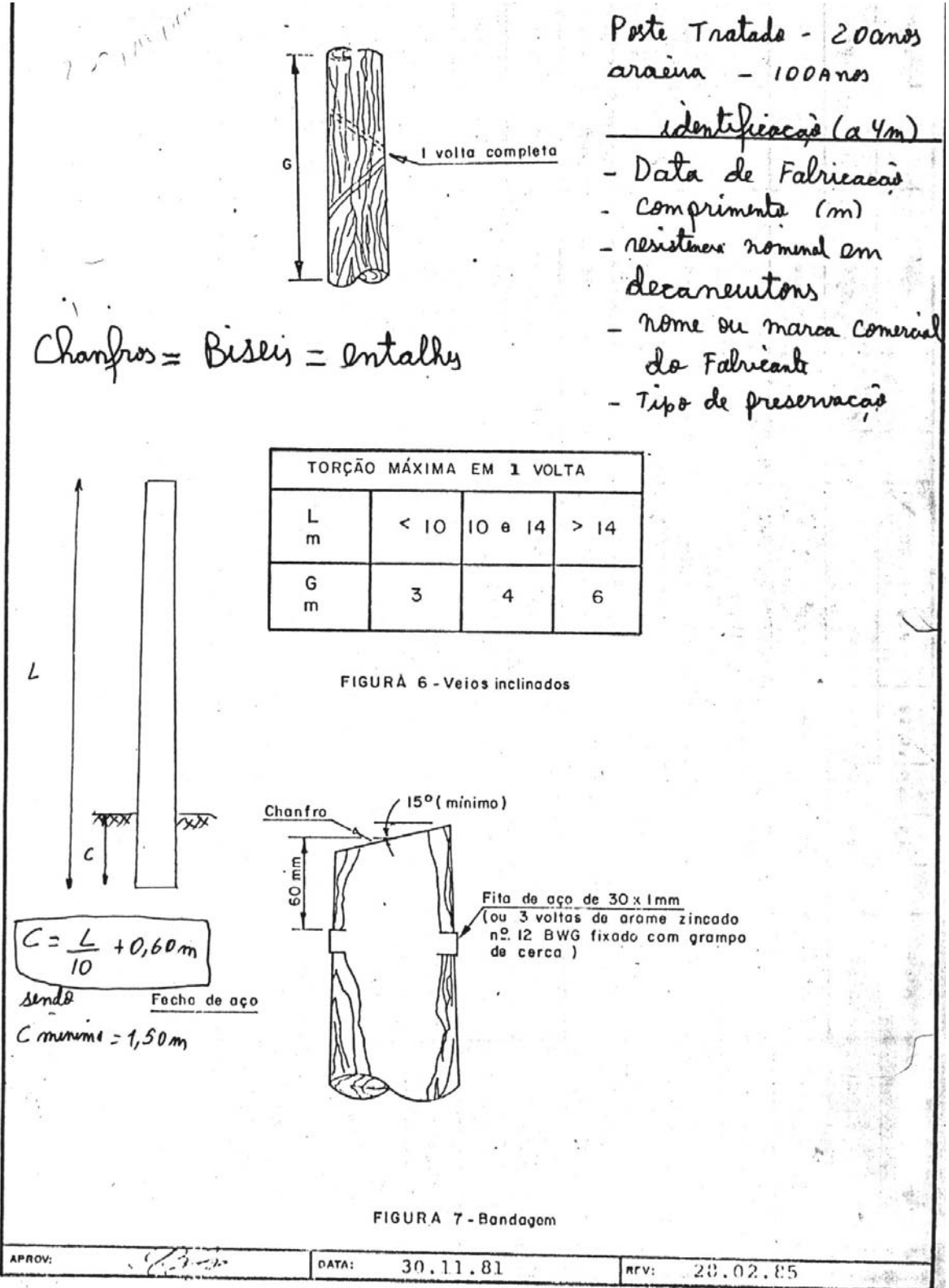


Figura 96 – Especificação de Postes para Redes Aéreas de Distribuição

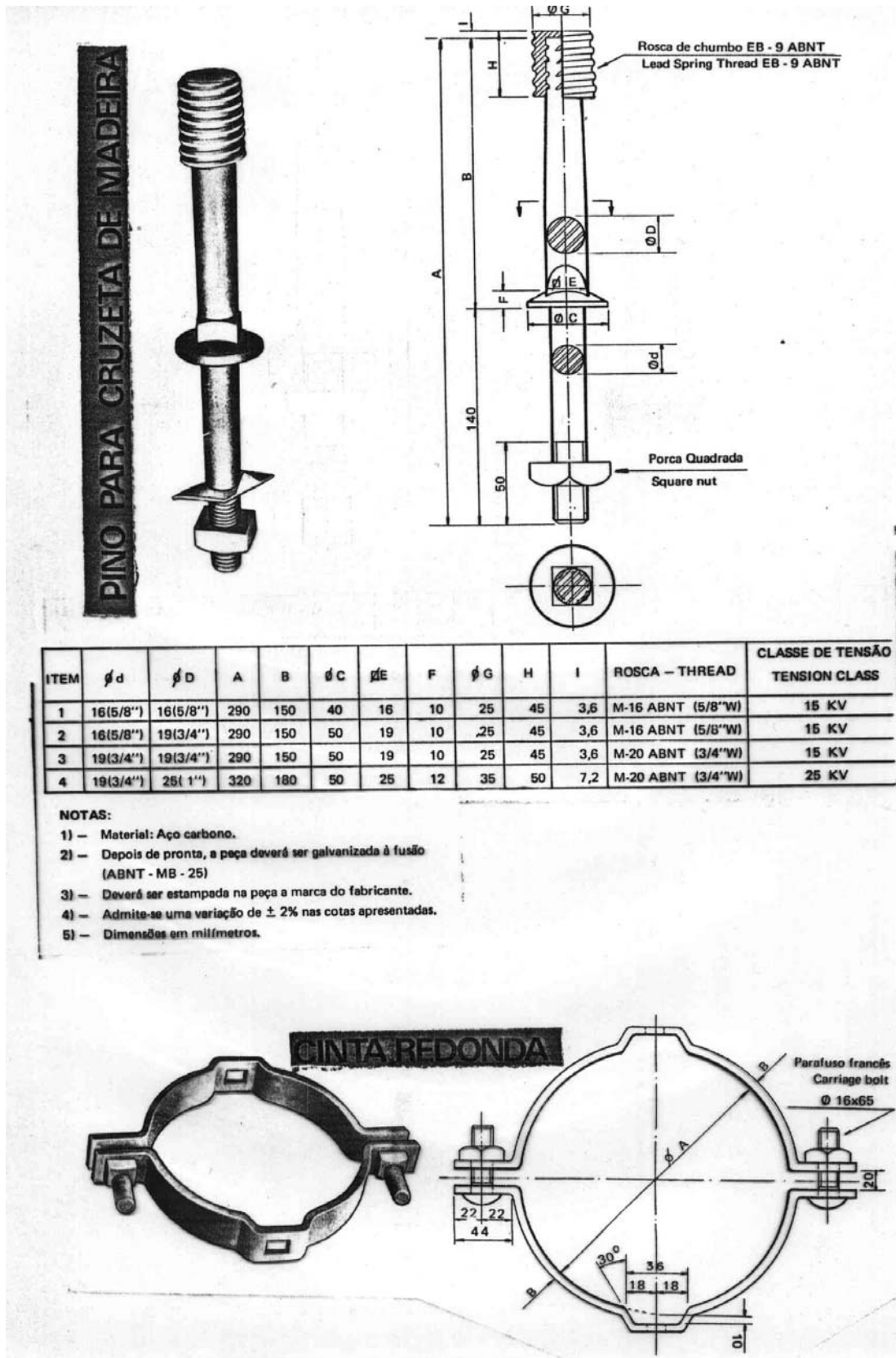


Figura 97 – Dimensões para Cruzeta de Madeira e Cinta Redonda

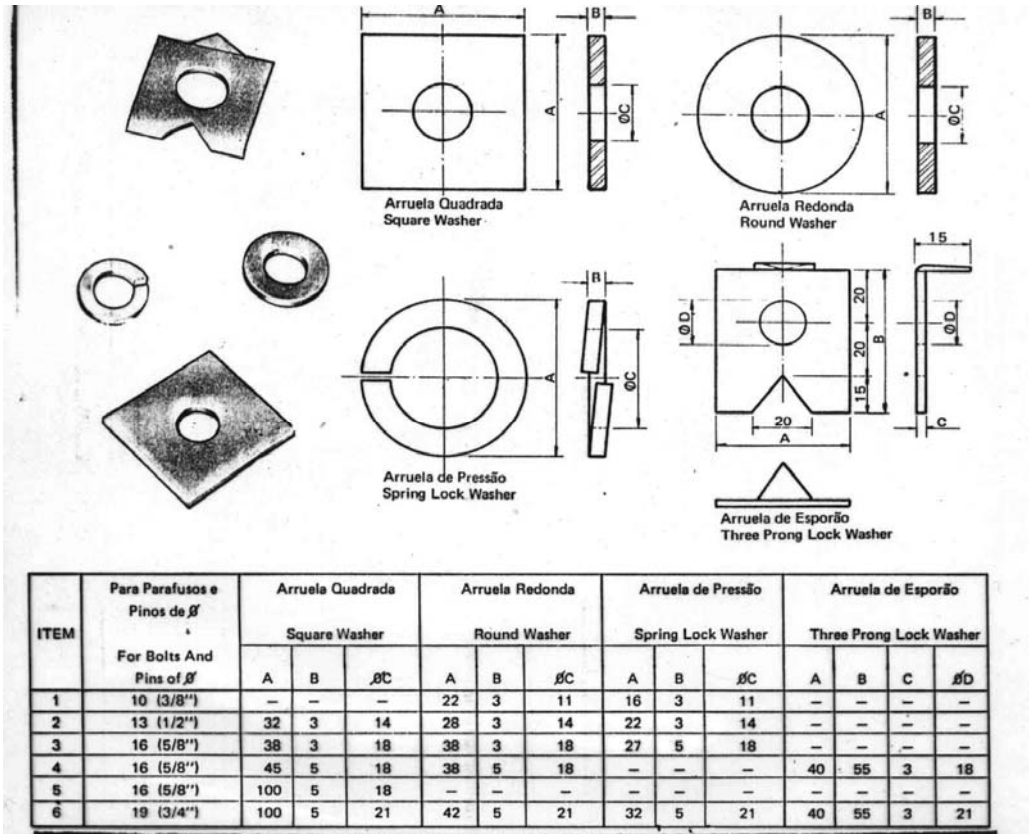


Figura 98 – Dimensões de Arruelas

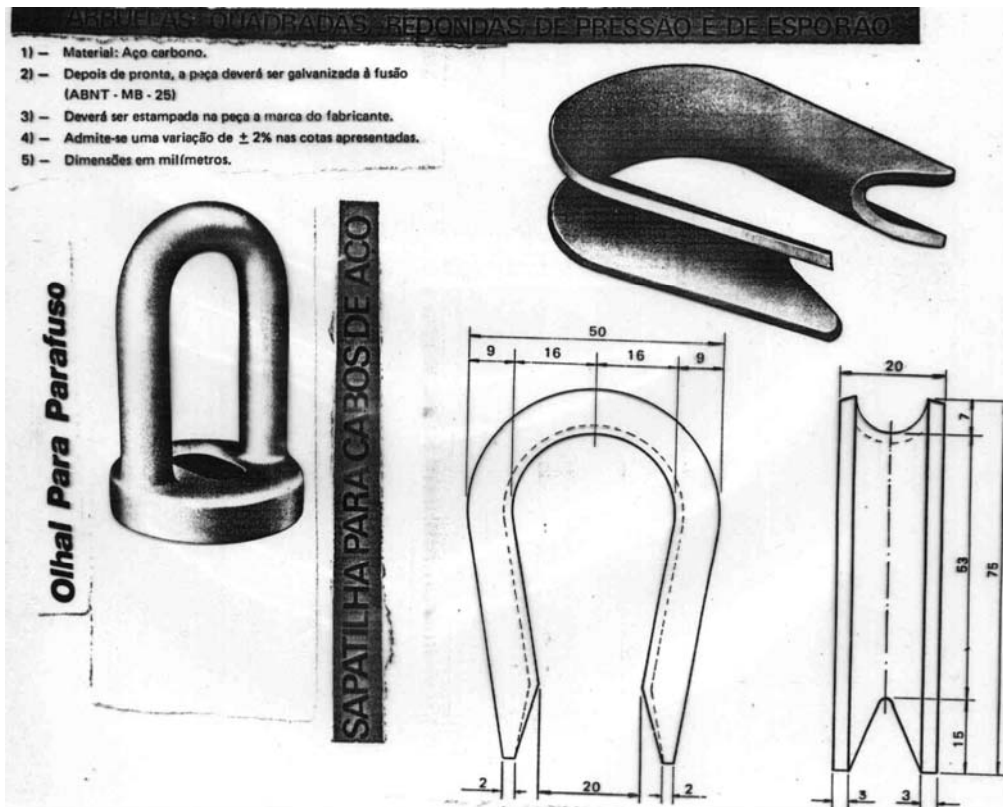


Figura 99 – Dimensões de Sapatilha para Cabos de Aço

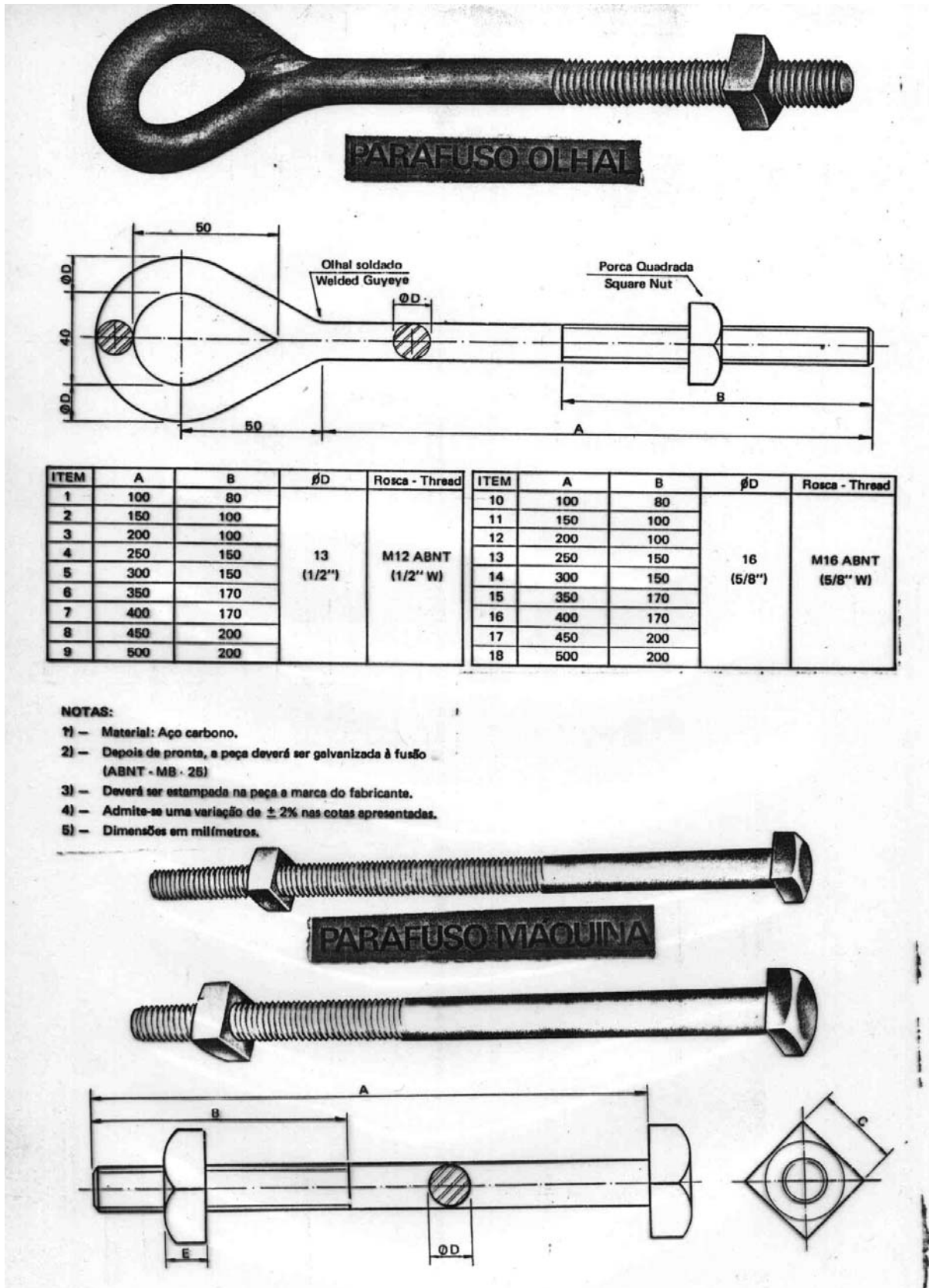


Figura 100 – Dimensões de Parafuso Olhal e Máquina

ITEM	A	B	ØD	C	E	Rosca - Thread	ITEM	A	B	ØD	C	E	Rosca - Thread
1	100	60	13 (1/2")	19 ±0,4	10 ±0,4	M12 ABN (1/2" W)	10	300	220	16 (5/8")	24 ±0,4	13 ±0,6	M16 ABNT (5/8" W)
2	125	80					11	350	270				
3	150	80					12	400	320				
4	200	120					13	450	370				
5	250	170					14	500	420				
6	300	220					15	550	470				
7	150	60					16	600	520				
8	200	120					17	650	570				
							18	700	620				

Figura 101 – Tabela de Dimensões do Parafuso de Máquina

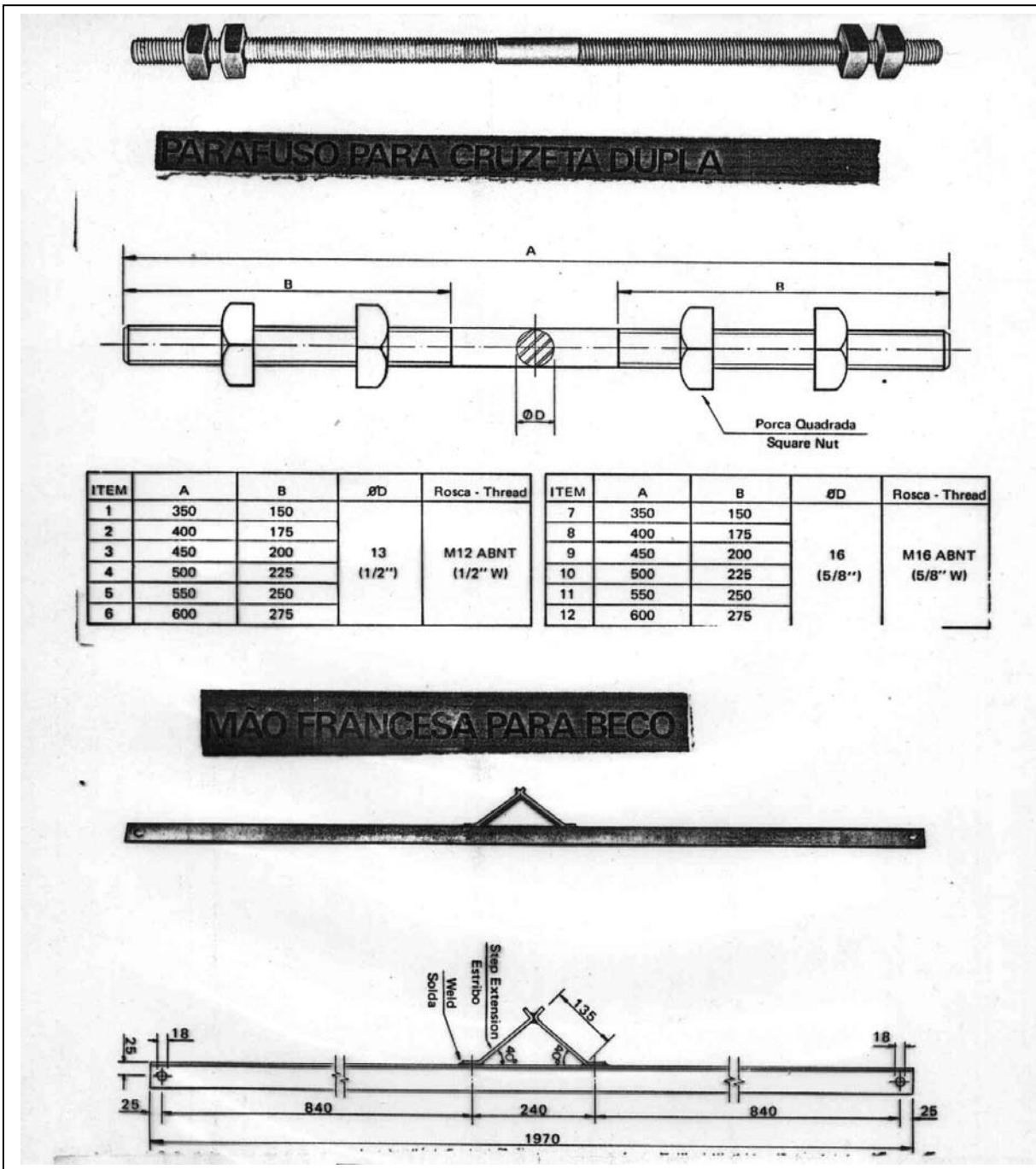


Figura 102 – Dimensões de Parafuso de Cruzeta Dupla e Mão Francesa para Beco

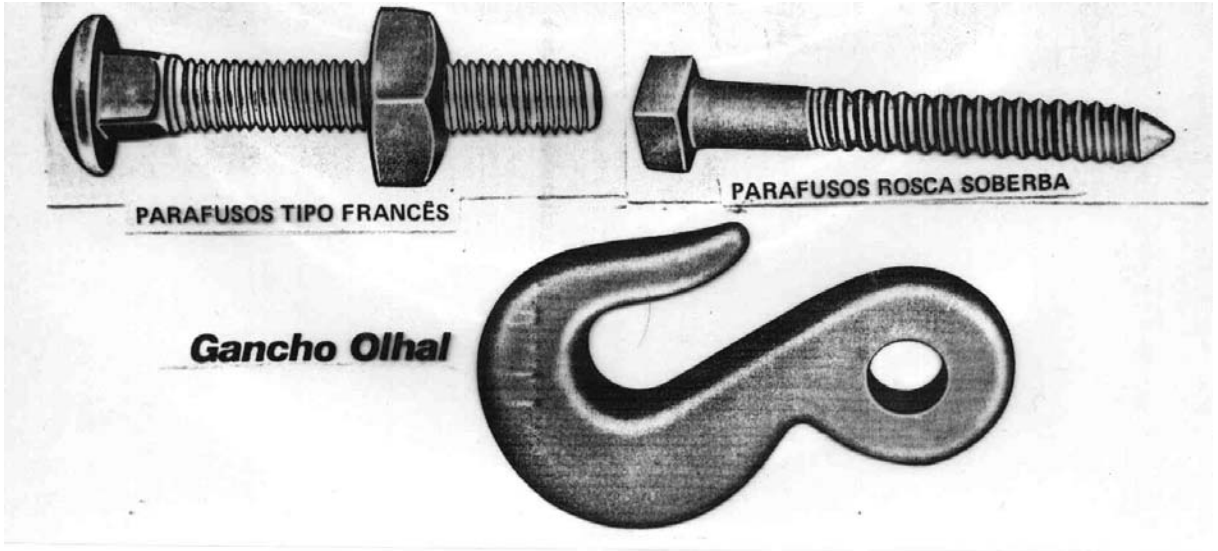


Figura 103 – Mão Francesa para Beco

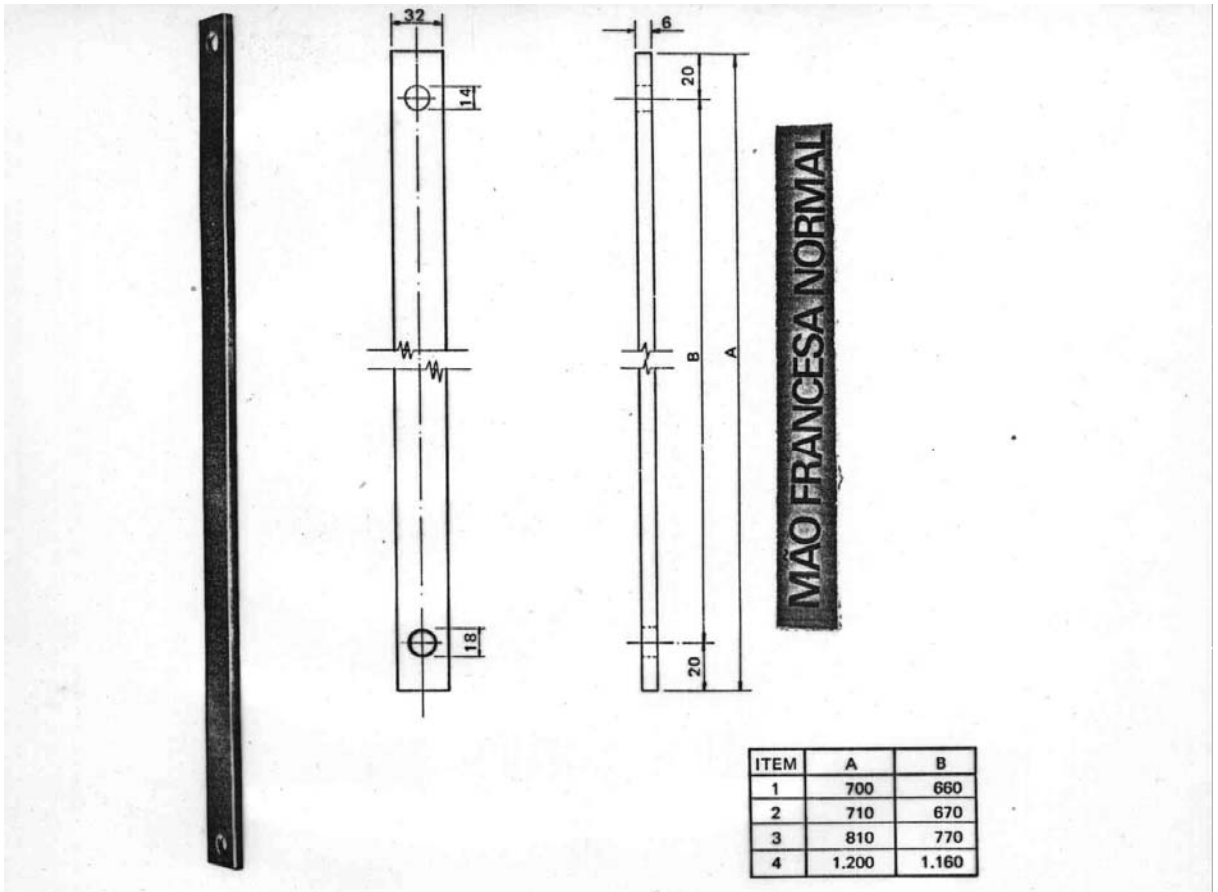


Figura 104 – Dimensões de Mão Francesa Normal

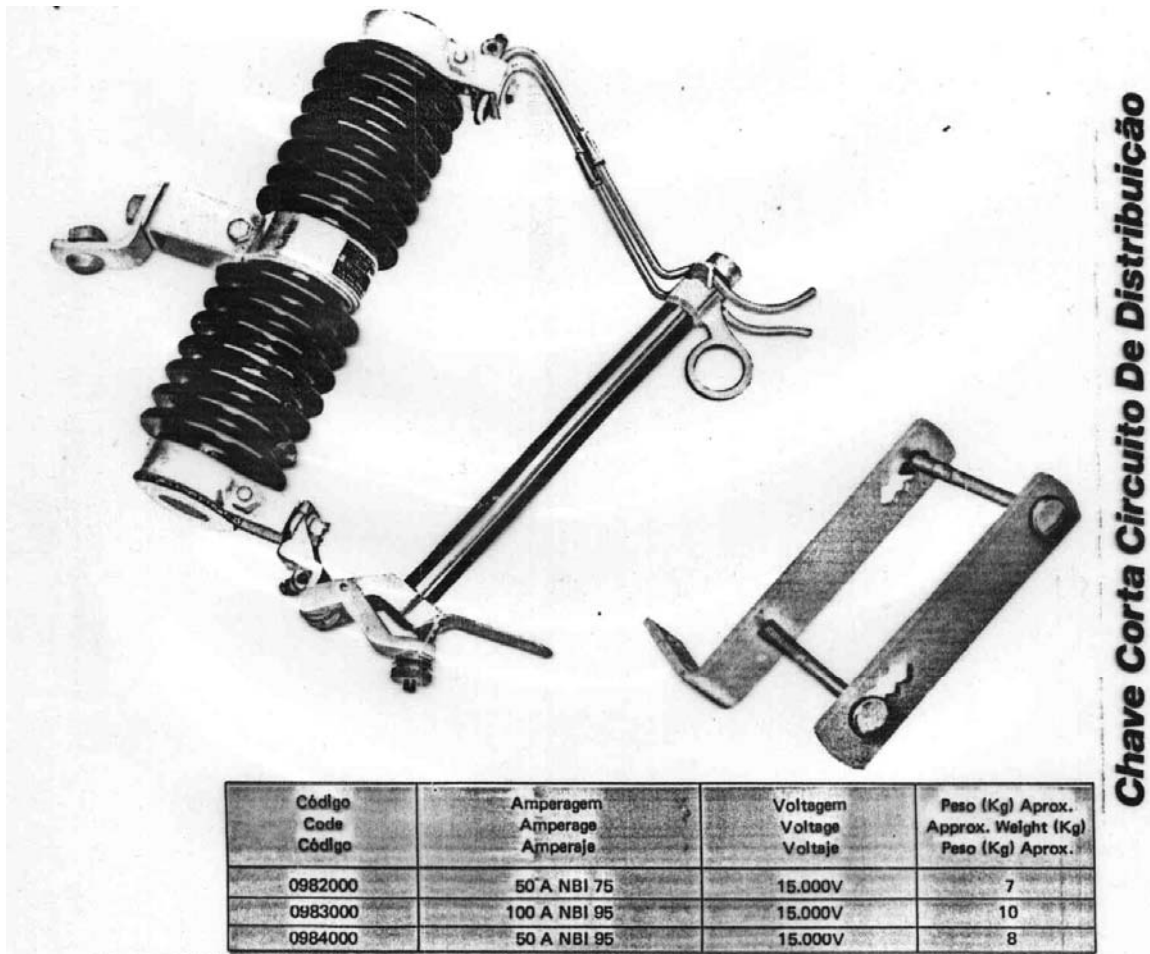
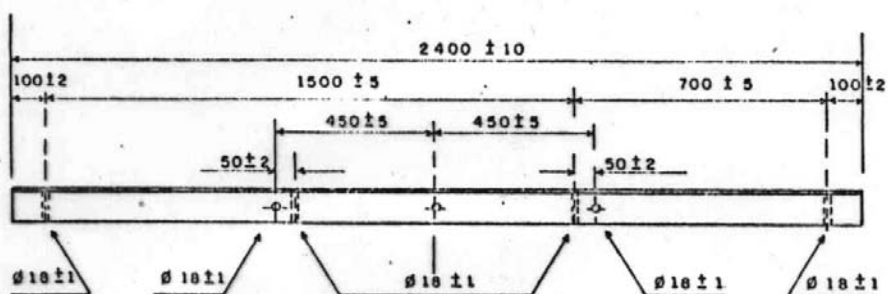
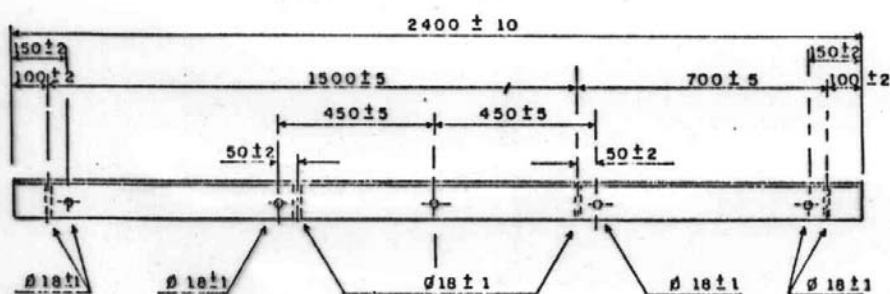


Figura 105 – Dimensões de Chave Corta Circuito de Distribuição



FURAÇÃO BÁSICA - TIPO N1



FURAÇÃO ADICIONAL TIPOS -N2, N3 e N4

ESPECIFICAÇÕES

- 1 - MATERIAL: Madeira de lei.
Variedades: Cerne de : Aroeira, faveiro ou sucupira, ipê ou piúva, combarú.
- 2 - CARGA MÍNIMA DE RUPTURA: 800 daN.
- 3 - RESISTÊNCIA NOMINAL: 400 daN.
- 4 - ACABAMENTO: A cruzeta não deverá apresentar sinais de apodrecimento, avarias provenientes do corte ou transporte, fraturas transversais, depressões acentuadas, orifícios pregos, cavilho, curvaturas, sinusidades em qualquer trecho, fendas, rachas, nós ou orifícios de nós em qualquer trecho, veios inclinados ou espiralados.
- 5 - OBSERVAÇÕES:
 - 5.1 - As cotas e furações deverão ser rigorosamente obedecidas.
 - 5.2 - Considera-se básica a furação com a qual a cruzeta é adquirida (TIPO N1)
 - 5.3 - Dimensões em milímetros.

Figura 106 – Cruzeta de Madeira de 2400m (Furação Normal)