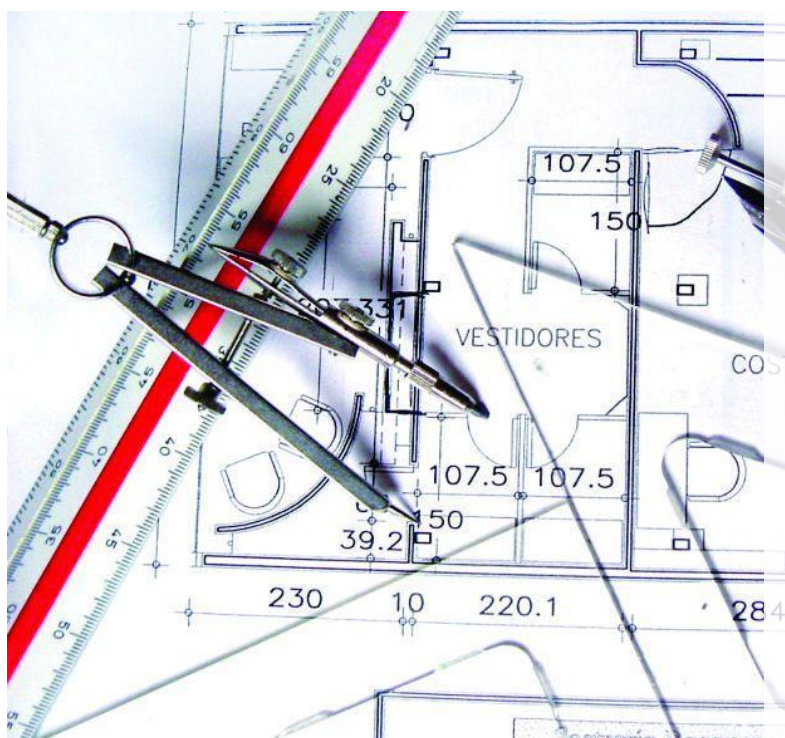


2020

DESENHO TÉCNICO APLICADO



Técnico em Eletrotécnica

Sumário

Introdução	2
CLASSIFICAÇÃO DOS DESENHOS DE ELETROTÉCNICA	4
DIAGRAMAS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS	9
CLASSIFICAÇÃO DOS DESENHOS DE ELETRÔNICA	15
SIMBOLOGIA	19
QUADROS ELÉTRICOS	39
DIMENSIONAMENTO DE UM QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	39
ESQUEMAS	47
DIAGRAMA DE FIAÇÃO	48
DIAGRAMA MULTIFILAR	48
DIAGRAMA UNIFILAR	49
DETALHAMENTO TÉCNICO	51
DETALHES CONSTRUTIVOS	54
REFERÊNCIAS	81

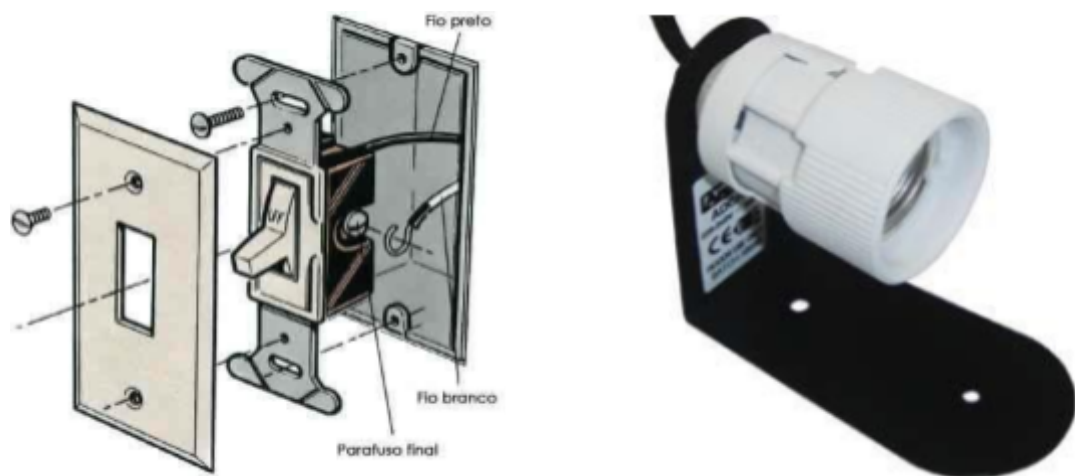
Introdução

Quando vamos executar uma instalação elétrica qualquer, necessitamos de vários dados como: localização dos elementos, percursos de uma instalação, condutores, distribuição da carga, proteções, etc.

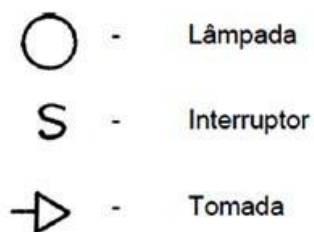
Para que possamos representar estes dados, somos obrigados a utilizar a planta baixa da edificação ao qual pertencerá o esquema elétrico. Nesta planta baixa, devemos representar, de acordo com a norma geral de desenhos da ABNT, o seguinte:

- a localização dos pontos de consumo de energia elétrica, seus comandos e indicações dos circuitos a que estão ligados;
- a localização dos quadros e centros de distribuição;
- o trajeto dos condutores e sua projeção mecânica (inclusive dimensões dos condutores e caixas);
- um diagrama unifilar discriminando os circuitos, seção dos condutores, dispositivos de manobra e proteção;
- as características do material a empregar, suficientes para indicar a adequabilidade de seu emprego tanto nos casos comuns, como em condições especiais.

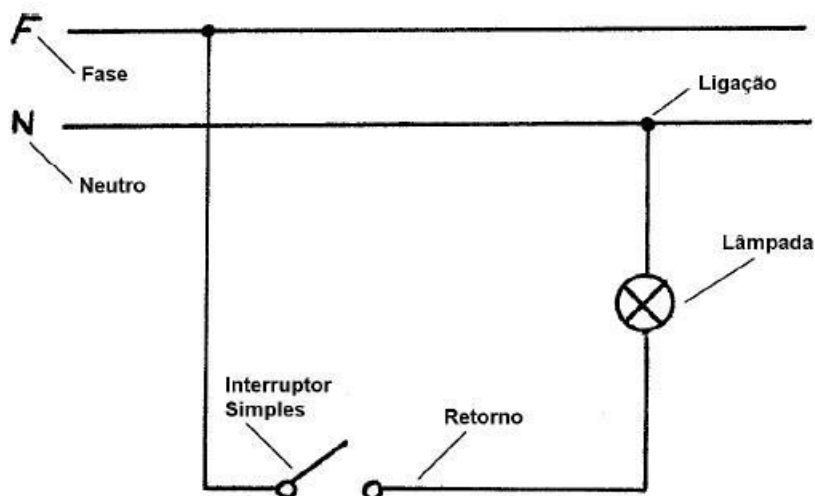
Como a planta baixa se encontra reduzida numa proporção 50 ou 100 vezes menor, seria impossível representarmos os componentes de uma instalação tais como eles se apresentam a seguir:



Seria trabalhoso e desnecessário desenhá-lo em tamanho menor, por isso, utilizamos uma forma de diagrama reduzido, denominado esquema unifilar, onde os dispositivos de comando, proteção, fontes de consumo, condutores etc., são representados como nos exemplos abaixo:



Estes e outros símbolos são normalizados pela ABNT através de normas específicas. Este esquema unifilar é somente representado em plantas baixas, mas o electricista necessita de outro tipo de esquema chamado multifilar, onde se mostram detalhes de ligações e funcionamento, representando todos os seus condutores, assim como símbolos explicativos do funcionamento, como demonstra o esquema a seguir:



Para o eletricitista, o modelo de uma instalação elétrica não lhe adianta, pois um prédio dificilmente é igual a outro, apesar das ligações serem semelhantes.

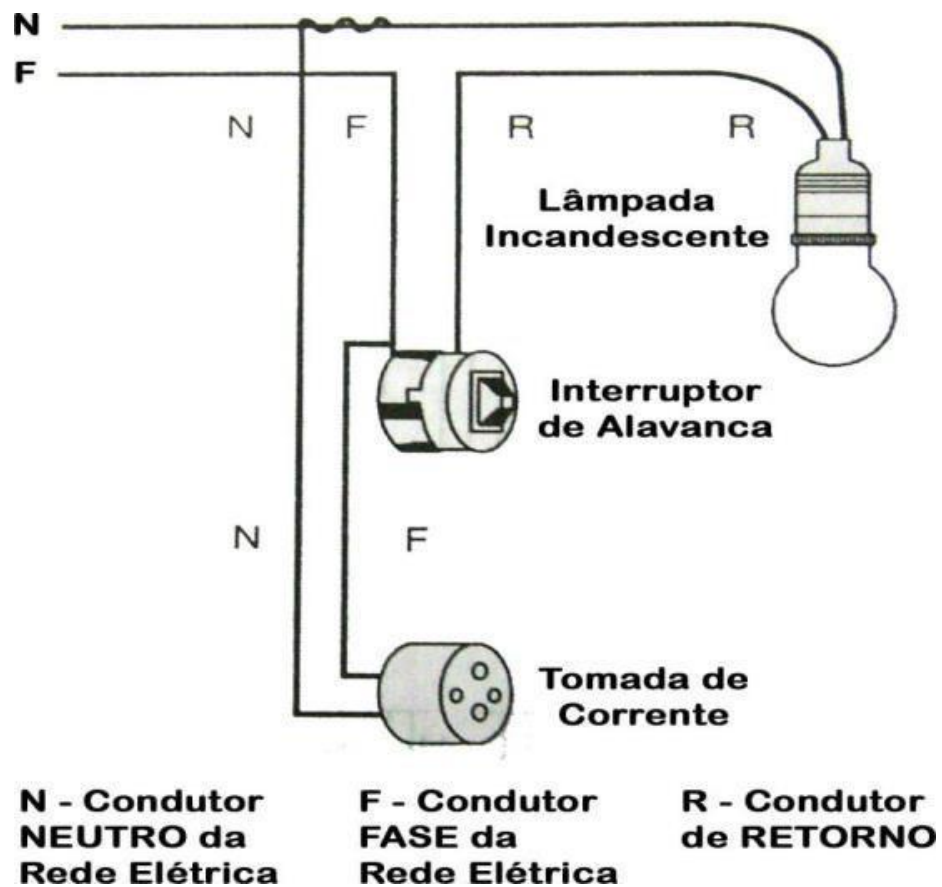
O desenho de esquemas elétricos conforme normas recomendadas pela ABNT é uma linguagem que deve ser conhecida tanto pelos engenheiros como pelos projetistas e eletricitistas; portanto, é indispensável a todos os que se dedicarem ao ramo específico da eletricidade.

O estudo destes esquemas objetiva capacitar o educando a ler, interpretar e executar esquemas de circuitos elétricos, a fim de que possamos transportar o que foi escrito pelo projetista, sob forma de desenho na planta baixa, para a obra a ser executada.

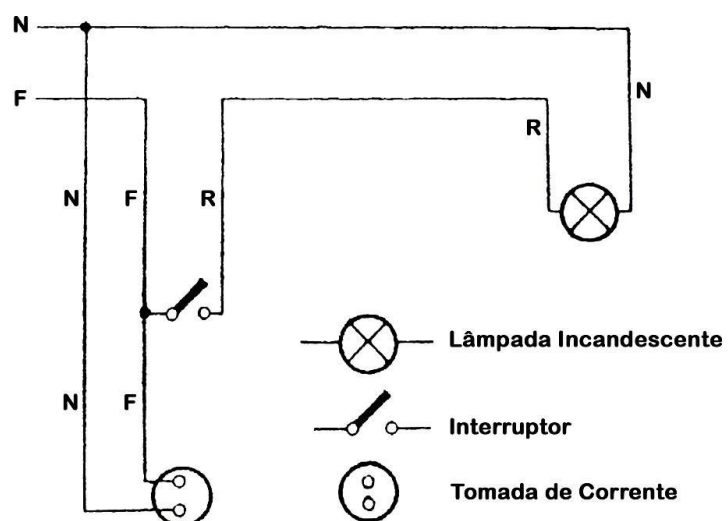
CLASSIFICAÇÃO DOS DESENHOS DE ELETROTÉCNICA

O esquema é o desenho, por exemplo, de uma instalação elétrica, representada por meio de símbolos gráficos. Tem por finalidade fornecer informações sobre os circuitos, interligações de condutores, etc. Dependendo da sua finalidade de emprego eles podem ser classificados em:

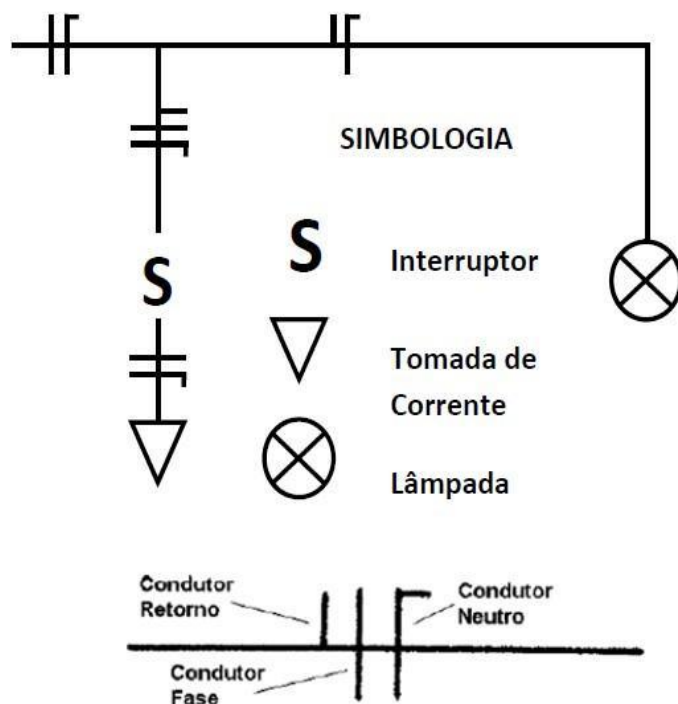
Esquema de Fiação: é o esquema que mostra, com os seus aspectos físicos reais e nas suas posições relativas, as peças e os componentes de uma instalação elétrica, equipamento elétrico, etc., com as respectivas interligações.



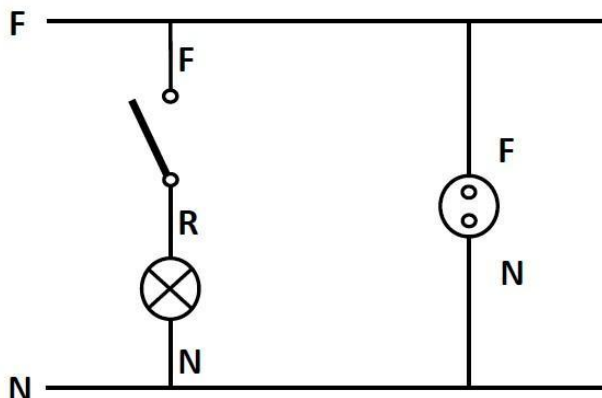
Esquema Multifilar: é o esquema em que os diversos condutores de cada circuito são representados separadamente por uma linha. Os componentes (interruptores, tomadas, etc.) são representados através de símbolos gráficos.



Esquema Unifilar: é o esquema em que cada circuito é representado por uma só linha. Os traços inclinados que cortam cada linha indicam o número de condutores do respectivo circuito. Este tipo de esquema é muito utilizado na elaboração das plantas de instalações elétricas residenciais, industriais, comerciais, etc.



Esquema Funcional: é o esquema em que a representação dos componentes é feita com toda a clareza na sequência lógica da passagem da corrente elétrica, sem haver preocupação com a sua disposição relativa na instalação, no equipamento, etc.

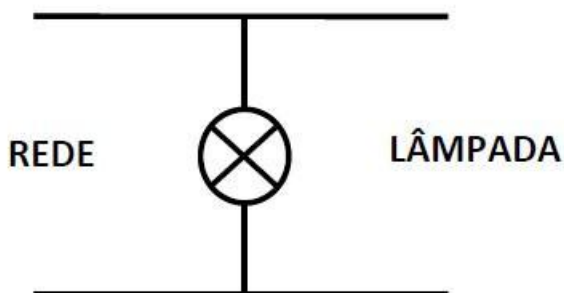


Este tipo de esquema é muito útil quando se vai projetar um determinado circuito ou quando se deseja estudar o seu princípio de funcionamento.

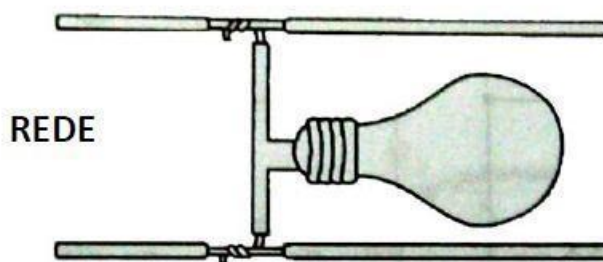
Normalmente os componentes do circuito são representados nos esquemas na posição “desligada”, sem tensão ou corrente. Caso esta regra não seja observada, é necessário que se esclareça no próprio desenho esquemático este fato. Os símbolos gráficos utilizados nos diagramas podem ser representados em qualquer posição a critério do desenhista.

De início, não poderemos começar nossa prática com a interpretação de diagramas complexos, de aparelhos comerciais ou industriais, por exemplo, pois ainda não conhecemos todos os componentes que eles usam. Isso será abordado com mais detalhes nas matérias específicas sobre o assunto.

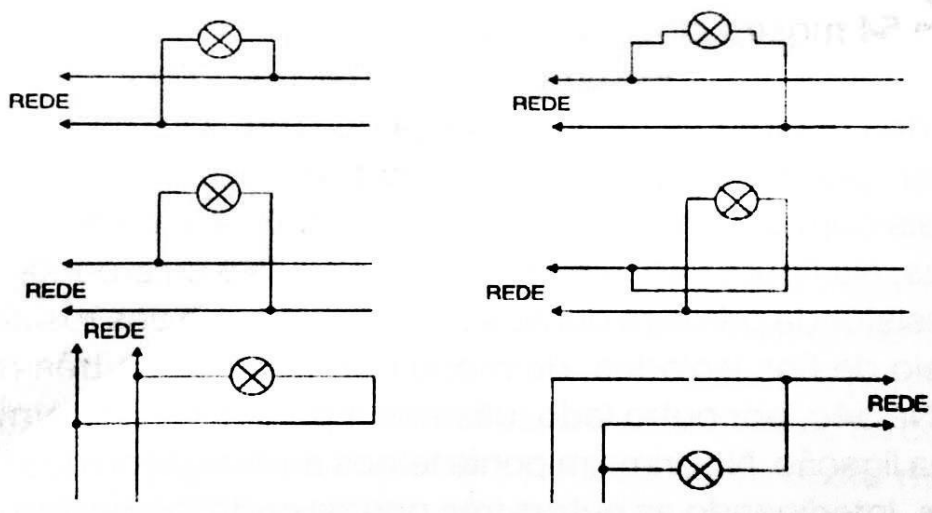
Iniciaremos este treino para a leitura de diagramas com um exemplo bastante simples: queremos ligar uma lâmpada incandescente à rede de energia, conforme abaixo:



Examinando o diagrama, vemos que um dos dois terminais da lâmpada deve estar em conexão com um dos fios da rede de alimentação ou energia e o outro terminal deve estar em conexão com o outro fio da rede de alimentação. A representação real para estas ligações é dada na próxima figura:



Entretanto, as ligações da mesma lâmpada à rede de alimentação também podem ser representadas de outras maneiras, como nas próximas figuras. Examinando as ligações que partem da lâmpada, verificamos que em todos os casos cada fio de lâmpada está em contato com um dos fios da rede de alimentação; conseqüentemente, as ligações têm o mesmo efeito sendo, portanto, equivalentes.



Pelo que vimos nas três figuras anteriores, podemos concluir que os diagramas servem para indicar as ligações necessárias à conexão de um componente formando um circuito, porém nada dizem a respeito da sua posição real. Naturalmente a disposição dos símbolos nos diagramas é feita de tal modo que as interligações apareçam claramente, evitando-se número excessivo de cruzamentos.

DIAGRAMAS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS

Para o comando, regulação e proteção dos motores elétricos, que constituem os elementos de potência das instalações elétricas industriais, empregam-se diferentes dispositivos tais como: contadores, disjuntores, reguladores, relés (proteção, auxiliares), eletroímãs, sinalizadores, engates eletromagnéticos, alarmes, freios mecânicos, etc., interligados por condutores elétricos. Estes dispositivos se conectam eletricamente a uma instalação elétrica em geral destinada a efetuar as operações requeridas em uma ordem determinada.

Os diagramas elétricos são desenhados, basicamente, desenergizados e mecanicamente não acionados. Quando um diagrama não for representado dentro desse princípio, nele devem ser indicadas as alterações. Os diagramas dividem-se em três grandes grupos para fins didáticos:

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO

Destinado a facilitar o estudo e a compreensão do funcionamento de uma instalação ou parte dela. Os elementos do diagrama dispõem-se de forma que possam facilitar sua interpretação e não seguindo a disposição espacial real. Isto quer dizer que diversos elementos condutores de corrente e os dispositivos de comando e proteção estão representados conforme a sua posição no circuito elétrico e independente da relação construtiva destes elementos. Os diagramas esquemáticos são classificados em 3 tipos:

DIAGRAMA UNIFILAR

Representação simplificada, geralmente unipolar das ligações, sem o circuito de comando, onde só os componentes principais são considerados. Em princípio todo projeto para uma instalação elétrica deveria começar por um diagrama unifilar.

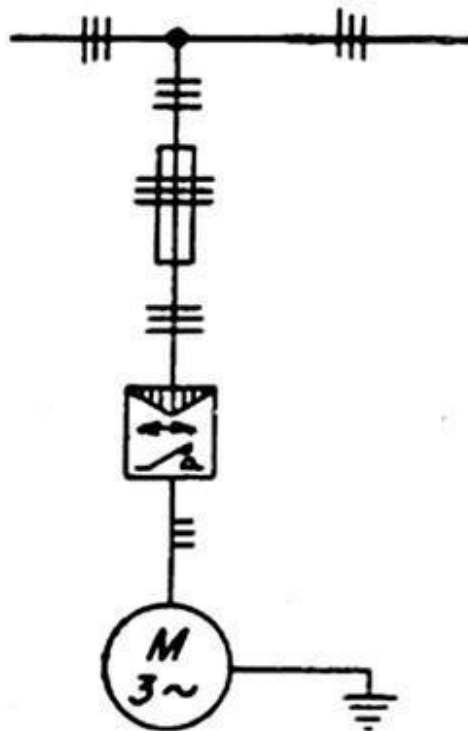
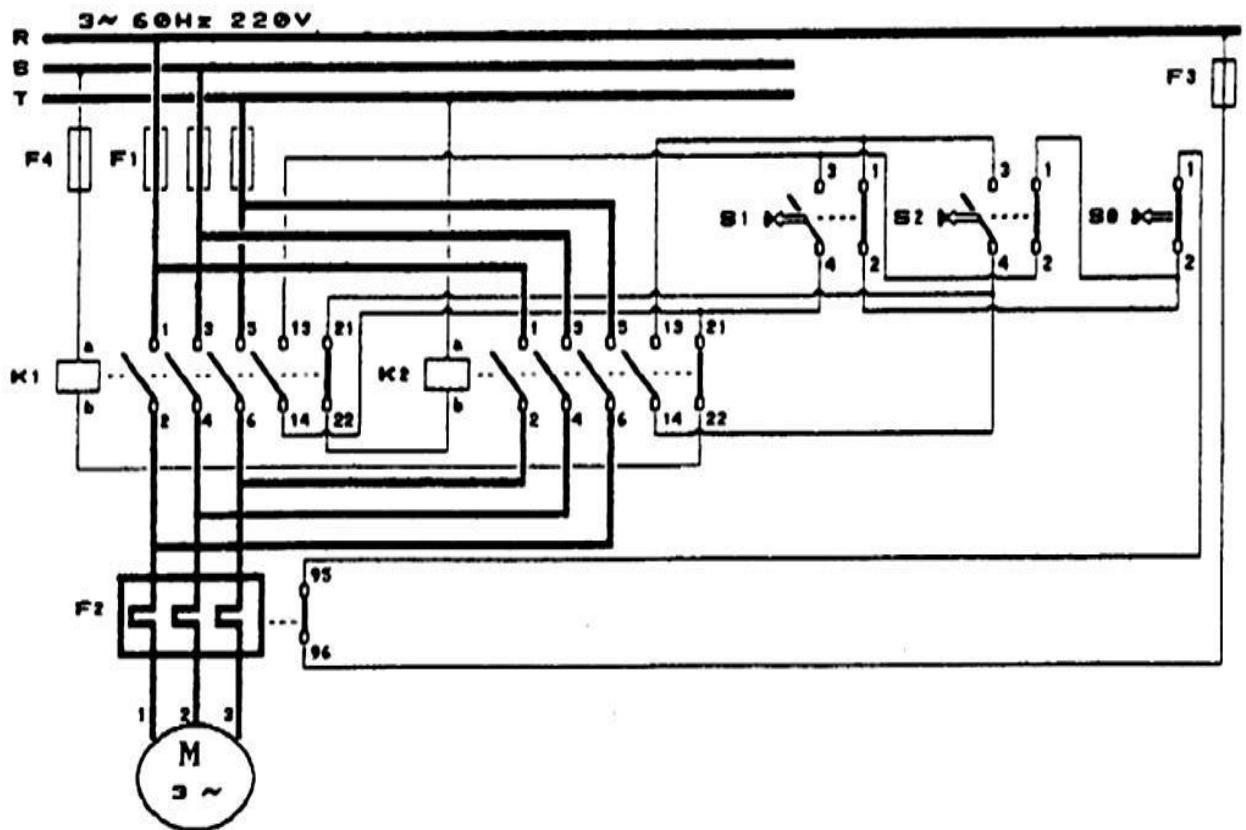


DIAGRAMA MULTIFILAR

É a representação da ligação de todos os seus componentes e condutores. Em contraposição ao unifilar, todos os componentes são representados, sendo que a posição ocupada não precisa obedecer a posição física real em que se encontram. Como ambos os circuitos, (principal e auxiliar) são representados simultaneamente no diagrama, não se tem uma visão exata da “função” da instalação, dificultando, acima de tudo a localização de uma eventual falha, numa instalação de grande porte.



Basicamente o Diagrama Multifilar é composto por 2 circuitos:

CIRCUITO PRINCIPAL OU DE FORÇA

Onde estão localizados todos os elementos que tem interferência direta na alimentação da máquina, ou seja, aqueles elementos por onde circula a corrente que alimenta a respectiva máquina.

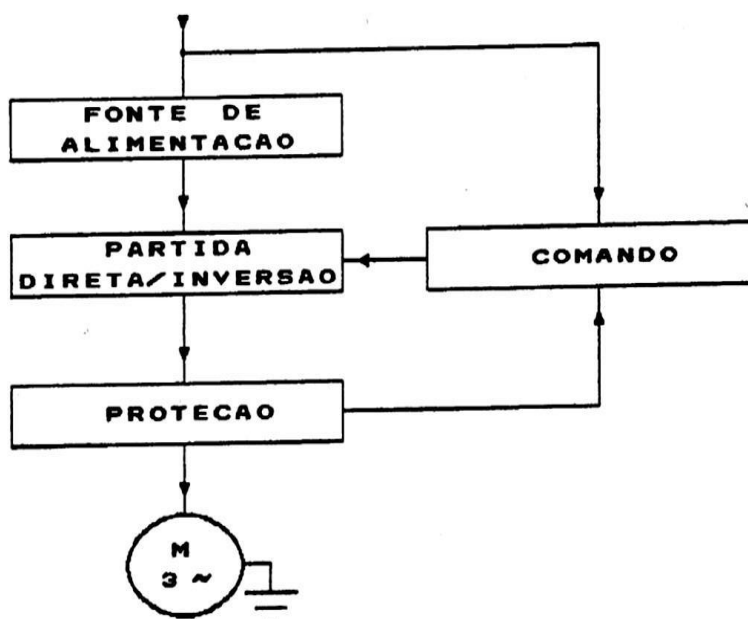
CIRCUITO AUXILIAR OU DE COMANDO

Onde estão todos os elementos que atuam indiretamente na abertura, fechamento e sinalização dos dispositivos utilizados no acionamento da máquina, em condições normais e anormais de funcionamento.

Os diagramas funcionais são os mais importantes do ponto de vista de projeto, permitindo obter uma ideia de conjunto sobre o sistema de comando

adotado, que é a base de partida, proporcionando os dados fundamentais para a posterior realização dos diagramas de interligação, nos trabalhos de montagem como também a preparação da lista de materiais.

DIAGRAMA DE BLOCOS



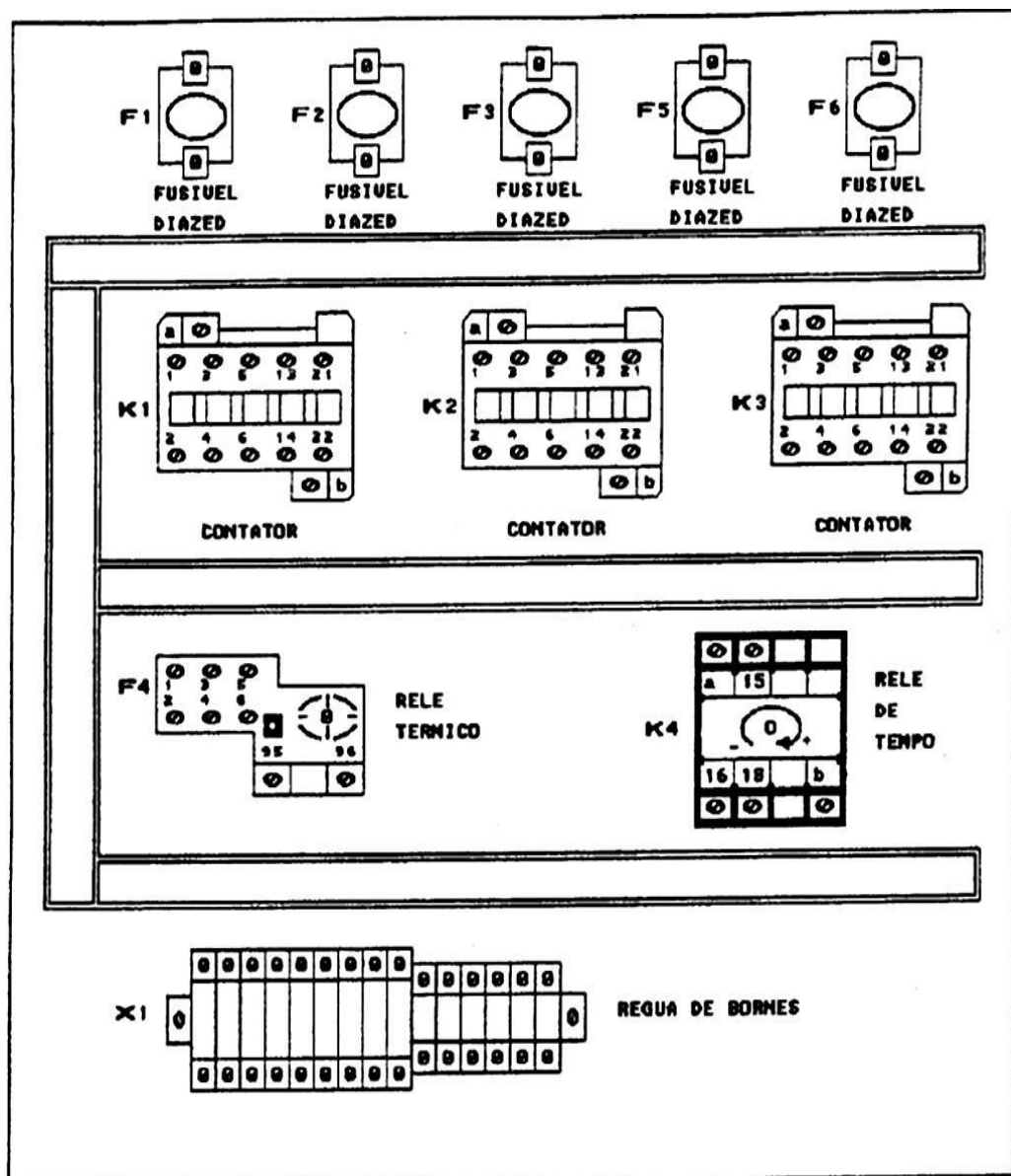
Outro tipo de diagrama explicativo utilizado muitas vezes é o denominado Diagrama de Blocos. Consiste essencialmente em um desenho simples cujo objetivo é apresentar o princípio de funcionamento de uma instalação elétrica industrial.

A necessidade dos diagramas de blocos está muitas vezes no interesse em conhecer o funcionamento de uma instalação sem ter que analisar detalhadamente o diagrama funcional completo, o que levaria muito tempo.

LAYOUT DE MONTAGEM

O Layout de montagem constitui um documento importante para orientar a montagem, localização e reparação de falhas em todos os equipamentos que constituem uma instalação elétrica.

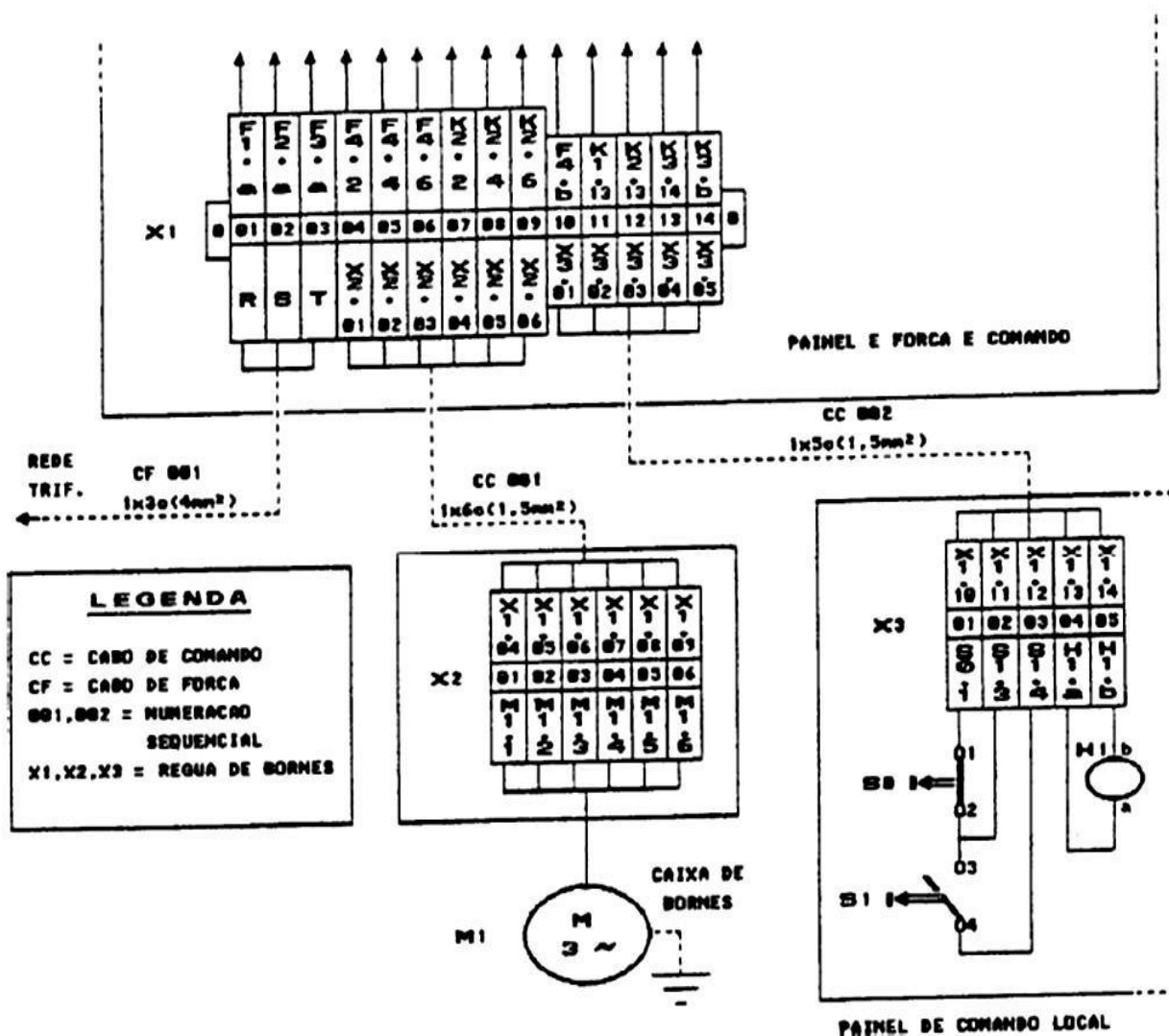
O layout que envolva máquinas, equipamentos elétricos, instalações, etc., deve refletir a distribuição real dos dispositivos, barramentos, condutores, etc., e seus elementos separados, como indicar os caminhos empregados para a interconexão dos contatos destes elementos.



IDENTIFICAÇÃO DE BORNES EM DIAGRAMAS DE INTERLIGAÇÃO

Se duas ou mais partes de uma instalação estão interligadas entre si por condutores, estes são ligados em ambos os lados a blocos terminais (régua de bornes). Tanto os terminais quanto os conjuntos de bornes são identificados por letras e números.

Para os condutores, foi escolhido o critério da identificação do seu destino em cada borne de conexão. Observe o exemplo abaixo que representa uma interligação de 3 régua de bornes com suas respectivas numerações.



CLASSIFICAÇÃO DOS DESENHOS DE ELETRÔNICA

A execução de desenhos de eletrônica, sejam eles diagramas simples ou disposição real dos componentes (chapeados) e painéis, obedece a normas bem definidas do desenho técnico, estabelecidas pela ABNT.

No desenvolvimento de um projeto eletrônico a documentação deve conter desenhos de diagramas eletrônicos em forma de esquemas de bloco, simples com descrição do funcionamento básico da etapa do projeto e uma descrição funcional detalhada dos componentes com o desenho de esquema eletrônico completo.

O desenho de esquema completo deverá servir para a montagem ou execução do projeto. O diagrama eletrônico pode ser simples e ou completo, e tem a finalidade de interpretação do funcionamento do circuito de forma simples como bloco ou de forma funcional como de componente.

O diagrama eletrônico pode ser apresentado basicamente das seguintes formas de desenhos esquemas:

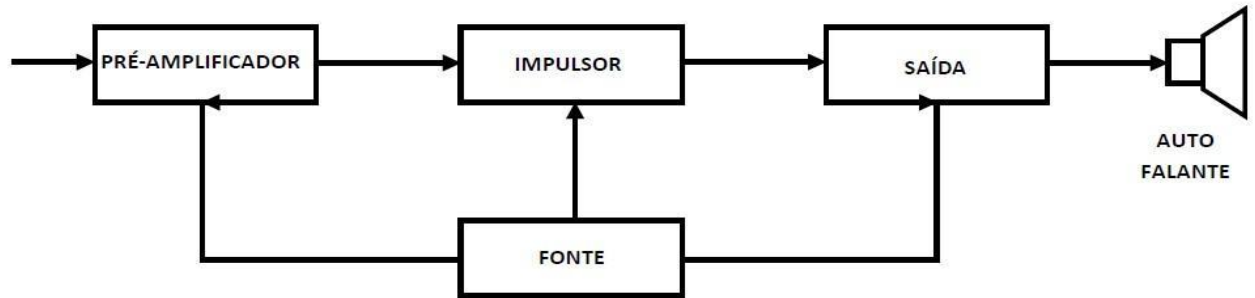
- Esquema de blocos;
- Esquema simplificado;
- Esquema completo;
- Esquema de vista de localização;
- Esquema de fiação;
- Esquema de chapeado.

ESQUEMA DE BLOCOS

É o desenho de um esquema de blocos representando conjuntos de circuitos ou funções definidas por meio de figuras geométricas (geralmente retangulares), as quais são interligadas por meio de figuras simples que representam a maneira segundo a qual a transferência de sinal é feita de um, para outro bloco.

Na figura abaixo, por exemplo, temos a representação de um amplificador de áudio por meio de um diagrama de blocos. Cada retângulo representa uma etapa do

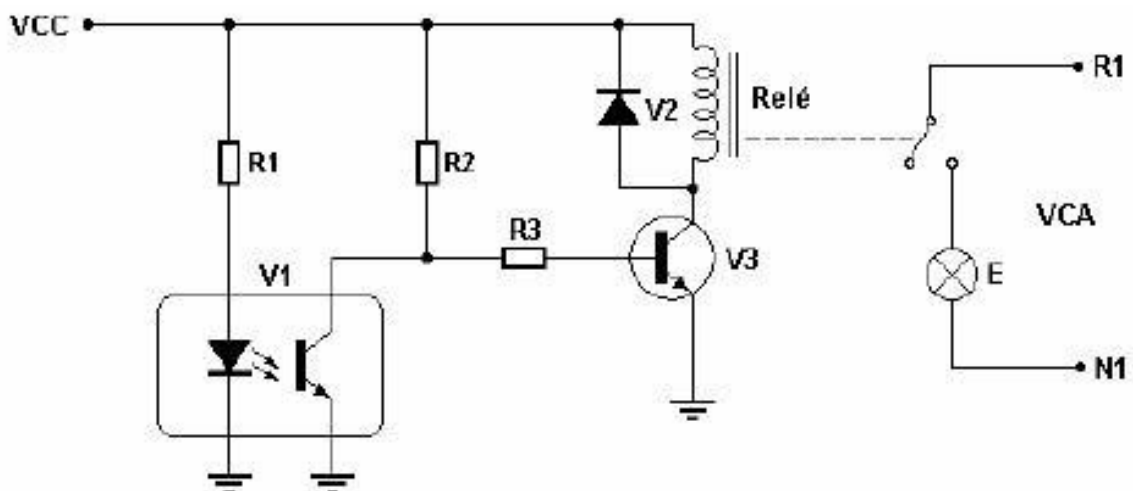
aparelho. O primeiro retângulo representa a etapa pré-amplificador, o segundo, a etapa excitadora ou impulsora e o terceiro, tendo conexões com as três etapas que ela alimenta.



ESQUEMA SIMPLIFICADO

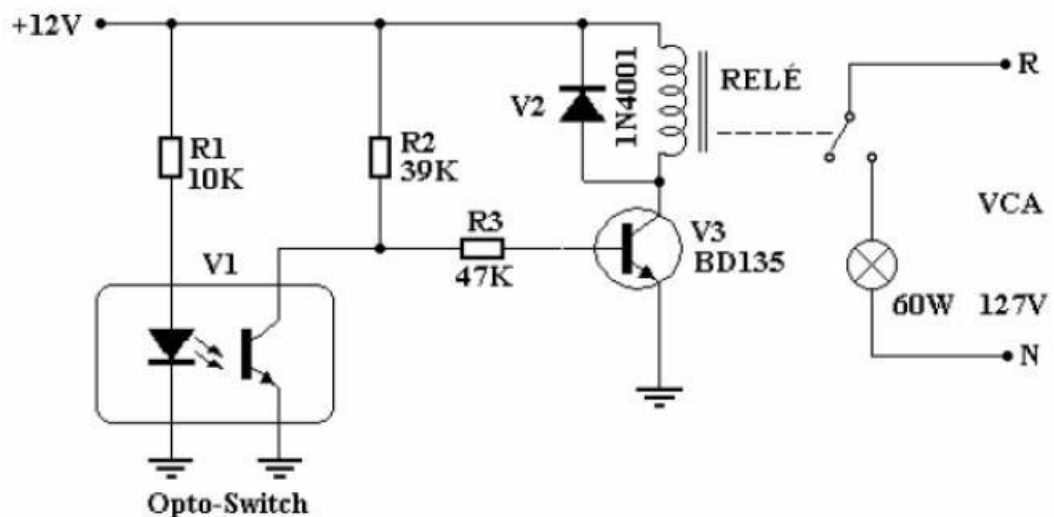
Em um diagrama simplificado desenhamos todos os componentes principais do circuito de modo que possamos entender seu funcionamento sem a preocupação de especificá-los com valores ou outras indicações.

Na próxima figura, temos o diagrama simplificado de um circuito elétrico simplificado de um comando de sensor por Opto-switch. Neste caso, não nos preocupamos com a indicação dos valores dos componentes ou sua identificação, já que nos interessa apenas a maneira segundo a qual eles são interligados.



ESQUEMA COMPLETO

Ao desenhar um diagrama completo, todos os elementos do circuito deveriam ser representados, assim como devem ser feitas todas as identificações desses elementos. Todas as ligações desse circuito devem ser representadas neste diagrama.

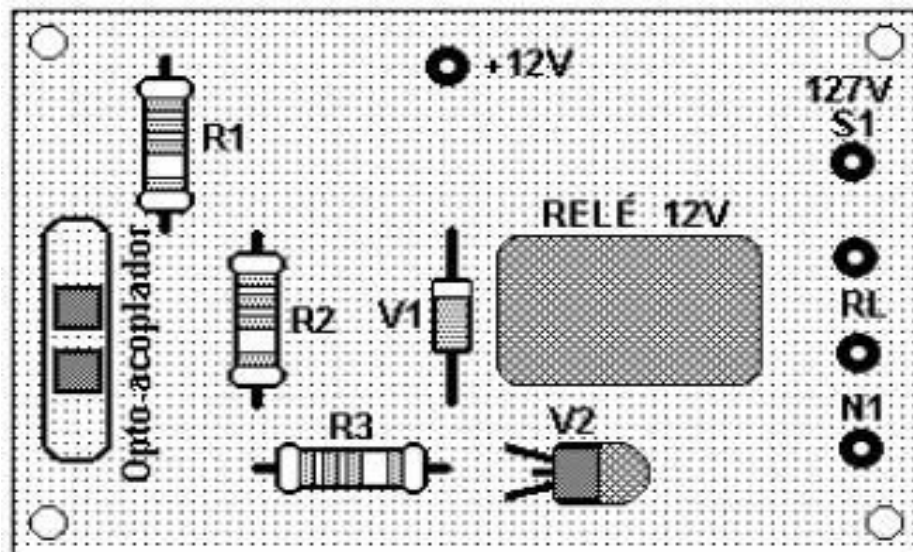


ESQUEMA DE VISTA DE LOCALIZAÇÃO

O esquema de vista de localização é um desenho que identifica a disposição dos componentes ou das peças que constituem o aparelho, mostrando as suas localizações.

Como o desenho requer muito tempo para ser elaborado, esse tipo de desenho pode ser feito com auxílio de uma foto. Sobre a foto são adicionadas as identificações, mostrando a disposição e a localização dos componentes.

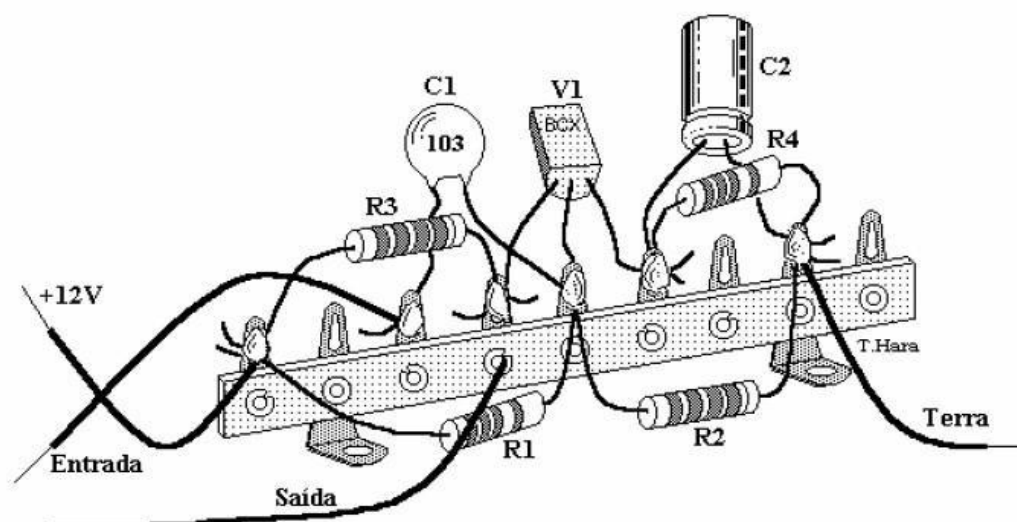
Na figura abaixo temos um desenho de esquema de vista de localização de uma placa de circuito impresso.



ESQUEMA DE FIAÇÃO

O esquema de fiação é o desenho que informa como e onde estão localizados e identificados os componentes, nos quais as ligações são feitas através de fios condutores. É um diagrama esquemático que mostra o circuito como se vê e é chamado também de esquema funcional.

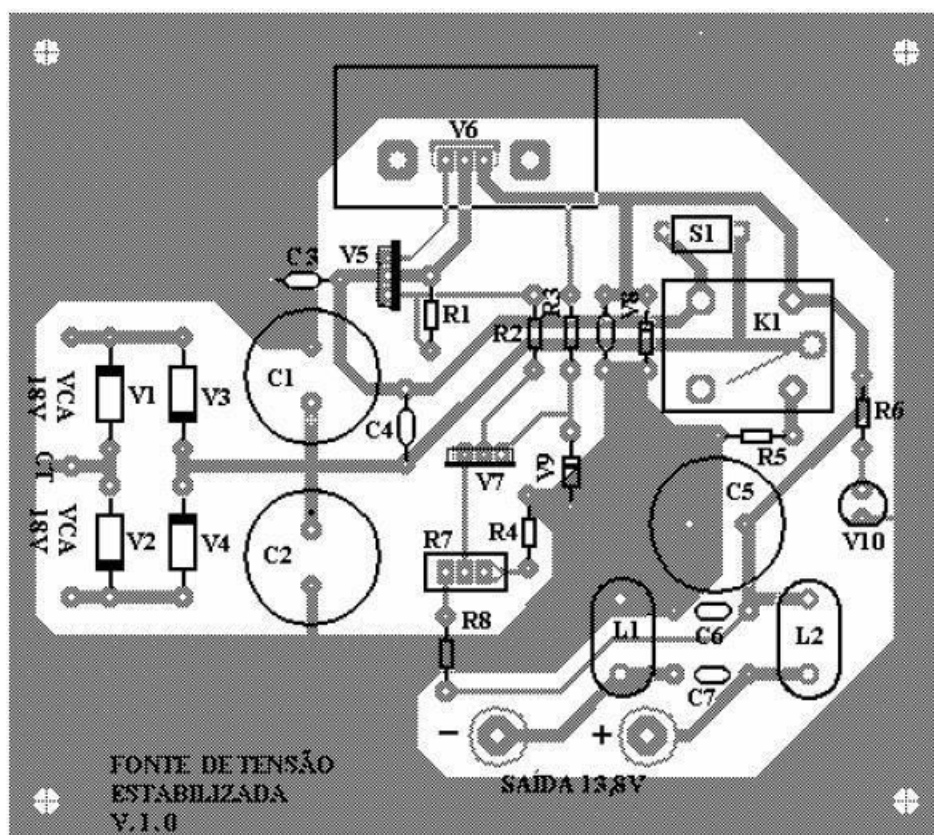
Nesse tipo de desenho os componentes do circuito elétrico estão identificados conforme o grupo ao qual pertencem com seus respectivos símbolos literais.



ESQUEMA DE CHAPEADO

O desenho de esquema de chapeado é conhecido como desenho de circuito impresso. Os desenhos de circuitos impressos são representações de ligações feitas entre a traçagem e seus componentes devidamente identificados.

A figura a seguir mostra um desenho de esquema de chapeado ou circuito impresso de um circuito eletrônico.



SIMBOLOGIA

Para a elaboração e leitura de todos os diagramas e esquemas vistos anteriormente, é necessário que se tenha um código, ou melhor, símbolos que facilitem este processo.

Nós temos total liberdade para representar os componentes de circuitos elétricos e eletrônicos com uma simbologia própria nossa ou de nossa empresa,

porém, é necessário que essa simbologia seja informada para que técnicos que não pertençam ao nosso grupo ou empresa também possam entender o diagrama, daí a importância de se colocar os símbolos utilizados em uma legenda no próprio desenho.

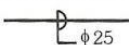
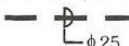


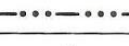
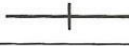
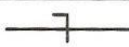
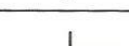








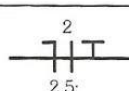
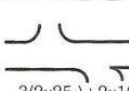
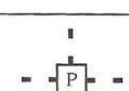
Entendendo esta questão, a Associação Brasileira de Normas Técnicas desenvolveu NBRs que organizam e globalizam essa simbologia, permitindo que qualquer um a use e qualquer um a interprete, sem a necessidade de legendas.

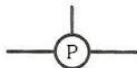




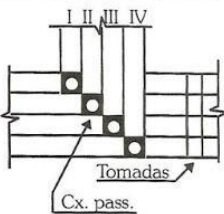
Abaixo seguem essas NBRs, com seus respectivos símbolos e significações.

NOTA: Algumas NBRs listadas abaixo foram CANCELADAS pela ABNT por terem mais de 20 anos e não haver interesse ou projeto de reformulação e atualização (resumindo, ninguém mais as comprava), mas o descrito nelas continua valendo, pois é aplicado até hoje na indústria elétrica e, provavelmente, continuará sendo aplicado por muitos anos mais.







SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS (segundo NBR-5444/FEV1989)

A. Dutos e Distribuição










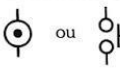


	Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
1			Eletroduto embutido no teto ou parede. Diâmetro 25mm.	Todas as dimensões em mm. Indicar a bitola se não for 15mm.
2			Eletroduto embutido no piso.	
3			Tubulação para telefone externo.	
4			Tubulação para telefone interno.	
5			Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema.	Indicar na legenda o sistema passante.
6	R ou S ou T		Condutor de fase no interior do eletroduto.	Cada traço representa um condutor. Indicar bitola (seção), número do circuito e a bitola (seção) dos condutores, exceto se forem de 1,5mm².
7	N		Condutor neutro no interior do eletroduto.	
8			Condutor de retorno no interior do eletroduto.	
9	 ou PE		Condutor de proteção (terra) no interior do eletroduto.	
10			Condutor bitola 1,0mm², fase para campainha.	Se for bitola maior, indicá-la.
11			Condutor bitola 1,0mm², retorno para campainha.	
12			Condutor seção 1,0mm², neutro para campainha.	
13			Condutor positivo no interior do eletroduto.	
14			Condutor negativo no interior do eletroduto.	
15			Cordoalha de terra.	Indicar a bitola (seção) utilizada: em 50• significa 50mm².
16	Neutro, Fase e Terra		Condutores neutro, fase e terra no interior do eletroduto, com indicação do número do circuito e seção dos condutores.	
17			Leito de cabos com um circuito passante, composto de três fases, cada um por dois cabos de 25mm² mais dois cabos de neutro bitola 10mm².	25• significa 25mm². 10• significa 10mm².
18			Caixa de passagem no piso.	Dimensões em mm.

	Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
19		 Cx. pass. (200x200x100)	Caixa de passagem na parede.	Indicar altura e se necessário fazer detalhe (dimensões em mm).
20			Circuito que sobe.	
21			Circuito que desce.	
22			Circuito que passa descendo.	
23			Circuito que passa subindo.	
24			Sistema de calha de piso.	No desenho, aparecem quatro sistemas que são habitualmente: I- Luz e força II- Telefone (Telebrás) III- Telefone PABX, ks, ramais) IV- Especiais (comunicações)

B. Quadros de Distribuição

	Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
25			Quadro terminal de luz e força aparente. QD	Indicar as cargas de luz em watts e de força em W ou kW.
26			Quadro terminal de luz e força embutido. QD	
27			Quadro geral de luz e força aparente. QD	
28			Quadro geral de luz e força embutido. QD	
29			Caixa de telefones. QD	
30			Caixa para medidor ou Quadro de medição embutido. QM	

C. Interruptores

	Multifilar	Unifilar Oficial	Unifilar Antigo	Significado	Observações
31			S	Interruptor simples de uma seção (uma tecla).	A letra minúscula indica o ponto de comando.
32			S₂	Interruptor simples de duas seções (duas teclas).	
33			S₃	Interruptor simples de três seções (três teclas).	
34				Conjunto de interruptor simples de uma tecla e tomada.	O número entre dois traços indica o circuito correspondente.
35				Conjunto de interruptor simples de duas teclas e tomada.	As letras minúsculas indicam o ponto comandado e o número entre dois traços, o circuito correspondente.
36			S_{3w} (S_p)	Interruptor paralelo de uma seção (uma tecla) ou three-way.	A letra minúscula indica o ponto comandado.
37			S_{3w2} (S_{2p})	Interruptor paralelo de duas seções (duas teclas) ...	A letra minúscula indica os pontos comandados.
38			S_{3w3} (S_{3p})	Interruptor paralelo de três seções (três teclas) ...	
39				Interruptor paralelo bipolar.	A letra minúscula indica o ponto comandado.
40			S_{3w} (S_i)	Interruptor intermediário ou four way.	
41				Interruptor simples bipolar.	
42				Botão de campainha na parede (ou comando a distância).	
43				Botão de campainha no piso (ou comando a distância).	
44				Minuteria eletrônica, ref. PIAL.	


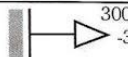
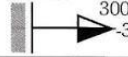
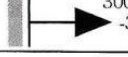
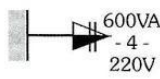
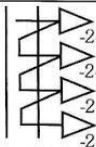
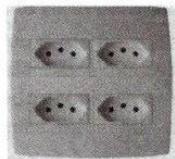















C. Interruptores

	Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
45			Fusível.	Indicar tensão e corrente nominais.
46			Chave seccionadora com fusíveis. Abertura sem carga.	
47			Chave seccionadora com fusíveis e abertura em carga.	
48			Chave seccionadora. Abertura sem carga.	
49			Chave seccionadora. Abertura em carga.	Indicar tensão, corrente e potências nominais.
50			Disjuntor a óleo.	
51			Disjuntor a seco.	
52			Relé fotoelétrico.	
53			Interruptor automático por presença.	
54			Bobina do relé de impulso.	<p>Série 13 - Relé de Impulso Eletrônico 10 A - 16A</p> <p>Série 20 - Relé de Impulso Modular 16 A</p> <p>Série 26 - Relé de Impulso 10A (Finder)</p> <p>Série 27 - Relé de Impulso 10A (Finder)</p>
55			Relé de impulso com um contato auxiliar (unipolar).	
56			Relé de impulso com dois contatos auxiliares (bipolar).	
57			Relé de impulso com três contatos auxiliares (tripolar).	
58			Chave reversora.	





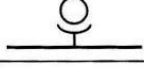
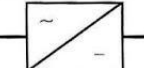
D. Luminárias, Refletores e Lâmpadas

	Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
59			Ponto de luz incandescente no teto (aparente). Indicar o número de lâmpadas e a potência em watts.	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre dois traços, o circuito.
60			Ponto de luz incandescente no teto (embutido).	
61			Ponto de luz incandescente na parede (arandela).	Deve-se indicar a altura da arandela.
62			Ponto de luz a vapor de mercúrio no teto. Indicar o número de lâmpadas e a potências em watts.	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre dois traços, o circuito.
63			Ponto de luz fluorescente no teto (aparente) (indicar o número de lâmpadas e na legenda, o tipo de partida do reator).	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre dois traços, o circuito.
64			Ponto de luz fluorescente na parede.	Deve-se indicar a altura da luminária.
65			Ponto de luz fluorescente no teto (embutido).	
66			Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência).	
67			Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência).	
68			Sinalização de tráfego (rampas, entradas etc.).	
69			Lâmpada de sinalização.	
70			Refletor.	Indicar potência, tensão e tipo de lâmpadas.
71			Poste com duas luminárias para iluminação externa.	Indicar as potências e tipo das lâmpadas.
72			Lâmpada obstáculo.	
73			Minuteria.	

E. Tomadas

	Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
74			Tomada de corrente na parede, baixa (300mm do piso acabado).	A potência deve ser indicada ao lado em VA (exceto ser for de 100VA), como também o número do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o número de HP, CV ou BTU. (*)Tomada ligada em 220V, no sistema 220/127V, deve ser representada com dois traços paralelos.
75			Tomada de corrente a meia altura (1.300mm do piso acabado).	
76			Tomada de corrente alta (2.000 do piso acabado).	
77			Tomada e corrente fase/fase meia altura (1.300mm do piso acabado).	
78			Ponto com três tomadas de corrente na parede (300mm do piso acabado). Exemplo: TV, TV a cabo e aparelho de VHS ou DVD etc.	
79			Tomada de corrente no piso.	Indicar a altura "h".
80			Saída para telefone externo na parede (rede Telebrás).	
81			Saída para telefone externo na parede a uma altura "h".	Especificar a altura "h".
82			Saída para telefone interno na parede.	
83			Saída para telefone externo no piso.	
84			Saída para telefone interno no piso.	
85			Antena para rádio e televisão.	
86			Relógio elétrico no teto.	
87			Relógio elétrico na parede.	
88			Saída de som no teto.	
89			Saída de som na parede.	Indicar a altura "h".
90			Cigarra.	
91			Campainha.	
92			Quadro anunciador.	Dentro do círculo, indicar o número de chamada em algarismos romanos.

F. Motores e Transformadores

	Multifilar	Unifilar	Significado	Observações
93			Gerador.	Indicar as características nominais.
94			Motor.	Indicar as características nominais.
95			Transformador de potencial.	Indicar a relação de espiras e valores nominais.
96			Transformador de corrente (um núcleo).	Indicar a relação de espiras, classe de exatidão e nível de isolamento. A barra de primário deve ter um traço mais grosso.
97			Transformador de potencial.	
98			Transformador de corrente (dois núcleos).	



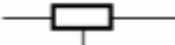

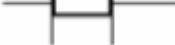
* Estes símbolos não constam na norma NBR 5444:1989. Foram acrescentados como sugestão, tendo em vista facilitar a execução de projetos de instalações elétricas. Utilizamos a denominação “Unifilar” para o que a norma denomina “Símbolo”, que é a maneira utilizada na elaboração de projetos elétricos. Também usamos a forma “Multifilar” empregada somente para a representação de esquemas que auxiliam na montagem em bancada ou em painéis didáticos. Enfim, toda simbologia utilizada, esteja ela de acordo com a norma ou não, deve-se fazer constar no projeto de instalação elétrica, fazendo uma tabela com a relação dos símbolos utilizados devidamente especificados.

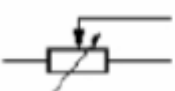


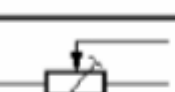
SÍMBOLOS LITERAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DE COMPONENTES EM ESQUEMAS ELÉTRICOS (segundo IEC 113.2 e NBR 5280/ABR1983-CANC-JUN2011)

LETRA	Tipos de Elementos de Circuito	Exemplos
A	Conjuntos, subconjuntos	Amplificadores em geral
B	Transdutores de grandezas não elétricas para elétricas e vice-versa.	Sensores termelétricos, células térmicas, células fotoelétricas, dinamômetros, transdutores a cristal, microfones, cambiadores e alto-falantes.
C	Capacitores em geral	Capacitor não polarizado e polarizado, capacitor variável e ajustável.
D	Elementos binários, dispositivos de atraso, dispositivo de memória.	Elementos combinatórios, linhas de atraso, elementos biestáveis, monoestáveis, núcleo de memória, fitas magnéticas de gravação, discos de
E	Miscelânea	Dispositivos luminosos de aquecimento ou outros não especificados nesta tabela.
F	Dispositivos de proteção	Segurança fusíveis. Para-raios, dispositivos de descarga de sobretensão, centelhadores.
G	Geradores, fontes de alimentação	Geradores rotativos, conversores de frequência rotativos, baterias, fontes de alimentação, e osciladores.
H	Dispositivo de sinalização	Indicadores óticos se acústicos
K	Relés eletromagnéticos	Contatores, e Relés
L	Indutores	Bobinas
LETRA	Tipos de Elementos de Circuito	Exemplos
A		

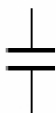

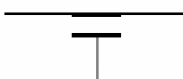



M	Motores	
P	Equipamento de medição, Equipamento de ensaio	Dispositivo de gravação e de medição integradores, geradores de sinal, e relógios.
Q	Dispositivos mecânicos de conexão para circuitos de potência.	Disjuntor, interruptor, e isolador
R	Resistores	Potenciômetros, resistores ajustáveis, reostatos, resistores derivados (shunt), termistores, e varistores.
S	Seletores, chaves	Chaves de controle, "push-botton", chaves limitadoras, chaves seletoras, e seletores.
T	Transformadores	Transformadores de potencial, e transformador de corrente.
U	Moduladores	Discriminadores de frequência ou fase, demoduladores, codificadores, inversores, e
V	Semicondutores, válvulas	conversores. Transistores, diodos, tiristores, válvulas eletrônicas, e tubos de descarga de gás.
W	Elementos de transmissão, guias de ondas, antenas	Cabos, guias de onda, acopladores direcionais, dipolos, e antenas parabólicas
X	Terminais, plugues, soquetes	Tomadas, ponto d prova, e barras de terminais.
Y	Dispositivos mecânicos operados eletronicamente	Válvulas pneumáticas, freios, e embreagens
Z	Transformadores híbridos, filtros, equalizadores, limitadores, cargas de terminais.	Filtro a cristal, circuito de balanceamento, compressores e expansores (compandors)







SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA COMPONENTES ELETRÔNICOS (segundo
NBR 12519/92-CANC-11/12, 12522/92-CANC-10/12 e 12523/92-CANC-11/12)




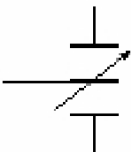
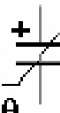
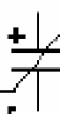
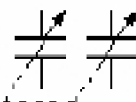
Símbolos gráficos de resistores fixos	
Símbolo	Descrição
 Preferencial	Resistor, símbolo geral
 Não preferencial	
	Resistor com derivação fixa
	Elemento resistivo
	Resistor utilizado como derivador (Shunt)



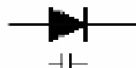
Símbolos gráficos de potenciômetros	
Símbolo	Descrição
	Potenciômetro com variabilidade linear e contínua
	Potenciômetro com variabilidade linear e contínua de ajuste predeterminado
	Potenciômetro com variabilidade não linear e contínua
	Potenciômetro com variabilidade linear e contínua de ajuste predeterminado




Símbolos gráficos de resistores de variabilidade intrínseca	
Símbolo	Descrição
	Resistor de variabilidade intrínseca não linear
	Resistor com variabilidade intrínseca dependente de tensão
	Resistor com variabilidade intrínseca com coeficiente negativo de temperatura - NTCR
	Resistor com variabilidade intrínseca com coeficiente positivo de temperatura - PTCR






Símbolos gráficos de capacitores	
Símbolos	Descrição
	Capacitor, símbolo geral.
	Capacitor com representação do eletrodo externo
	Capacitor de passagem
	Capacitor eletrolítico não polarizado (bipolar). Se desejar os retângulos podem ser preenchidos
	Capacitor polarizado. Símbolo geral
	Capacitor eletrolítico polarizado. Se desejado, o retângulo pode ser cheio.


Símbolos gráficos de tiristores	
Símbolo	Descrição
	Tiristor diodo de bloqueio inverso
	Tiristor diodo de condução inversa
	Tiristor diodo bidirecional
	Tiristor triodo, tipo não especificado. Nota: Este símbolo é usado para representar um tiristor triodo de bloqueio inverso, se não for necessário especificar o tipo da porta.
	Tiristor triodo de bloqueio inverso, porta N (anodo controlado)
	Tiristor triodo de bloqueio inverso, porta P (catodo controlado)





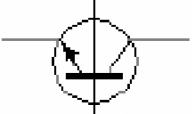



Símbolos gráficos de capacitores variáveis	
Símbolos	Descrição
	Capacitor variável. Símbolo geral
	Capacitor variável com representação do eletrodo externo
	Capacitor com ajuste pré-determinado
	Capacitor variável com dupla armadura móvel. Nota: $C1 = C2$
	Capacitor polarizado variável não linear dependente da temperatura.
	Capacitor polarizado variável não linear dependente da tensão.
	Capacitores variáveis com acoplamento mecânico

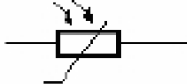




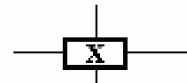
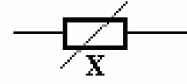

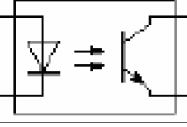
Símbolos gráficos de diodos semicondutores	
Símbolo	Descrição
	Diodo semicondutor, símbolo geral.
	Diodo emissor de luz, símbolo geral.
	Diodo usado como dispositivo capacitivo (varactor ou varicap)


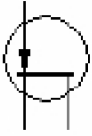







Símbolos gráficos de indutores	
Símbolo	Descrição
	Indutor com núcleo de ar. Símbolo geral
	Indutor com núcleo de ferro laminado
	Indutor com núcleo de ferro com entreferro

	Diodo Túnel
	Diodo de avalanche, ou Zener, unidirecional (diodo regulador de tensão)
	Diodo de avalanche, ou Zener, bidirecional.
	Diodo unitúnel
	Diodo bidirecional (varistor) Diac

Símbolos gráficos de transistores bipolares	
Símbolo	Descrição
	Transistor PNP

	Transistor NPN com coletor conectado à envoltória
	Transistor NPN de avalanche
	Transistor de junção, com base tipo P
	Transistor de junção, com base tipo N
 ou 	Transistor NPN, com base polarizada transversalmente
	Transistor PNIP com conexão à região intrínseca.
	Transistor PNIN com conexão à região intrínseca.
...	

Símbolos gráficos de dispositivos fotossensíveis e magnetossensíveis	
Símbolo	Descrição
	Resistor com variabilidade intrínseca dependente de luz - LDR
	Fotodiodo, Célula fotocondutora com condutividade.
	Célula fotovoltaica
	Fototransistor NPN
	Fototransistor PNP
	Gerador Hall com quatro conexões
	Magnetoresistor, tipo linear.
	Dispositivo de acoplamento magnético isolador magnético
	Dispositivo de acoplamento ótico, isolador ótico com diodo emissor de luz e fototransistor.

	Indutor com núcleo de ferrite
Símbolos gráficos de transistores de efeito de campo (FET), transistores unipolares	
Símbolo	Descrição
 <div>Porta</div> <div>Fonte Coletor</div>	Transistor de efeito de campo, porta conectada, com canal tipo N. Nota: As conexões da porta e da fonte devem estar alinhadas.
	Transistor de efeito de campo, porta conectada, com canal tipo P
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a enriquecimento, uma porta, com canal tipo P, sem conexão ao substrato (IGFET).
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a enriquecimento, uma porta, com canal tipo P, sem conexão ao substrato (IGFET).
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a enriquecimento, uma porta, com canal tipo N, com substrato conectado internamente a fonte (IGFET)
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a depleção, uma porta, com canal tipo N, sem conexão ao substrato (IGFET)
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a depleção, uma porta, com canal tipo P, sem conexão ao substrato (IGFET)
	Transistor de efeito de campo, duas portas isoladas, tipo a depleção, com canal tipo N, com substrato conectado separadamente (IGFET)

QUADROS ELÉTRICOS

De acordo com a NBR IEC 60050-826 (CANC-04/12), quadro de distribuição é o equipamento elétrico destinado a receber energia elétrica através de uma ou mais alimentações, e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, controle e/ou medição.

É por meio do quadro de distribuição, também chamado de quadro de luz, que se faz a distribuição dos circuitos da instalação elétrica. O quadro geral de força e luz é o centro de distribuição, pois:



- recebe os condutores que vêm do medidor;
- contém os dispositivos de proteção;
- distribui os circuitos terminais que farão a alimentação de toda a instalação.

Antes da especificação técnica de um quadro de distribuição, é preciso dimensioná-lo, começando pela quantidade de circuitos que ele deverá acomodar.

Consequentemente, obteremos uma primeira ideia das dimensões físicas e do tipo de material e isolamento que o quadro deve ter.

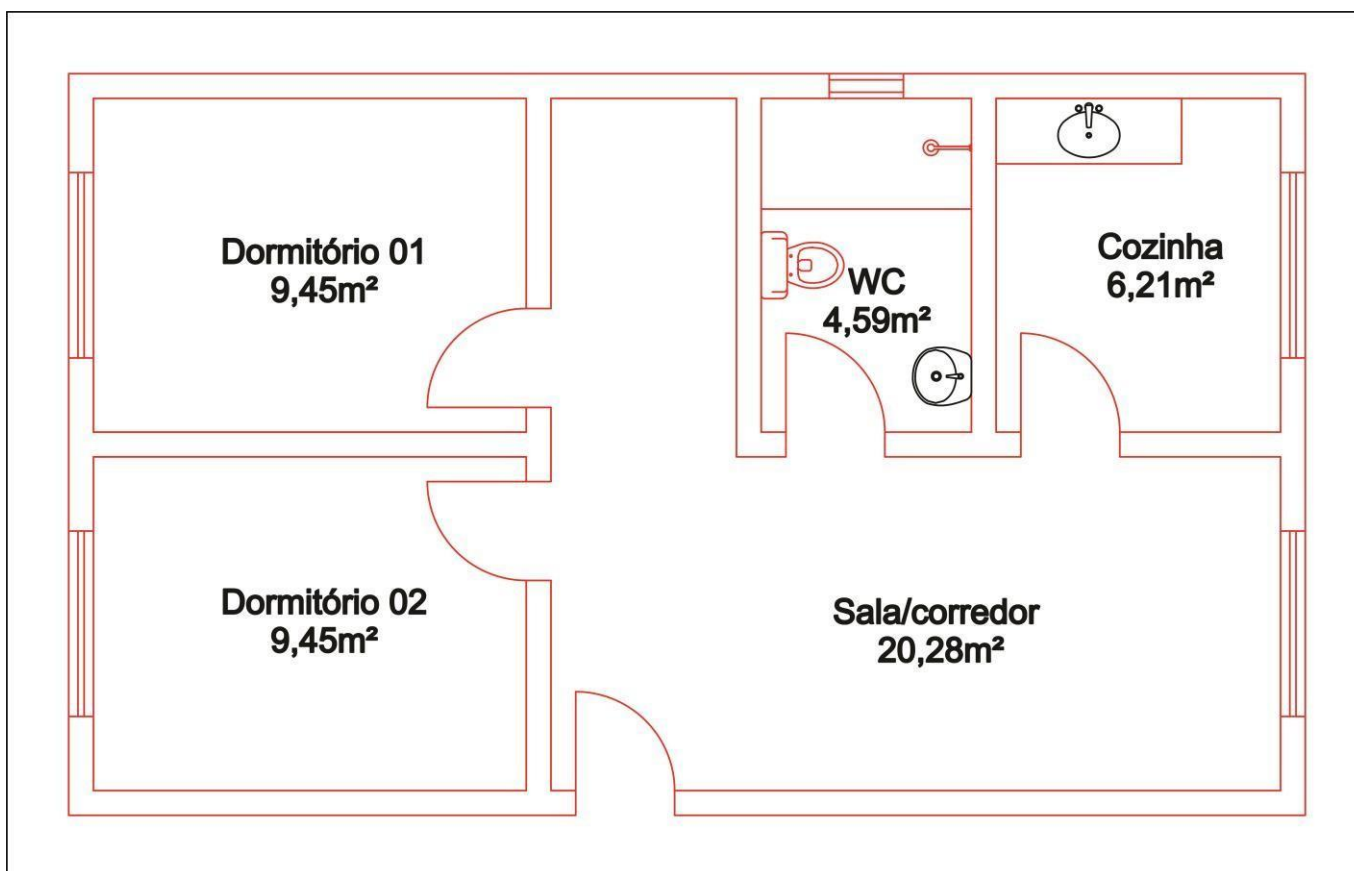
DIMENSIONAMENTO DE UM QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

A quantidade de circuitos de uma instalação elétrica depende de sua potência instalada, da potência unitária das cargas a serem alimentadas, dos critérios adotados na distribuição dos pontos, do maior ou menor “conforto elétrico” previsto, do grau de flexibilidade que se pretende e da reserva assumida visando futuras necessidades.

A NBR-5410 oferece um bom ponto de partida para essa definição, apesar do posicionamento da mesma se enquadrar mais no campo das instalações elétricas residenciais.

Essa norma pode ser encarada como a receita mínima de uma instalação, mas sua utilidade se estende muito além do domínio residencial.

Para a aula em questão, tomaremos como exemplo um apartamento de 2 quartos, sala, cozinha, de aproximadamente 50 m² de área útil.



Guiando-se pela NBR-5410 nós podemos observar as seguintes regras:

- Na seção 4.2.5 (Divisão da Instalação), item 4.2.5.5, a norma diz que “...devem ser previstos circuitos terminais distintos para pontos de iluminação e para

pontos de tomada”. Logo, já podemos conceber no mínimo 2 circuitos, um para a iluminação e um para as tomadas;

- Na seção 9.5.3 (Divisão da Instalação), item 9.5.3.1, a norma diz que “Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente nominal superior a 10A deve constituir um circuito independente”. Logo, não podemos “pendurar”, em um mesmo circuito, mais de um equipamento com corrente nominal superior a 10A, como é o caso, por exemplo, de chuveiros elétricos e aparelhos de condicionamento de ar. Cada aparelho deverá ter seu próprio circuito;

- Passando essa última regra para o nosso exemplo, consideremos que cada dormitório tem um ar-condicionado e há um chuveiro elétrico no banheiro.

Dessa forma, nossa instalação receberá 3 novos circuitos, totalizando 5:

1. iluminação;
2. tomadas de uso geral (TUG);
3. tomada de uso exclusivo (TUE) – chuveiro elétrico;
4. TUE – ar-condicionado (dormitório 01);
5. TUE – ar-condicionado (dormitório 02).

Tudo parece resolvido, porém o circuito TUG está na conformidade?

Ainda segundo a NBR-5410, seção 9.5.2, item 9.5.2.2.1, determina o Número de Pontos de Tomada:

- em banheiros, deve haver pelo menos um ponto de tomada próximo ao lavatório;
- em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da

pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;

- em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada (salvo quando sua área for inferior a 2m^2 , ou ainda, quando sua profundidade for inferior a $0,80\text{m}$, o que definiria que a tomada ficasse próxima ao acesso à varanda, e não na mesma);

- em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5m , ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível (salvo a possibilidade de que um ponto de tomada venha a ser usado para alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável equipá-lo, portanto, com a quantidade de tomadas julgada adequada);

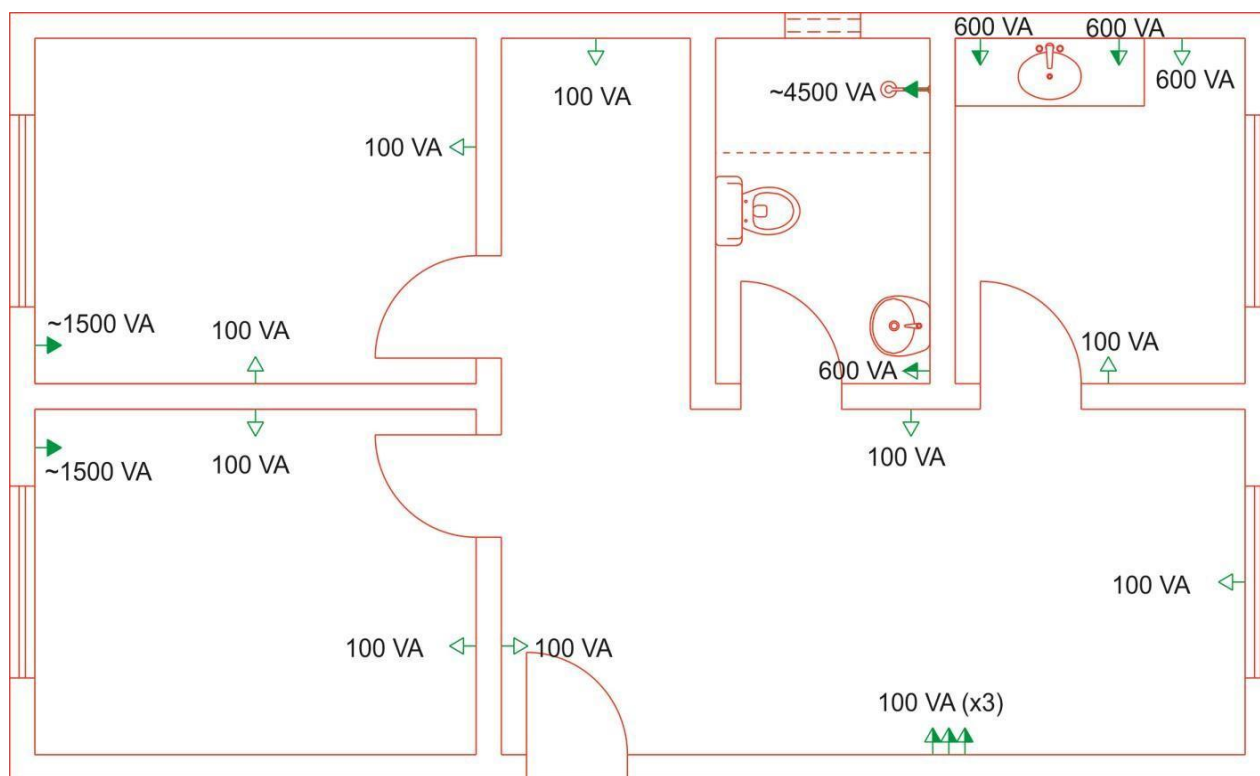
- em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:

- ✓ um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a $2,25\text{ m}^2$. Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até $0,80\text{ m}$ no máximo de sua porta de acesso;
- ✓ um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a $2,25\text{ m}^2$ e igual ou inferior a 6 m^2 ;
- ✓ um ponto de tomada para cada 5 m , ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m^2 , devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

Bem, dessa forma, o número aproximado de tomadas no nosso exemplo seria:

- 2 tomadas em cada dormitório (4 no total, fora as tomadas para os condicionadores de ar);
- 4 tomadas na cozinha;
- 1 tomada no banheiro (fora a tomada do chuveiro elétrico);

- 6 tomadas na sala (foram incluídas 2 tomadas em um mesmo ponto onde já havia uma para o uso de TV, DVD e som).



Com esses dados, chegamos a quantidade de 15 pontos de tomada, mas ainda não verificamos em quantos circuitos elas ficarão, e para isso precisamos voltar a NBR-5410, item 9.5.2.2.2, Potências atribuíveis aos pontos de tomada, que regulamenta:

- em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA

por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;

- nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

Dessa forma, precisamos considerar as potências nominais dessas tomadas, para evitarmos aumentar a espessura do condutor elétrico de $2,5\text{mm}^2$ (ideal) para 4mm^2 (vide NBR-5410 – tabelas 36 a 39).

Assim está a instalação:

- Cozinha – $3 \times 600\text{VA} + 1 \times 100\text{VA} = 1900\text{VA}$
- Sala – $7 \times 100\text{VA} = 700\text{VA}$
- Banheiro – $1 \times 600\text{VA}$
- Dormitórios – $4 \times 100\text{VA} = 400\text{VA}$
- Potência instalada total (TUG) – $3600\text{VA} = 27\text{A}$

Seguindo a NBR-5410, para continuarmos usando um condutor de seção $2,5\text{mm}^2$, precisaremos dividir este circuito em 2.

O circuito mais “pesado” é o da cozinha (1900VA), logo, ele ficará em um circuito à parte, os demais (1700VA) ficam em outro.

Haveria ainda a necessidade de se calcular a potência instalada na iluminação, mas mesmo que colocássemos 2 pontos de iluminação com 100 VA em cada ambiente, não passaríamos dos 1000VA, ou seja, aproximadamente 8A.

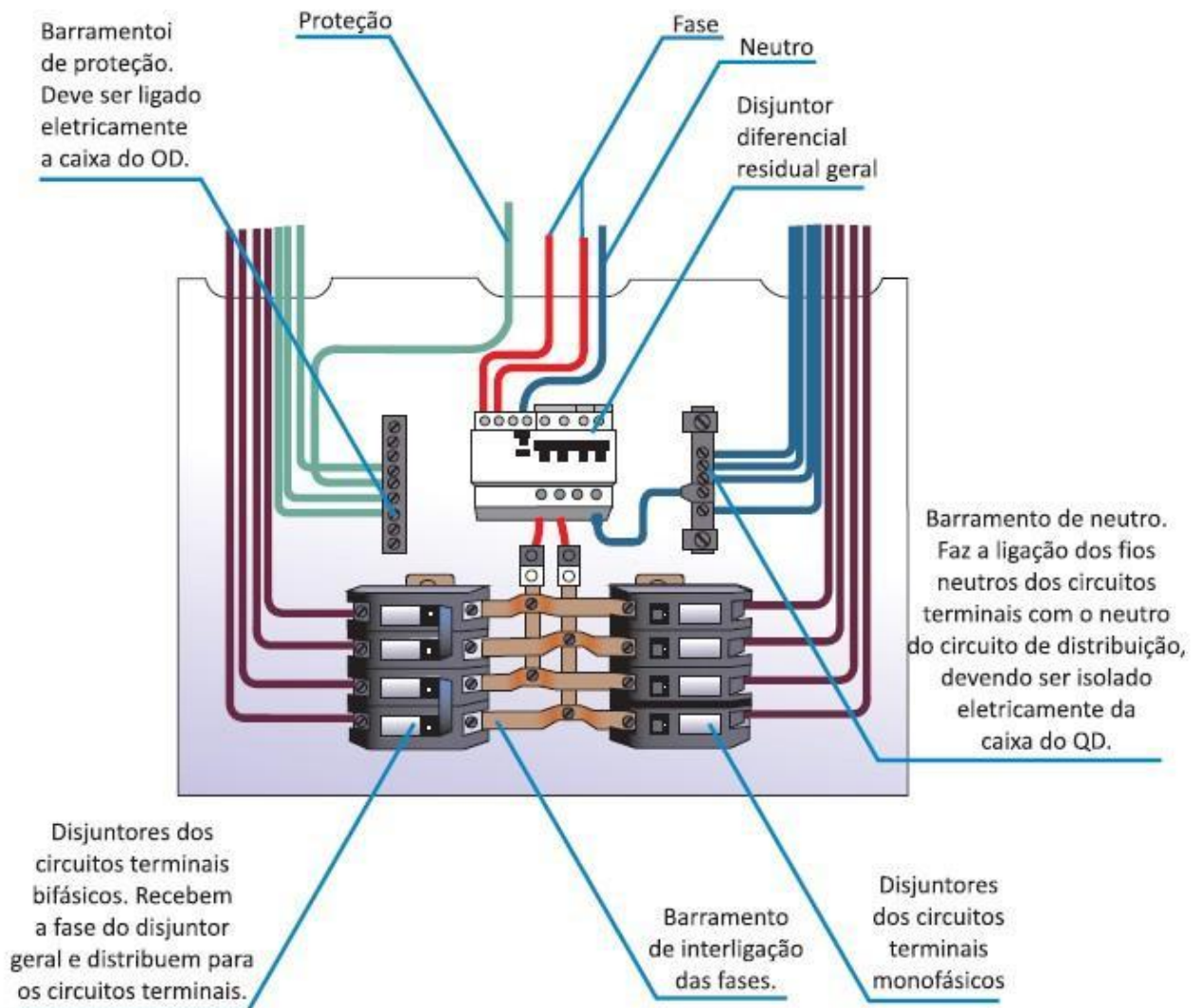
Por fim, levando-se em consideração as últimas informações, ficamos com 6 circuitos:

1. iluminação;
2. TUG – cozinha;
3. TUG – sala, dormitórios e banheiro;
4. TUE – chuveiro elétrico;

5. TUE – ar-condicionado (dormitório 01);
6. TUE – ar-condicionado (dormitório 02).

Agora podemos dimensionar o quadro de distribuição, que deverá possuir, além dos 6 disjuntores monopolares:

- Dispositivo de proteção a corrente diferencial-residual (DR), tripolar, funcionando como nossa chave geral;
- Dispositivos de proteção contra surtos elétrico e descargas atmosféricas (DPS) – opcional;
- Disjuntor bipolar imediatamente à montante do DR – opcional;
- 2 espaços reservas para possíveis instalações futuras.



Dispositivo Diferencial Residual (DR) – Desde dezembro de 1997, é obrigatório, em todas as instalações elétricas de baixa tensão no Brasil, o uso do chamado dispositivo DR nos circuitos elétricos que atendam aos seguintes locais: banheiros, cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço e áreas externas.

O dispositivo DR é um interruptor de corrente de fuga automático que desliga o circuito elétrico caso haja uma fuga de corrente que coloque em



risco a vida de pessoas e animais domésticos e a instalação elétrica.

Dessa forma, garante a segurança contra choques elétricos e incêndios.

Apesar de se ter a sensação de choque em caso de contato do fio fase com o corpo humano, não há risco de vida, caso o circuito seja protegido por esse dispositivo.

O interruptor de corrente de fuga possui um transformador de corrente, um disparador e um mecanismo liga-desliga. Ele funciona comparando a corrente de entrada com a de saída. Essa diferença é chamada de Corrente Diferencial Residual (IDR).

Dispositivo de Proteção contra Surtos – é o dispositivo preconizado pela norma ABNT 5410 e 5419, para proteger as instalações elétricas e os equipamentos eletro-eletrônicos contra surtos, sobretensões ou transientes diretos ou indiretos, independentemente da origem, se por descargas atmosféricas ou por manobras da concessionária.

NBR-5410 - item 6.5.4.7 – Em cada quadro de distribuição deverá ser prevista uma capacidade de reserva que permita ampliações futuras. Essa capacidade deverá ser compatível com a quantidade e o tipo de circuitos efetivamente previstos inicialmente. Essa previsão de reserva deverá obedecer aos seguintes critérios:

- quadros com até 6 circuitos – prever espaço reserva para, no mínimo, 2 circuitos;
- quadros de 7 a 12 circuitos – prever espaço reserva para, no mínimo, 3 circuitos;
- quadros de 13 a 30 circuitos – prever espaço reserva para, no mínimo, 4 circuitos;
- quadros acima de 30 circuitos – prever espaço reserva para, no mínimo, 15% dos circuitos.

É nesse momento que se “qualifica” o tipo de quadro de distribuição mais adequado para a instalação sendo projetada. Para tanto, utiliza-se como base a NBR IEC 60439-1: Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão, que apresenta

os requisitos técnicos mínimos que um quadro elétrico deve satisfazer, bem como os ensaios correspondentes.

Como sugere a própria denominação utilizada, a norma cobre um amplo universo de conjuntos BT, desde os menores quadros de distribuição até painéis de grande porte.

✓ que se segue é uma exposição dos requisitos da NBR IEC 60439-1 – mas centrada, em particular, nos aspectos mais relacionados com os quadros de distribuição prediais:

- Tensão nominal;
- corrente nominal;
- grau de proteção;
- proteção contra choques elétricos;
- plaqueta de identificação;
- ensaios.

ESQUEMAS

Como uma instalação elétrica normal, os quadros de distribuição podem ser representados em diferentes diagramas:

DIAGRAMA DE FIAÇÃO

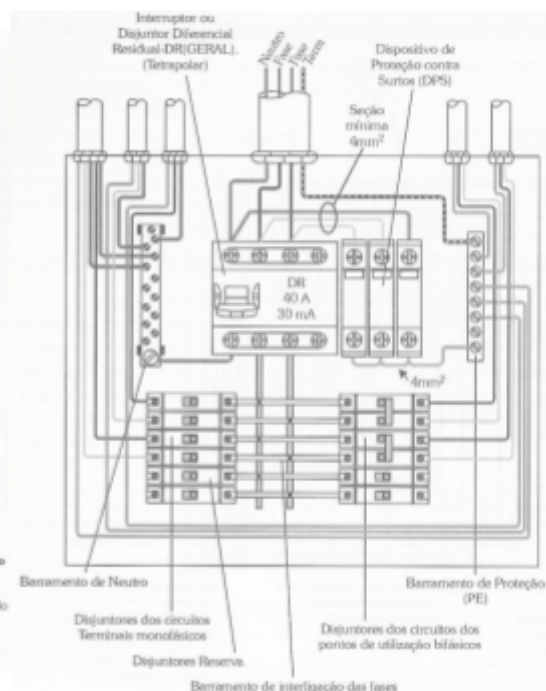
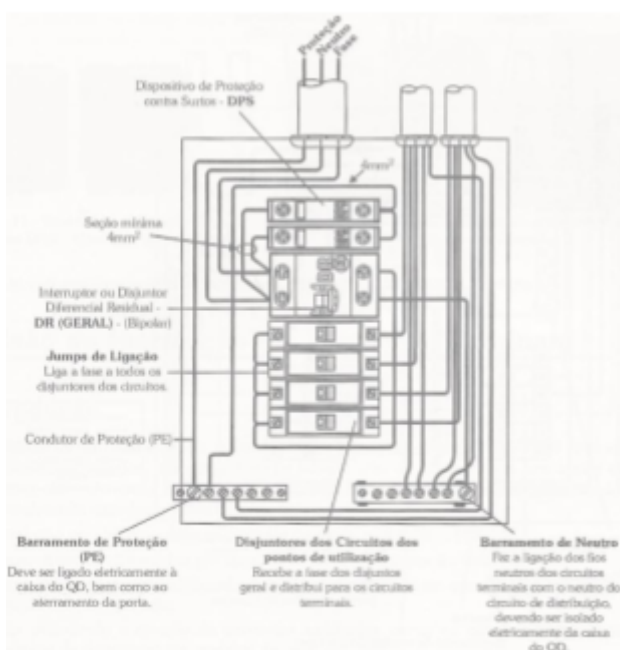


DIAGRAMA MULTIFILAR

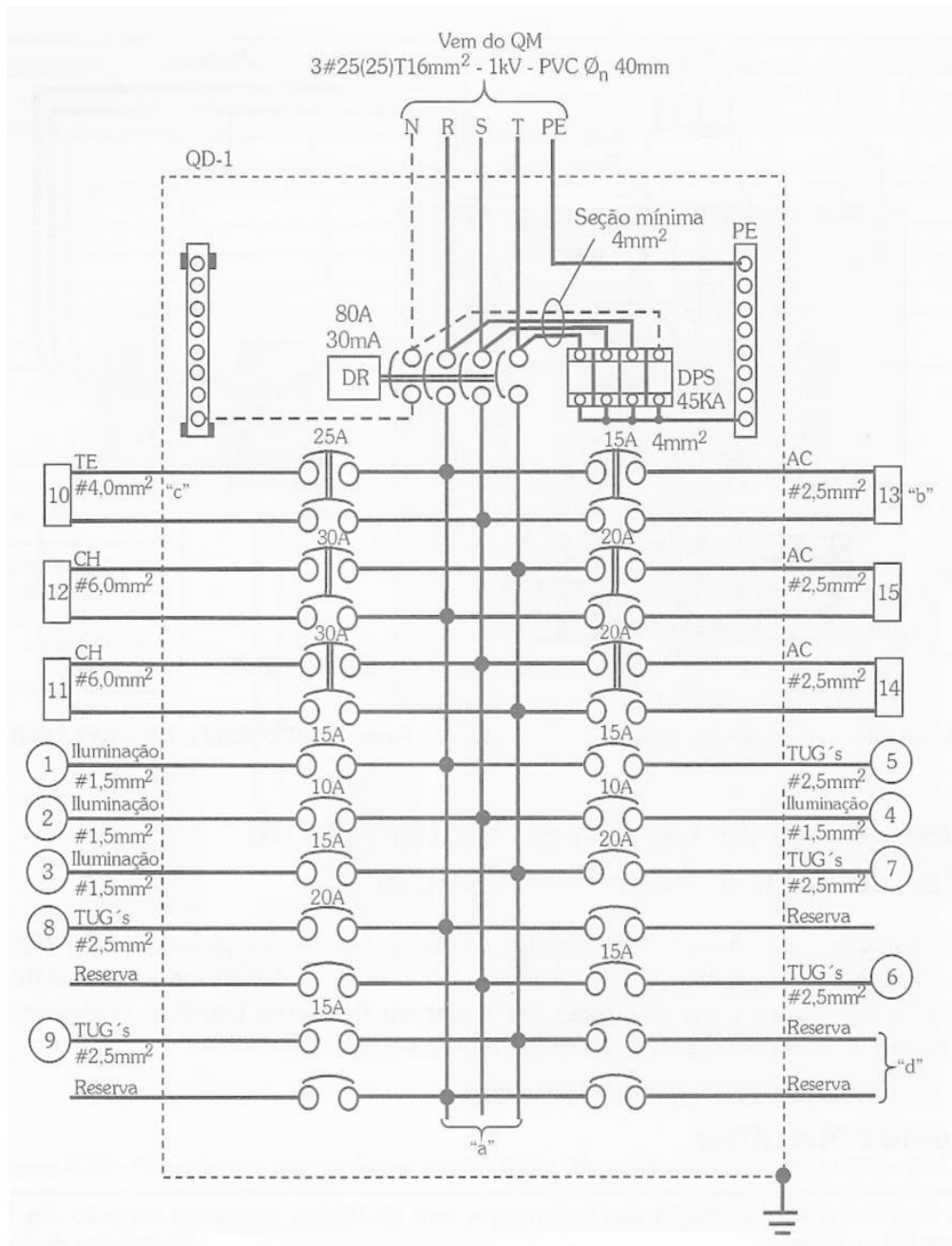
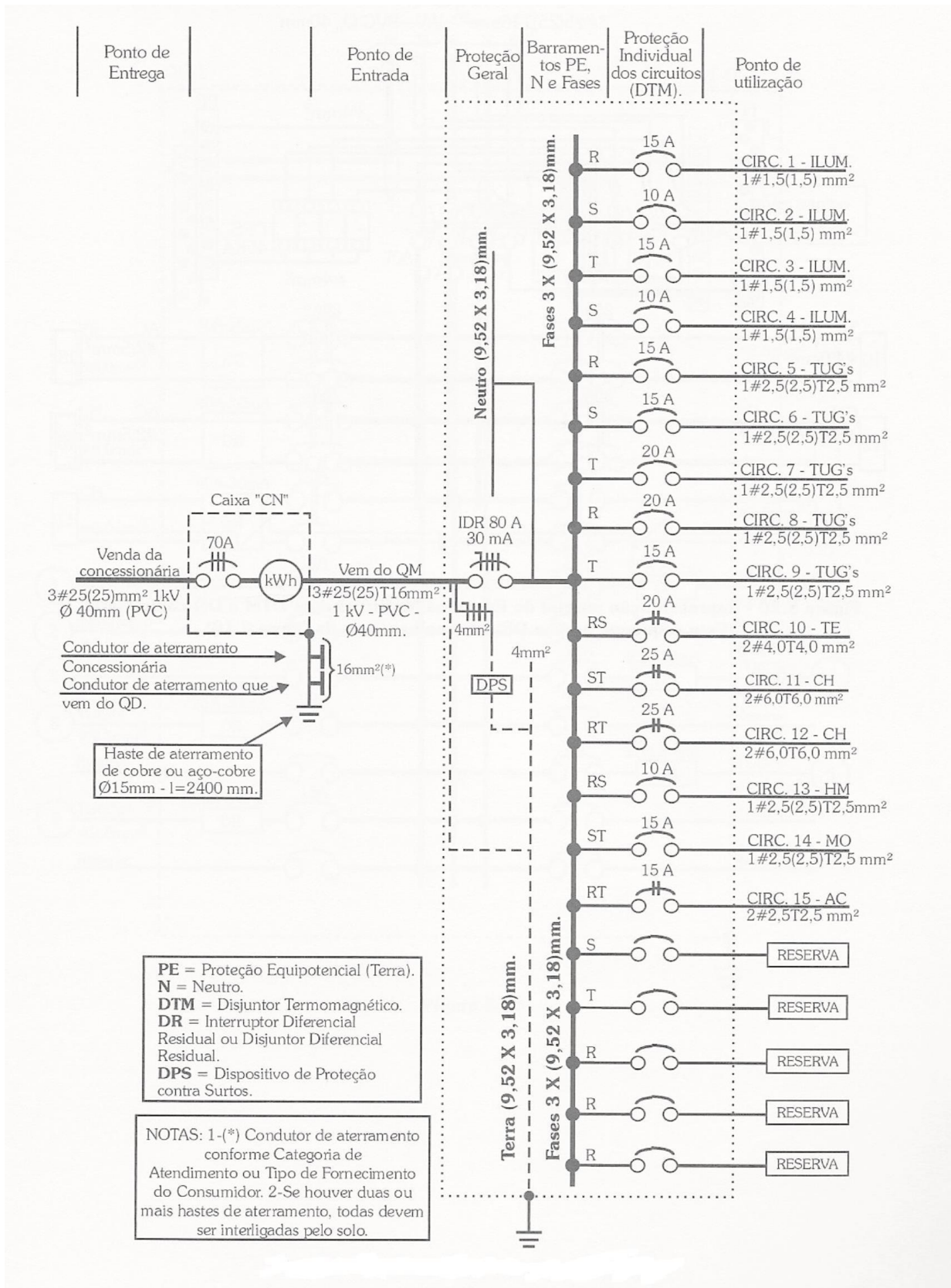


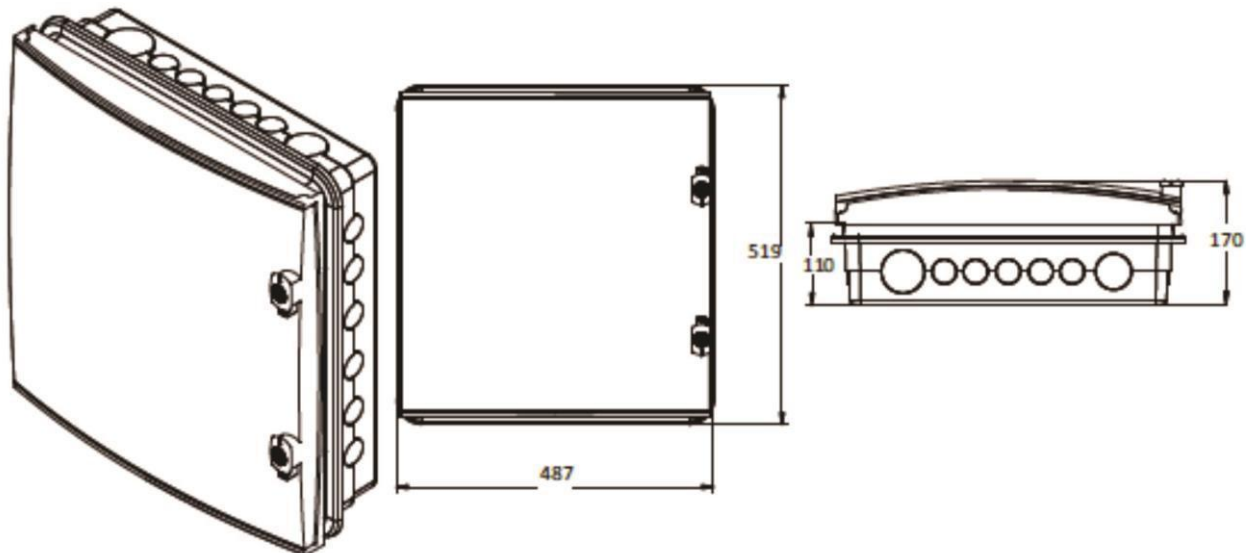
DIAGRAMA UNIFILAR



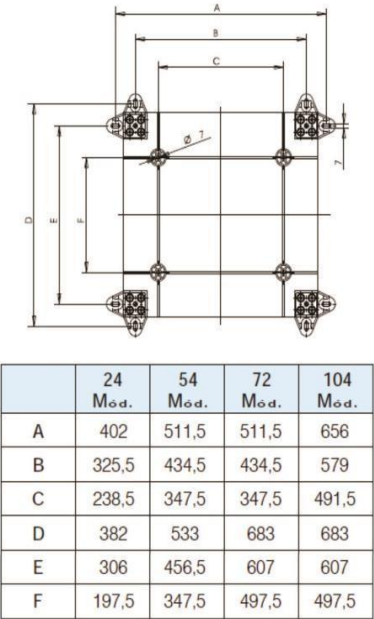
DETALHAMENTO TÉCNICO

O detalhamento técnico de um quadro de distribuição é uma questão opcional, tendo-se em vista que o importante para a instalação elétrica são os esquemas/diagramas, mas agrega bastante valor ao projeto. Ele consiste em representar o quadro tal como ele é, em perspectiva e em vista ortográficas.

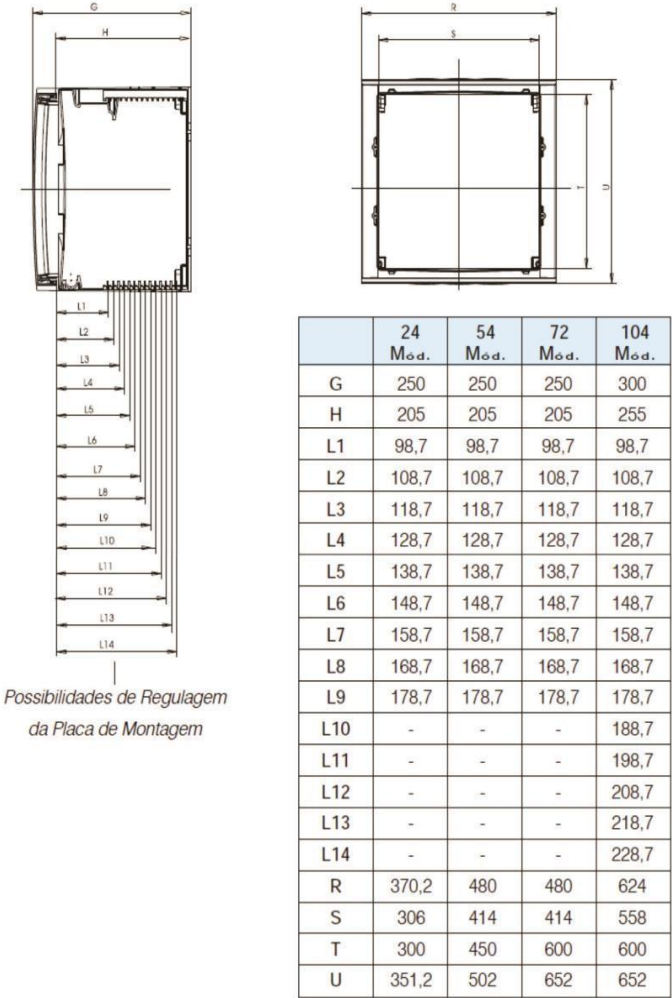
Para fazer o detalhamento de um quadro de distribuição, primeiro precisamos dimensioná-lo (visto anteriormente) e definir qual usaremos entre os diversos modelos fabricados atualmente, pois hoje em dia é muito raro fabricarmos um quadro elétrico, sendo assim, após escolhermos a marca e o modelo do quadro, pegaremos com o fabricante suas especificações e, as passaremos para o nosso desenho. Abaixo seguem exemplos de especificações técnicas retiradas de fabricantes aleatórios:

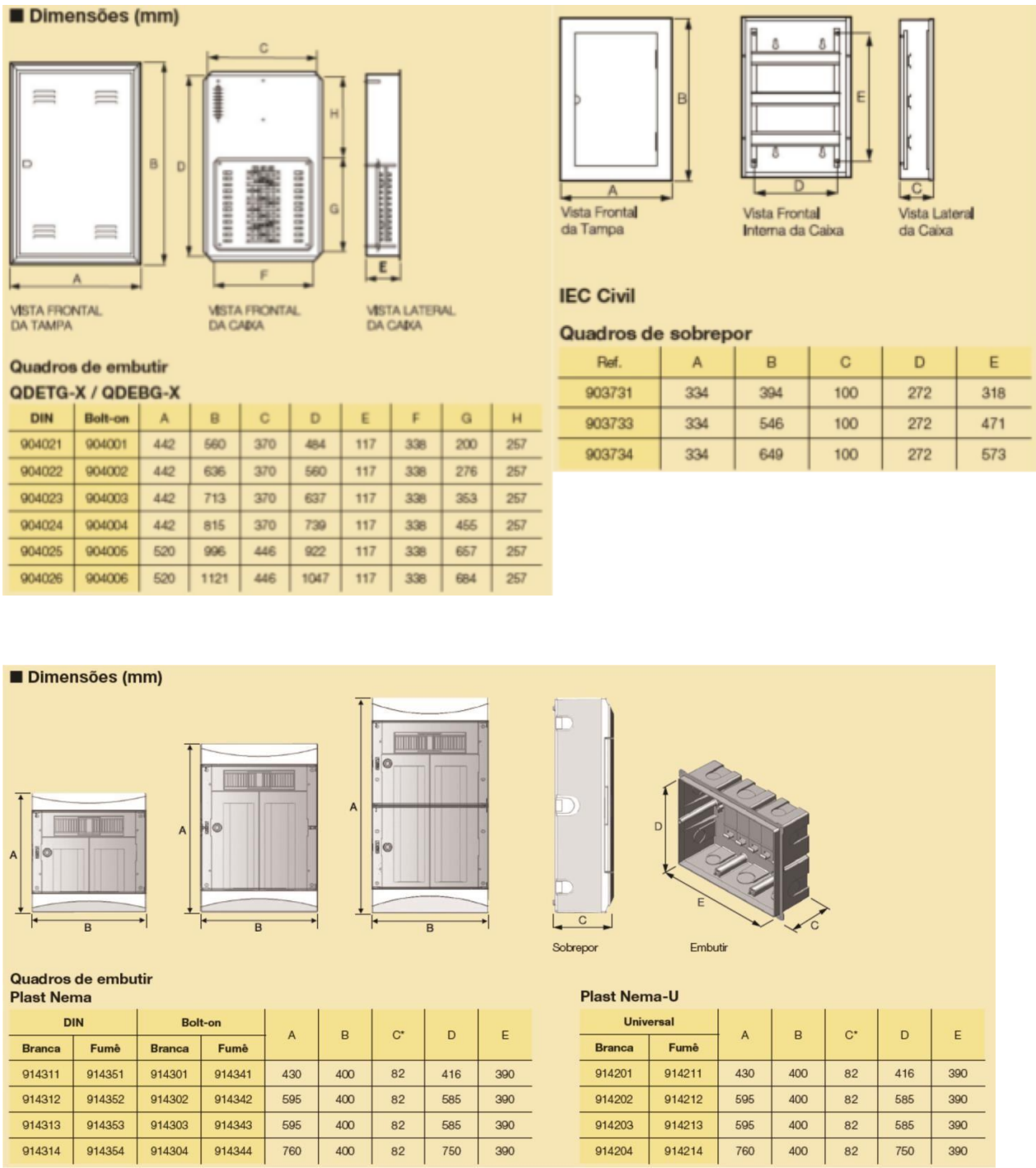


Dimensões de fixação



Dimensões frontais e internas





Como podemos observar, apesar das dimensões serem bem parecidas (dependendo do modelo), elas mudam bastante de acordo com o fabricante.

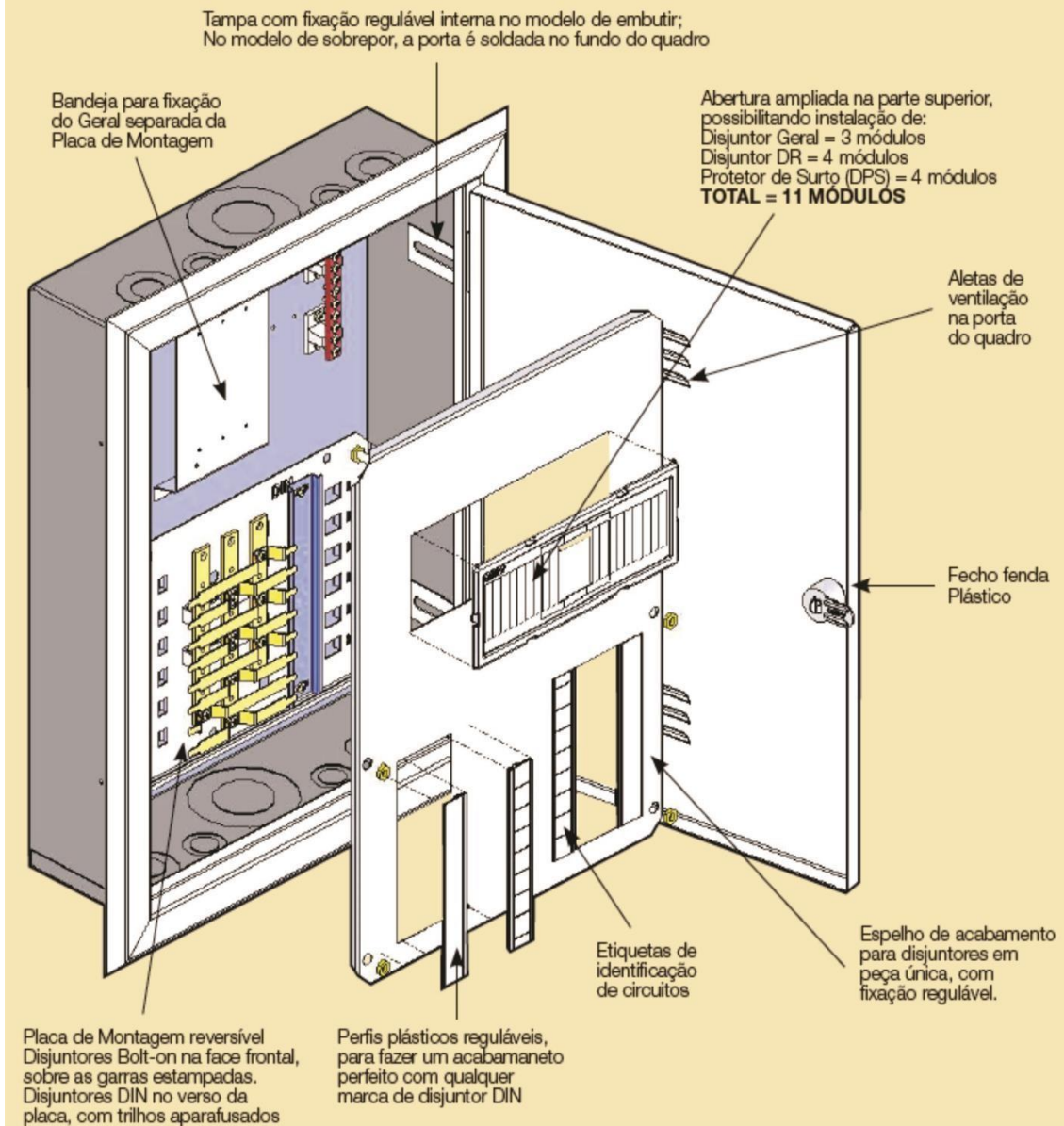
As especificações acima mostram em geral pelo menos 3 dimensões dos quadros, o comprimento, a altura e a profundidade, utilizando-se de pelo menos 2

vistas ortográficas e, às vezes, uma perspectiva ou vista auxiliar. Isso na verdade serve apenas para começarmos a detalhar o quadro, porém, ainda faltam certos detalhes para a sua construção, que também precisam ser desenhados.

DETALHES CONSTRUTIVOS

Não há como relacionar exatamente as medidas e proporções dos componentes do quadro, pois as mesmas dependem de uma grande variedade de fatores, como por exemplo: dimensões dos disjuntores utilizados, dos barramentos, etc. Toda essa informação deverá ser coletada para o detalhamento do quadro. A imagem abaixo lista os componentes de um quadro de distribuição:

■ Detalhes técnicos



SUBESTAÇÕES

Um sistema elétrico de potência necessita de grandes unidades geradoras para suprir uma grande quantidade de consumidores (residências, lojas, indústrias, etc.). No entanto, estas unidades geradoras geralmente não se localizam próximas aos centros consumidores, sendo necessária a utilização de linhas de transmissão para conduzir a energia gerada até eles e, muitas vezes, fazer a interligação com outras unidades geradoras. Além disso, os níveis de tensão ideais para geração, transmissão e distribuição são diferentes um dos outros.

As subestações elétricas, ou SEs, são parte importante no sistema elétrico, pois são nelas que começam e/ou terminam as linhas e ainda convertem os níveis de tensão para os ideais, técnica e economicamente, através do uso de transformadores. São nelas também que são instalados os equipamentos para proteção das linhas bem como os equipamentos para manobras, que aumentam a confiabilidade do sistema.

O projeto de uma subestação é dividido em três partes: Projeto Civil, Projeto Eletromecânico e Projeto Elétrico. Atualmente também se inclui o projeto de Informatização e Automação, ou seja, SEs computadorizadas e automatizadas.

TERMINOLOGIA

Para os efeitos deste padrão, aplicam-se as seguintes definições, complementadas pelas definições contidas nas Normas da ABNT:

- Arranjo dos Condutores - Disposição geométrica dos pontos de fixação dos condutores - fases num suporte, entre si e em relação ao suporte.
- Arranjo Horizontal ou barras paralelas - Arranjo dos condutores no qual os pontos de fixação dos condutores - fases estão situados num mesmo plano horizontal.

- Arranjo Vertical ou barras superpostas - Arranjo dos condutores no qual os pontos de fixação dos condutores - fases estão situados num mesmo plano vertical.
- Cadeia de Isoladores - Conjunto articulado constituído de uma penca de isoladores, ou de várias pencas interligadas, e das ferragens necessárias em serviço, que isola eletricamente um condutor e o fixa ao suporte da linha.
- Condutor - Produto metálico, geralmente de forma cilíndrica de comprimento muito maior do que a maior dimensão transversal, utilizado para transportar energia elétrica ou transmitir sinais elétricos.
- Conector - Dispositivo eletromecânico que faz ligação elétrica de condutores, entre si e/ou a uma parte condutora de um equipamento, transmitindo ou não força mecânica e conduzindo corrente elétrica.
- Disjuntor - Dispositivo de manobra (mecânico) e de proteção, capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, assim como estabelecer, conduzir por tempo especificado e interromper correntes em condições anormais especificadas do circuito, tais como as de curto-circuito.
- Disjuntor de Barra - Disjuntor instalado em série entre duas seções de uma mesma barra de subestação.
- Disjuntor de Interligação de Barras - Disjuntor que interliga duas barras distintas de uma subestação.
- Disjuntor de Linha - Disjuntor instalado numa seção de linha de uma subestação.
- Disjuntor de Transformador - Cada um dos disjuntores instalados de um lado e outro do transformador de uma subestação, é designado pela respectiva tensão nominal.
- Eletroduto - Elemento de linha elétrica fechada, de seção circular ou não, destinado a conter condutores elétricos, permitindo tanto a enfição como a retirada destes por puxamento.
- Elemento Fusível - Componente de um fusível que deve fundir, quando for percorrido por uma corrente que excede um valor especificado.

- Elo fusível - De uma chave fusível de distribuição: Fusível de construção flexível destinado a manter a chave na posição fechada quando em funcionamento, e provocar a sua abertura automática após a fusão do elemento fusível.
- Engastamento - É a profundidade que o poste deve ser enterrado conforme a fórmula básica $e=L/10+0,6$ m.
- Pátio - Recinto não coberto de uma subestação, onde são instalados os barramentos e os equipamentos a eles ligados diretamente.
- Vão de Subestação - Parte de uma subestação correspondente a uma linha de transmissão ("vão de linha"), ou a um transformador ("vão de transformador"), ou a um alimentador ("vão de alimentador"), ou a outro equipamento determinado. Corresponde ao termo em inglês bay.
- Vão (bay) - Vão de subestação é a parte de uma subestação correspondente a uma entrada ou saída de linha (vão de entrada de linha "EL" ou saída de linha "SL"), ou a um transformador (vão de transformador "TR"), ou a um alimentador (vão de alimentador "AL") ou a outro equipamento determinado.
 - Corresponde ao termo inglês bay.
 - Vão EL/SL com disjuntor - É o vão correspondente a entrada/saída de linha de 69 kV, considerando os equipamentos e materiais necessários para instalação de todas as estruturas, com o disjuntor.
 - Vão EL/SL sem disjuntor - É o vão correspondente a entrada/saída de linha de 69 kV, considerando os equipamentos e materiais necessários para instalação de todas as estruturas, sem o disjuntor.
 - Vão EL/SL C com disjuntor - É o vão correspondente à entrada/saída de linha de 69 kV, considerando os equipamentos e matérias e apenas as estruturas necessárias para complemento de um vão já existente, onde se monta ou instala outra EL/SL do lado, com o disjuntor.
 - Vão EL/SL C sem disjuntor - É o vão correspondente à entrada ou saída de linha de 69 kV, considerando todos os equipamentos e materiais e apenas as estruturas necessárias para complemento de um vão já existente, onde se monta ou instala outra EL/SL do lado, sem o disjuntor.

- Vão DJT - É o vão correspondente ao disjuntor de transferência de 69 kV, considerando os equipamentos materiais necessários para sua instalação.
- Vão BAR 2 - É o vão correspondente a barra de 69 kV montada com todas as estruturas e materiais necessários para sua instalação.
- Vão BAR 2 C1 - É o vão correspondente a barra de 69 kV montada junto a uma barra completa, tendo está apenas
- As estruturas e os materiais necessários para o complemento da barra já existente.
- Vão BAR 2 C2 - É o vão correspondente aos Transformadores de Potencial de 69 kV sendo computado os equipamentos, materiais e a estrutura suporte.
- Vão TR - É o vão correspondente ao Transformador de Potência de 69-13,8 kV sendo computado os equipamentos e materiais desde o engaste na barra de 69 kV até a de 13,8 kV e apenas a estrutura específica deste vão.
- Vão DJ - É o vão correspondente ao Disjuntor do Transformador de Potência de 69-13,8 kV no lado do setor de 13,8 kV, sendo computado os equipamentos e materiais para o engaste na barra de 13,8 kV.
- Vão B1 - É o vão correspondente à barra de 13,8 kV montada com todas as estruturas e materiais necessários para sua instalação.
- Vão B1 C1 - É o vão correspondente a barra de 13,8 kV montada junto a uma barra completa, tendo está apenas as estruturas e os materiais necessários para o complemento da barra já existente.
- Vão AL - É o vão correspondente a saída de alimentadores sendo computado os equipamentos materiais e apenas a estrutura específica para entrega deste ao sistema de distribuição.
- Vão TSA - É o vão correspondente à instalação do transformador de serviços auxiliares sendo computado os equipamentos, materiais e a estrutura suporte deste.
- Vão BC - É o vão correspondente à instalação do banco de capacitor sendo computado equipamentos e materiais.

- Vão RT MONOF - É o vão correspondente à instalação do banco de regulador de tensão monofásico, sendo computado os equipamentos, materiais e a estrutura suporte deste, utilizado apenas na subestação de pequeno porte.

CLASSIFICAÇÃO

As SEs podem ser classificadas com base em diversos parâmetros, como veremos a seguir:

QUANTO AO SEU PORTE:

- Subestação de Pequeno Porte - Subestação de Pequeno Porte são caracterizadas por arranjos de 72,5-15 kV, em zona rurais ou urbanas de médios valores de demanda atendendo as seguintes potências 5/6,25 MVA; 5/6,25/7,5 MVA; 2X5/6,25 MVA; 2X5/6,25/7,5 MVA; 10/12,5/15 MVA. Construídas em área de 80x80m.

Adequadas para áreas de baixa densidade de carga, grandes extensões territoriais, alto índice de incerteza quanto ao crescimento vegetativo da carga e quanto à localização mais apropriada.

Também são adequadas para pequenas localidades onde o setor de Planejamento já dispõe de um razoável grau de certeza quanto ao mercado a ser atendido, ou seja: carga inicial, taxa de crescimento de carga, melhor localização da subestação quanto ao centro de carga, expectativa de vida útil considerando sua capacidade nominal.

- Subestação de Grande Porte - Subestação de Grande Porte são caracterizadas por arranjos de 72,5-15 kV, em zonas urbanas de altos valores de demanda atendendo as seguintes potências 10/12,5/15 MVA; 2x10/12,5/15 MVA; 20/26,66/33,2 MVA. Construídas em área de 100x100m. Apropriadas para atendimento das cargas da distribuição localizadas nos grandes núcleos urbanos da capital bem como em algumas localidades do interior do estado. São implantadas

em áreas onde o mercado a ser atendido é bem conhecido nos aspectos de carga inicial, crescimento vegetativo e localização.

- Subestação de Grande Porte tipo 1 - Este tipo de subestação possui no setor de 69 kV, arranjo de barra principal e transferência, superpostas em tubo de alumínio.
- Subestação de Grande Porte tipo 2 - Este tipo de subestação possui no setor de 69 kV, arranjo de barra principal e transferência, paralelas em cabo de alumínio.

QUANTO À FUNÇÃO QUE DEVEM EXERCER:

- Elevadoras - localizam-se na saída das usinas e elevam a tensão para níveis compatíveis com o transporte econômico;
- Abaixadoras - ficam na periferia das cidades e destinam-se a diminuir os níveis de tensão (a tensão de saída é menor do que a tensão de entrada), evitando os inconvenientes da alta tensão, para a população, como rádio interferência, campos magnéticos intensos, faixa de passagem larga, etc.;
- Distribuição - abaixam o nível de tensão para que fique compatível com a distribuição de energia urbana. Elas podem pertencer às concessionárias ou aos consumidores;
- Manobras - fazem chaveamentos de linhas de transmissão;
- Conversoras - associadas a sistemas de transmissão de corrente contínua (Retificadoras e Inversoras).

QUANTO AO NÍVEL DE TENSÃO DE OPERAÇÃO:

- Alta Tensão (AT) - tensão nominal abaixo de 230kV;
- Extra Alta Tensão (EAT) - tensão nominal igual ou acima de 230kV.

QUANTO AO TIPO DE INSTALAÇÃO:

- Céu Aberto - são construídas em locais amplos, ao ar livre ou em cabines metálicas, e requerem o emprego de aparelhos e máquinas próprias para funcionamento em condições atmosféricas diversas;
- Semi-abrigada - subestação abaixadora com as instalações aéreas iguais a convencional aérea construída sob galpão, utilizada em zonas de alto índice de poluição marítima.
- Em Interiores - os equipamentos são colocados no interior de construções, e não estão sujeitos a intempéries;
- Blindadas - os equipamentos são completamente protegidos, e o espaço necessário pode ser reduzido, chegando a até 10% do espaço de uma SE convencional. São normalmente usadas em áreas urbanas, densamente povoadas, onde o preço do terreno seja muito alto e de difícil aquisição.

Podem ser isoladas em óleo, com material sólido, ou em gás (SF₆ – Hexafluoreto de Enxofre). As principais vantagens são a baixa manutenção e a segurança da manutenção. Em contrapartida, necessita de um treinamento de pessoal diferenciado e as operações de chaveamento de equipamentos não podem ser visualizadas, mas apenas supervisionadas por indicadores.

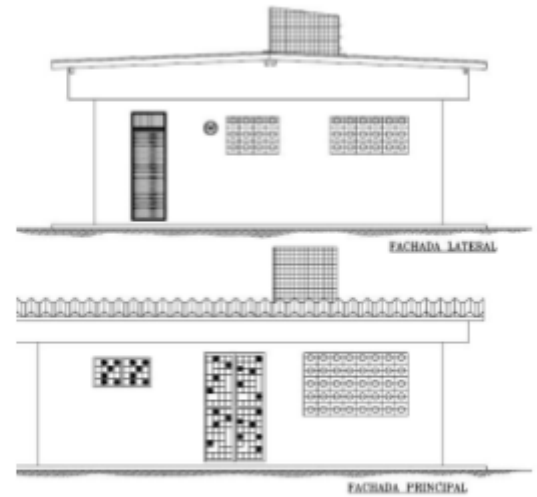
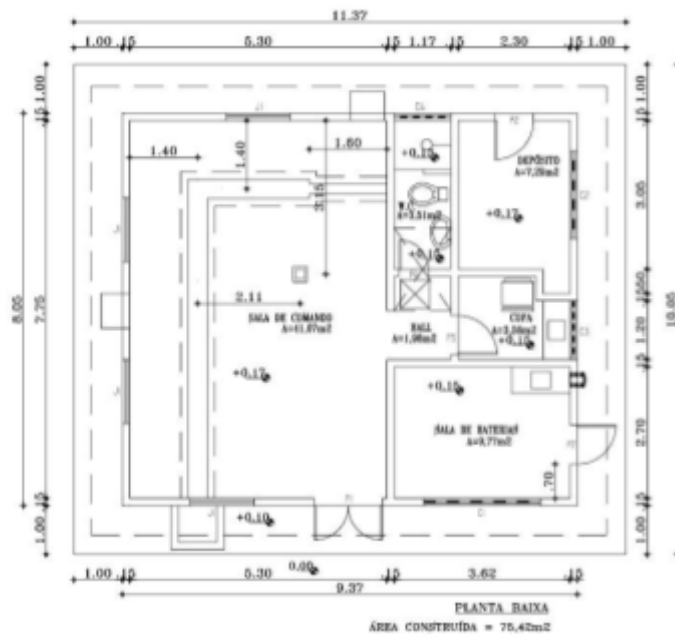
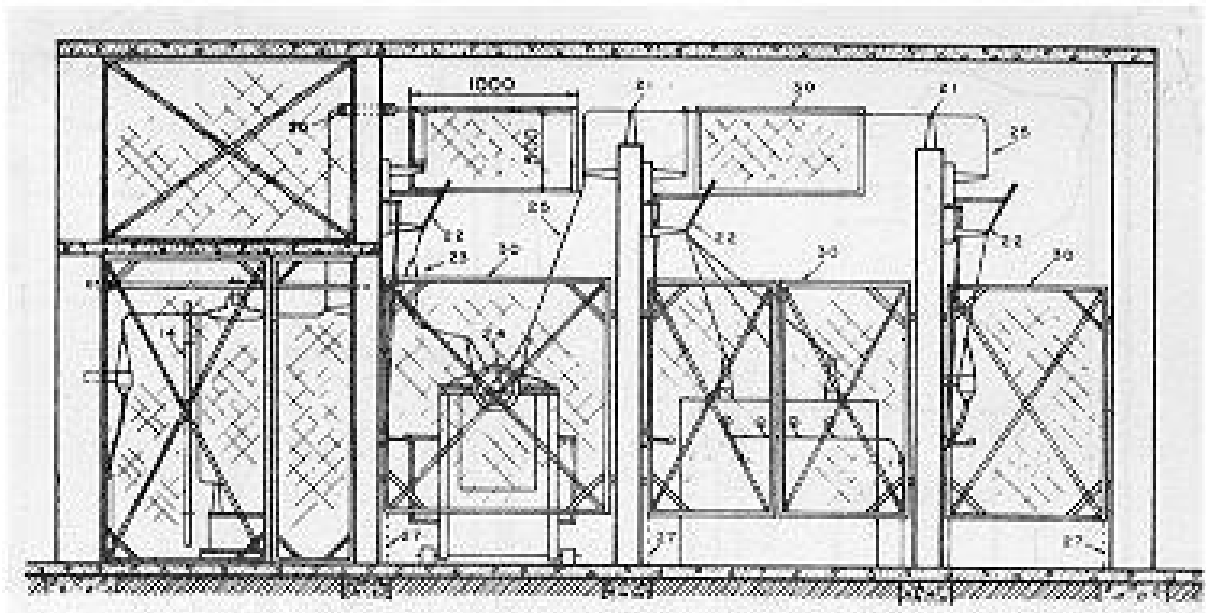
QUANTO À FORMA DE OPERAÇÃO:

- Com operador - exige alto nível de treinamento de pessoal. Quanto ao uso de computadores na supervisão e operação local, em geral, a sua viabilidade só se justifica para instalações de maior porte.

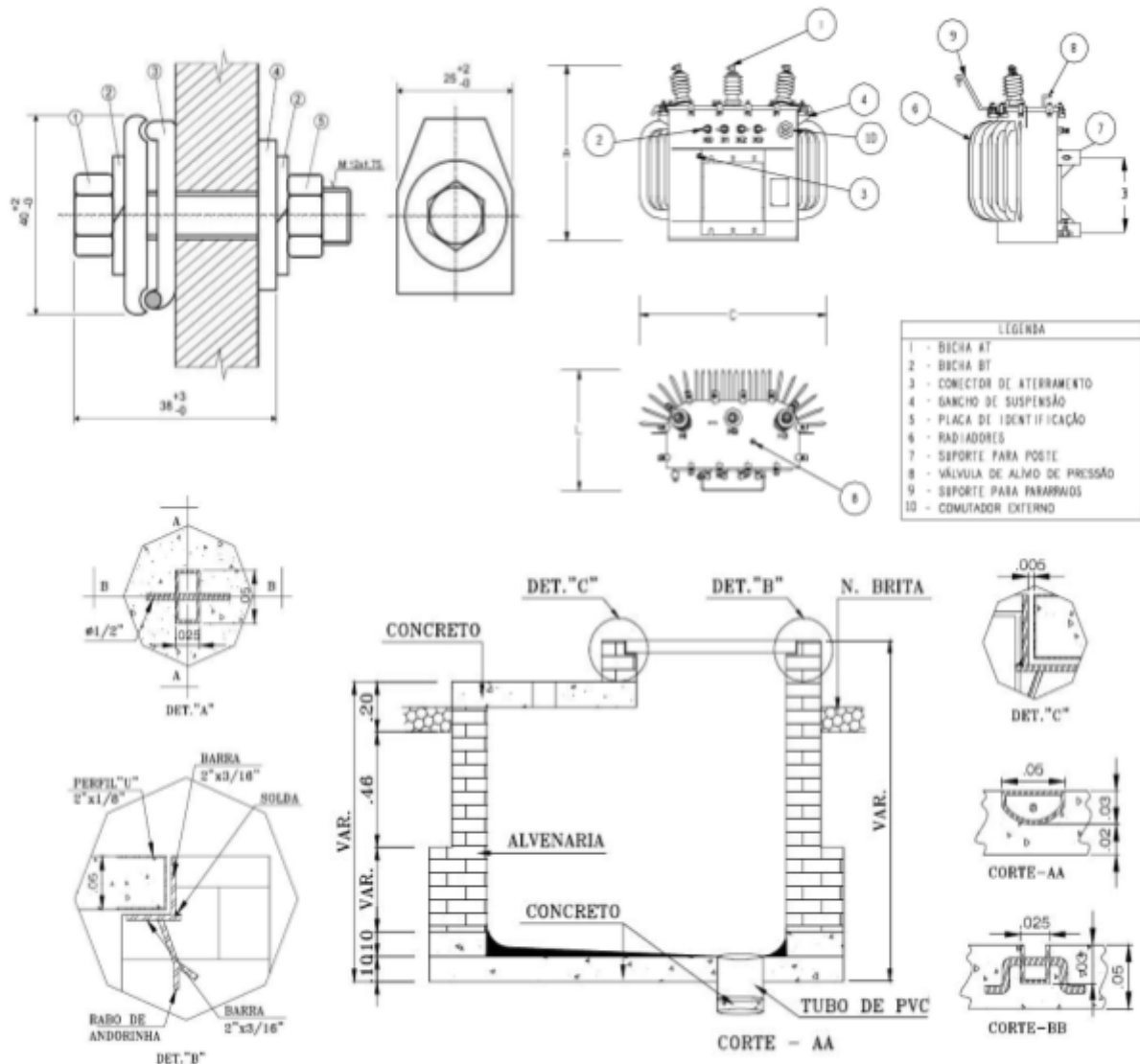
Atualmente este tipo já está praticamente em desuso;

- Semi-automática - com computadores locais ou intertravamentos eletromecânicos que impedem operações indevidas por parte do operador local;
- Automatizada - com supervisão à distância por intermédio de computadores.

Atualmente as concessionárias têm todas ou quase todas as subestações já automatizadas.



O Projeto Eletromecânico trata da elaboração dos circuitos de potência, dimensionamento dos equipamentos elétricos (disjuntor, seccionadoras, transformador, etc.), dimensionamento da malha de terra, das estruturas de sustentação destas e lançamento de canaletas, eletrocalhas, etc.



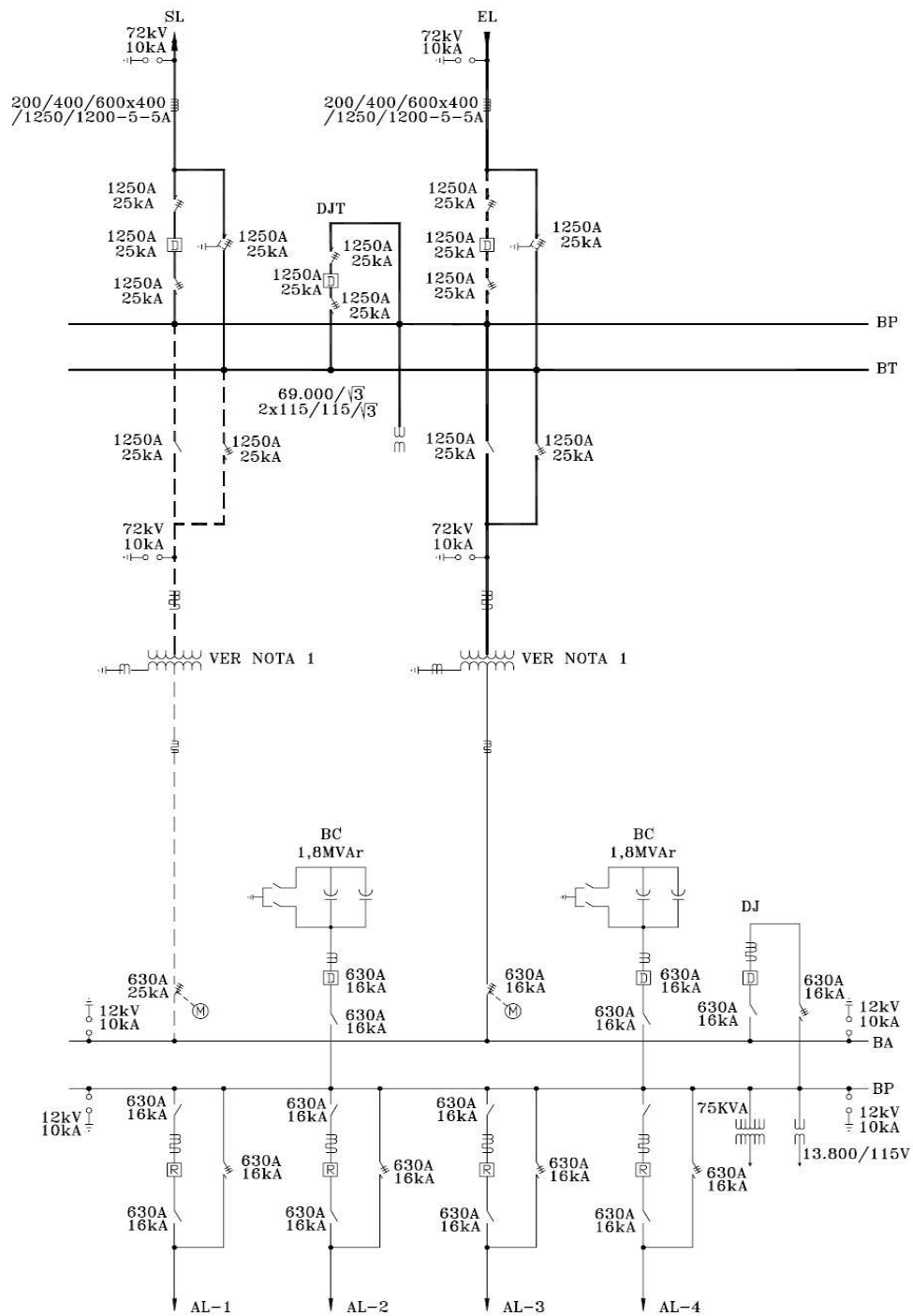
O Projeto Elétrico trata de toda parte de proteção e controle da subestação.

Esta etapa sofreu grandes mudanças com a vinda da automação. Antes, havia um circuito de comando localizado em um painel e/ou mesa(s) de comando, e outro circuito de proteção, cujos elementos principais eram os relés. Com a automação, estes circuitos se tornaram um só, sendo concentrados em um único painel.

Assim como os demais esquemas elétricos aqui apresentados, o projeto elétrico de uma SE apresenta 3 diagramas básicos:

DIAGRAMA UNIFILAR

É onde são representadas as informações básicas da parte de potência e da proteção da subestação.



- NOTAS: 1 - O TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA PODERÁ SER: 1x5/6,25; 1x5/6,25/7,5; 2x5/6,25; 2x5/6,25/7,5; 1x10/12,5/15MVA.
- 2 - A SUBESTAÇÃO PODERÁ TER REGULADOR DE TENSÃO OU TRANSFORMADOR COM COMUTADOR AUTOMÁTICO DE TAP'S.
- 3 - ESTE DIAGRAMA UNIFILAR APRESENTA A CONFIGURAÇÃO FINAL DA SE PP, PODENDO AINDA SEREM ACRESCIDOS OS DISJUNTORES DE AT E MT DOS TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA.

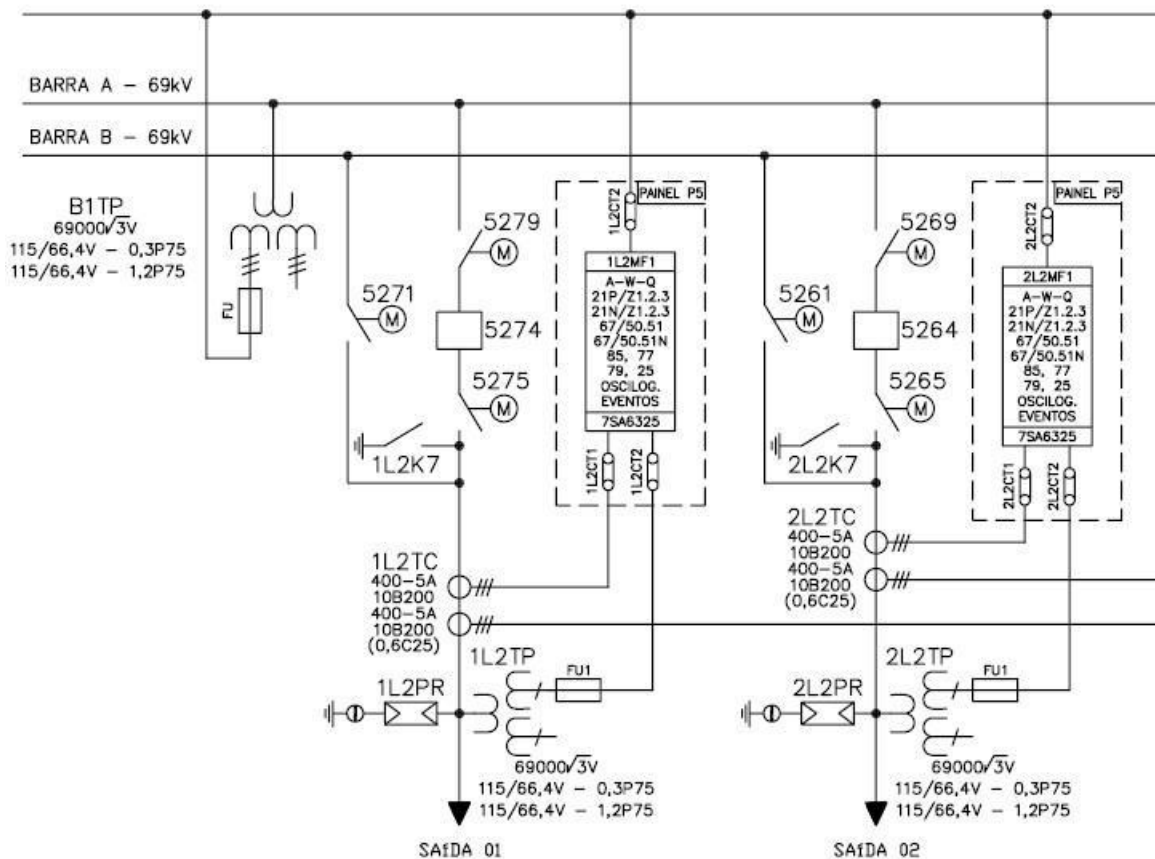


DIAGRAMA MULTIFILAR

Tal como o diagrama unifilar, representa a parte de potência e de proteção da subestação, porém de forma mais detalhada, pois são representados todos os condutores do circuito.

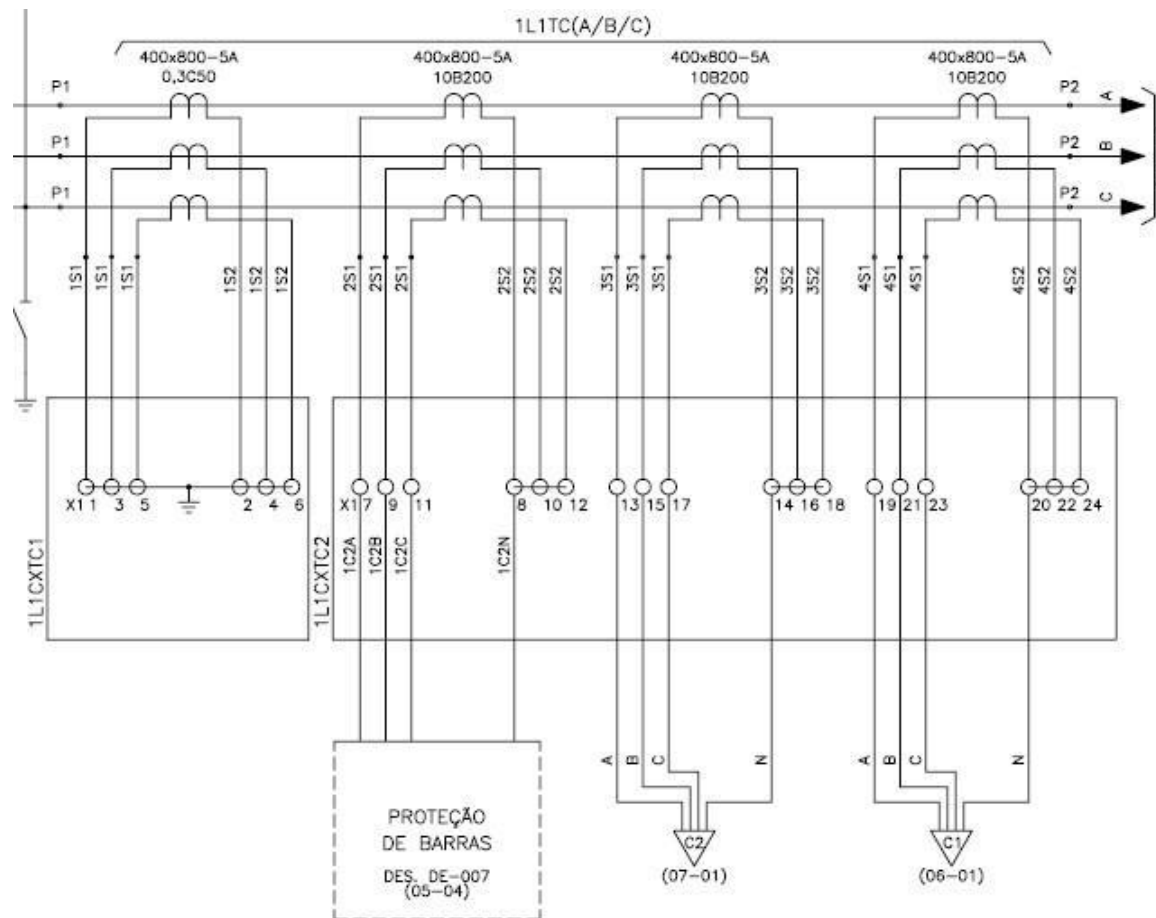
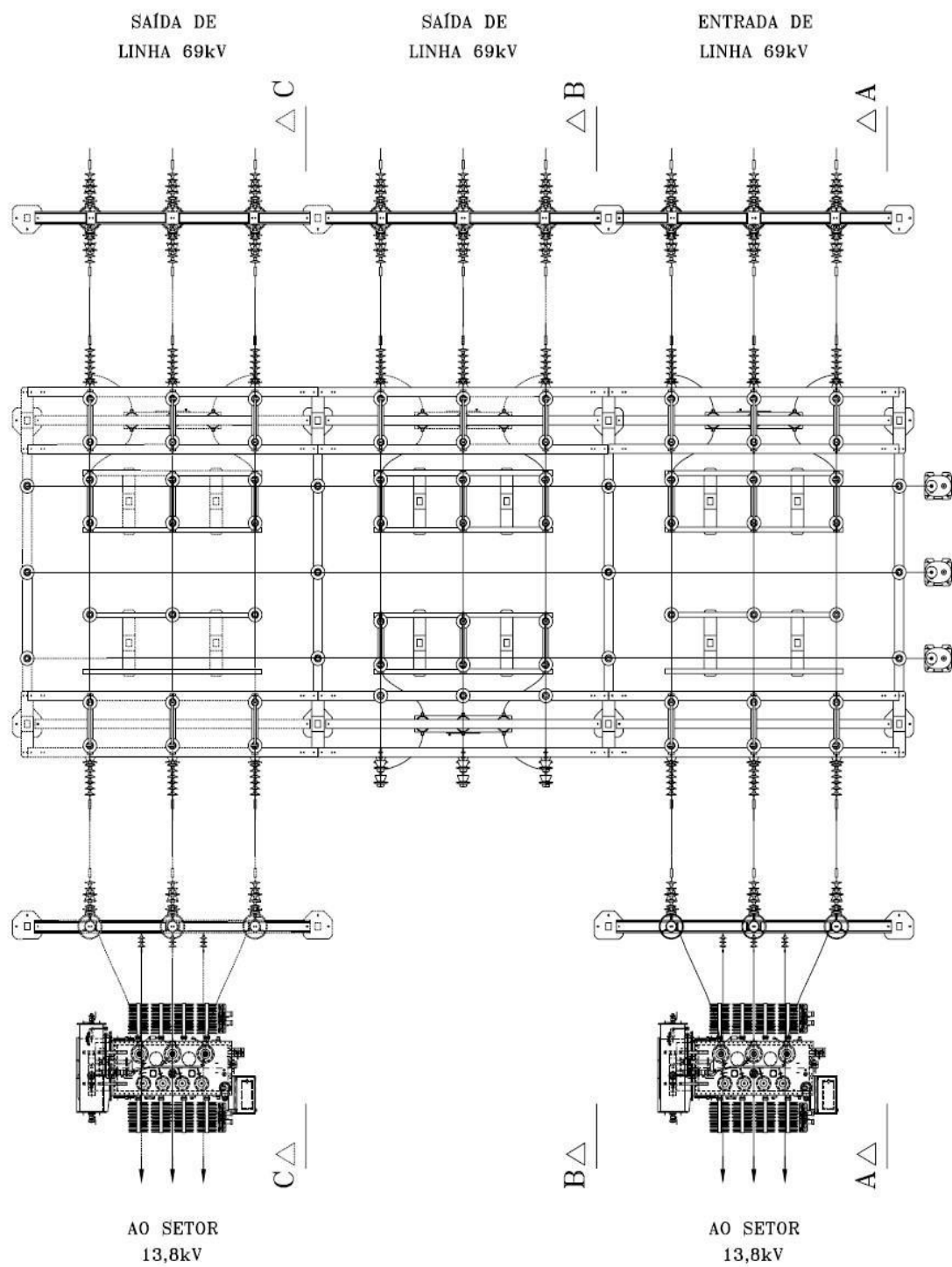
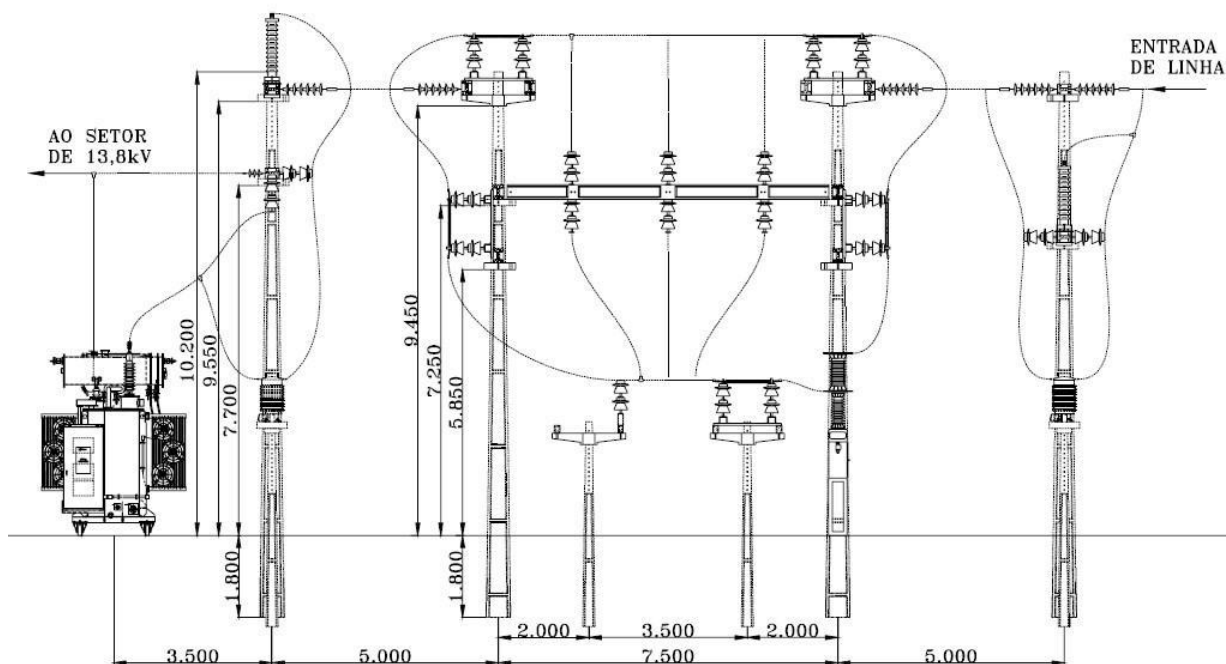


DIAGRAMA DE FIAÇÃO

Basicamente, é a representação física e “realista” das ligações da subestação.



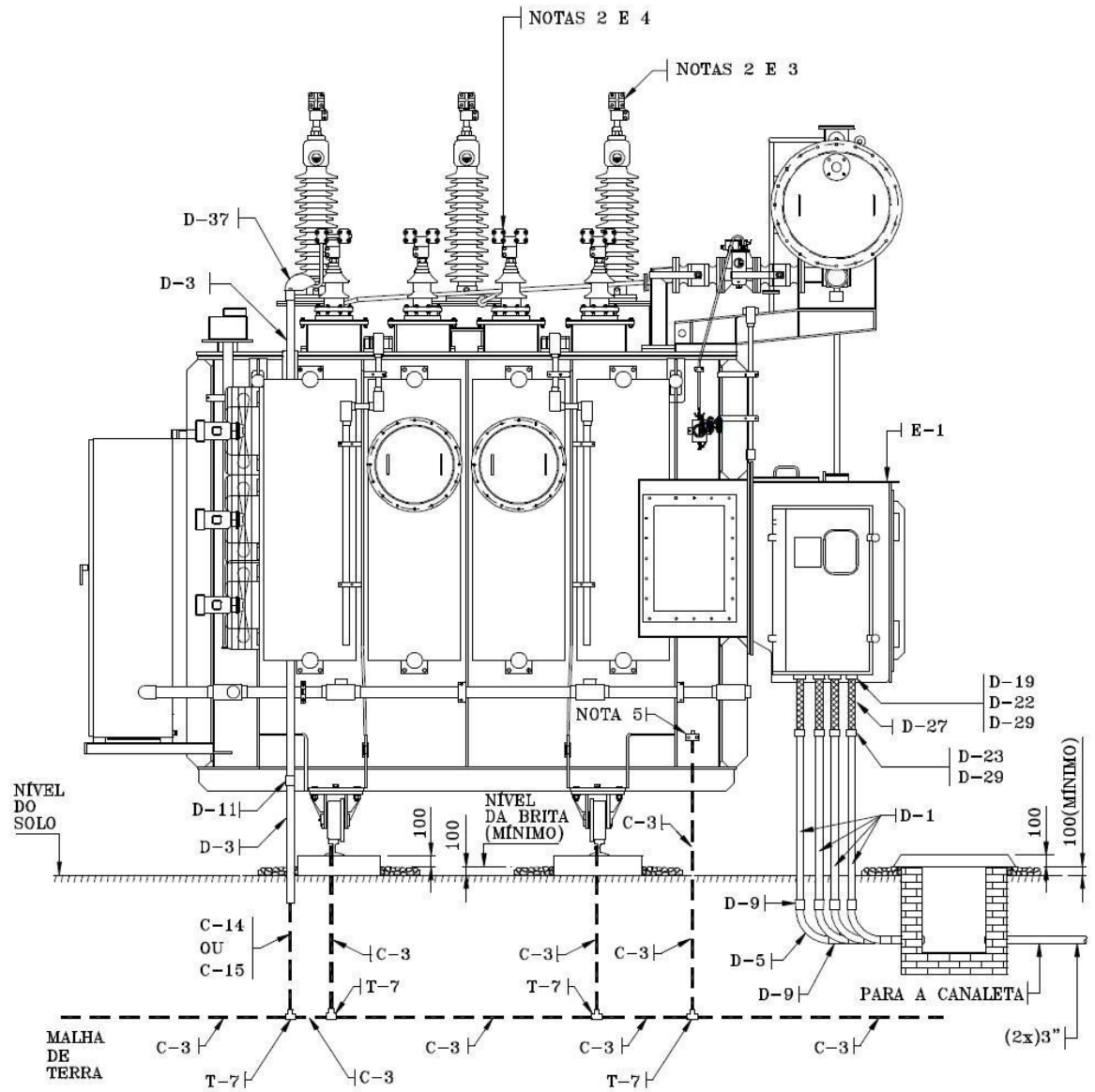


DETALHES ELETROMECÂNICOS

Como mencionado anteriormente, trata do dimensionamento, montagem e detalhamento de toda a estrutura que suporta a eletricidade, ou seja, desenhos de transformadores, conexões de equipamentos em geral, disjuntores, eletrodutos, calhas, capacitores, e tudo o mais que envolva a parte física que lida diretamente com a eletricidade.

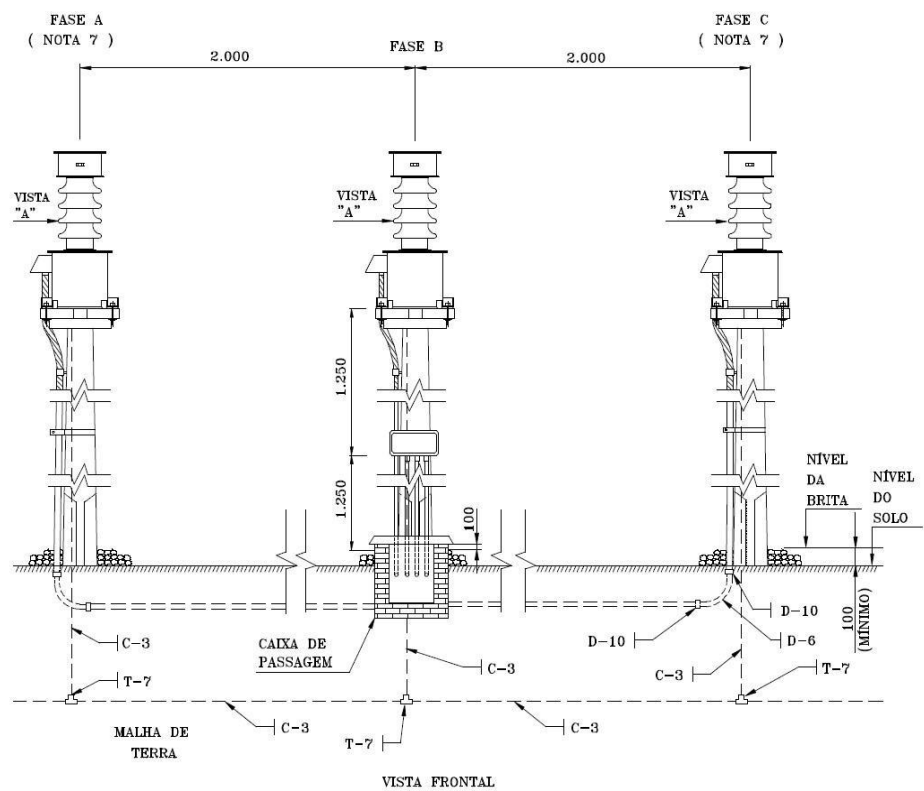
Em suma, deve-se detalhar cada item que compõe a subestação.

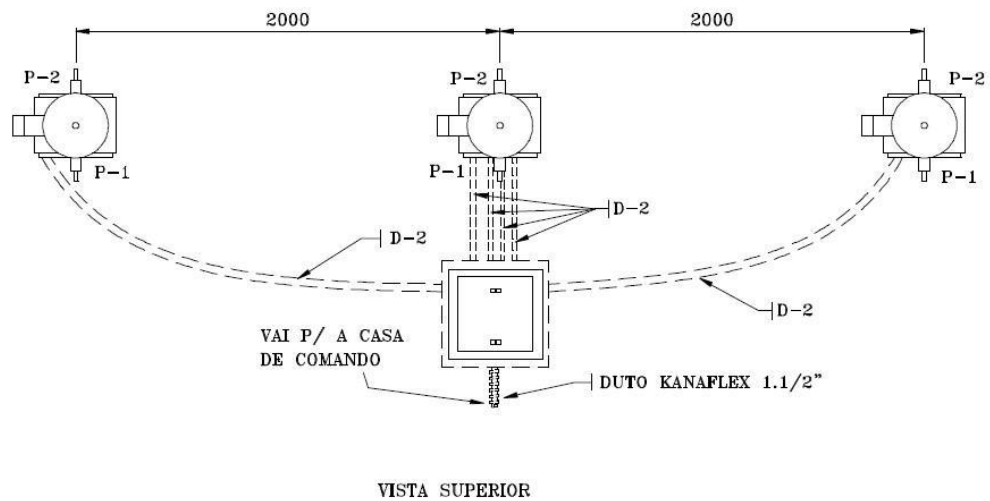
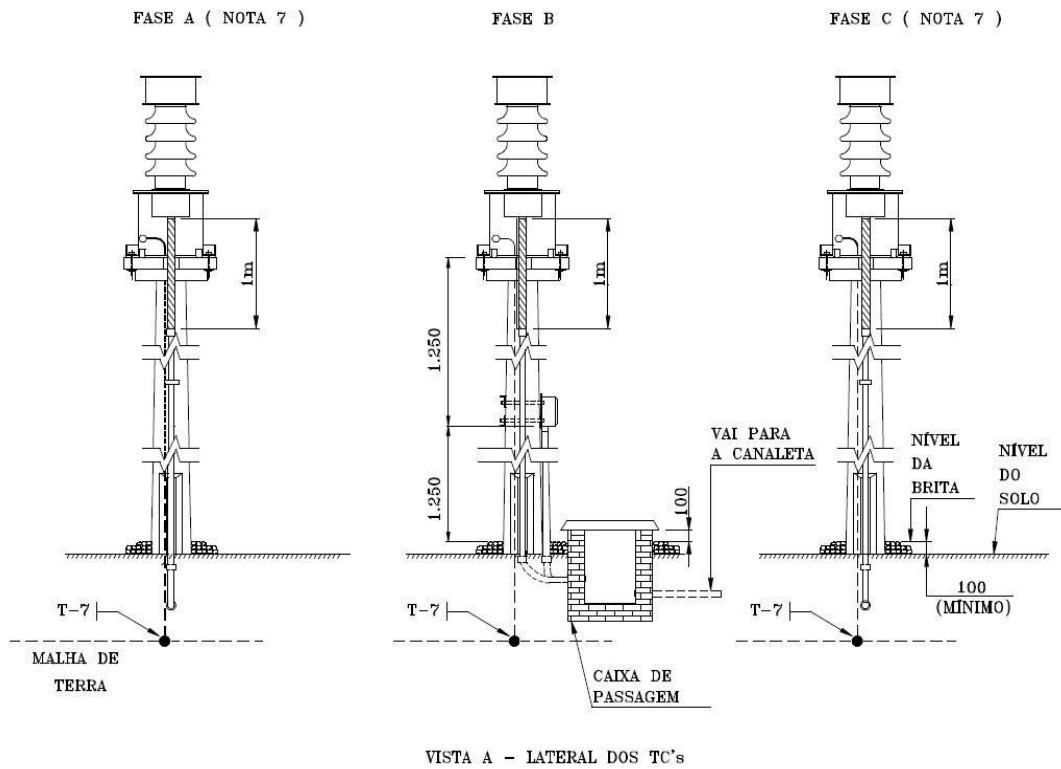
DETALHES ELETROMECÂNICOS DA MONTAGEM DE UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA 69/13,8kV

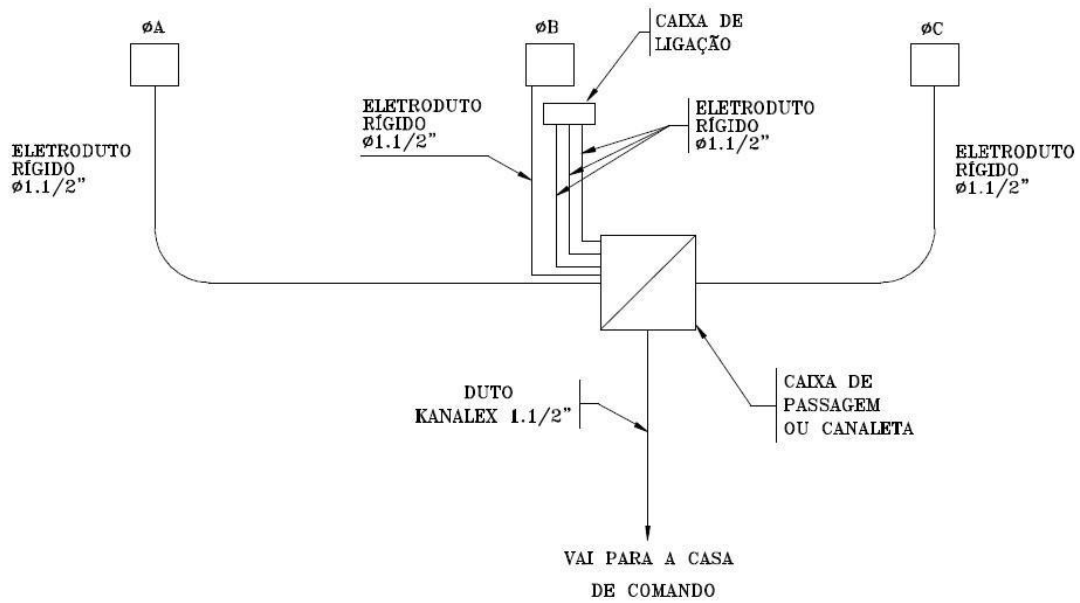


RELAÇÃO DE MATERIAL				
REF	UNID	QUANTIDADE	CÓDIGO ESTOQUE	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
C-3	KG	03	6771504	CABO CU NU 70mm² 19 FIOS MD DES-210.01
C-14	M	04	6771562	CABO, CU ISOL, XLPE, 0,6/1 kV, 120 mm² DES-204.03 (NOTA 1)
C-15	M	04	6771729	CABO, CU ISOL, XLPE, 0,6/1 kV, 240 mm² DES-204.03 (NOTA 1)
D-1	UM	01	6771193	ELETRODUTO PVC RIG ROSQ 2" 3 m DES-651.01
D-3	UM	02	6771191	ELETRODUTO PVC RIG ROSQ 1" 3 m DES-651.01
D-5	UMA	04	6771211	CURVA, 90GR, PVC RIG, ELET 2" DES-651.03
D-9	UMA	08	6771202	LUVA ELETRODUTO PVC RIG ROSQ 2" DES-651.02
D-11	UMA	01	6771200	LUVA ELETRODUTO PVC RIG ROSQ 1" DES-651.02
D-19	UMA	03	6771386	BUCHA, BAQ, SEXT, FIX ELET 2" DES-641.25
D-22	UMA	03	6770654	ARRUELA SEXT FE NODULAR ELET 2" DES-641.20
D-23	UMA	04	0090011	UNIÃO MACHO-FÊMEA AÇO ZINC ELET 2"
D-27	M	02	0090008	ELETRODUTO, MET, FLEX, PVC 2" DES- 641.50
D-29	UM	08	0090005	CONECTOR MACHO-FIXO, LATÃO ELET 2"
D-37	UM	01	0090001	CABEÇOTE, BAQ, ELET/CX MED, 1" DES-435.10
T-7	UM	04	4543476	PÓ, SOLDA, CARTUCHO 90 g DES-820.40

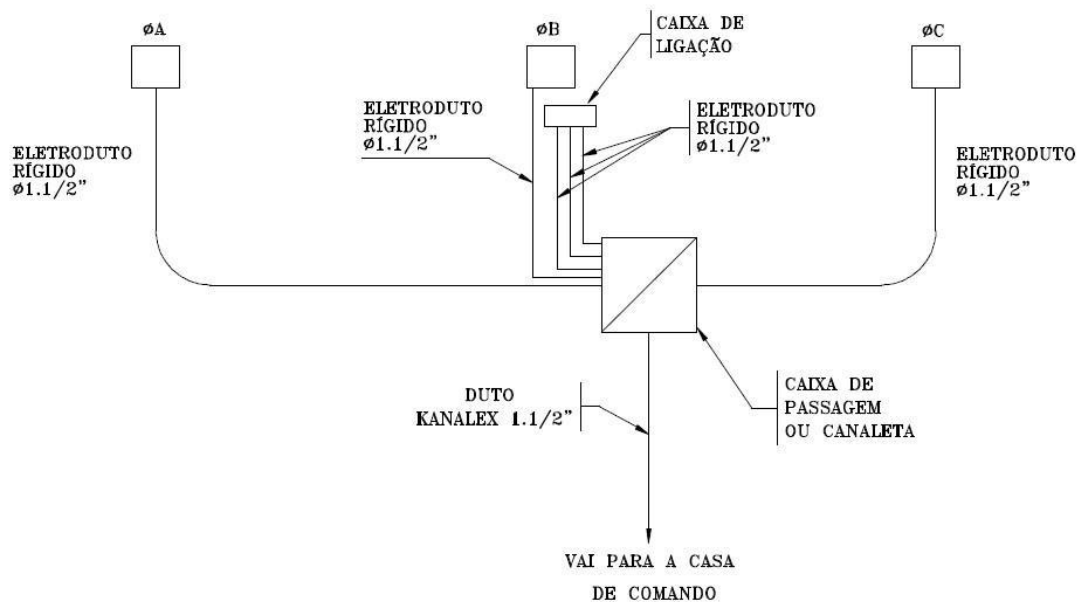
DETALHES ELETROMECAÂNICOS DA MONTAGEM DE UM TRANSFORMADOR DE CORRENTE 72,5kV



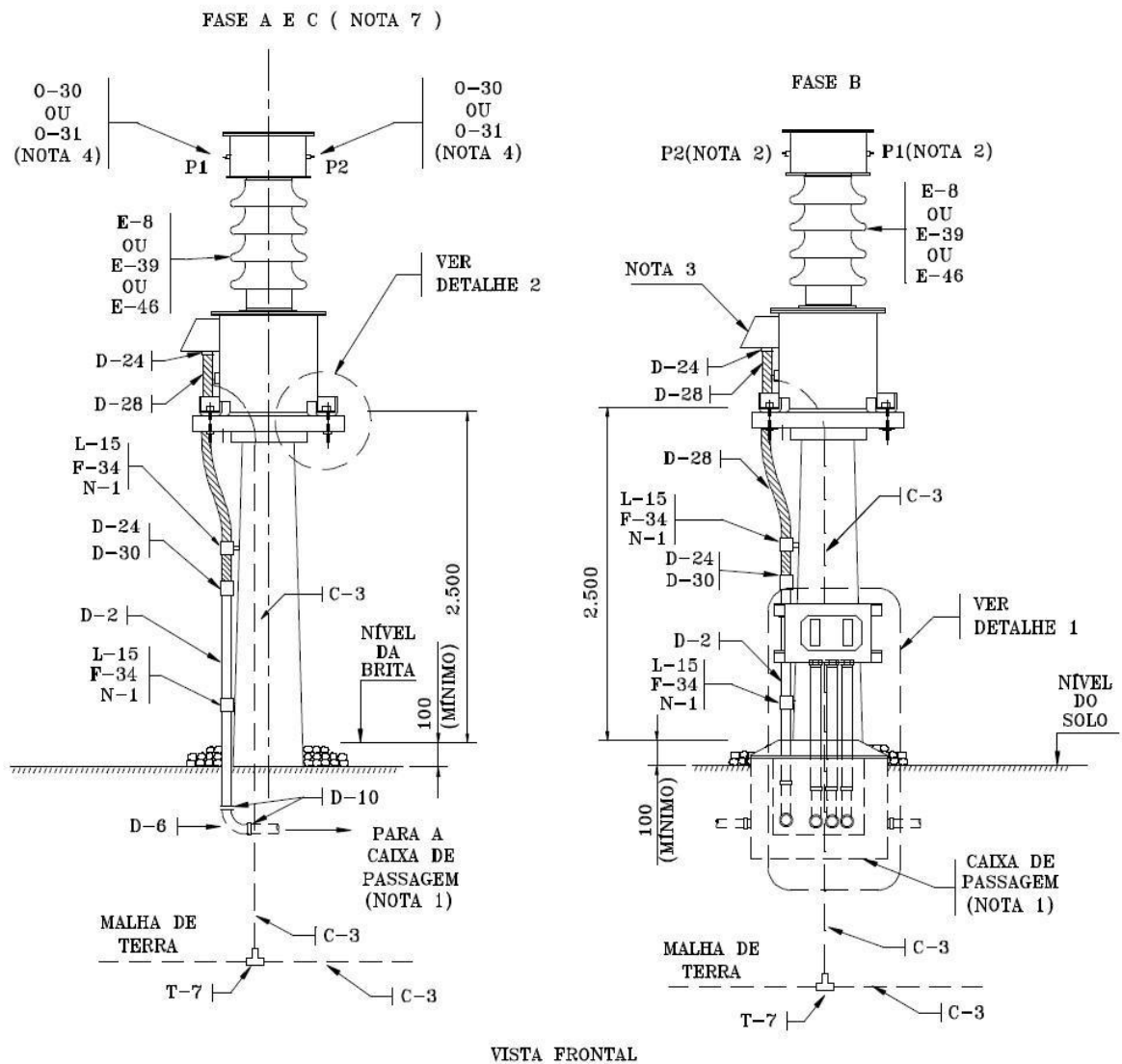


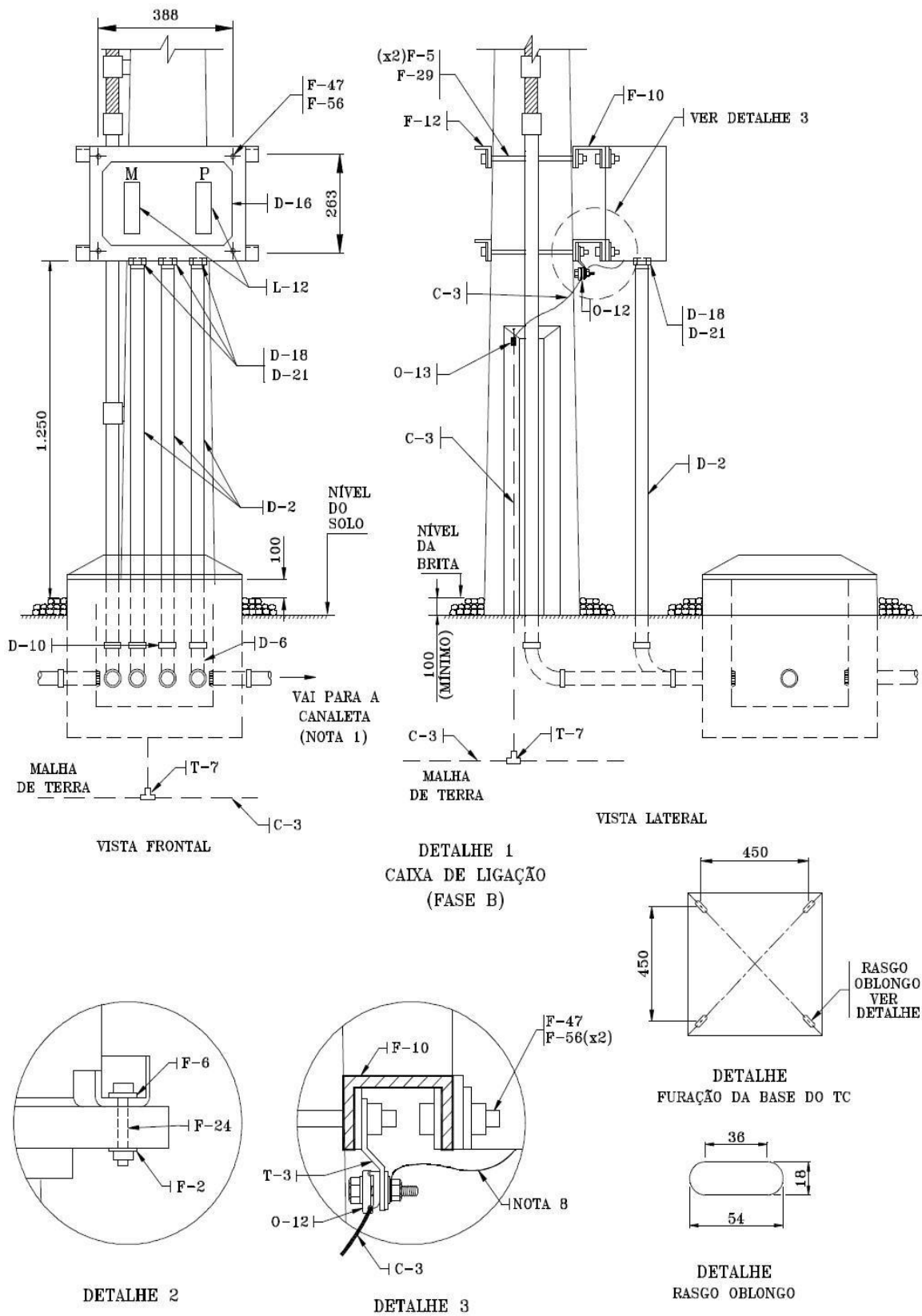


VISTA SUPERIOR
REPRESENTAÇÃO DE ELETRODUTOS



VISTA SUPERIOR
REPRESENTAÇÃO DE ELETRODUTOS

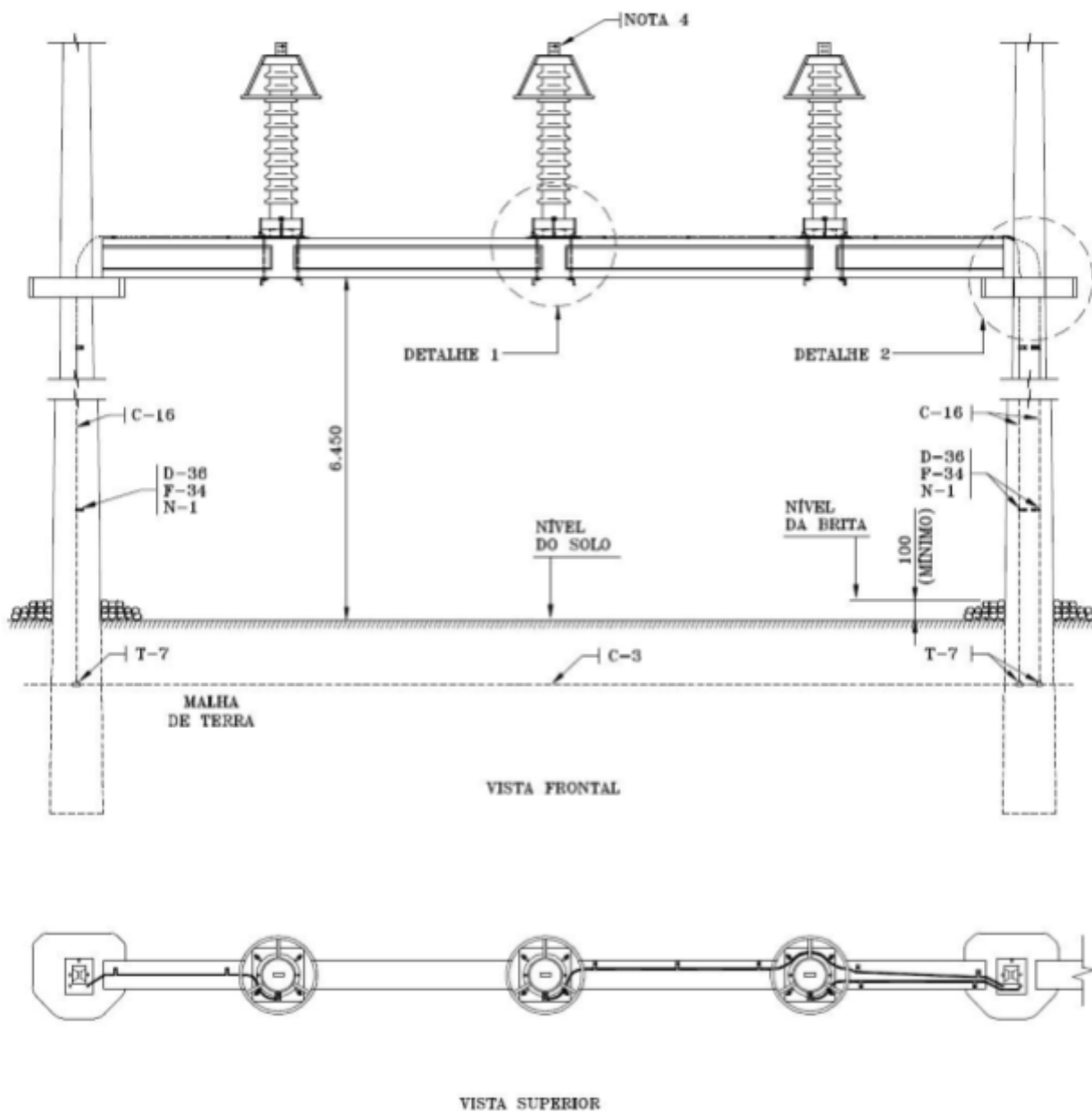


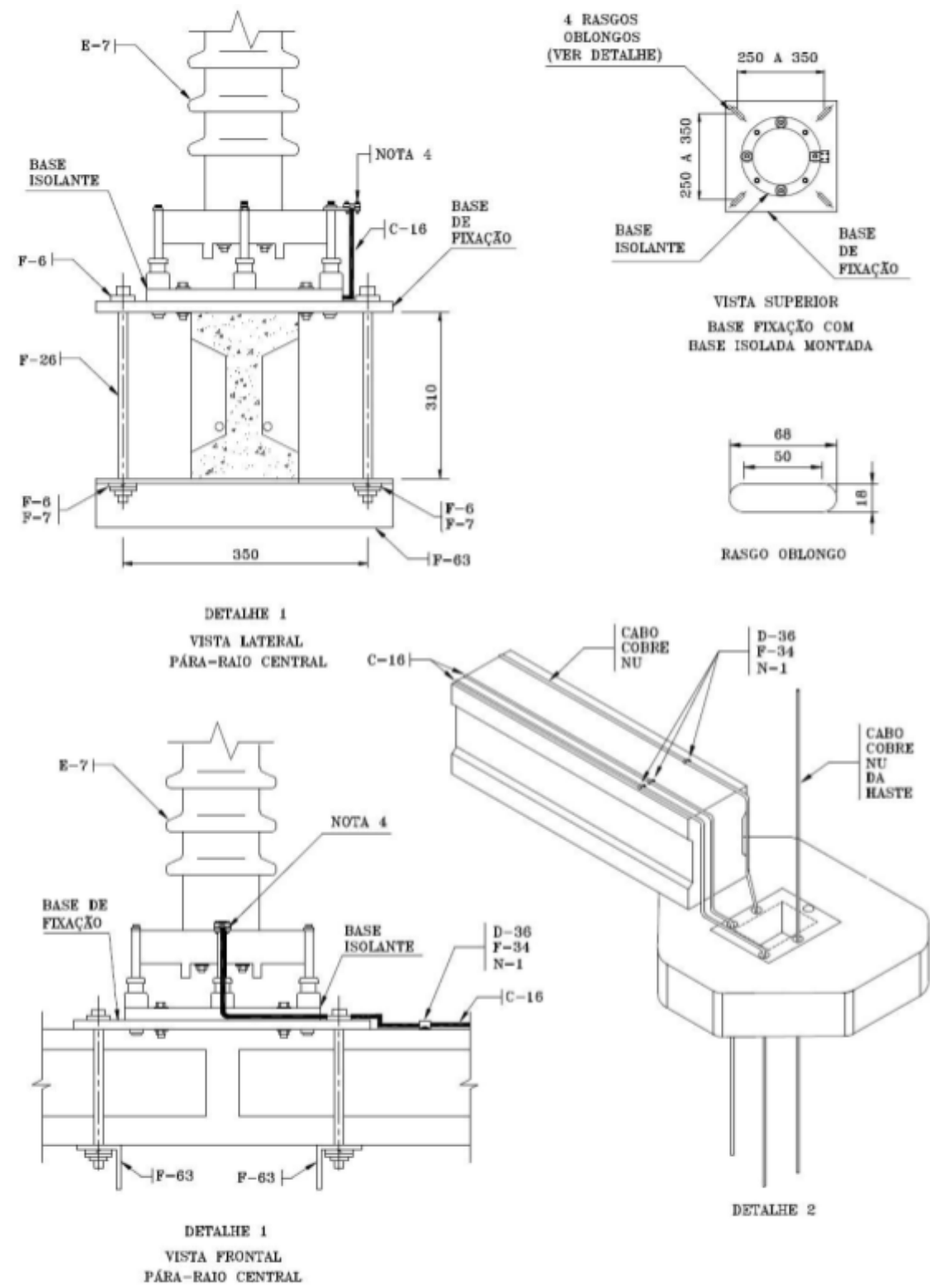


NOTAS : 1 - DIMENSÕES EM MILÍMETROS.

RELAÇÃO DE MATERIAL				
REF	UNID	QUANTIDADE	CÓDIGO ESTOQUE	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
C-3	KG	06	6771504	CABO CU NU 70mm² 19 FIOS MD DES-210.01
D-2	UM	05	6771192	ELETRODUTO PVC RIG ROSQ 1.1/2" 3m DES-651.01
D-6	UMA	06	6771210	CURVA, 90GR, PVC RIG, ELET 1.1/2" DES-651.03
D-10	UMA	12	6771201	LUVA ELETRODUTO PVC RIG ROSQ 1.1/2" DES-651.02
D-16	UMA	01	6771040	CAIXA, LIG, RET, EQUIP TEMPO, LIGA AL, ITEM 1 DES-641.05
D-18	UMA	03	6771385	BUCHA, BAQ, SEXT, FIX ELET 1.1/2" DES-641.25
D-21	UMA	03	6770653	ARRUELA SEXT FE NODULAR ELET 1.1/2" DES-641.20
D-24	UMA	06	0090010	UNIÃO, MACHO-FÊMEA, AÇO ZINC, ELET 1.1/2"
D-28	M	03	0090007	ELETRODUTO, MET, FLEX, PVC, 1.1/2" DES-641.50
D-30	UM	03	0090004	CONECTOR, MACHO-FIXO, LATÃO, ELET 1.1/2"
F-2	UMA	12	6770632	ARRUELA QUAD, AÇO ZINC, 50x3x18mm DES-410.03
F-5	UMA	08	6770645	ARRUELA RED, AÇO ZINC, 28x3x14mm DES-410.01
F-6	UMA	12	6770646	ARRUELA RED, AÇO ZINC, 36x3x18mm DES-410.01
F-10	UMA	04	6771837	CANTONEIRA, AÇO ZINC, U-50x38x5x310x430mm DES-435.31
F-12	UMA	02	6771829	CANTONEIRA, AÇO ZINC, L-40x5x250mm DES-435.21
F-24	UM	12	6770307	PARAFUSO, CAB QUAD, AÇO ZINC, M16x300 DES-410.10
F-29	UM	04	6770350	PARAFUSO, CAB QUAD, AÇO ZINC, M12x250 DES-410.11
F-34	UM	06	6770594	PARAFUSO, AUTO-ATAR, CAB CIL, 4,8x50 DES-410.32
F-47	UM	04	6770560	PARAFUSO, CAB QUAD, AÇO ZINC, M10x50 DES-410.12
F-56	UMA	08	6770644	ARRUELA RED, AÇO ZINC, 22x2x12mm DES-410.01
L-12	UMA	02	0090020	RÉGUA, BORNES, TERM, BAQ, 12 POLOS 600V/15 A
L-15	UMA	06	6771902	ABRAÇADEIRA, UNHA, 50 (1.1/2") D10,5 DES-655.20
N-1	UMA	06	6770615	BUCHA, NYLON, S-8, P/PARAF 4,8x50 mm
O-12	UM	01	6770949	CONECTOR, ATERR, CU, 16-70mm² DES-710.25
O-13	UM	01	6770898	CONECTOR FEND, CU, 35-70mm²TR, 16-70mm²DR DES-710.35
O-30	UM	06	6770857	CONECTOR TERM, RETO, 4F, AL/CU, 6-750 MCM DES-710.18 (NOTA 1)
O-31	UM	06	4543915	CONECTOR TERM, RETO, 2F, AL/CU 6-750MCM DES-710.17 (NOTA 1)
T-3	UMA	01	6771912	CHAPA, CURVA, ATERR, CAZ, D=14 mm DES-800.20
T-7	UM	03	4543476	PÓ, SOLDA, CARTUCHO 90 g DES-820.40

DETALHES ELETROMECÂNICOS DA MONTAGEM DE UM PÁRA-RAIOS PARA ESTAÇÃO DE 72 kV






RELAÇÃO DE MATERIAL				
REF	UNID	QUANTIDADE	CÓDIGO ESTOQUE	DESCRIÇÃO DO MATERIAL
C-3	KG	-	6771504	CABO CU NU 70mm² 19 FIOS MD DES-210.01
C-16	M	29	6771561	CABO, CU, ISOL, XLPE, 0,6/1kV, 70 mm² DES-204.03
D-36	UMA	20	6771896	ABRAÇADEIRA UNHA 20(1/2") D7 DES-655.20
F-6	UMA	24	6770646	ARRUELA RED, AÇO ZINC, 36x3x18mm DES-410.01
F-7	UMA	12	6770638	ARRUELA PRESS, AÇO ZINC, 24x4x17,5mm DES-410.02
F-26	UM	12	6770309	PARAFUSO, CAB QUAD, AÇO ZINC, M16x400 DES-410.10
F-34	UM	20	6770594	PARAFUSO, AUTO-ATAR, CAB CIL, 4,8x50 DES-410.32
F-63	UMA	06	6771845	CANTONEIRA, AÇO ZINC, L-75x10x450mm DES-435.25
N-1	UMA	20	6770615	BUCHA NYLON, S-8, P/PARAF 4,8x50 mm
T-7	UM	03	4543476	PÓ, SOLDA, CARTUCHO 90 g DES-820.40

REFERÊNCIAS

- Catálogo: Quadros para Distribuição de Energia Elétrica – ABB LTDA – São Paulo – 2009; Catálogo: Quadros para Distribuição de Energia Elétrica – Siemens LTDA – 2008; Catálogo: Transformadores Trifásicos de Distribuição – Siemens LTDA – 2000; Elétrica – Desenho: Leitura e Interpretação –
- Especificações Técnicas de Montagem Eletromecânica de Subestação - CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina – 2000;
- MORENO, Hilton – Instalações Elétricas Residenciais – Procobre – Instituto Brasileiro do Cobre – São Paulo – 2003;
 - NBR 12519/92 – Símbolos Gráficos de Elementos de Símbolos, Símbolos Qualitativos e Outros Símbolos de Aplicação Geral – ABNT;
 - NBR 12522/92 – Símbolos Gráficos de Produção e Conversão de Energia Elétrica – ABNT;
 - NBR 12523/92 – Simbologia Gráfica de Equipamentos de Manobra, Controle e de Proteção – ABNT;
 - NBR 5280/83 – Símbolos Literais de Identificação de Elementos de Circuitos – ABNT;
 - NBR 5410/08 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão – ABNT;
 - NBR 5444/89 – Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais – ABNT;
 - NBR IEC 60050-826/97 - Vocabulário Eletrotécnico Internacional – ABNT;
 - NBR IEC 60439-1/03 - Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão – ABNT;
 - Padrão de Subestação: Subestação de Distribuição Aérea e Semi-Abrigada 72,5/15 kV – COELCE – Companhia Energética do Ceará – 2005; SIMÕES, Renato Bertoldi – Projeto de Graduação: Estudo Sobre Elaboração de Projeto Elétrico Residencial Predial – UFES – Universidade Federal do Espírito Santo – 2008; SOUSA, Fabiano de – Projeto de Graduação: Estudo e Projeto Elétrico Básico de Uma Subestação – UFES – Universidade Federal do Espírito Santo – 2007; Subestação: Detalhes de Instalação e Montagem de Equipamentos E Materiais

72,5/15 Kv – COELCE – Companhia Energética do Ceará – 2005; 
Transformadores para Redes Aéreas De Distribuição – CELESC - Centrais Elétricas
de Santa Catarina – 2009; VELLOSO, Alexandre – Desenho Básico: Eletrônica –
2007;