



*ND-2.009*

---

---

*Ligação de Edifícios com Transformadores em Pedestal*

*Norma Técnica*

---

---

*Distribuição de Energia Elétrica*

---



**ND-2.009**

---

---

***Ligação de Edifícios com Transformadores em Pedestal***

**Autores: Plácido Antonio Brunheroto  
Tsuyoshi Okihiro  
Francisco Lourenço da Silva**

SUPERINTENDÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA  
DEPARTAMENTO DE PADRÕES E MATERIAIS  
DIVISÃO DE ENG. DE REDES SUBTER. E SIST. DE DISTRIBUIÇÃO

VERIFICADO	APROVADO	DATA
JOÃO JOSÉ DOS S. OLIVEIRA	ANDREY TETSUJI UMEJI	09/98

## **LIGAÇÃO DE EDIFÍCIOS COM TRANSFORMADORES EM PEDESTAL**

### **ÍNDICE**

	Página
1. OBJETIVO .....	02
2. CAMPO DE APLICAÇÃO .....	02
3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS .....	02
4. TERMINOLOGIA .....	03
5. PROJETO E INSTALAÇÃO DOS TRANSFORMADORES .....	03
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS TRANSFORMADORES .....	04
6.1. Características Nominais .....	04
6.2. Dimensões e Pesos .....	04
6.3. Buchas Primárias e Secundárias .....	06
6.4. Comutador de Derivações .....	06
6.5. Conectores Terminais .....	06
6.6. Terminais de Aterramento .....	06
6.7. Chapas .....	06
6.8. Acessórios .....	06
6.9. Pintura .....	07
7. RAMAL DE LIGAÇÃO PRIMÁRIO .....	07
8. CARGA MÁXIMA ADMISSÍVEL .....	09
9. PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES .....	09
10. PROTEÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES .....	17
11. FERRORESONÂNCIA .....	17
12. ATERRAMENTO .....	17
13. LOCALIZAÇÃO DOS TRANSFORMADORES .....	19
14. OBRAS CIVIS .....	19
14.1. Base Construída Sobre Lajes .....	19
14.2. Base Diretamente no Solo .....	21
14.3. Canalização de Entrada .....	25
15. COMENTÁRIOS COMPLEMENTARES .....	25

## **LIGAÇÃO DE EDIFÍCIOS COM TRANSFORMADORES EM PEDESTAL**

### **1. OBJETIVO**

Apresentar as características básicas dos transformadores em pedestal e os critérios básicos de projetos para ligação de edifícios de uso coletivo com este equipamento.

### **2. CAMPO DE APLICAÇÃO**

Aplica-se, como alternativa às câmaras transformadoras, para atendimento de edifícios de uso coletivo, situados em regiões do sistema em 13,2 kV, cujas cargas são superiores a:

- 300 kVA e 400 kVA para edifícios comerciais e residenciais, respectivamente, situados em áreas atendidas com sistema aéreo;
- 180 kVA para edifícios em áreas de futuro sistema subterrâneo radial.

**Notas:** 1) Empreendimentos que, para ligação dos edifícios, impliquem na implantação de redes de distribuição interna aos mesmos, estão abordados na ND-2.010;

2) Instalações internas dos edifícios, a partir dos terminais secundários dos transformadores em pedestal, devem estar de acordo com a publicação “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição”.

### **3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

- E-B.21: Cabos de Potência com Isolação Extrudada de Polietileno Reticulado (XLPE) ou de Borracha Etileno-Propileno (EPR) Para Tensões de 1 a 35 kV - Especificação;
- NTE-005: Transformador em Pedestal – Especificação e Método de Ensaio;
- ND-2.010: Redes de Distribuição Subterrânea – 13,2 kV – Empreendimentos Particulares – Conjuntos de Edifícios;
- RTE-004: Transformadores Conectados em Ramais Subterrâneos Derivados de Circuitos Aéreos;
- NBR-9369: Transformadores Subterrâneos – Características Elétricas e Mecânicas – Padronização.

#### 4. TERMINOLOGIA

- **Transformador em pedestal:** transformador selado para utilização ao tempo, montado sobre uma base de concreto, com compartimentos blindados para conexão de cabos de média e baixa tensão.
- **Edifício de uso coletivo:** todo edifício que possui mais de uma unidade de consumo e que dispõe de área de uso comum.
- **Cabina de barramentos:** compartimento destinado a receber os condutores do ramal de ligação ou do ramal de entrada e alojar barramentos de distribuição, dispositivos de proteção e manobra e transformadores de corrente para medição.
- **Caixa de barramentos:** caixa destinada a receber os condutores do ramal de distribuição principal e alojar os barramentos de distribuição dos ramais de distribuição secundários.
- **Caixa de distribuição:** caixa destinada a receber os condutores do ramal de entrada e alojar os barramentos de distribuição e chaves seccionadoras ou seccionadoras com fusíveis ou disjuntores termomagnéticos.
- **Caixa de inspeção de aterramento:** caixa para inspeção e proteção mecânica da conexão do condutor de aterramento ao eletrodo de aterramento, permite também, efetuar medições periódicas.
- **Caixa de passagem:** caixa destinada a facilitar a passagem e possibilitar derivações de condutores.
- **Caixa seccionadora:** caixa destinada a alojar os barramentos de distribuição e chaves seccionadoras com fusíveis a disjuntores termomagnéticos, com a finalidade de seccionar os condutores do ramal de entrada.

**Observação:** para simplificação desta norma, os termos “transformador em pedestal” e “edifício de uso coletivo” são designados apenas por “transformador” e “edifício”, respectivamente.

#### 5. PROJETO E INSTALAÇÃO DOS TRANSFORMADORES

Os projetos de entrada de edifícios, considerando alimentações através de transformadores, devem considerar esta Norma Técnica para definição dos requisitos referentes às canalizações de entrada (“ramais de ligação”) e à instalação de equipamentos.

A instalação dos ramais de ligação primários, transformadores e circuitos secundários (entre transformadores e caixas de distribuição/seccionamento ou caixas/cabinas de barramentos), são realizadas pela METROPOLITANA, quando as obras civis estiverem concluídas e executadas de acordo com o projeto previamente aprovado.

## 6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS TRANSFORMADORES

Os transformadores (“pad-mounted”) devem ser selados e com enrolamentos imersos em óleo naftênico tipo A. Fixados aos tanques destes transformadores, há 2 compartimentos, sendo um de baixa tensão, à direita, e outro de média tensão, à esquerda, de quem olha o equipamento.

Os 2 compartimentos possuem portas com dispositivos adequados para mantê-las fechadas. Em manutenção, as portas podem ser abertas e removidas.

A instalação dos transformadores deve ser feita sobre bases de concreto (item 14).

Os transformadores devem atender os requisitos estabelecidos na NTE-005, cujas características principais estão descritas a seguir.

### 6.1. Características Nominais

Os valores correspondentes às tensões nominais, correntes de excitação, perdas, impedâncias de curto-circuito, tensões suportáveis e níveis de ruído estão apresentados na **Tabela 6.1**.

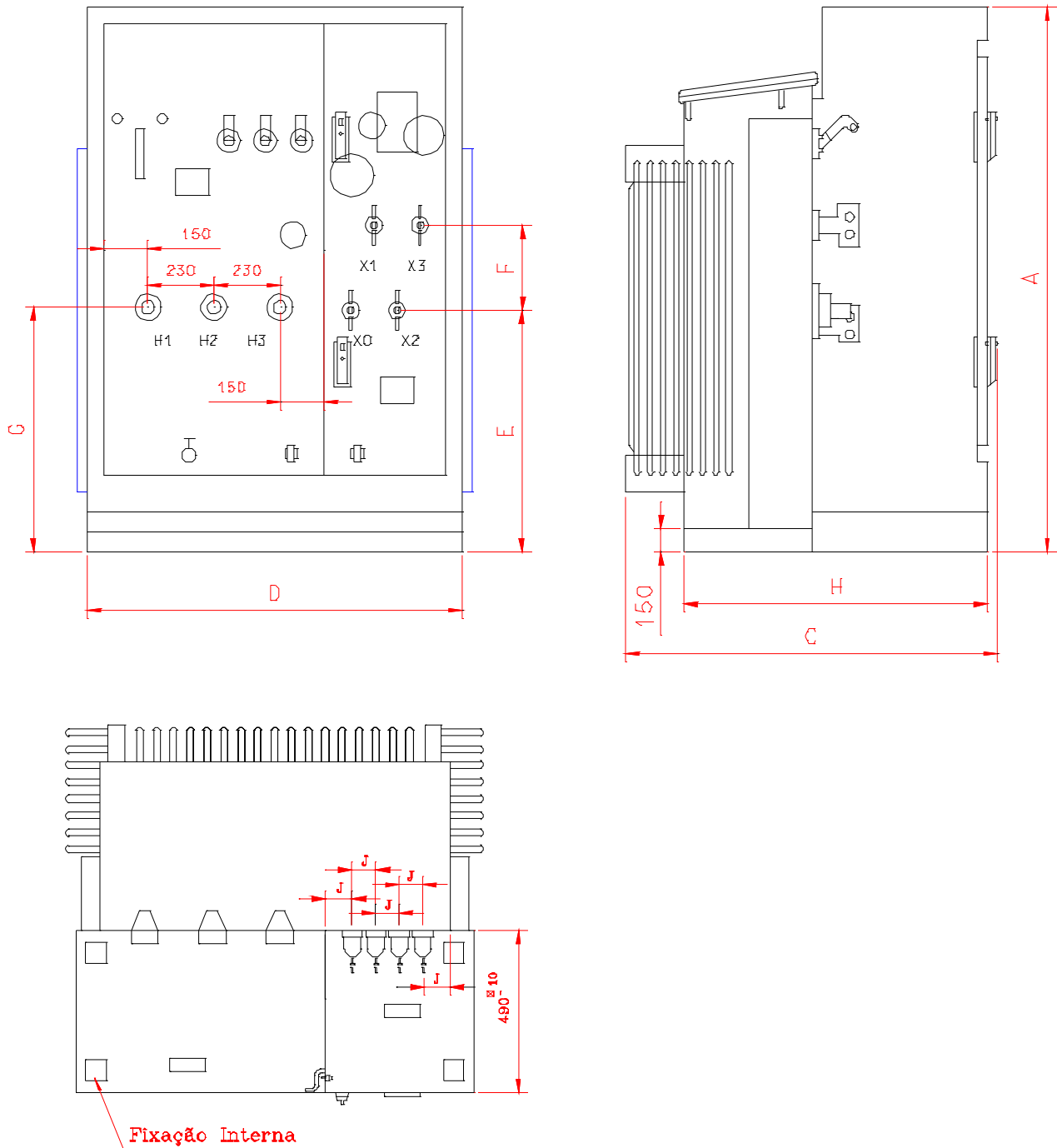
**Tabela 6.1: Características dos Transformadores**

Potências	300 kVA	500 kVA
Características		
• Tensão (V)		
- primária	13800/13200/12600	13800/13200/12600
- secundária	220/127	220/127
• Corrente de Excitação (%)	2,0	1,6
• Impedância Nominal (%)	5,0	5,0
• Perdas (W)		
- vazio	1000	1300
- total	4480	6400
• Tensão Supotável Nominal		
- freq. Industrial durante 1 min. (kV <sub>ef</sub> )	34	34
- impulso atmosf. pleno/cortado (kV <sub>cr</sub> )	110/121	110/121
• Nível Médio Máx. de Ruído (dB(A))	55	56

### 6.2. Dimensões e Pesos

As dimensões e pesos dos transformadores de 300 kVA e 500 kVA, estão mostrados na **Figura 6.1**.

**Figura 6.1: Transformador Com Proteção Interna - Dimensões e Pesos**



Potência (kVA)	A (máx.)	B (máx.)	C (máx.)	D (máx.)	E (máx.)	F (máx.)	G (máx.)	H (máx.)	J (máx.)	Volume Óleo	Massa Total (kg)
75	1420	1130	995	1225	780	150	780	840	76	250	880
150	1510	1210	1030	1225	780	150	780	870	76	295	1045
300	1700	1520	1220	1330	1020	210	980	1020	105	610	1720
500	1800	1760	1340	1330	1070	210	1070	1080	105	910	2780

### **6.3. Buchas Primárias e Secundárias**

As buchas primárias do transformador devem ser do tipo cavidade (“bushing well” – K1601 PC-S1-R da ELASTIMOLD) ou similar.

Os terminais secundários e de neutro dos transformadores devem ser de 1875 A, 1.3 kV e estar de acordo com o desenho padrão MP-73-02.

### **6.4. Comutador de Derivações**

O transformador deve ser provido de um comutador de derivações, com mudança simultânea nas 3 fases, para operação sem tensão e com acionamento externo localizado no cubículo de média tensão.

O mecanismo de operação deve permitir o travamento do comutador em qualquer uma das posições, sendo estas identificáveis através de marcações.

### **6.5. Conectores Terminais**

O transformador deve ser fornecido com conectores terminais secundários, que possibilitem as conexões dos cabos e deve estar de acordo com o desenho padrão MP-72-18.

### **6.6. Terminais de Aterramento**

O transformador deve ter, próximo da base, um terminal de aterramento no compartimento de média tensão e outro no compartimento de baixa tensão, que devem estar de acordo com o desenho padrão MP-72-30.

### **6.7. Chapas**

As chapas do tanque do transformador devem ser idênticas às utilizadas nos transformadores submersíveis, que apresentam espessuras superiores às adotadas em transformadores aéreos (tabela 7 da NBR-9369).

### **6.8. Acessórios**

O transformador deve ser fornecido com acessórios, tais como:

- manômetro;
  - termômetro;
  - indicador de nível de óleo;
  - válvula de alívio de pressão;
  - válvula globo para drenagem ;
  - bujão para enchimento de líquido isolante.
-



## 6.9. Pintura

O transformador deve ser pintado externamente com tinta na cor verde (PETROBRAS), notação Munsell 2.5G4/8.

## 7. RAMAL DE LIGAÇÃO PRIMÁRIO

O ramal de ligação primário deve ser constituído de cabos 3 x 1 x 35 mm<sup>2</sup>, Cu, EPR/XLPE, 8.7/15 kV (C.M.: 323.188-8) instalados em dutos de diâmetro interno mínimo de 100 mm, que devem atender os requisitos estabelecidos na E-B.21.

O ramal de ligação é conectado à rede aérea através de poste de transição que deve estar de acordo com os desenhos padrão 4.4.2.1 ou 4.4.2.2 do PD-4.1. O ramal de ligação, também, pode ser derivado de circuito subterrâneo radial através de acessórios desconectáveis instalados em poços de inspeção.

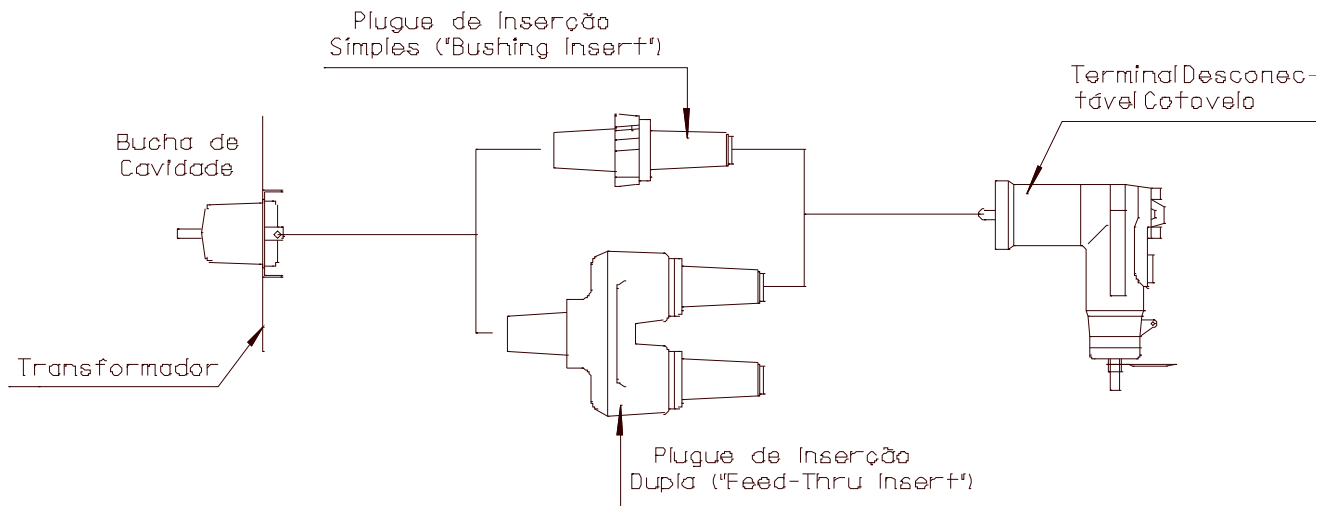
As conexões dos cabos primários ao transformador devem ser feitas através de terminais desconectáveis tipo cotovelo (C.M.: 337.662-0) e plugues de inserção simples – “bushing insert” (C.M.: 336.961-5), da linha 200 A, 15/25 kV, para operação sem carga.

Em instalações com transformadores operando em paralelo, podem ser considerados ramais de ligação independentes (1 para cada transformador) ou ramal de ligação único, sendo que, nestes casos, a derivação com acessórios desconectáveis de 200 A, 15/25 kV, operação sem carga, pode ser feita, considerando:

- plugues de inserções duplos – “feed thru” (C.M.: 336.971-2) e terminais desconectáveis cotovelo (C.M.: 337.662-0). (**Nota:** derivação nos terminais do transformador);
- barramentos triplex instalados em mini-poços de inspeção. (**Nota:** a conexão de transformadores em paralelo, nesta alternativa, deve ser similar à adotada para transformadores exclusivos).

Esquemas ilustrativos correspondentes à ligação de transformadores pode ser observado na **Figura 7.1**.

**Figura 7.1: Ligação de Transformadores em com Bucha de Inserção Simples ou Dupla**



Em paralelo, com o ramal de ligação primário, em um duto exclusivo, deve ser instalado condutor de proteção (neuro), constituído de condutor de cobre de seção  $35 \text{ mm}^2$  com cobertura de PVC (C.M.: 323.411-1). Este condutor, no poste de transição, deve ser interligado com o neutro da rede primária aérea e com as blindagens dos cabos isolados (“próximos aos terminais”) e ser aterrado. Na outra extremidade, o neutro deve ser conectado à barra de aterramento da estrutura do transformador.

## **8. CARGA MÁXIMA ADMISSÍVEL**

O transformador não está previsto para operar com carga superior à sua potência nominal.

## **9. PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES**

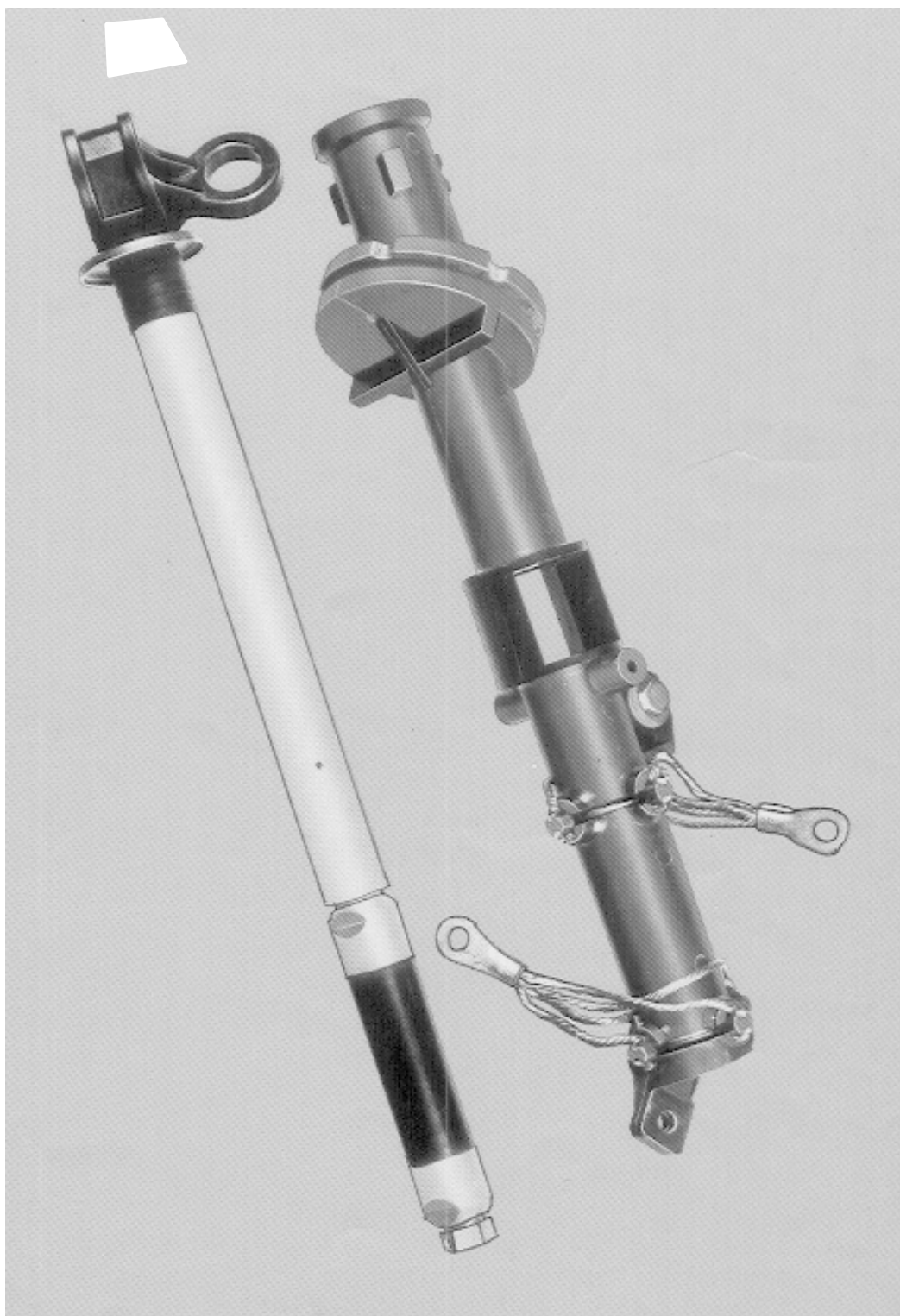
Para proteção contra sobrecorrente, o transformador deve ter fusíveis de expulsão, instalados em baionetas, em série com fusíveis limitadores de corrente imersos em óleo.

A baioneta, mostrada na **Figura 9.1**, possui, em sua extremidade, uma “janela”, no compartimento de média tensão, que possibilita a instalação/retirada dos fusíveis de expulsão.

O fusível de expulsão deve operar para interromper defeitos de “baixas correntes” (defeitos no circuito secundário).

O fusível de expulsão padronizado pela METROPOLITANA é do tipo “current sensing”.

**Figura 9.1: Baionetas Para Utilização com Fusíveis de Expulsão Internos aos Transformadores**



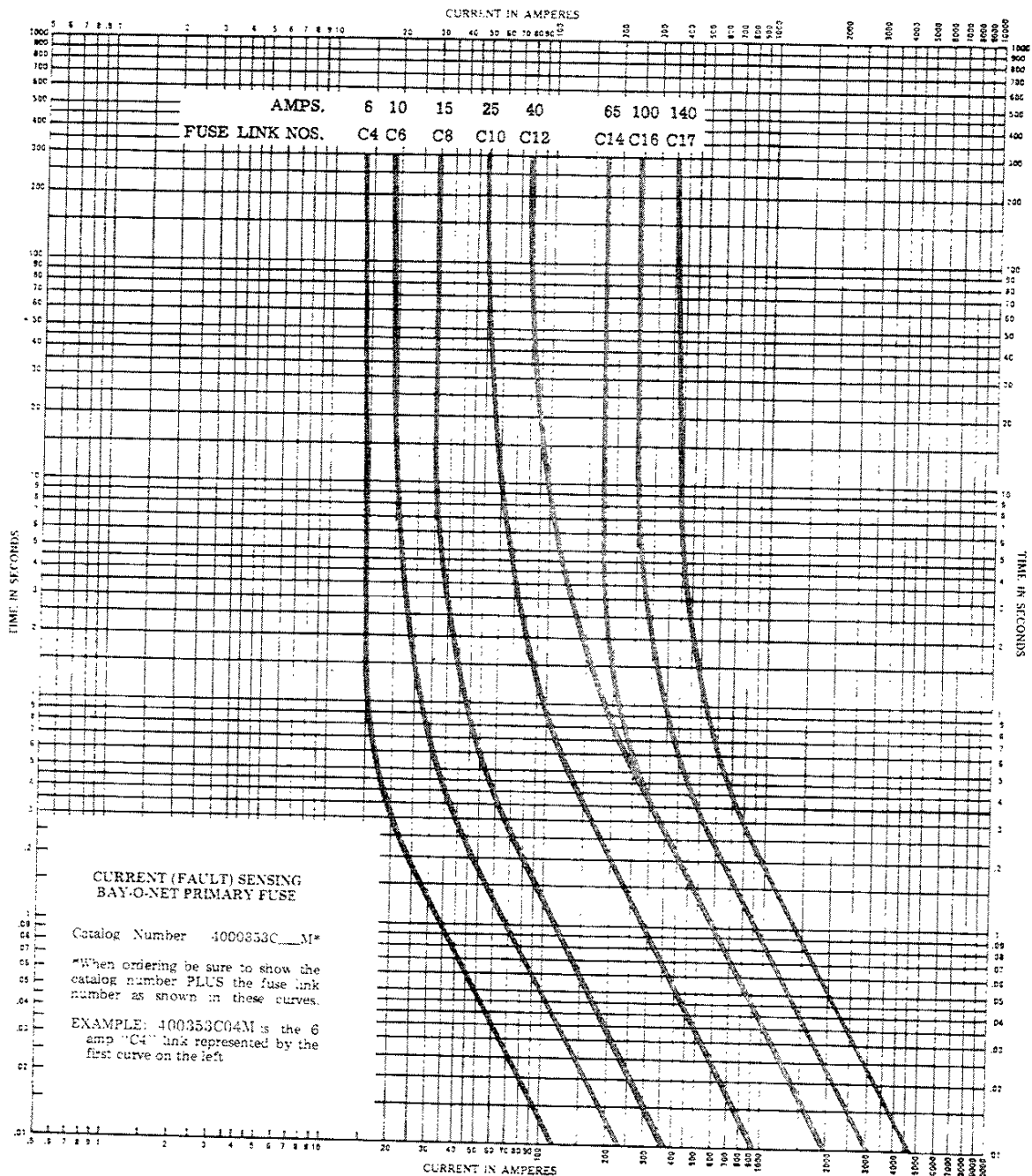
O fusível limitador de corrente deve operar com “altas correntes” (defeitos internos ao transformador) e sua substituição somente pode ser feita nas oficinas, implicando, conseqüentemente, na troca do transformador.

No poste de transição são instaladas chaves fusíveis que possibilitam a proteção dos cabos do ramal de ligação.

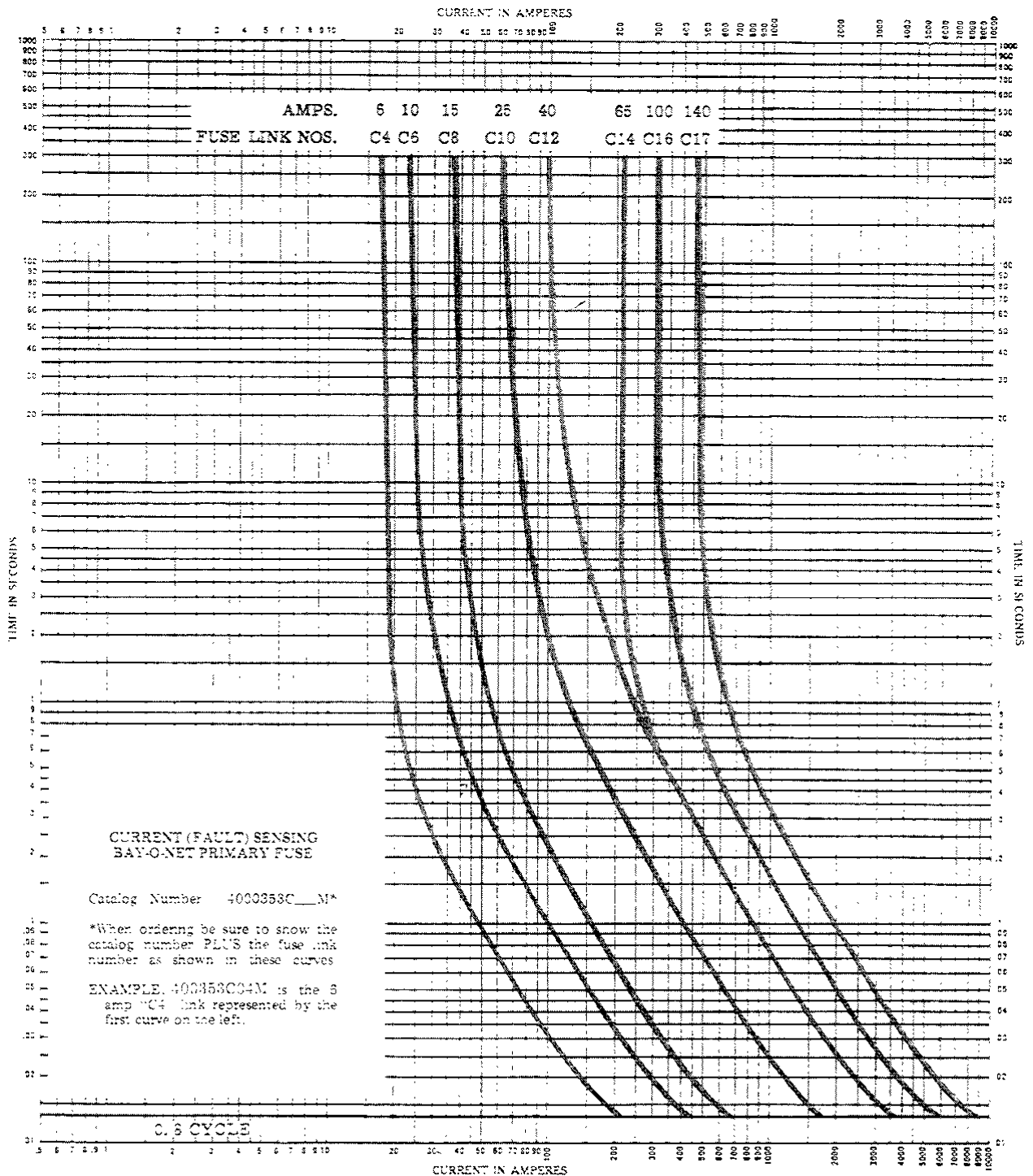
As curvas de atuação dos fusíveis estão mostradas nas **Figuras 9.2, 9.3 e 9.4.**

**Figura 9.2 (1/2): Fusíveis de Expulsão em Baionetas (“Current Sensing”)**

**Tempo Mínimo de Fusão**

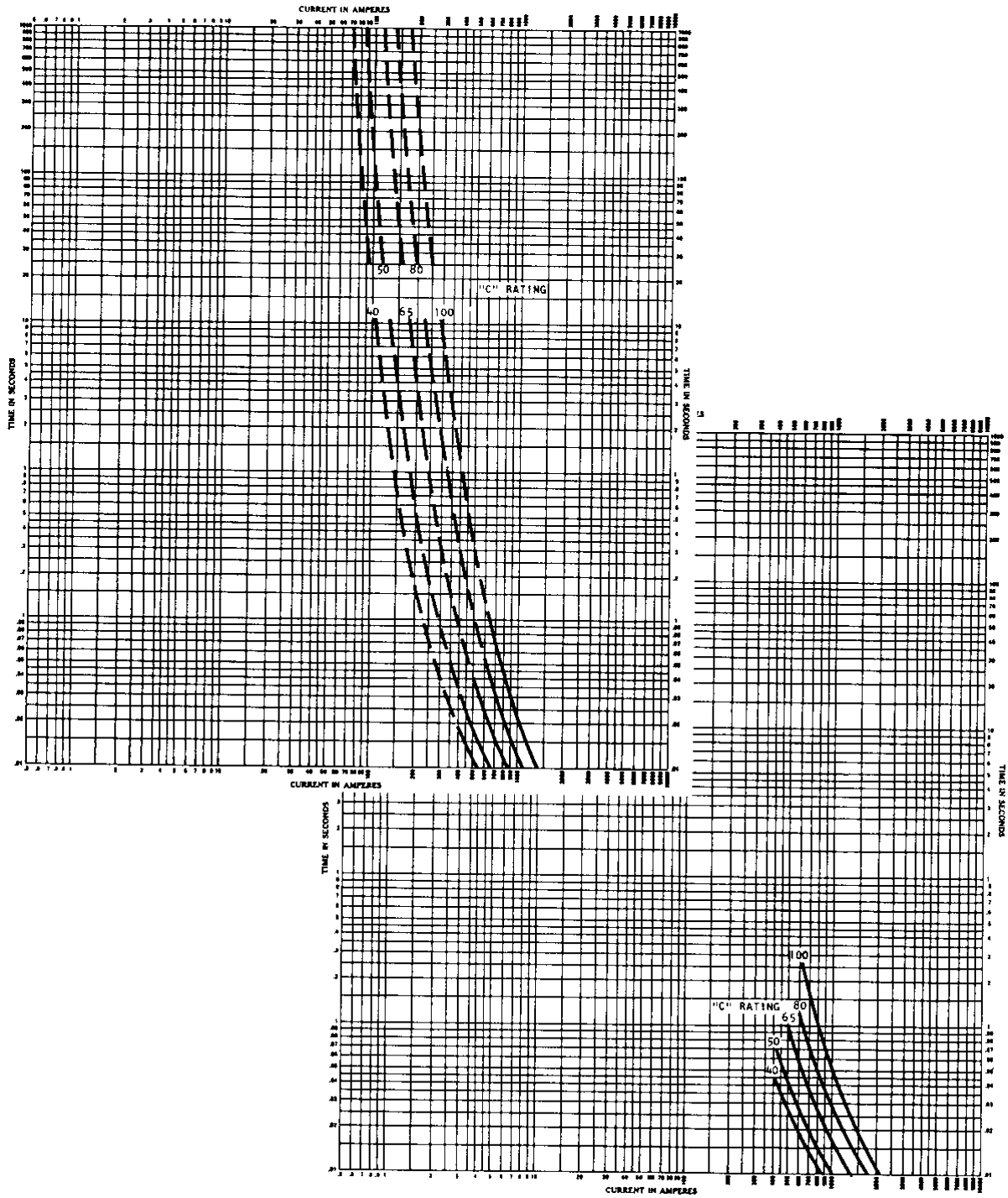


**Figura 9.2 (2/2): Fusíveis de Expulsão em Baionetas (“Current Sensing”)  
 Tempo Máximo de Interrupção**





**Figura 9.3: Fusíveis Limitadores de Corrente Imersos em Óleo**  
**Tempo Mínimo de Fusão e Tempo Máximo de Interrupção**





As correntes nominais dos fusíveis, em função das potências nominais dos transformadores, estão mostradas na **Tabela 9.1**.

**Tabela 9.1: Fusíveis dos Transformadores**

Potência do Trafo. (kVA)	Fusível de Expulsão		Fusível Limitador de Corrente	
	Código (*)	Código de Material	Código (*)	Código de Material
300	C10	-----	80	-----
500	C12	-----	130	-----

(\*) Código correspondente a RTE. Fusíveis similares, de outros fabricantes também podem ser utilizados

Os fusíveis do poste de transição devem ser definidos em função das cargas nos cabos, considerando 20 K ou superior.

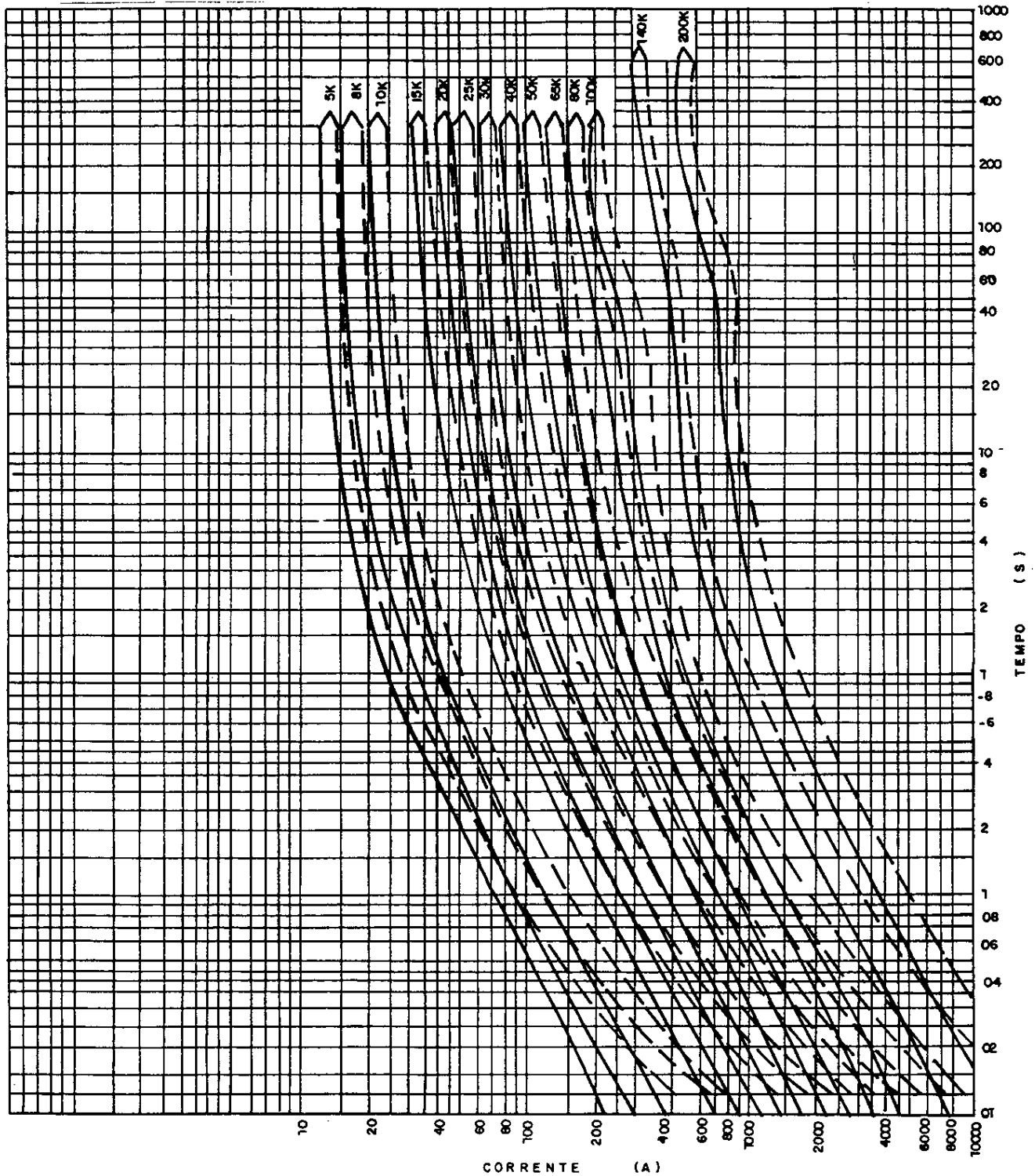
As curvas características dos fusíveis tipo K, instalados no poste de transição estão apresentada nas **Figura 9.5**.

**Nota:** a definição dos fusíveis (baioneta, limitadores de corrente, poste) é de responsabilidade da METROPOLITANA.

A distância máxima do transformador à cabina de barramento ou caixa de distribuição deve ser de 15 metros. Quando isto não for possível, deve ser utilizada a caixa de barramentos ou seccionadoras, de acordo com o especificado na publicação “Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição”.



**Figura 9.5: Curvas Características de Fusão Tempo x Corrente Para Fusíveis Tipo K - Grupo A e Grupo B**



CURVAS	CARACTERÍSTICAS	TEMPO DE FUSÃO x CORRENTE
---	---	MÁXIMA
—	—	MÍNIMA

## 10. PROTEÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES

No poste de transição da rede aérea para subterrânea são instalados pára-raios de óxido metálicos sem centelhadores, 12 kV, 10 kA, que possibilitam margem de proteção adequada, conforme na NT-2.007.

## 11. FERRORESSONÂNCIA

A possibilidade de ocorrência de ferroressonância em transformadores de 300 kVA e 500 kVA, operando em 13,2 kV, é minimizada (“eliminada”) quando as cargas alimentadas forem superiores aos valores mostrados na **Tabela 11.1** (RT-004).

**Tabela 11.1: Cargas Mínimas dos Transformadores, em Watts**

Comprimento – L (M)	Transformador 15 kV	
	75 – 150 – 300 kVA	500 – 1000 – 2000 kVA
$L \leq 100$	750	----
$100 \leq L \leq 200$	750	----
$200 \leq L \leq 300$	750	----
$300 \leq L \leq 400$	1500	500
$400 \leq L \leq 500$	1500	500
$500 \leq L \leq 750$	4500	4000
$750 \leq L \leq 1000$	4500	4000
$1000 \leq L \leq 2000$	5500	4000
$2000 \leq L \leq 3000$	5500	4000
$3000 \leq L \leq 4000$	5500	4000
$4000 \leq L \leq 5000$	6000	4000

Nos casos reais, as cargas são, normalmente, superiores aos especificados na **Tabela 11.1**. Caso isto não ocorra, devido a alguma característica específica do empreendimento, estudo complementar deve ser elaborado.

## 12. ATERRAMENTO

O neutro primário, as blindagens dos cabos primários, o terminal de neutro secundário, os terminais de terra, os neutros secundários (consumidor) e as hastes de terra devem ser conectados a uma barra de aterramento. Esta barra de ter 800 mm de comprimento, 15 furos e demais dimensões e características de acordo com o desenho padrão MP-55-03.

Em pedestais sobre lajes de concreto, as hastes de aterramento são instaladas no subsolo inferior, de acordo com o desenho padrão CP-98-11. A barra terra deve ser instalada, pelo empreendedor, internamente à caixa de chapa metálica instalada abaixo da base (ver figura 14.1). A fixação da barra de terra deve ser feita, em uma parede ou

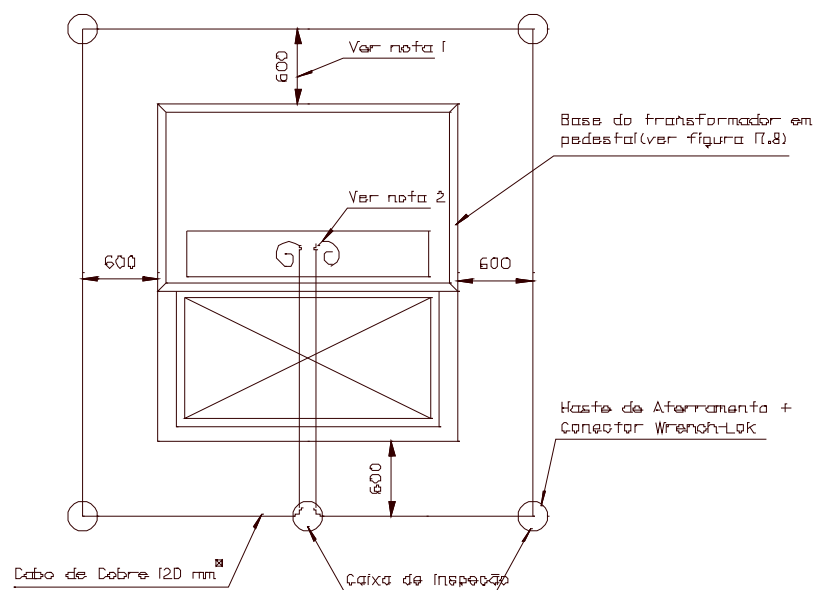
laje abaixo da base, pelo empreendedor, através de chumbadores padronizados (desenho padrão MP-55-29). A localização da barra terra deve levar em conta que a mesma não deve dificultar ou impossibilitar a instalação dos cabos primários, secundários e de aterramento. Desenho esquemático mostrando a localização, as dimensões das caixas metálicas, assim como da barra terra devem ser submetidos à aprovação da METROPOLITANA.

Nos transformadores instalados em bases construídas diretamente no solo, o empreendedor deve instalar 4 hastes de aterramento (C.M.: 336.805-9) e interligá-las a barra de aterramento, conforme mostrado na **Figura 12.1**. A barra de aterramento será instalada pela METROPOLITANA, em uma das paredes da caixa "acoplada" à base do transformador. O empreendedor deve considerar, em cada extremidade, 1 metro de cabo (livre) no interior das caixas para possibilitar a conexão dos mesmos à barra de aterramento.

As hastes de aterramento devem ser do tipo "coperweld" de 2,40 m x 1/2" e as conexões das mesmas ao cabo devem ser feitas com conectores tipo "wrench-lok". Os cabos interligando as hastes e a barra de aterramento devem ser de cobre com seção de 120 mm<sup>2</sup>.

O valor da resistência de terra, em qualquer época do ano, deve ser no máximo 25 Ohms.

**Figura 12.1: Esquema Ilustrativo Para Aterramento de Transformadores**



**Notas:**

- 1) Em caso de muro adjacente ao fundo do transformador, pode ser considerada:
  - distância mínima do muro a base: 400 mm;
  - distância do cabo ao muro: 100 mm;
  - distância entre a base e o cabo: mínima: 300 mm  
máxima: 600 mm;
- 2) Deverá ser considerado 1 metro de cabo, acima da base, para conexão do mesmo a barra terra;
- 3) Dimensões em milímetros.

### **13. LOCALIZAÇÃO DOS TRANSFORMADORES**

Os transformadores devem ser instalados sobre bases de concreto construídas, no terreno do consumidor, sobre lajes de pavimentos ao nível da via pública ou diretamente ao solo.

A base de concreto deve ser localizada, preferencialmente, junto ao alinhamento da via pública, com o acesso frontal ao transformador, pelo passeio. Quando necessário, para atender restrições arquitetônicas, as bases de concreto podem ser construídas a uma distância de no máximo 5 metros, do alinhamento da via pública.

Devem ser mantidos espaços livres em todos os lados da base visando possibilitar inspeção e manutenção do transformador. Para tanto, as distâncias livres mínimas são:

- 700 mm nas laterais dos transformadores;
- 800 mm na frente dos transformadores.

A critério do projeto arquitetônico, a base poderá ser cercada por gradil metálico removível ou cerca viva (vegetação), desde que, a localização das mesmas atenda os requisitos (distâncias mínimas) mencionados anteriormente. (**Nota:** gradil metálico, quando utilizado, deve ser aterrado), Eventuais danos nas cercas vivas, em decorrência de substituição do transformador, poderão ocorrer e não serão de responsabilidade da METROPOLITANA.

A localização da base do transformador deve prever:

- acesso de caminhões com guinchos para instalação e retirada do transformador;
- acesso de pessoal para inspeção e manutenção.

### **14. OBRAS CIVIS**

A ligação do edifício, através de transformador, implica na execução de base de concreto, caixas de passagens e canalizações, cujas características estão apresentadas a seguir.

#### **14.1. Base Construída Sobre Lajes**

Nos edifícios, onde o recuo frontal é ocupado por sub-solos, a base do transformador pode ser construída sobre lajes do pavimento ao nível da via pública.

A superfície superior da base deve ser nivelada a 10 cm acima do nível acabado da laje.

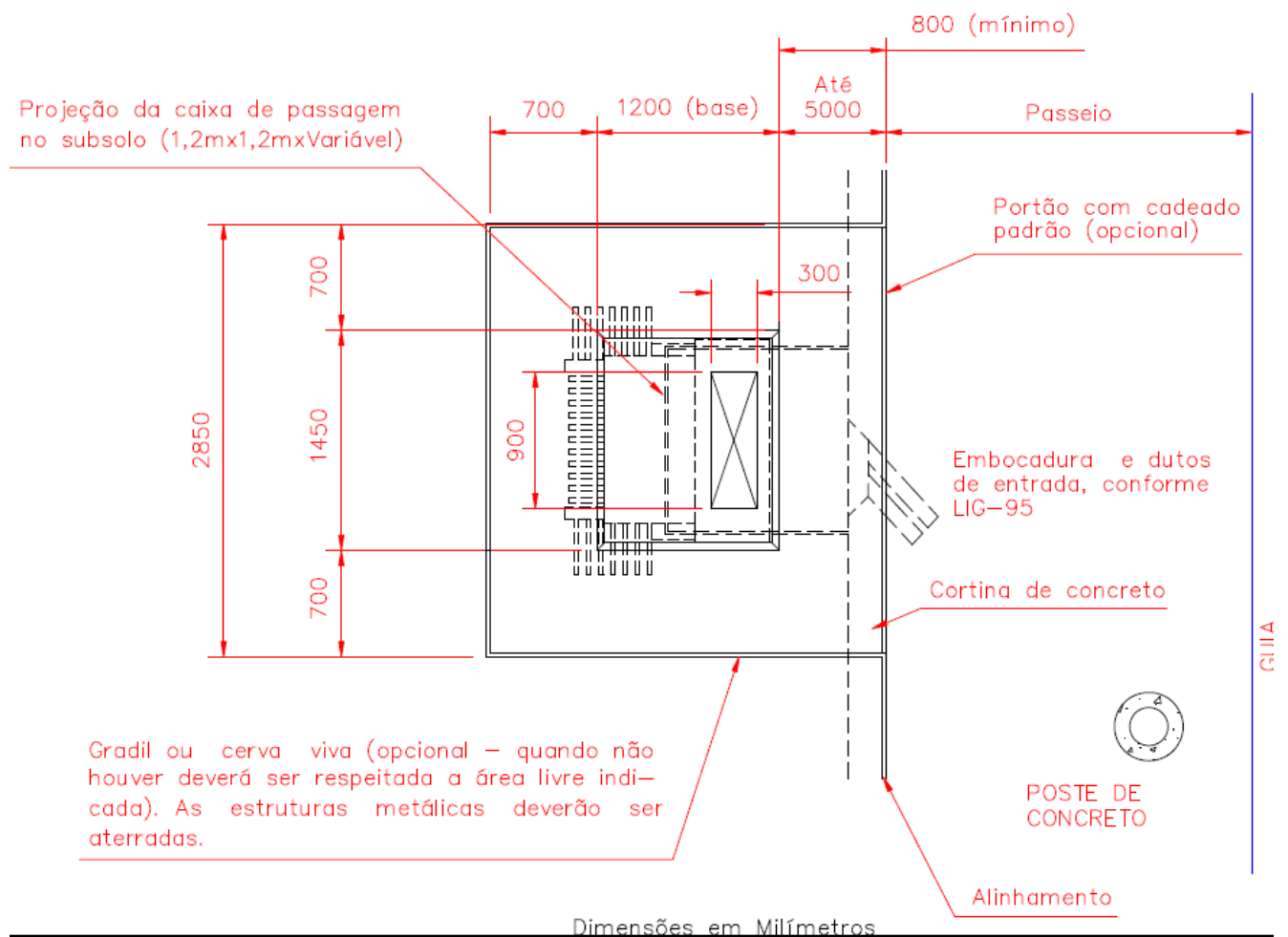
A laje, sobre a qual será construída a base de concreto, deve ser dimensionada considerando o peso do transformador (2800 kg) e caminhão com guincho (6000 kg = caminhão + guincho + transformador).

No piso inferior, sob a base de concreto, deve ser instalada caixa de passagem metálica, com tampa removível dispendo de 4 parafusos com dispositivos de lacre. Sob a caixa deve existir espaço livre de, no mínimo, 1800 mm, ou, quando isto não for possível, a mesma deve ser substituída por uma armário que ocupe toda altura entre o piso e a laje superior, opção preferencial.

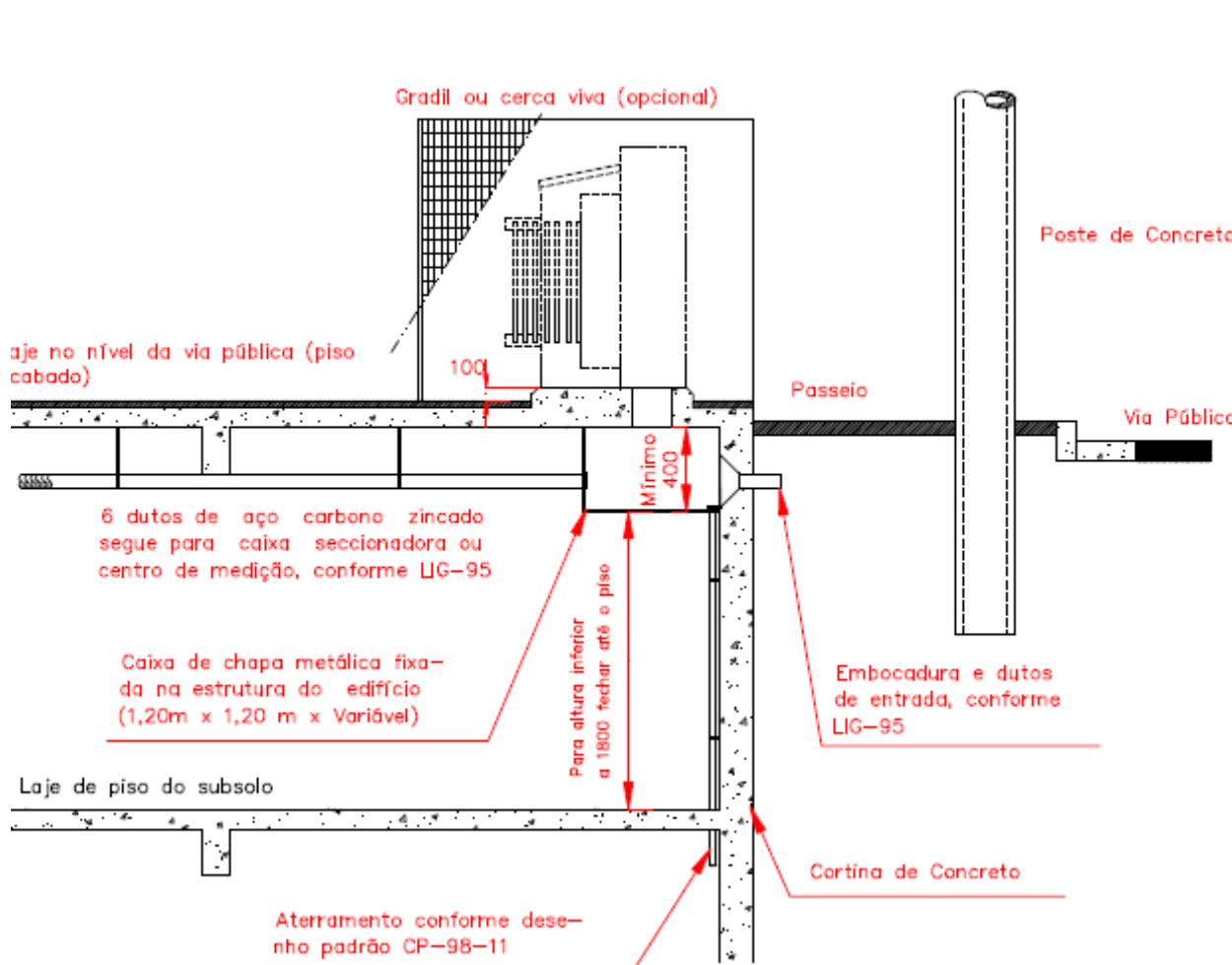
Deve ser mantido espaço livre sob as caixas metálicas de no mínimo 2 m x 2 m, não sendo permitido que o mesmo seja ocupado por garagens, depósitos, etc.

O desenho simplificado, correspondente à base construída sobre lajes, está apresentado na **Figura 14.1**.

**Figura 14.1 (1/2): Transformador de 300 kVA ou 500 kVA Localizado Sobre Laje no Nível da Via Pública Junto ao Alinhamento**



**Figura 14.1 (2/2): Transformador de 300 kVA ou 500 kVA Localizado Sobre Laje no Nível da Via Pública Junto ao Alinhamento**



## **14.2. Base Construída Diretamente no Solo**

Nos edifícios, onde o recuo frontal não está ocupado por sub-solo, a base de concreto é construída diretamente sobre o solo. Incorporada a esta base, devem ser construída caixa de passagem que permita a “chegada” e a “saída” de dutos dos circuitos primário e secundário, respectivamente.

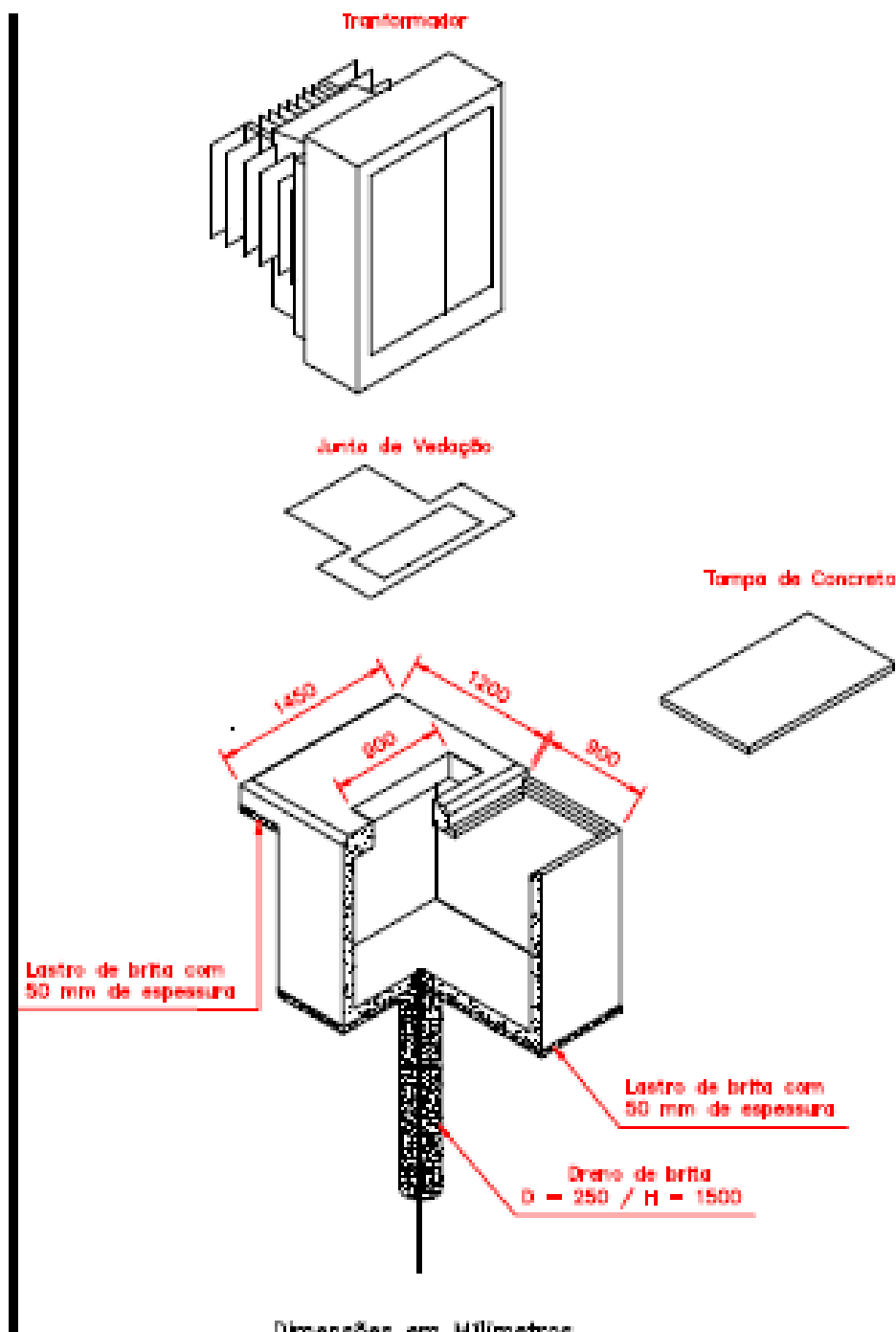
A superfície superior (tampa) da caixa incorporada a base do transformador deve ser nivelada ao nível do solo ou acima do mesmo.

A superfície da base do transformador deve ser nivelada a 10 cm do nível da tampa da caixa de passagem incorporada a mesma.

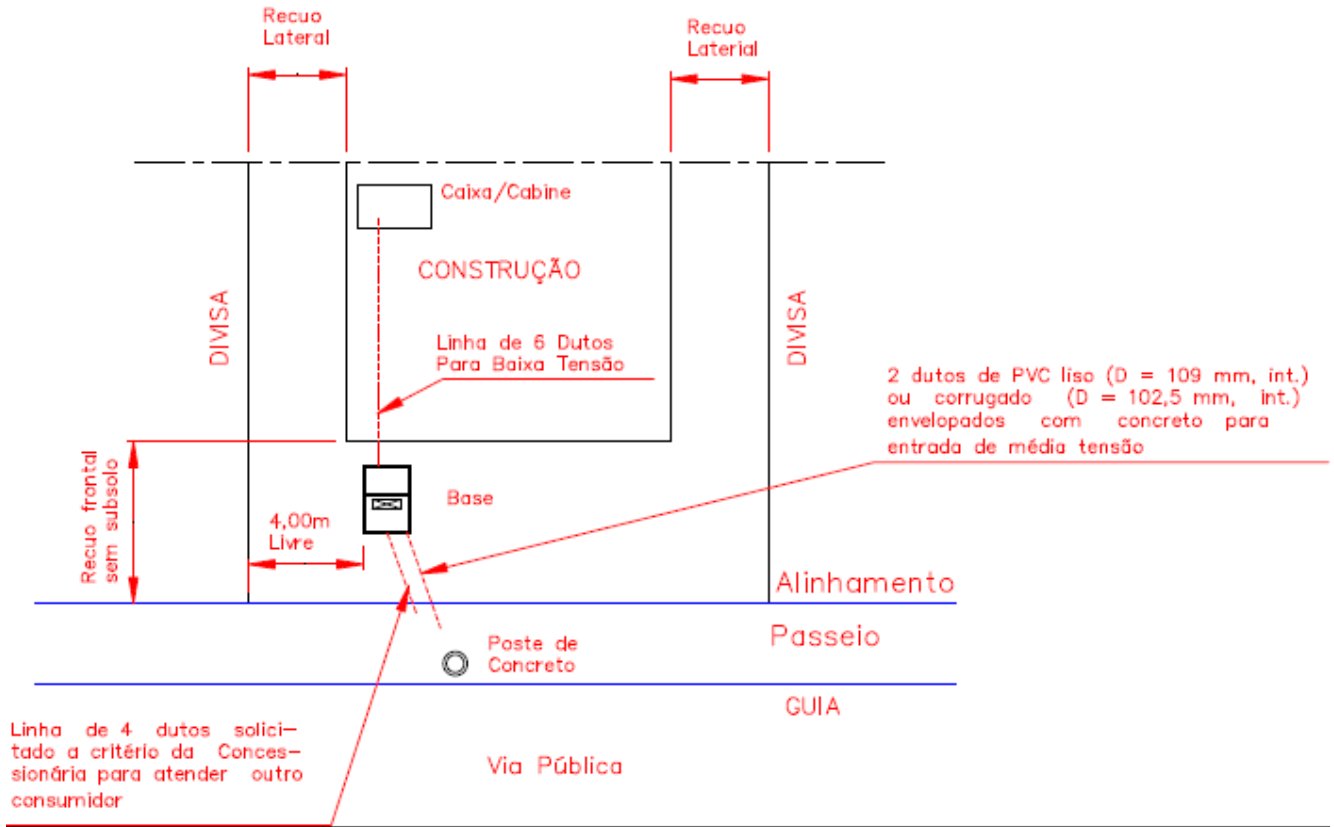
Desenho simplificado correspondente a base de concreto está mostrado na **Figura 14.2**.

As hastes de aterramento são instaladas próximas à base de concreto, conforme mostrado na **Figura 12.1** e sob a área compreendida pelas mesmas (hastes, base) não se admitindo a passagem de tubulações de gás, água, esgoto, telefone, etc.

**Figura 14.2 (1/3): Base Para Transformador de 300 kVA ou 500 kVA Instalada Diretamente no Solo**

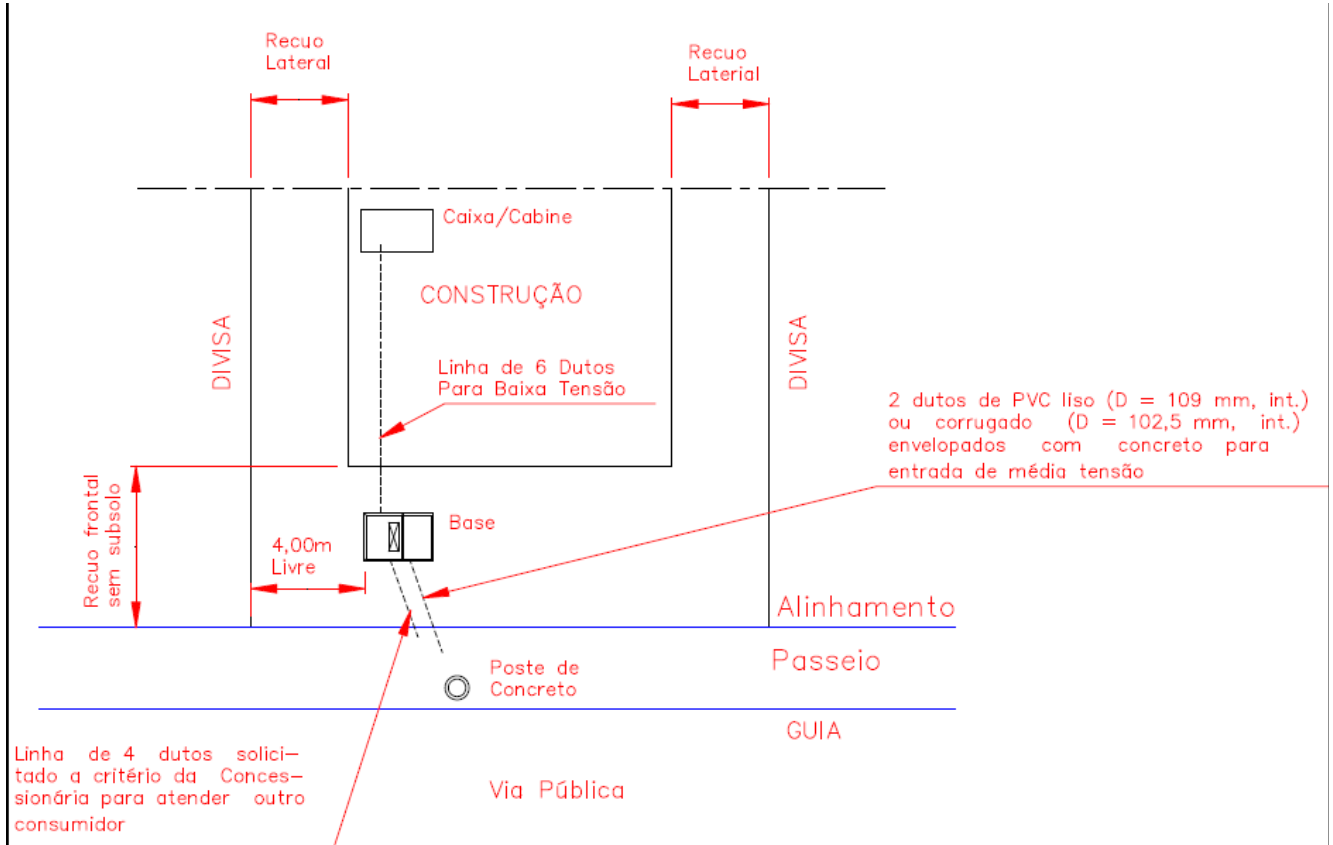


**Figura 14.2 (2/3): Base Para Transformador de 300 kVA ou 500 kVA Instalada Diretamente no Solo**





**Figura 14.2 (3/3): Base Para Transformador de 300 kVA ou 500 kVA  
Instalada Diretamente no Solo**



### **14.3. Canalizações de Entrada**

Os cabos dos ramais de ligação primário devem ser instalados em dutos de aço carbono zincado, PVC ou polietileno corrugado, cujos diâmetros nominais não podem ser inferiores a 100 mm.

Os dutos de aço carbono zincado devem ser fixados à estrutura por meio de suportes, bandejas ou tirantes e, em suas extremidades, aterrados.

Os dutos de PVC ou polietileno corrugado, quando utilizados, devem ser envelopados com concreto.

### **15. COMENTÁRIOS COMPLEMENTARES**

Após a aprovação do projeto, a METROPOLITANA fornecerá as características básicas dimensionais e os requisitos técnicos mínimos referentes às obras civis previstas. Baseando-se nessas informações, o detalhamento do projeto executivo das obras civis deverá ser providenciado pelo empreendedor, assim como a execução das mesmas.

Eventuais problemas causados por obras civis, decorrentes de erros de projetos ou construção, mão de obra ou materiais inadequados, que impliquem em danos materiais ou pessoais, serão de exclusiva responsabilidade do empreendedor.

Quando necessário, devido aos problemas mencionados no parágrafo anterior, a METROPOLITANA poderá executar reparos nas obras civis e os custos decorrentes dos mesmos serão de exclusiva responsabilidade do empreendedor.

---