

# SISTEMA ADUTOR METROPOLITANO — SAM

## SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO

Eng.º ANTONIO MARTINS

Eng.º CARLOS COSTA FERNANDES (\*)

### 1. INTRODUÇÃO

O Sistema Adutor Metropolitana — SAM, em execução pela Companhia Metropolitana de Águas de São Paulo — COMASP, irá abastecer cerca de trinta e sete municípios que compõe o Grande São Paulo.

De acôrdo com a situação geográfica de distribuição no Grande São Paulo, o SAM foi dividido em quatro grandes alças, a saber: Norte, Leste, Oeste e Sul.

O SAM Norte parte da Estação de Tratamento de Guaraú (a segunda em tamanho do mundo, com uma capacidade de 33 m<sup>3</sup>/seg.) por duas linhas de tubulações de aço de diâmetro de 2.134 mm. Dêsses dois condutores saem três linhas de tubulações, uma na direção do município de Osasco, abastecendo os Reservatórios de: Vila Brasilândia, Freguesia do Ó — I, Freguesia do Ó — II, Pirituba, Vila Jaguara e os de Quitaúna, Bela Vista, Vila Iracema, Mutinga de Osasco. A segunda na direção de São Miguel Paulista, abastecendo os Reservatórios de Jaçanã, Edú Chaves, Guarulhos, Vila Medeiros, Cangaiaba, Penha, Vila Maria, Jardim Popular, Ermelindo Matarazzo e São Miguel. A terceira, segue em direção a zona sul do município de São Paulo, que irá reforçar zonas já abastecidas dos Reservatórios da Casa Verde, Santana, Vila No-

va Cachoeirinha, Mirante, Consolação e Vila América. São cerca de 95 km de tubulações de ferro dúctil de diâmetros de 500 mm à 600 mm e de aço de 700 mm à 2.134 milímetros.

O SAM OESTE parte da Estação de Tratamento de Baixo Cotia, estendendo-se por 17 km de tubulações de ferro dúctil com junta elástica, que variam de 250 mm até 500 mm, que irão abastecer dois reservatórios do município de Barueri, e os reservatórios dos municípios de Jandira e Itapevi.

Nesta mesma alça teremos à alimentação dos Reservatórios de Taboão da Serra e Carapicuíba com águas providas, para o primeiro da ETA Alto Cotia, e para a segunda da ETA Baixo Cotia.

O SAM LESTE parte de uma derivação da Adutora de Rio Claro, à altura do seu quilômetro 23,3 contado a partir do reservatório da Moóca, estendendo-se por 62 km de tubulações de aço (de diâmetro de 700 à 1.600 mm) e de ferro dúctil com junta elástica (de 250 à 600 mm). Irá alimentar os distritos à leste de São Paulo, isto é, os Reservatórios de Itaim, Itaquera e Guaianazes e os Reservatórios dos municípios de Mogi das Cruzes, Suzano, Ferraz de Vasconcelos, Poá, Itaquaquecetuba e Arujá.

Finalmente o SAM SUL, que irá, partindo da ETA do Alto da Boa Vista, alimentar os Reservatórios dos distritos ao Sul do município de São Paulo, bem como os municípios ao Sul do

(\*) Companhia Metropolitana de Água de São Paulo — COMASP.

Grande São Paulo. São cerca de 70 km de tubulações de aço e ferro dúctil com junta elástica que abastecerão os Reservatórios de: Cidade Vargas, Sacoman, Vila Paulicéia, Diadema, Vila Mussolini, Curuça, Assumpção, Vila Vitória, Vila Progresso, Vila Suíça e Mauá.

O mapa que segue, do Sistema Adutor Metropolitano do Grande São Paulo, fornece uma visão global dos Distribuidores e Sub-Adutoras em fase de projeto e execução, combinados com o sistema atualmente existente.

## 2. SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DAS TUBULAÇÕES

As composições físicas e químicas de um solo, bem como o seu PH, temperatura, aeração e a variação de sua resistividade, contribuem para a agressividade desse solo à uma tubulação enterrada.

A resistividade é mais universalmente aceita como indicadora do grau de corrosividade do solo porque, além de ser medida facilmente, permite comparações com instalações já existentes em outros lugares. Quanto menor grau de resistividade de um solo, maior será sua agressividade.

Com base nisto a COMASP realizou ao longo de toda a rota do SAM, incluindo sub-adutoras e áreas de reservatórios, leituras da resistividade do solo que revelaram 45% de leituras abaixo de 10.000 ohm-centímetro e 17% de 5.000 ohm-centímetro ou menos, no caminhar do SAM — Alça Norte.

Está anexo o mapa de pesquisa da resistividade do solo indicando o caminhar da tubulação da Alça Norte e os pontos selecionados onde foram medidas as resistividades.

Das medições das resistividades do solo e outros fatores, chegou-se a conclusão que se devia proteger os tubos, tanto de aço como de ferro dúctil de juntas elásticas, contra a corrosão.

Das pesquisas, consultas e estudos determinou-se os tipos de proteção que serão necessários para essas tubulações.

## 3. SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DAS TUBULAÇÕES DE AÇO

Chegou-se a conclusão de que um sistema de proteção contra a corrosão era altamente necessária para durabilidade das Adutoras e Sub-

Adutoras de aço que atravessam zonas densamente povoadas.

Para essa proteção, preocupou-se com o revestimento dos tubos, do reaterro das valas, do tipo de anodo, flanges isoladores, estações de testes, com especificações inéditas no Brasil.

### 3.1 — Revestimento das Tubulações de Aço

Para permitir um alto grau de proteção contra a corrosão, inclusive contra água agressiva, os tubos da COMASP serão revestidos interna e externamente. A especificação desse revestimento é pioneira em nosso país.

O revestimento interno será constituído de duas camadas:

- a) Primer
- b) Esmalte betuminoso (3/32" ± 1/32").

O revestimento externo será constituído de seis camadas:

- a) Primer
- b) Esmalte betuminoso (3/32" ± 1/32")
- c) Esteira de lã de vidro (espessura de 0,018")
- d) Esmalte betuminoso (1/32" mínimo)
- e) Liga de feltro de asbesto
- f) Envólucro com papel Kraft

A novidade nesse revestimento para tubulações de água é o emprêgo do feltro de asbesto, que é um material inorgânico de longa duração, protegendo assim o tubo contra corrosão.

O Primer para os revestimentos interno e externo deve ser do tipo B (secagem rápida), consistindo de plastificantes sintéticos de borraça clorada e solventes combinados adequadamente, que produzam um revestimento externo líquido com aplicação instantânea a frio por meio de pincéis ou a jato, o que produzira uma liga eficiente entre o metal e o revestimento subsequente de esmalte betuminoso.

O esmalte betuminoso será preparado de betume de carvão com o valor de aquecimento mínimo de 13.000 BTU por libra numa base livre de umidade e minerais de acordo com os requisitos das normas ASTM D388, carbonizado numa temperatura não inferior a 900°C num forno de carvão tipo «slot». Deverá estar em acordo com a norma AWWA C-203 de temperatura normal, composto de breu seco mineral especialmente processado com um enchimento mineral inerte, isento de asfalto, petróleo ou base natural. O esmalte deverá estar de acordo com as seguintes características:

T e s t e		Mínimo	Máximo
Ponto de amolecimento,	ASTM D 36	220°F	—
Enchimento (cinza)	ASTM D 271	25%	35%
Enchimento de finura através de malha — 200/pol.	ASTM D 546	90%	—
Pêso específico a 25°	ASTM D 71	1,4	1,6
Penetração	ASTM D 5		
— a 77°F, 100 g, 5 segundos		0,5 mm	1,0 mm
-- a 115°F, 50 g, 5 segundos		1,2 mm	3,0 mm
Teste de alta temperatura a 160°F (deflexão)	AWWA C-203	—	2/32"
Teste de baixa temperatura a 10°F (rachadura)	AWWA C-203	—	nenhum
Teste deflexão (aquecimento inicial)	AWWA C-203		
— rachadura inicial		0,5"	5 pol. quadradas
-- área de influência		—	não descasca
Teste de desfolhamento	AWWA C-203		

A esteira de fibra de vidro reforçada será fina, flexível, uniforme, composta de fibra de vidro de uma estrutura porosa, ligadas por resina de pêga térmica que combina com o esmalte betuminoso quente. A esteira de fibra de vidro deverá obedecer as normas ASTM n.ºs D 76 e D 146 e ter as seguintes características:

Características	Requisitos
pêso, GF/m <sup>2</sup> (mínimo) para pêso, GF/m <sup>2</sup> (mínimo)	41
espessura, mm (mínima)	0,33
resistência ao rasgamento trapezoidal:	
— longitudinal Kgf (mínimo)	0,454
— transversal Kgf (mínimo)	0,918
flexibilidade	satisfatória *
— Resistência a tração:	
— longitudinal, Kgf/cm, mínima	2,323
— transversal, Kgf/cm, mínima	0,715
porosidade, em cm de coluna de água	
— máxima	0,193
— mínima	0,056

\* Ausência de trincas, rachaduras e rupturas.

O feltro de asbesto deverá ser conforme a norma AWWA C-203, com um conteúdo de asbestos não inferior a 85% com as seguintes características:

a) Aparência: de superfície calandrade, livre de qualquer defeito externo visível, não devendo grudar quando desenrolado numa temperatura entre 32° e 100°F. Método de teste ASTM D 146;

b) Pêso inferior a 12 libras ou superior a 15 libras por 100 pés quadrados. Método de teste ASTM D 146;

c) A resistência a ruptura média, longitudinal à fibra não deverá ser inferior a 25 libras e transversal não menor do que 10 libras. Método de teste ASTM D 146;

d) Flexibilidade: não deve haver rachadura do feltro quando as amostras estão sendo curvadas sobre um mandril de 1" a 77°F. Método de teste ASTM D 146;

e) Saturação: a saturação média por extração não deverá ser inferior a 22% ou superior a 32% do pêso do feltro extraído. Método de teste ASTM D 146, omitindo correção para matérias carboníferas arrastadas;

f) Perda no aquecimento: a perda não deverá ser inferior a 10%. As tiras de teste devem ser preparadas e suspensas por duas horas em um forno a temperatura de 200°F ± 5°F. Depois de aquecidas as amostras deve ser esfriadas num dissecador e pesadas.

O papel Kraft deverá ser do tipo sulfite 100% liso e a mistura de caliação na proporção: 50 galões de água, 1 galão de óleo de linhaça, 150 libras de cal de extinção rápida e 10 libras de sal.

### 3.2 — Reaterro das Valas

Será utilizado um reaterro ao redor da tubulação, de areia selecionada e homogênea de alta resistência. Todo material estranho (rochas, pedras, etc...) será retirado para haver um reaterro perfeito dessa vala. Esta será reenchida parcialmente, em camadas usando-se na compactação uma pequena quantidade de água

e um vibrador de concreto tipo imersão, chegando até não menos de 90% da densidade máxima.

Essa envoltória de areia do tubo, está configurada no desenho da folha n.º 17, onde vemos todas as fases do reaterro da vala desde o fundo até a superfície.

### 3.3. — Anodo de Zinco Sacrificial

**Anodo:** Escolheu-se para proteção catódica, o anodo sacrificial de zinco, estendido ao longo da tubulação, conforme desenho da folha n.º 2, que proporcionará uma proteção uniforme. Além de ser um anodo de fácil instalação e de longa vida não produzirá os indesejáveis efeitos de sub ou super proteção e nem possibilidades de danificar o revestimento externo especial.

O anodo de zinco sacrificial será constituído de zinco de alta pureza, extrudado continuamente ao redor de um núcleo de arame. O núcleo do arame deverá ser de fio galvanizado de diâmetro nominal 2,54 mm. A seção transversal do anodo deverá ser 1/2" x 9/16" e apresentando um peso nominal de 8,9 gramas por centímetro.

Detalhes típicos de fixação do anodo de zinco são mostrados nos desenhos das folhas 01, 02 e 14.

### 3.4 — Flanges Isoladores

A fim de se isolar as tubulações de aço em trechos curtos, separando ao mesmo tempo, diferentes componentes de metais, são utilizados isoladores dielétricos em flanges selecionados, isolando principalmente:

- a) Seções do distribuidor principal
- b) Sub-Adutoras do distribuidor principal
- c) Tubulação nova de outras já existentes
- d) Travessias de estradas de rodagens ou férreas
- e) Tubulação de aço de tubulações de ferro dúctil ou fundido.

Um desenho típico de uma flange isoladora está no desenho da folha 05.

Será utilizado para as juntas neoprene reforçado com espessura mínima de 1/8", com resistência a compressão igual a 1.750 kg/cm<sup>2</sup>

Para as luvas dos parafusos será utilizado polietileno de alta densidade e para as arruelas material ferrólico.

Na passagem da tubulação por estrutura de concreto ela será isolada por um revestimento

externo de mastique de espessura de 1", que se estenderá fora da estrutura, por uma extensão de no mínimo 150 mm, conforme está mostrado no desenho da folha n.º 14.

Tôdas as peças especiais como válvulas, acoplamentos mecânicos, flanges, etc... a serem enterrados com a tubulação terão revestimento especial.

O material para as juntas dos flanges como foi dito acima será de neoprene reforçado, com 1/8" de espessura, devendo estar em conformidade com as seguintes características mínimas:

resistência a tração	700 kg/cm <sup>2</sup>
resistência a flexão	1.120 kg/cm <sup>2</sup>
resistência a compressão	1.750 kg/cm <sup>2</sup>
Dureza Rockwell (fenólico)	100 - escala M
Temperatura máxima de operação	79°C

As arruelas e luvas dielétricas poderão consistir de luvas e arruelas separadas ou uma combinação luva-arruela, devendo estar em conformidade com as seguintes características mínimas:

#### 1 — Combinação de luva-arruela de nylon:

resistência a tração	825 kg/cm <sup>2</sup>
resistência a flexão	965 kg/cm <sup>2</sup>
resistência a compressão	2.800 kg/cm <sup>2</sup>
temperatura máxima de operação	135°C

#### 2 — Luvas de polietileno de alta densidade:

tração (módulo de elasticidade	10.490 kg/cm <sup>2</sup>
compressão (módulo de elasticidade)	5.595 kg/cm <sup>2</sup>
dureza Rockwell	107 escala M
temperatura máxima de operação	106°C

#### 3 — Arruelas fenólicas

resistência a tração	700 kg/cm <sup>2</sup>
resistência a flexão	1.120 kg/cm <sup>2</sup>
resistência a compressão	2.730 kg/cm <sup>2</sup>
dureza Rockwell	107 - Escala M
temperatura máxima de operação	107°C

### 3.5 — Estações de Testes

A fim de se medir a eficácia do sistema de proteção catódica serão instaladas ao longo da

linha do SAM, caixas de testes localizadas em pontos selecionados, que são basicamente em:

- a) estruturas de válvulas
- b) estruturas de medição e controle
- c) travessias com estruturas metálicas enterradas com diâmetros iguais ou superiores a 100 mm.
- d) travessias de vias rodoviárias e ferroviárias.

Nas caixas de testes serão instalados os blocos terminais para as ligações dos fios de AWG n.º 12 que são conectados a tubulação por solda de bronze especial e protegidos por um eletrodo de plástico.

Um desenho típico e especificações estão mostrados nas folhas números 03, 04. Os padrões típicos de ligações para as caixas de testes, situadas nos pontos básicos selecionados, estão mostrados nos desenhos da folhas de números 06 à 16. Os desenhos de números 15 e 16 referem-se as estruturas de controle, situadas nas entradas dos reservatórios, destinados a medição e controle do volume de água fornecida.

Para as caixas de testes serão utilizados fios AWG n.º 12, com revestimento de polietileno ou PVC, instalados em condutos plásticos de  $\varnothing 3/4"$ , classe 12 (para 6 kg/cm<sup>2</sup>), ligados em terminais tipo SIEMENS 8WA-16, situados no interior de uma caixa herméticamente fechada, tipo Peterco R 12 P/70 ou similar.

### 3.6 — Proteção em Tubulações de Aço com Revestimento de Concreto

Em travessias subterrâneas de estradas de rodagens ou férreas a tubulação será instalada em uma base de concreto de 150° situado no interior do tubo protetor ARMCO. Para a garantia de um perfeito isolamento da tubulação teremos, além do revestimento normal, um revestimento em 360° com material dielétrico, tipo mastique, com o anodo de zinco instalado acima da base de concreto.

Em tubulações revestidas de concreto será utilizado o mesmo revestimento em 360°, com o anodo de zinco instalado contra este material. Desenhos típicos desta proteção estão nas folhas 11 e 13.

— Uma perfeita avaliação do sistema de proteção contra corrosão nas travessias com tubos ARMCO somente será possível após a conclusão de pesquisas que permitem avaliar

corretamente a influência de fatores nocivos como, tráfego ferroviário, correntes de fuga, etc. Devido ao alto nível do lençol freático nestes locais, durante a maior parte do ano, e a grande facilidade de infiltração de água nos tubos ARMCO, todas as travessias ficarão parcial ou totalmente submersas, criando condições, favoráveis a corrosão. Por causa disto, optamos pela instalação do anodo de zinco paralelamente a tubulação a ficar submersa.

### 4. PROTEÇÃO CATÓDICA EM TUBULAÇÕES DE FERRO DÚCTIL

As tubulações de ferro dúctil do Sistema Adutor Metropolitano, terão um revestimento externo de esmalte betuminoso, e internamente para proteção contra água agressiva, terá um revestimento de cimento com «seal coat».

Realizados os estudos de resistividade e PH do solo ao longo do caminhamento das redes adutoras de ferro dúctil, verificou-se que, em certos trechos, a resistividade atingia valores abaixo de 5.000 ohm x cm, necessitando assim essa tubulação de um sistema adequado de proteção nestes trechos.

A determinação da resistividade dos diferentes estratos atravessados pelas sondagens, foram realizados empregando-se o equipamento «Earth Resistivity Equipment». Equipamento que emprega corrente alternada de baixa frequência, eliminando a necessidade de se utilizar eletrodos não polarizáveis.

O arranjo de medidas constou de um sistema de perfilagem de poço, de 4 eletrodos, montados em um sistema rígido isolante. Quando o furo era cheio de água usou-se eletrodos de chumbo, montados no sistema, sem que os mesmos entrassem diretamente em contacto com as paredes da sondagem. Nos furos secos foram utilizados eletrodos sob a forma de palhetas flexíveis, de cobre fosforoso que faziam contacto deslizante com as paredes do furo.

As necessidades geofísicas da resistividade e PH foram realizadas em pontos pré selecionados seguindo um certo critério de se investigar terrenos formados de diferentes litologias, quais sejam, xistos alterados, granitos e gnaisses alterados e aluviões.

Assim os pontos investigados foram condicionados a geologia e a topografia.

Nos pontos de quebra topográfica, por exemplo vales, foram locados pontos a serem inves-

tigados. Esses vales quando eram extensos, investigaram-se dois pontos: um na borda do vale e outro em sua parte central, de modo a se conhecer os valores de resistividade e PH dos aluviões aí encontrados.

As perfurações foram feitas com a profundidade máxima até 6 metros. De metro a metro, foram coletados materiais que forneceram os elementos para o estabelecimento do perfil litológico e coletadas também amostras para as quais foi determinado o PH.

Conforme as folhas padrões de leitura de resistividade e PH variavam conforme a profundidade entre aquelas duas grandezas.

#### 4.1 — Tipos Padrões de Anodo

Efetuada as leituras de campo foram construídos os gráficos do Perfil de Variação das Resistividades, determinando-se as zonas críticas, conforme a resistividade do solo e o tipo de anodo, dependendo da densidade de corrente necessária.

Elaborada a tabela, abaixo apresentada, foram então determinados os vários trechos peculiares a cada tipo de anodo

Resistividade	Densidade de Corrente	Tipo de Anodo
até 1.000 ohm.cm	8.800 ampéres-hora	A
1.000 à 2.000 ohm.cm	7.100 ampéres-hora	B
2.000 à 3.000 ohm.cm	5.300 ampéres-hora	C
3.000 à 4.000 ohm.cm	3.550 ampéres-hora	D
4.000 à 5.000 ohm.cm	1.760 ampéres-hora	E

Foi admitido para um rendimento do anodo de zinco de 50%, isto é, um quilograma fornecerá no solo 410 ampéres-hora, sendo instalado um anodo para cada tubo de 6,0 metros.

Para uma determinação mais precisa de cada trecho crítico foram construídos os gráficos representativos de cada um, indicando os vários tipos de anodos a serem utilizados nos determinados comprimentos, adotando-se uma faixa de segurança de 50 metros nos limites dos trechos críticos (desenho n.º 21).

Um tipo padrão de anodo de zinco (tipo D), está representado no desenho n.º 22.

#### 4.2 — Caixa de Testes

Com intervalos variáveis foram selecionados os pontos onde serão instalados as caixas de testes, com ligações conforme desenho n.º 23.

Os pontos foram selecionados levando-se em consideração as medições efetuadas no campo, as diferentes condições geológicas e as condições especiais de certos locais, como travessias de rios e estradas ferroviárias eletrificadas.

Por intermédio desta caixa de testes poderemos efetuar as seguintes leituras:

- a) o potencial tubo-solo
- b) a corrente fornecida pelo anodo de zinco. Poderemos regulá-la para efetuar testes, introduzindo uma resistência entre os terminais A e B, obtendo assim, vários valores para a corrente do anodo, os quais corresponderão a diferentes potenciais.

O uso deste padrão de caixa de testes nos permitirá, futuramente, o contróle da vida do anodo de zinco e conhecimentos práticos mais exatos sobre o seu comportamento.

Com especificações para a caixa de testes são idênticas às utilizadas nas adutoras de aço (desenho n.º 04).

#### 4.3 — Considerações Gerais

É estimada em 10 anos a vida deste sistema de proteção contra à corrosão; uma avaliação precisa deste tempo, somente será possível com o funcionamento do sistema e as leituras a serem efetuadas regularmente.

O esquema geral de montagem está indicado no desenho n.º 24.

Nas passagens das tubulações sob vias eletrificadas, com retôrno pela terra, estudos particulares e adequados serão desenvolvidos incluindo além da natureza geofísica do solo envolvente das tubulações, resistividade e PH, a determinação das variações dos Potenciais durante o tráfego ferroviário. Do resultado destas pesquisas poderá resultar, inclusive, uma mudança na sistemática da Proteção Catódica ou seja, poderia resultar a adução do Sistema de Corrente Injetada, dependendo do resultado das pesquisas acima especificadas.

### 5. CONCLUSÕES FINAIS

Após a implantação final do sistema de proteção contra corrosão do SAM — Sistema Aduotor Metropolitano, pesquisas serão feitas para se determinar o grau de proteção, o efeito de outros fatores como correntes de fugas e definir eventuais acréscimos de proteção necessários.

Estudos futuros determinarão as exatas áreas e severidade da corrosão nas travessias de vias ferroviárias e em áreas onde possam existir proteção catódica por corrente impressa.

A construção do Metropolitano de São Paulo e futuros sistemas de distribuição, irão requerer testes e avaliação de seus efeitos nas adutoras da COMASP a fim de se determinar, se a proteção está adequada ou qual será a mais conveniente. Tão importante quanto o adequado projeto e instalação é a manutenção e operação de todo o sistema com a avaliação correta dos dados obtidos.

O custos de instalação de um sistema de proteção contra corrosão são plenamente justificados pela segurança obtida nas linhas adutoras e, conseqüente, diminuição sensível de possíveis colapsos das tubulações que causariam transtornos imprevisíveis e uma elevação sensível no custo de manutenção das redes adutoras.

Na Alça Norte serão utilizados para as tubulações de aço 75.000 metros de anodo de zinco, representando um peso de 67.000 kg e 120 flanges isoladores variando de diâmetros de  $\varnothing$  10" a 72". Para a avaliação deste sistema serão utilizadas 200 caixas de testes que necessitarão de 650 terminais, 12.000 metros de fios AWG n.º 12 e 3.000 metros de tubos plásticos.

O custo desse material está orçado no valor de Cr\$ 599.000,00.

Na Alça Oeste, composta de tubulações de ferro dúctil serão utilizados 400 anodos de zinco, o que representa em peso 5.000 quilos. Para a avaliação e leitura dos dados serão empregadas 40 caixas de testes que utilizarão 1.000 metros de fio AWG n.º 12 e 120 terminais, com um orçamento total de Cr\$ 120.000,00.

Não estão incluídas nessas previsões orçamentárias, o valor correspondente ao revestimento interno e externo dos tubos, pelo motivo de estarem englobadas na da aquisição dos tubos.

Vemos que a COMASP preocupa-se com a proteção contra corrosão das tubulações de aço e de ferro dúctil do Sistema Adutor Metropolitano efetivando estudos, pesquisas e medições no campo, introduzindo melhores e novas especificações.

As especificações para os tubos de aço são inéditas no Brasil, não só no revestimento externo e interno, mas também no emprêgo de um anodo sacrificial de zinco estendido ao longo de toda tubulação e das caixas de testes que controla a vida desse anodo de zinco.

É a proteção e controle de um vultoso capital, prolongando o seu tempo de vida e proporcionando um fornecimento contínuo, sem colapso, de água potável para o Grande São Paulo num programa que se estende desde esta data até o ano 2.000.

#### SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DO SAM ALÇA OESTE

##### DADOS DE CAMPO — MEDIDAS GEOFISICAS

Ponto-SP-15 Trecho-T-2 Folha-B-14 NA—m

Profundidade Metros	Resistividade Ohm/cm	pH
0,0		
0,5		
1,0	12.100	4,80
1,5	14.000	
2,0	19.300	4,85
2,5	37.000	
3,0	32.500	4,80
3,5	75.800	
4,0		4,65
4,5		
5,0		4,35
5,5		
6,0		4,70

#### SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DO SAM ALÇA OESTE

##### DADOS DE CAMPO — MEDIDAS GEOFISICAS

Ponto-SP-41 Trecho-T-5 Folha-B-20 NA 0,00 m

Profundidade Metros	Resistividade Ohm/cm	pH
0,0		
0,5	2.100	
1,0	1.200	5,55
1,5	1.250	
2,0	1.600	5,45
2,5	1.900	
3,0	3.200	3,80
3,5	4.000	
4,0		4,00
4,5		
5,0		
5,5		
6,0		

## DETALHES DE FIXAÇÃO DO ANODO

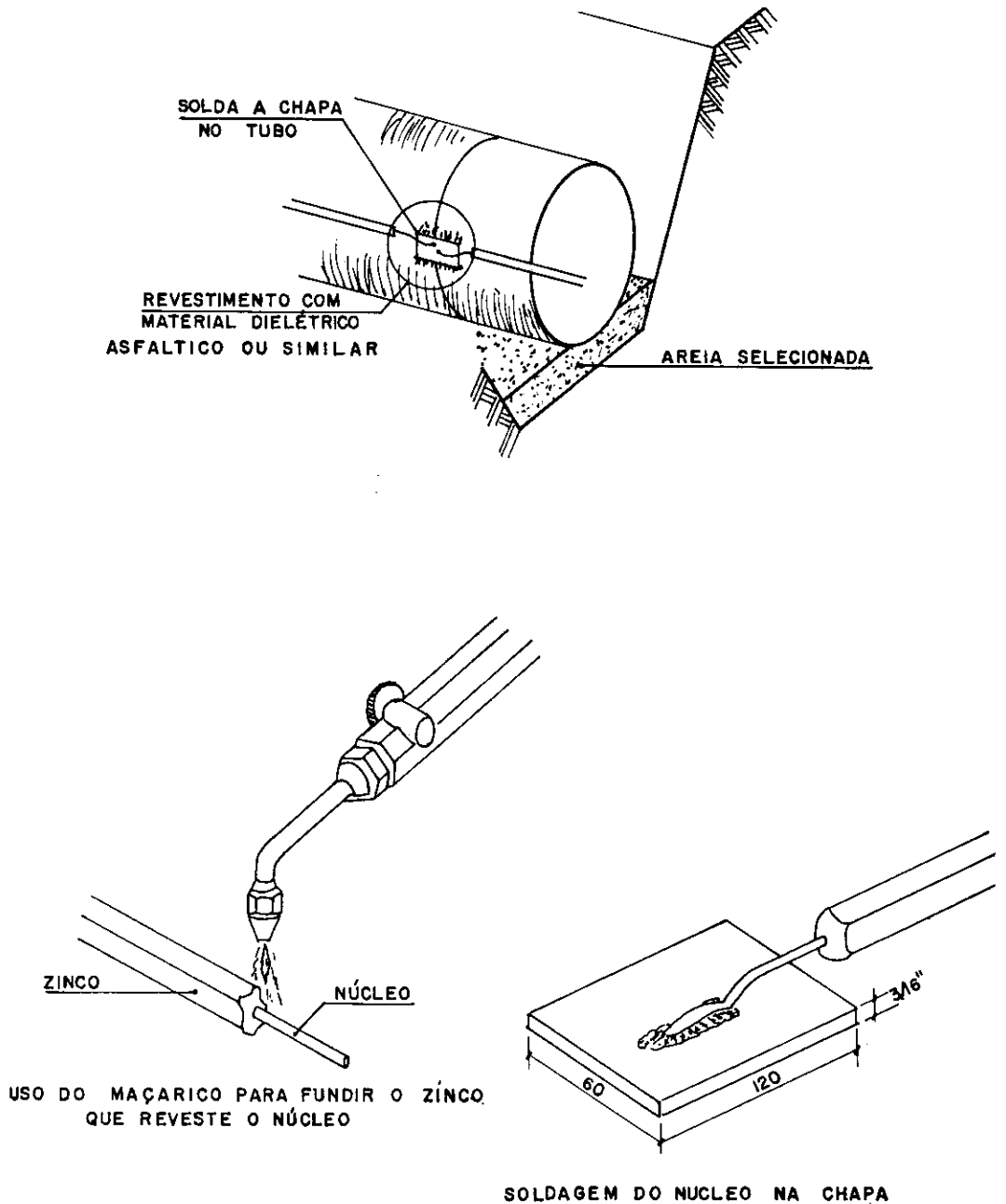
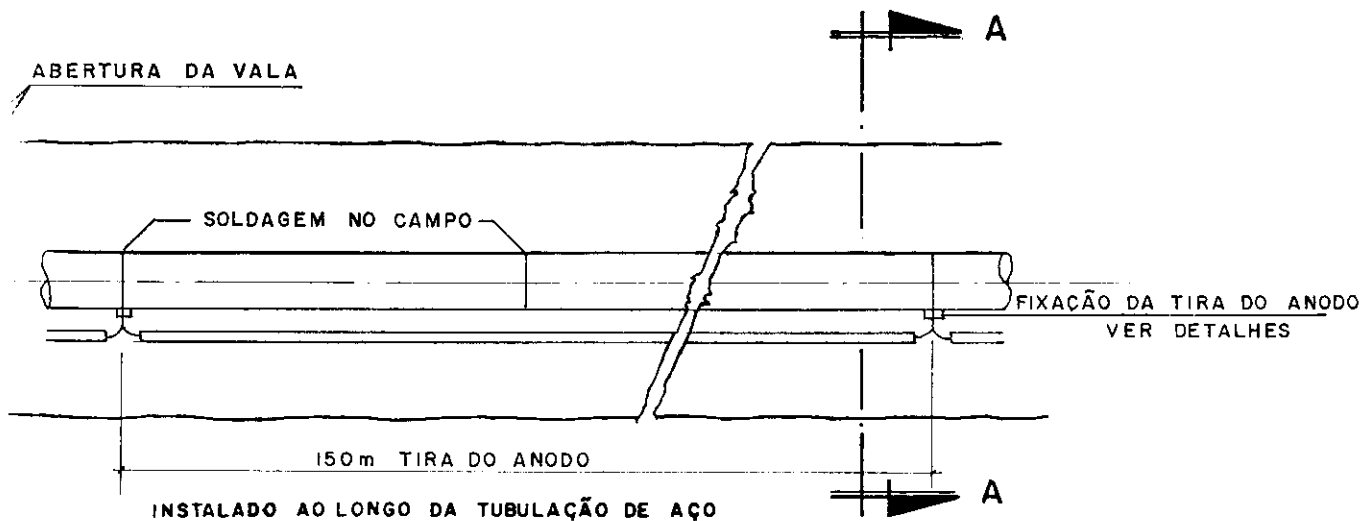
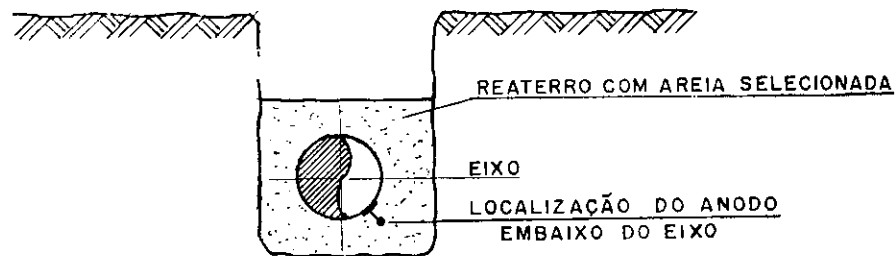


FIGURA N.º 1





### PLANTA MONTAGEM DO ANODO



### CORTE - A A

FIGURA N.º 2

CAIXA TERMINAL PETERCO R12P/70  
COM 3 ENTRADAS Ø 3/4" ROSQUEADOS-  
NAS POSIÇÕES L, J e K

CORTE-B-B

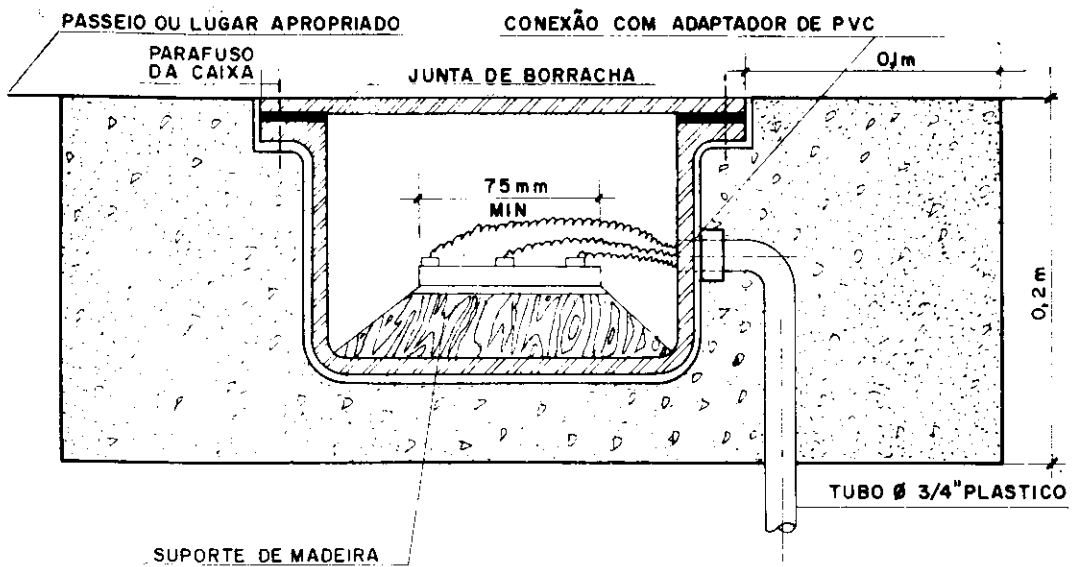


FIGURA N.º 3



assunto **SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO**

### BLOCO TERMINAL

DISCRIMINAÇÃO	QUANT.
BLOCOS TERMINAIS SIEMENS 8 WA 2-16 OU SIMILAR	
SUORTE TRANSPARENTES PARA ETIQUETA SIEMENS 8 WA 8-03 OU SIMIL.	
SUORTE PERFILADO P/ FIXAÇÃO DOS BLOCOS TERMINAIS SIEMENS 8 WA 7-44 COM 50 cm DE COMPRIMENTO	1
GARRAS C/ PARAFUSOS SIEMENS 8 WA 7-45 OU SIMILAR	2

### NOTAS

- 1 — A FIXAÇÃO DOS FIOS NOS TUBOS É FEITA C/ SOLDA FORTE OU-TERMITE; REVESTIR A SOLDA C/ MATERIAL DIELÉTRICO
- 2 — DEIXAR FOLGA NOS FIOS P/ FACILITAR A REMOÇÃO DO BLOCO TERMINAL
- 3 — O COMPRIMENTO DO TUBO DE PLÁSTICO ARMADO, DEVERIA SER CORTADO CONFORME MEDIDA EXATA, QUE PERMITA AS EXTREMIDADES PASSAREM PELAS ARRUELAS
- 4 — VEDAR AS EXTREMIDADES DOS CONDUITES
- 5 — A QUANTIDADE DE BLOCOS TERMINAIS NA CAIXA PETERCO DEPENDERÁ DO NÚMERO DE FIOS A SEREM LIGADOS
- 6 — OS FIOS DE TESTE # 12 DEVERÃO QUANDO SITUADOS FORA DO REATÉRRO DE AREIA DA TUBULAÇÃO, SER COLOCADOS DENTRO DE TUBOS PVC, CLASSE 12, JUNTA SOLDÁVEL.

DETALHE 2  
FLANGE ISOLADORA

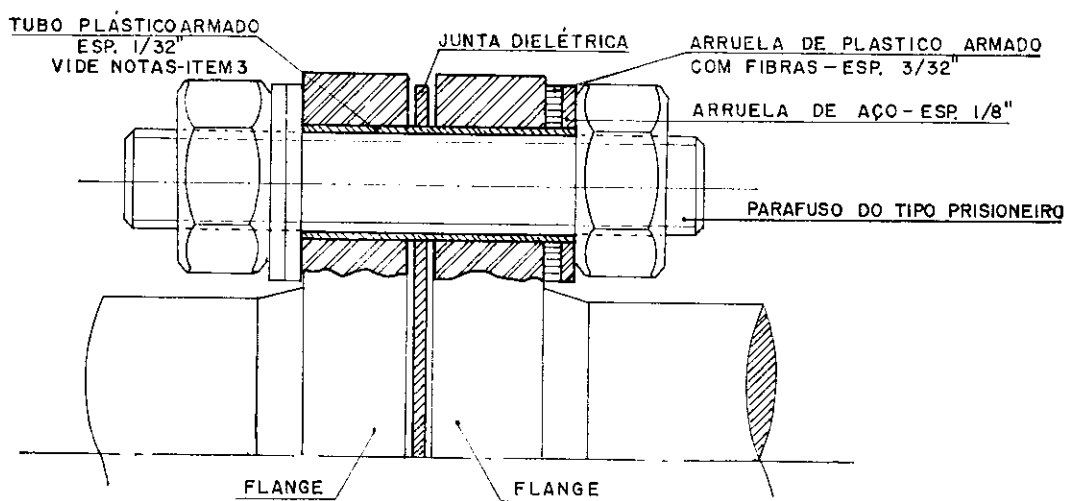


FIGURA N.º 5

# PLANTA GERAL ABRIGOS DE VÁLVULAS

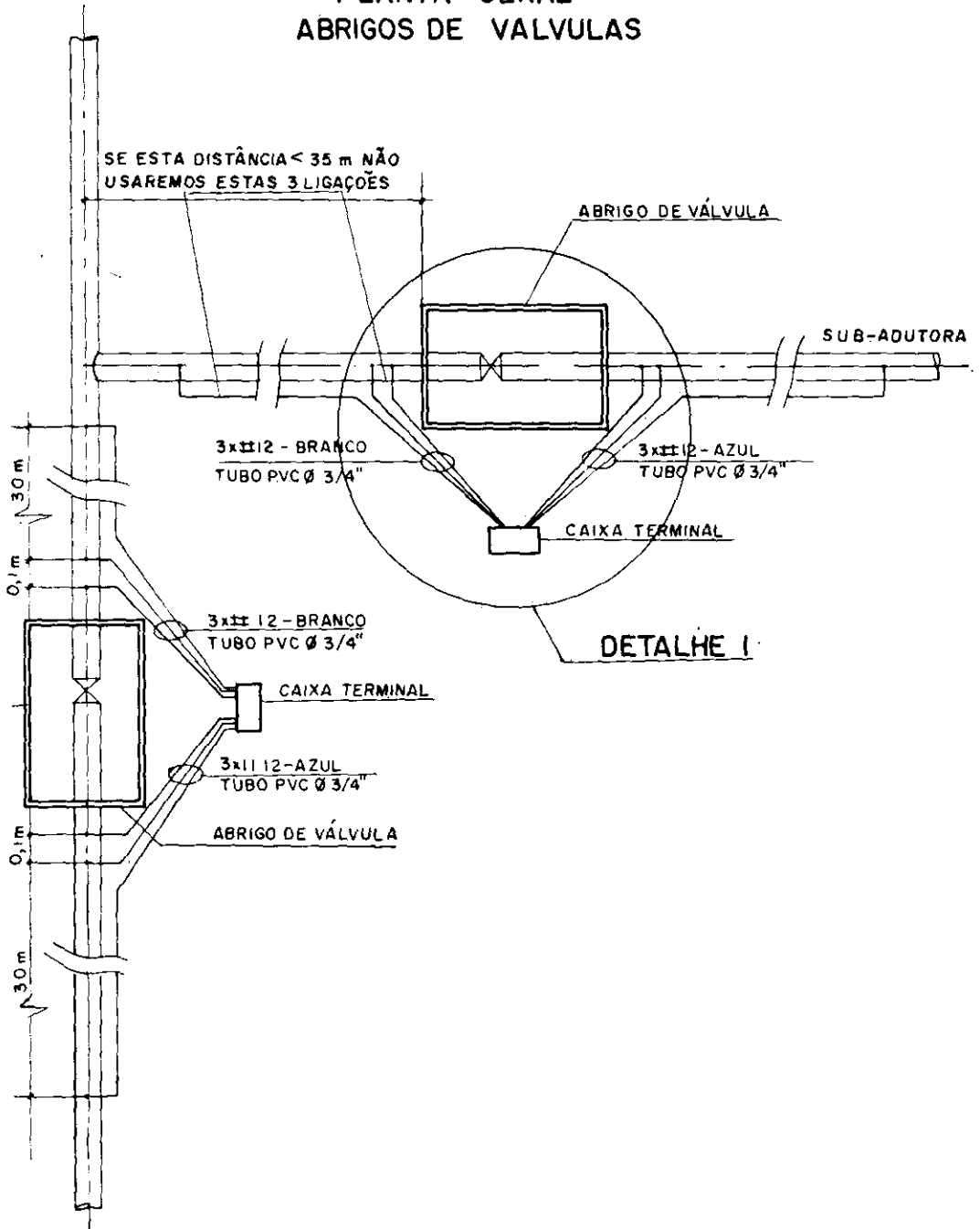
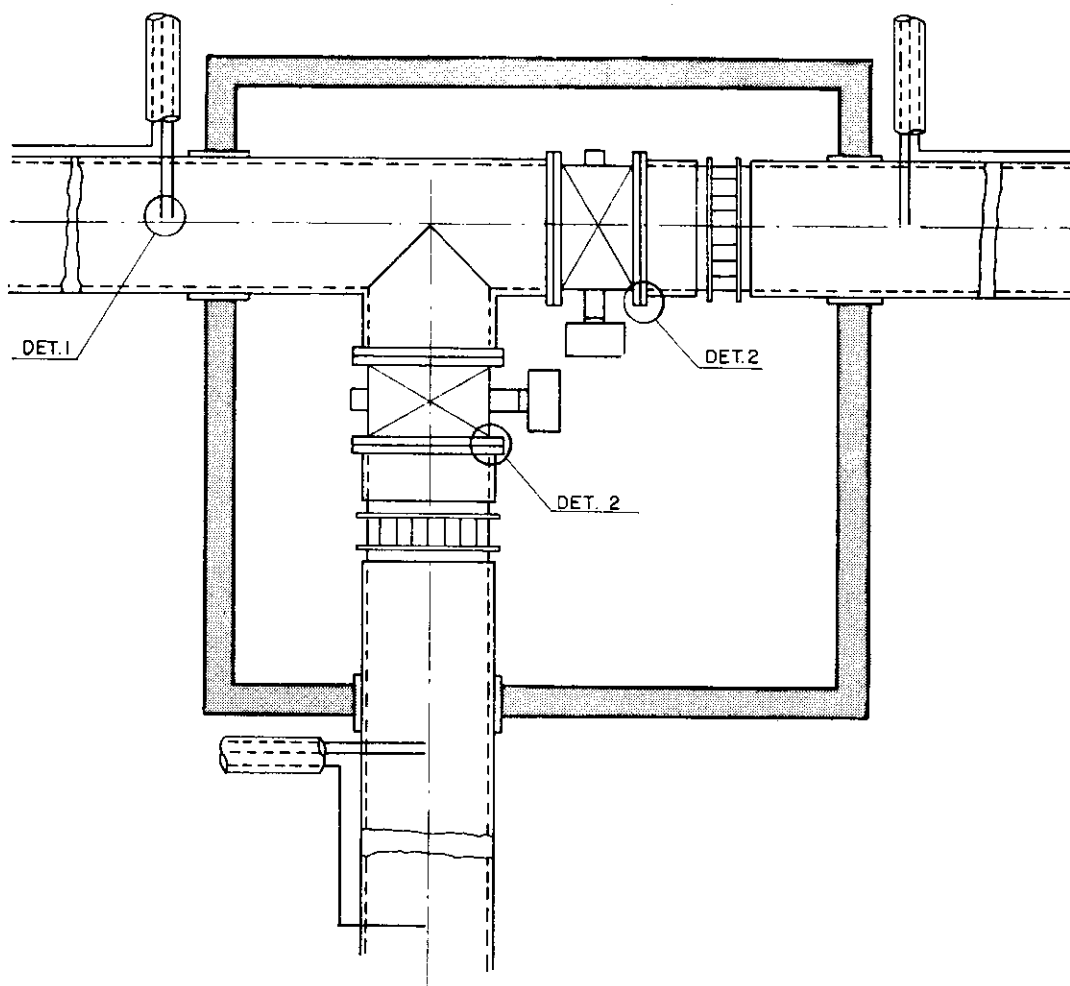


FIGURA N.º 6

## PLANTA - ABRIGO DE VALVULAS



### NOTA

- POSICOES DOS FIOS E ANODO CONFORME DETALHE 1
- SE A SUB-ADUTORA FOR DE FERRO DUCTIL NÃO TEREMOS O ANODO NEM OS FIOS PARA TESTE

FIGURA N.º 7

# ESQUEMA TÍPICO P/ LIGAÇÃO DA CAIXA TERMINAL

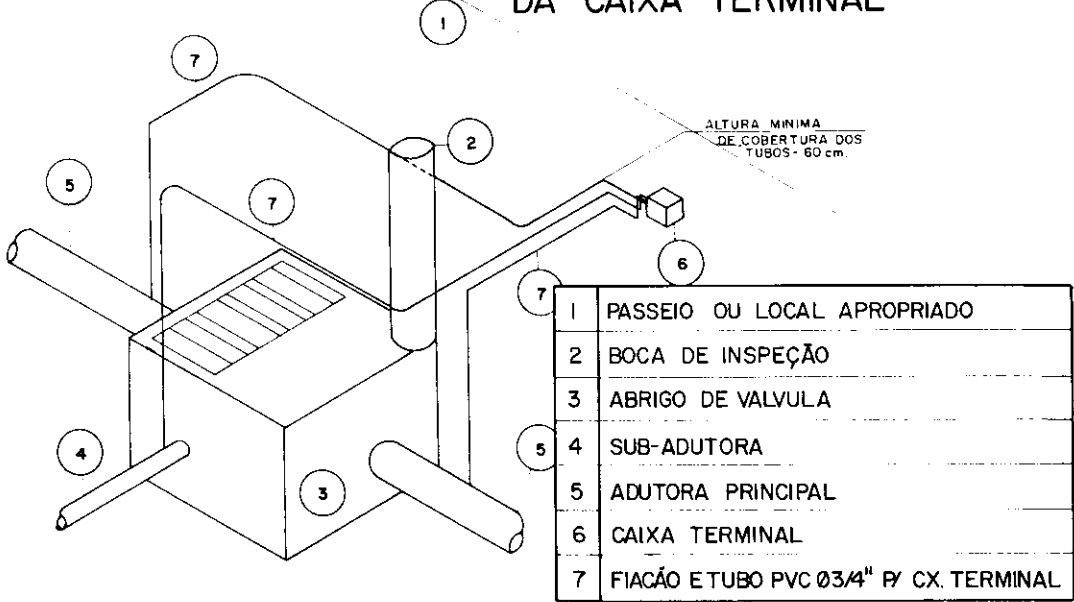


FIGURA N.º 8

## CRUZAMENTO VIA FERROVIÁRIA — TS II

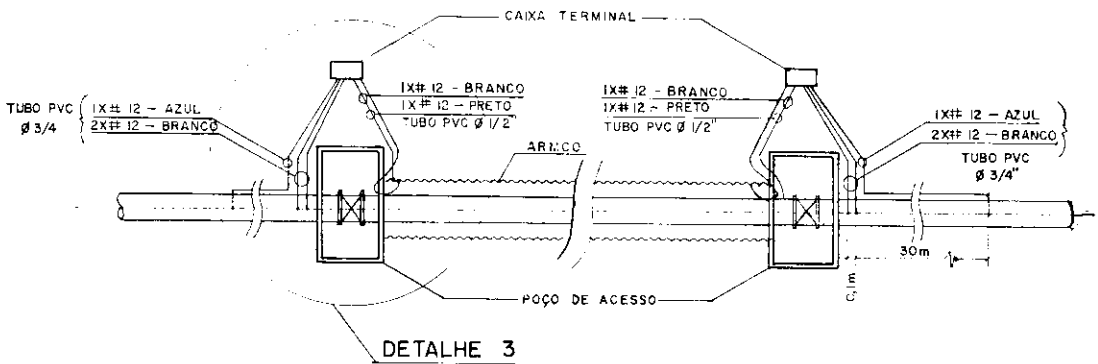
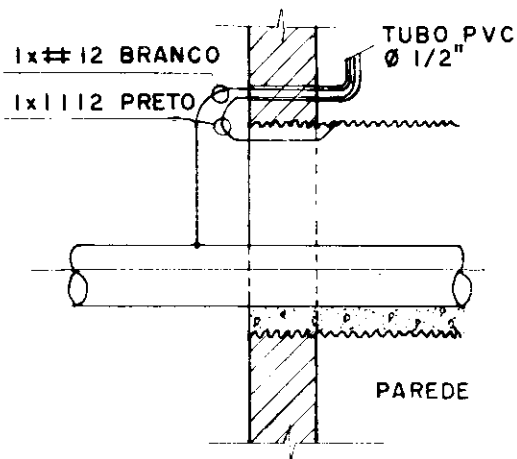
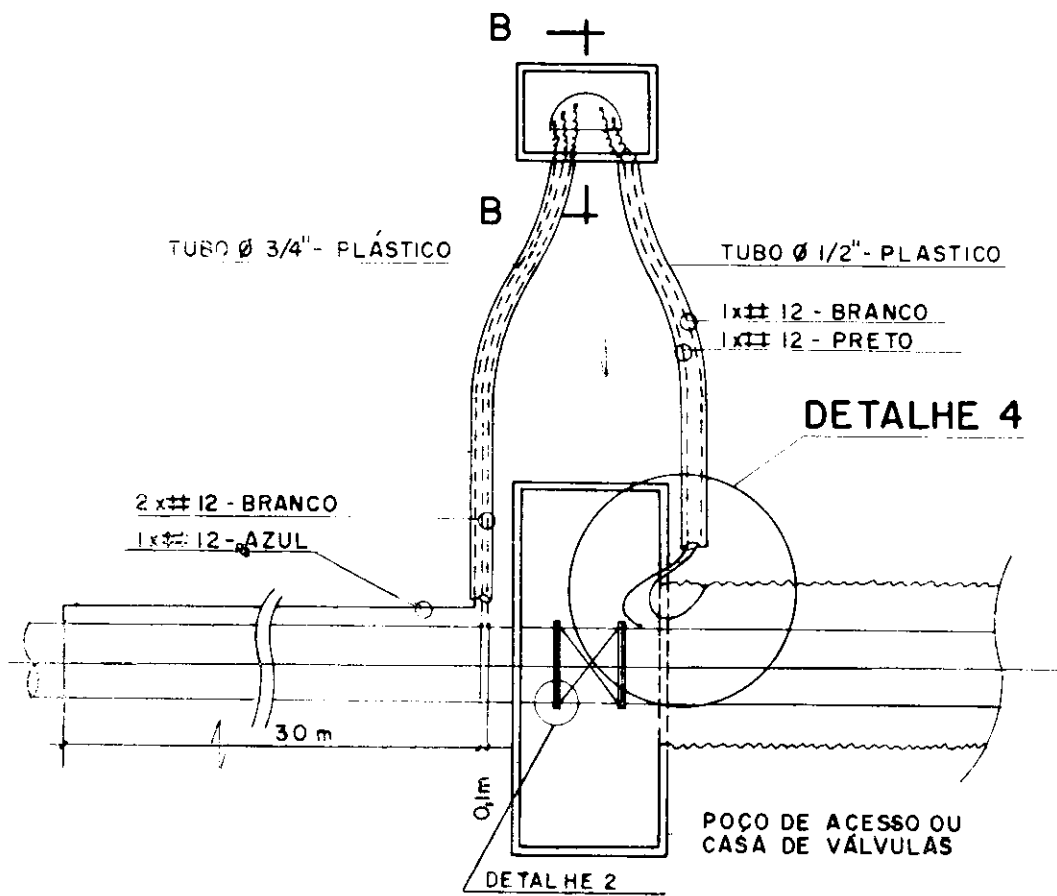


FIGURA N.º 9

# DETALHE 3 PLANTA



## DETALHE 4

FIGURA N.º 10



# CRUZAMENTO DE TUBOS OU ESTRUTURAS METÁLICAS

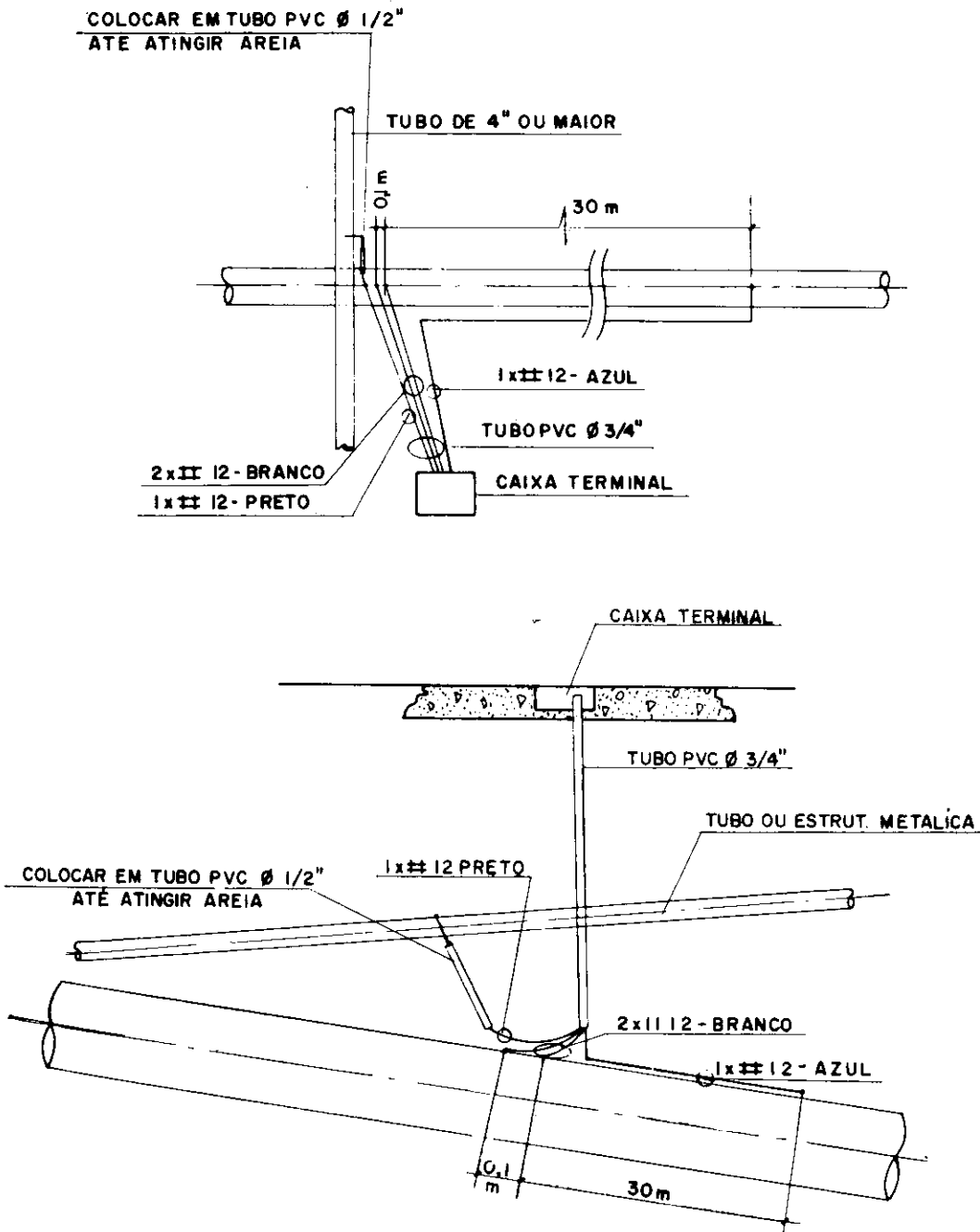
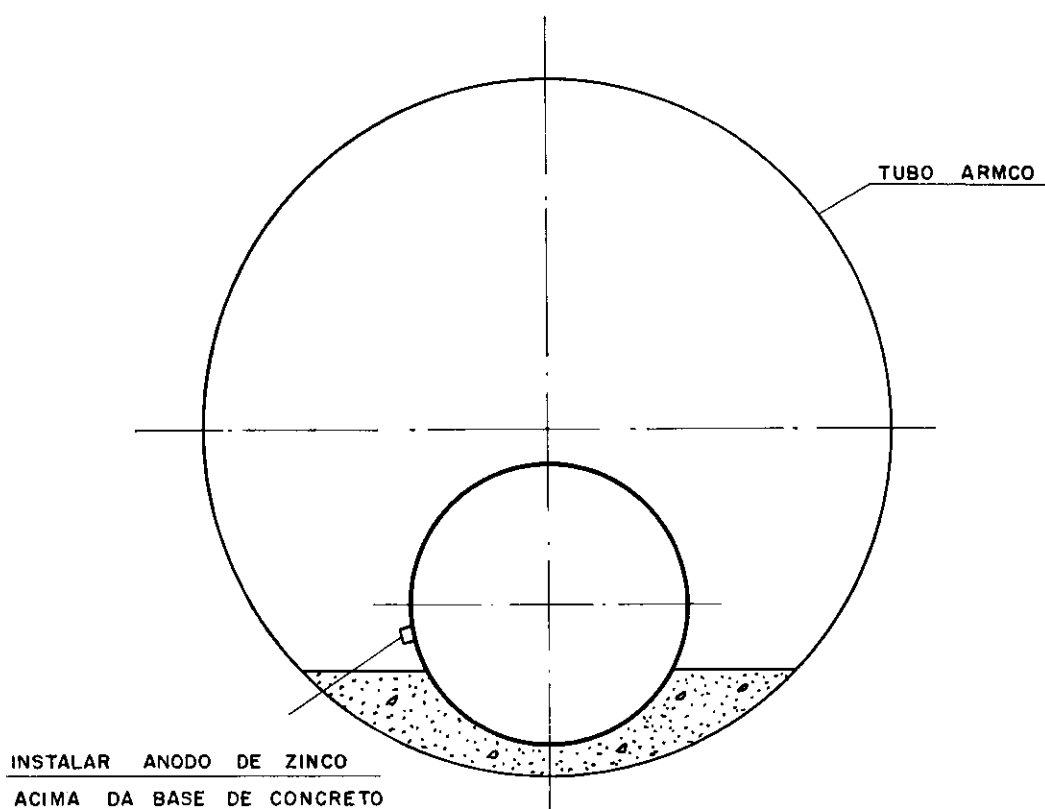


FIGURA N.º 11

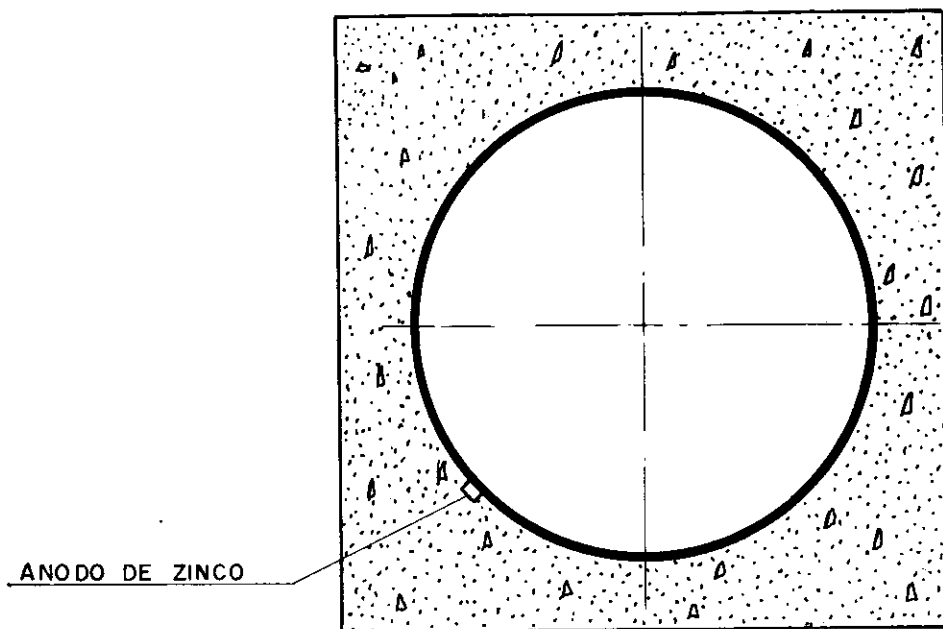
## DETALHE PARA TRAVESSIAS



- TUBO REVESTIDO EM 360° COM MATERIAL  
DIELÉTRICO- ESPESSURA MINIMA 3/4"

FIGURA N.º 12

# DETALHE PARA TUBOS COM REVESTIMENTO DE CONCRETO



— TUBO REVESTIDO EM 360° DE MATERIAL DIELÉTRICO—ESPESSURA MINIMA 3/4" COM ANODO DE ZINCO INSTALADO CONTRA ESTE MATERIAL.

FIGURA N.º 13

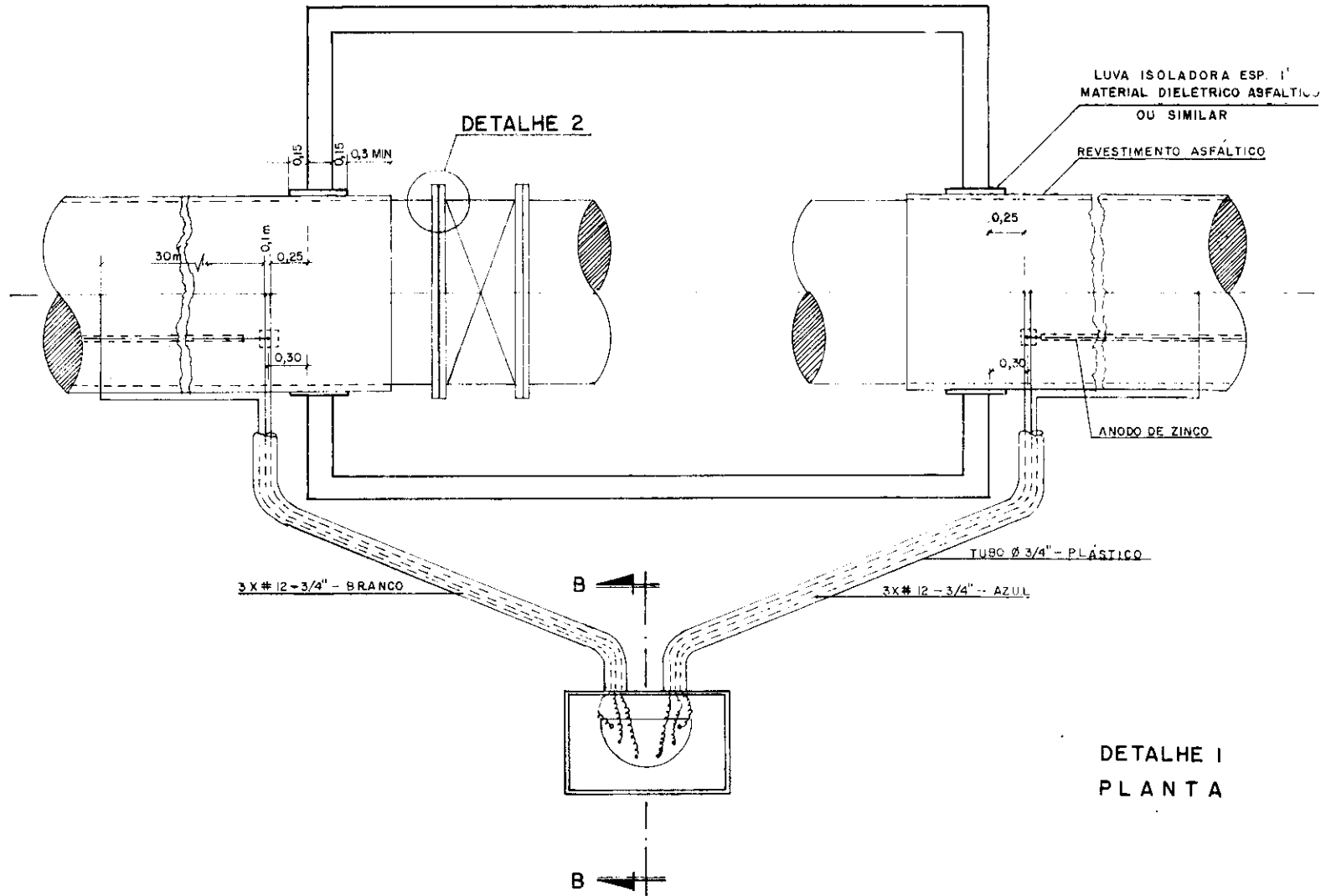
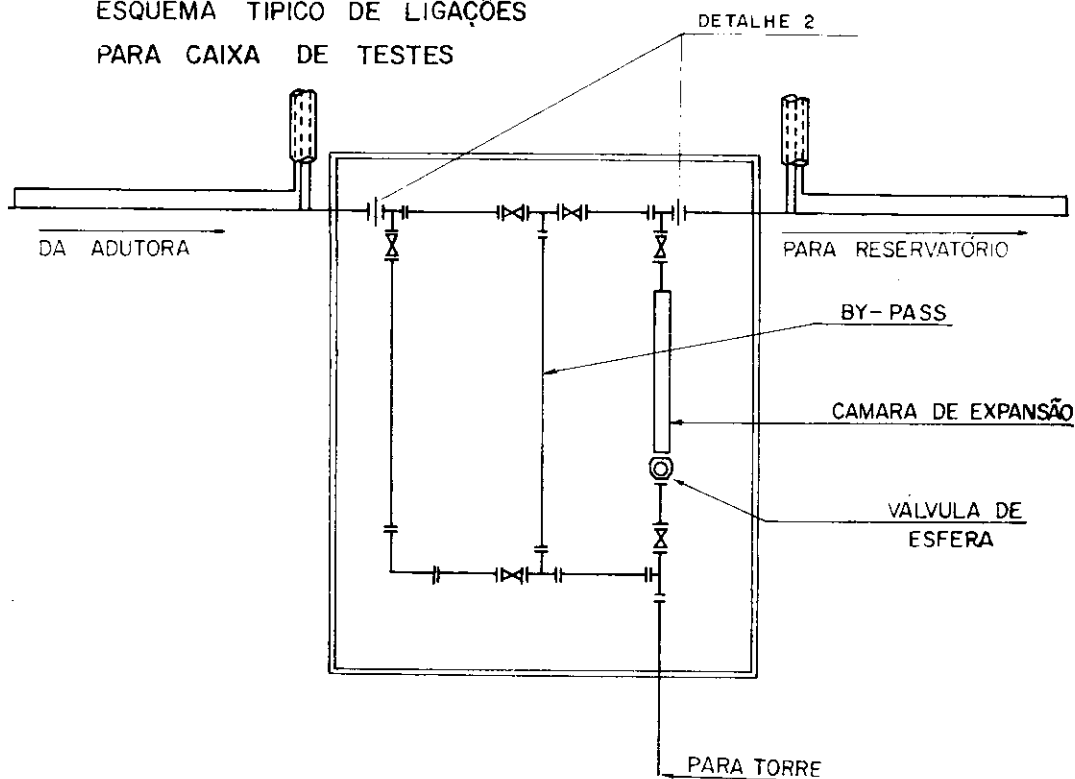


FIGURA N.º 14

ESQUEMA TÍPICO DE LIGAÇÕES  
PARA CAIXA DE TESTES



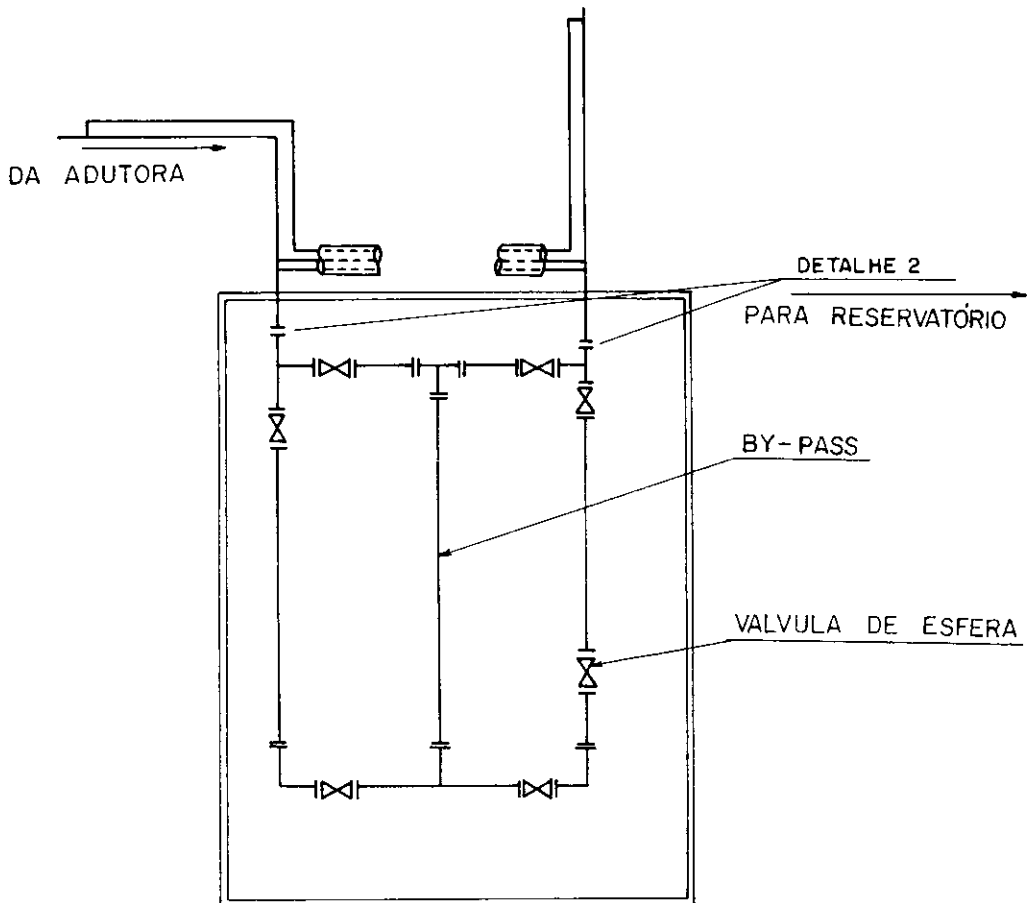
## ESTRUTURA DE CONTROLE A

### NOTA

- SE O DIAMETRO DA TUBULAÇÃO FOR MENOR DO QUE 700mm NÃO USAREMOS ANODO DE ZINCO NEM OS FIOS PARA TESTE.
- LIGAÇÃO CONFORME DETALHE 1.

FIGURA N.º 15

## ESQUEMA TÍPICO DE LIGAÇÕES PARA CAIXA DE TESTES



## ESTRUTURA DE CONTROLE B

### NOTA

- SE O DIAMETRO DA TUBULAÇÃO FOR MENOR DO QUE 700mm NÃO USAREMOS ANODO DE ZINCO NEM OS FIOS PARA TESTE.
- LIGAÇÃO CONFORME DETALHE 1.

FIGURA N.º 16

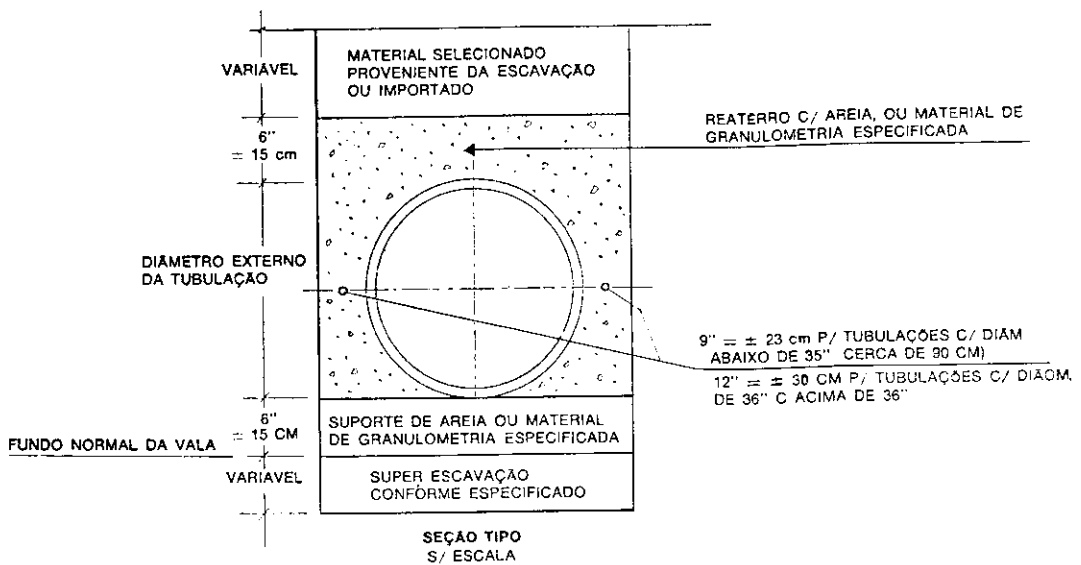


FIGURA N.º 17

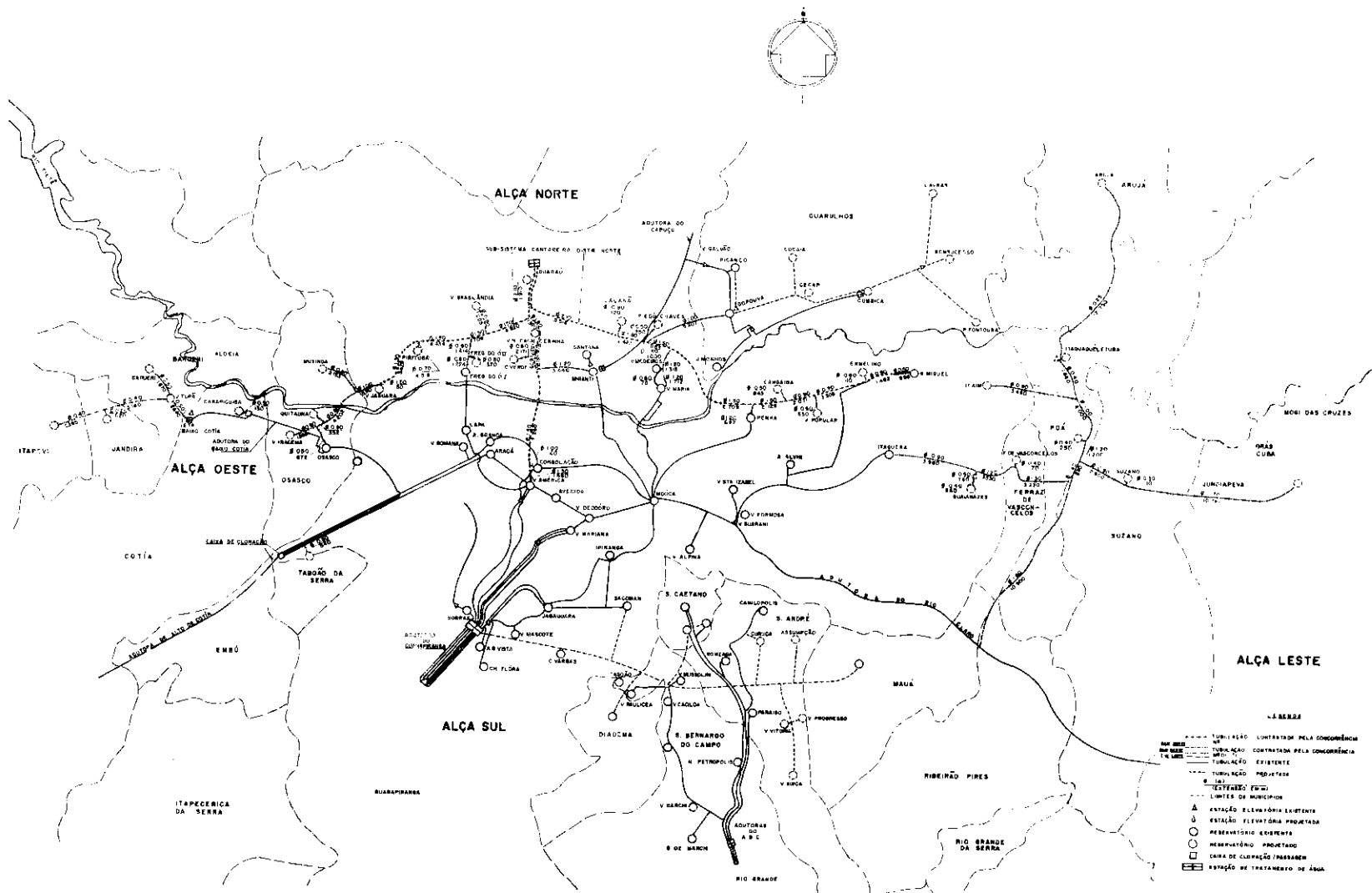


FIGURA N.º 18



S.A.M. - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO

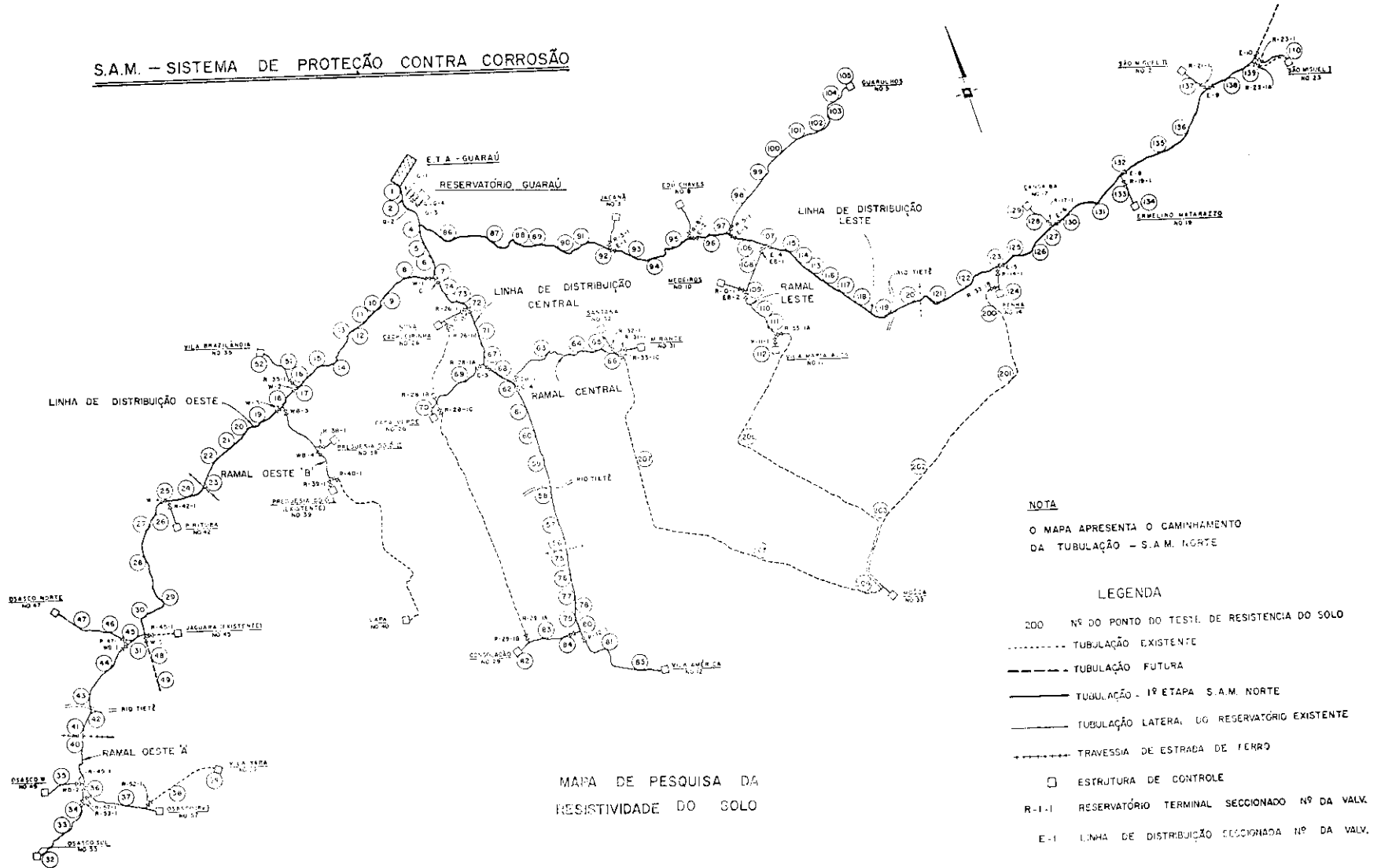


FIGURA N.º 19

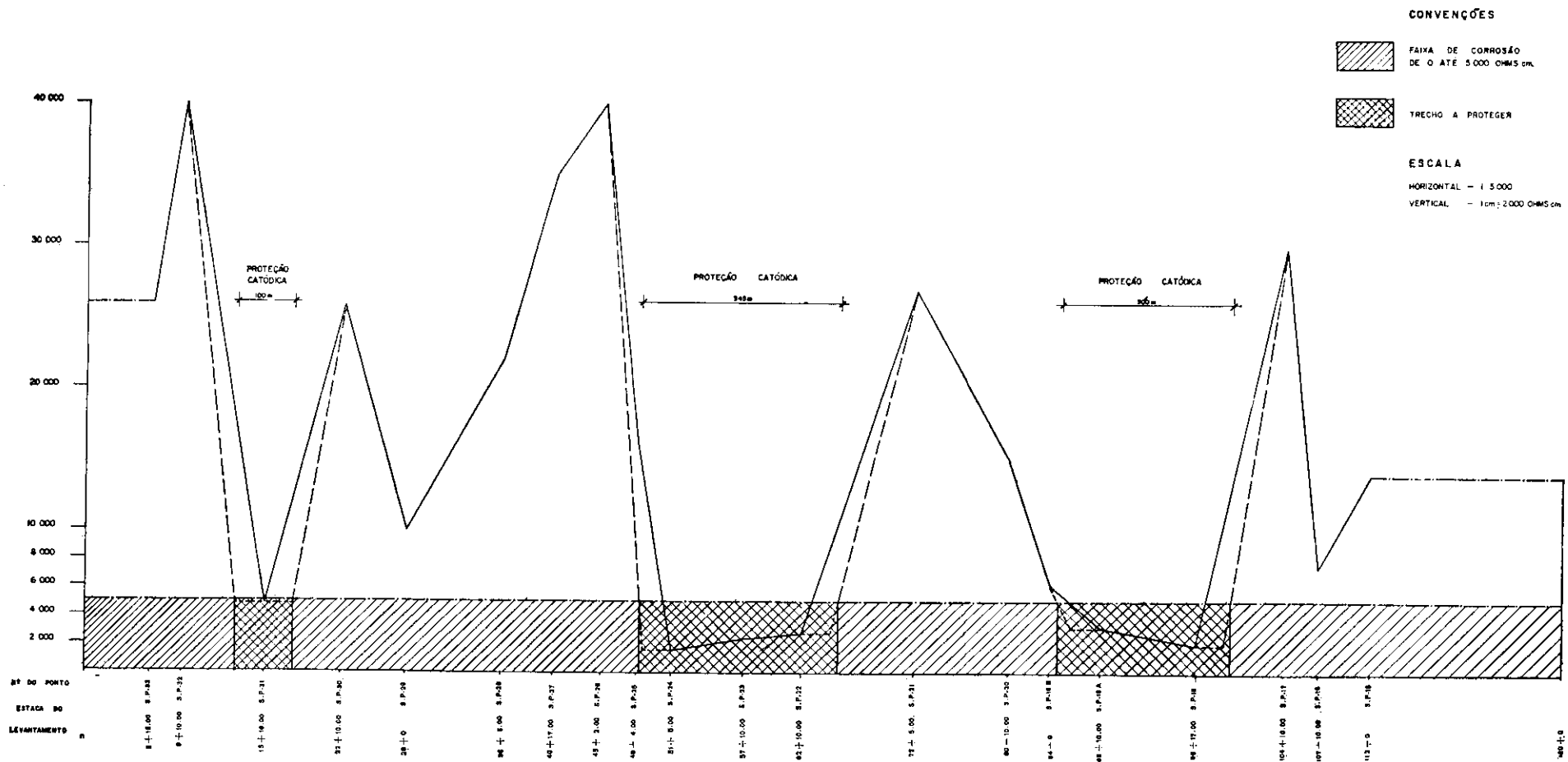
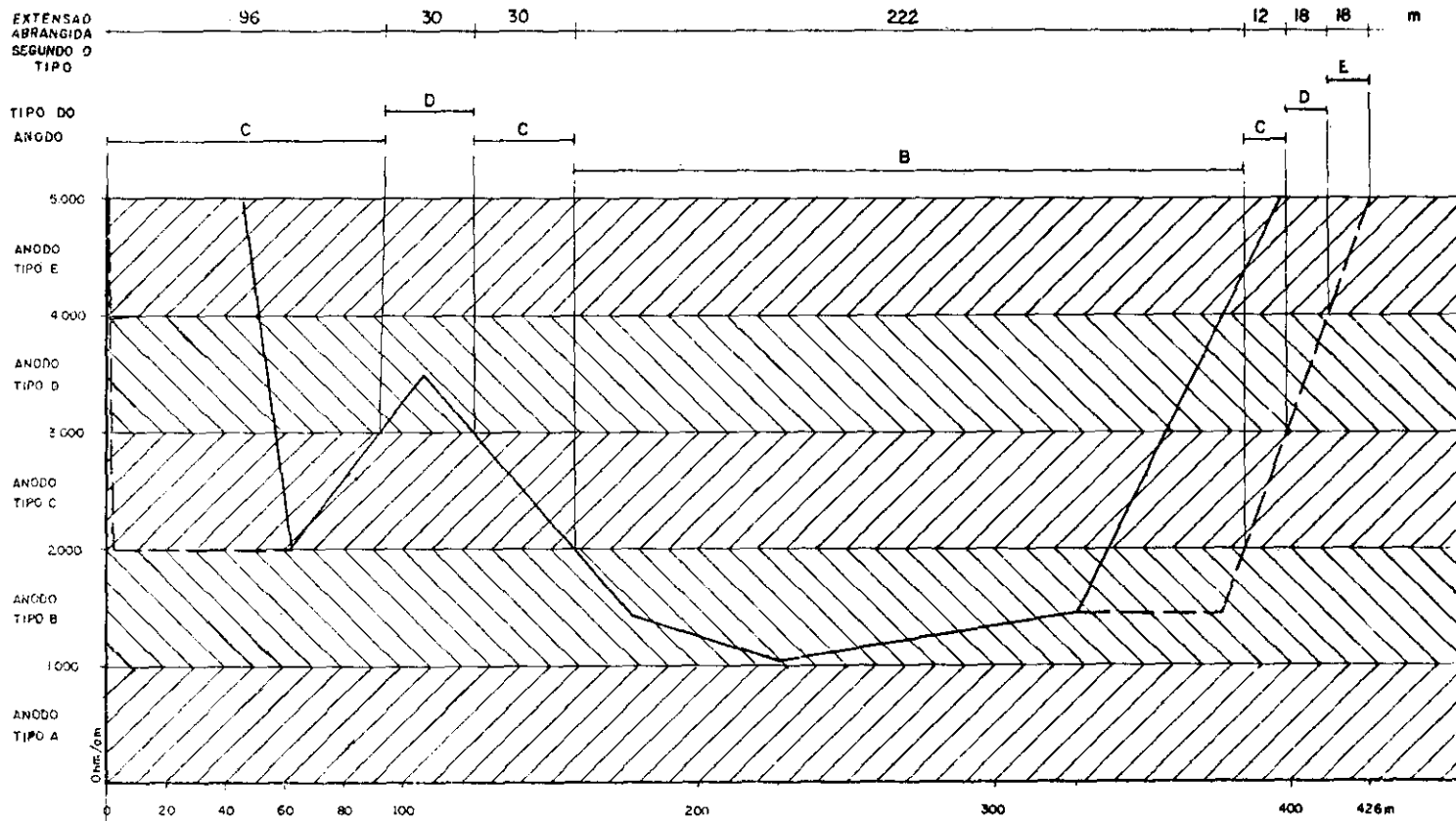


FIGURA N.º 20



O = ESTACA 50+13 DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

- RESUMO : ANODO A = 0 UNIDADES  
 B = 37 "  
 C = 23 "  
 D = 8 "  
 E = 3 "

SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA  
 SAM - ALÇA - OESTE  
 TIPO DE ANODOS E ZONAS DE INFLUÊNCIA  
 TRECHO ENTRE CAIXA DE PASSAGEM E BARUERI

FIGURA N.º 21

TIPO PADRÃO

ANODO DE ZINCO

ESC. 1:1

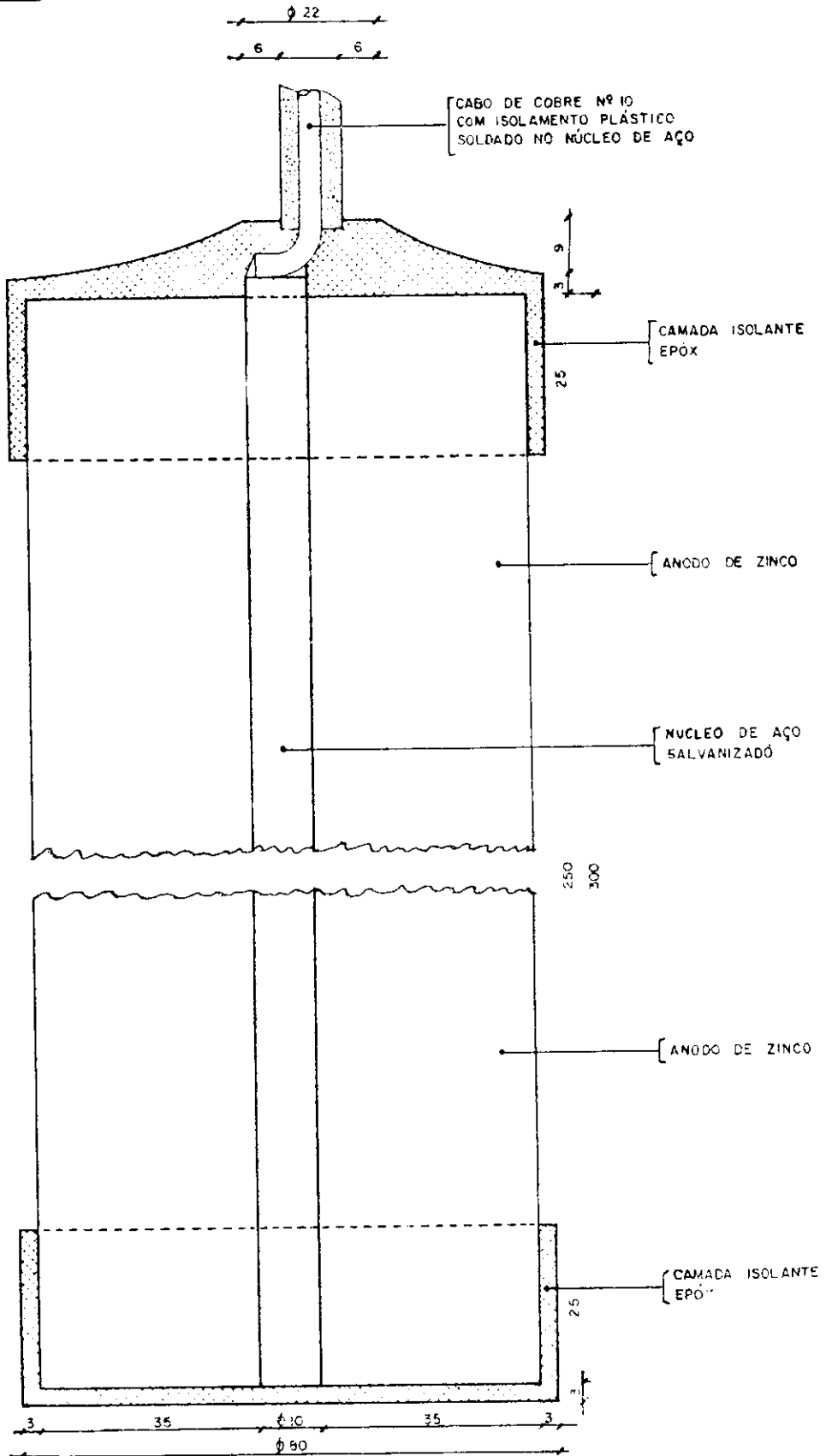
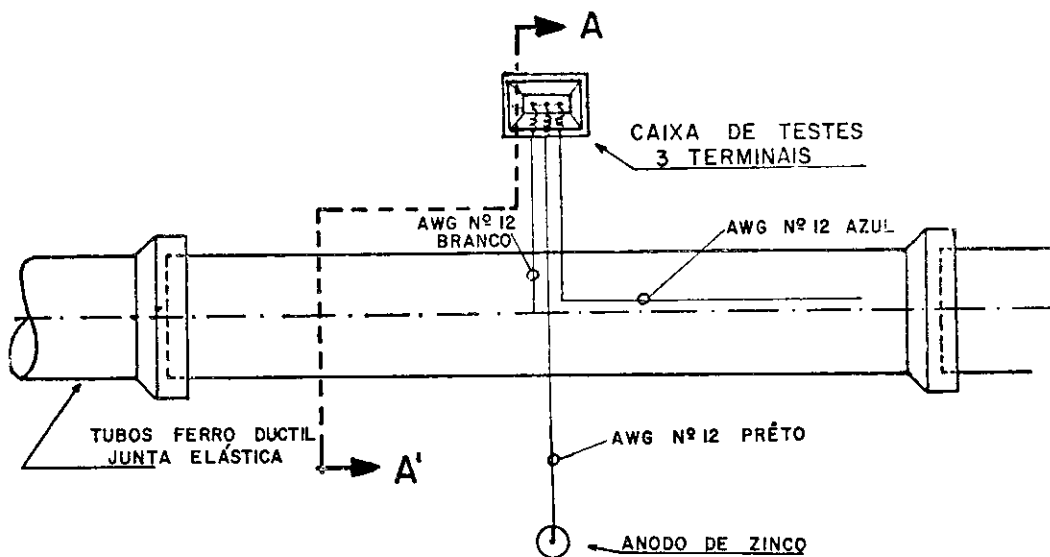
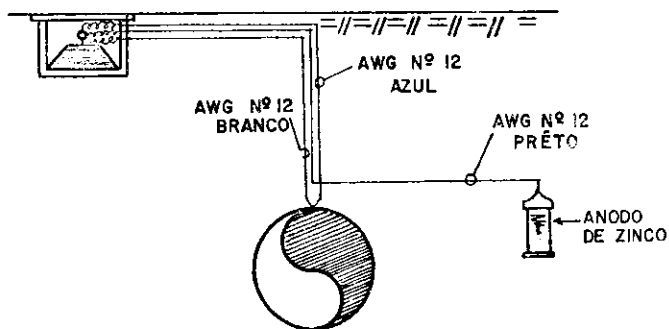


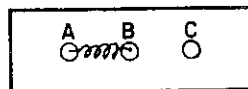
FIGURA N.º 22



**PLANTA**



**DETALHES DOS TERMINAIS**



TERMINAIS A e B DEVERÃO SER INTERLIGADOS POR UM FIO FLEXÍVEL AWG Nº 12.

**CORTE AA'**

**NOTA:** OS FIOS AWG Nº 12, COM ISOLAMENTO PLÁSTICO, DEVEM ESTAR EMBUTIDOS EM TUBOS PLÁSTICOS, CLASSE 12.

FIGURA N.º 23

MONTAGEM PADRÃO

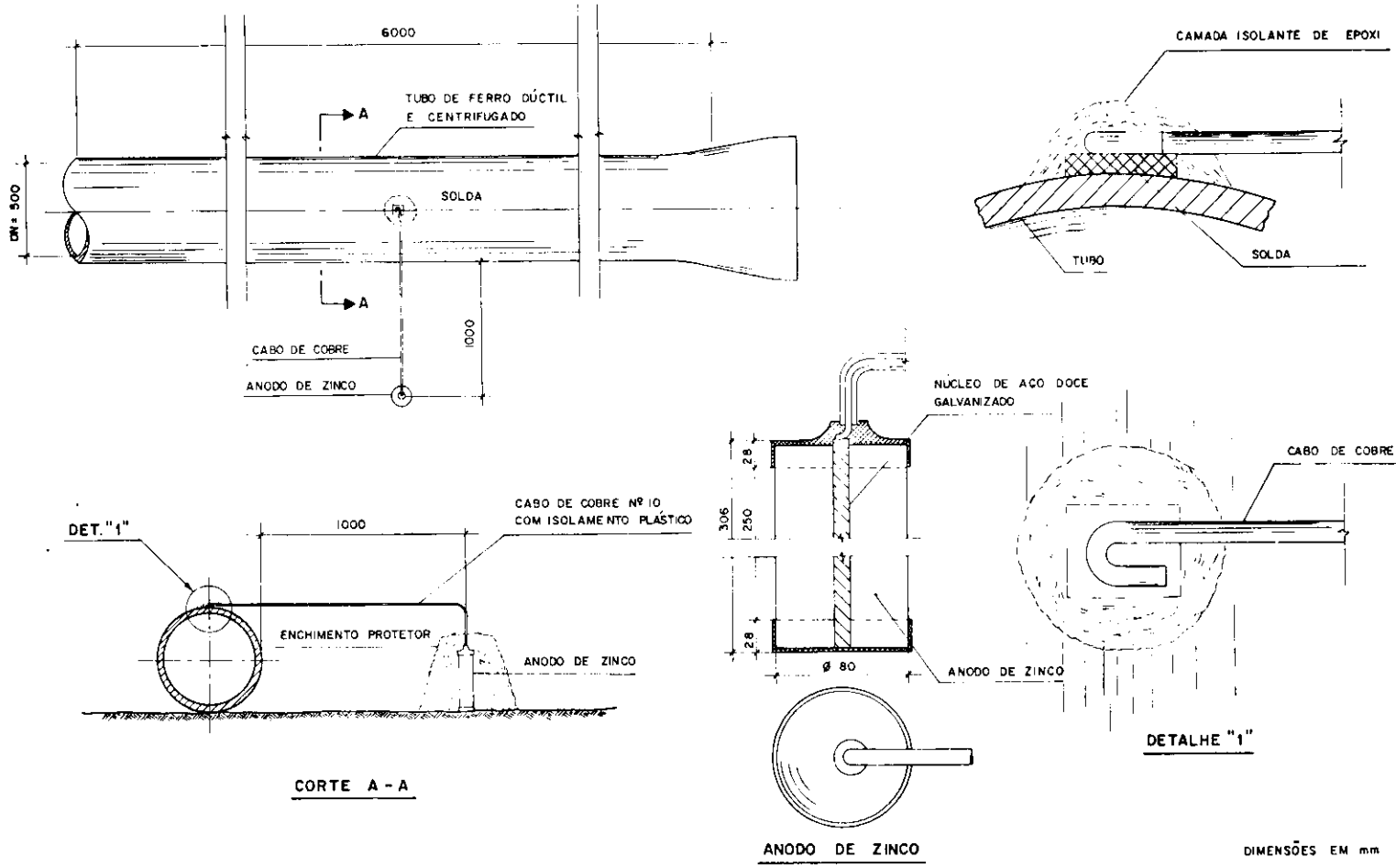


FIGURA N.º 24