

II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

SALVADOR/BAHIA/BRASIL

26 A 29 DE AGOSTO DE 1986

TÍTULO :

SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA DAS ADUTORAS E DA ESTAÇÃO DE TRATA-
-MENTO DO COMPLEXO DE PEDRA DO CAVALO

AUTOR :

ENGº LUIZ PAULO GOMES

TEMA :

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA : CAPTAÇÃO, ADUÇÃO, TRATAMENTO,
DISTRIBUIÇÃO

EMPRESA :

IEC-INSTALAÇÕES E ENGENHARIA DE CORROSÃO LTDA

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA :

AV. PRES. VARGAS, 633 Gps.2013/19

RIO DE JANEIRO-RJ

CEP.: 20078

TEL.: (021)224-9264 - TELEX (021) 22498 OIEC BR

RESUMO

O trabalho apresenta as principais características dos sistemas de proteção catódica destinados a proteger, contra a corrosão pelo solo e pela água, as adutoras de aço enterradas (água bruta e água tratada) e as estruturas metálicas submersas dos clarificadores pantográficos da Estação de Tratamento de Água do Complexo de Pedra do Cavalo-Bahia.

SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DAS ADUTORAS
E DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DO COMPLEXO DE
PEDRA DO CAVALO

Luiz Paulo Gomes

DIRETOR TÉCNICO DA IEC-INSTALAÇÕES E EN-
GENHARIA DE CORROSÃO LTDA

1.0 - INTRODUÇÃO

O sistema Adutor Pedra do Cavalo é parte integrante de um complexo elaborado pelo Plano de Valorização dos Recursos Hídricos do Vale do Paraguaçu, que possui como objetivo principal ' armazenar água para abastecimento e irrigação, constituindo solução definitiva para o abastecimento de água de Salvador, Feira de Santana e Região Fumageira e possibilitando a geração de energia elétrica através de uma usina hidrelétrica com capacidade instalada de 600 MW.

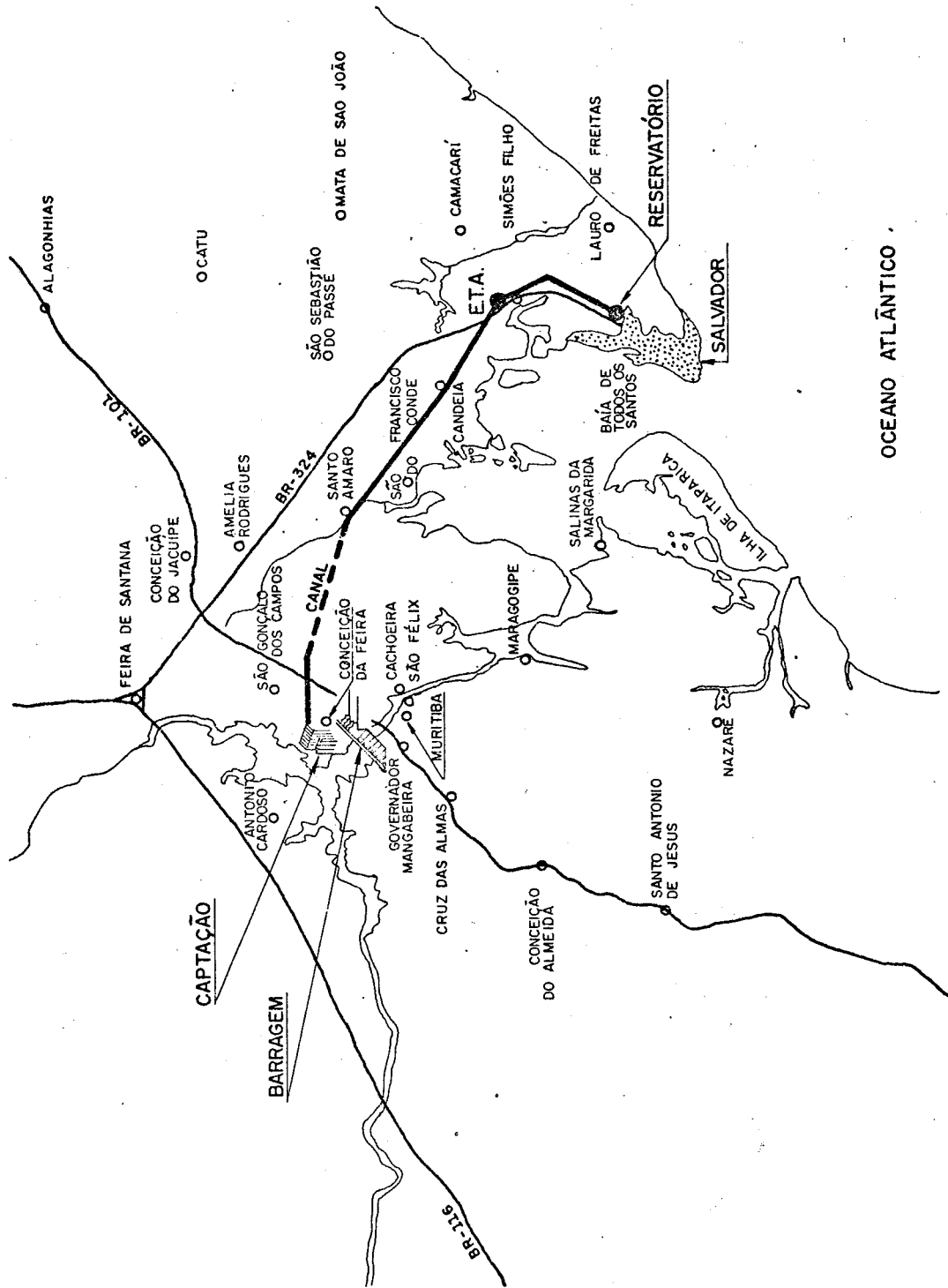
Além desses benefícios o Complexo Pedra ' do Cavalo viabilizará programa de irrigação para uma área de 23 mil hectares, permitirá o controle das cheias do rio Paraguaçu, abrirá perspectivas para a recuperação das condições de navegabilidade do rio, a jusante da barragem e permitirá o aproveitamento econômico do lago artificial, com exploração da pesca e do turismo.

2.0 - DESCRIÇÃO DAS ADUTORAS (FIG.1)

2.1 - ADUTORA DE ÁGUA BRUTA

A adutora de água bruta do Sistema Adutor de Pedra do Cavalo inicia-se na Estação Elevatória, no rio Paraguaçu, a 100 km de Salvador, onde é feita a captação através de uma linha de recalque com 450m de extensão, com diâmetro de 1800mm, passando para o diâmetro de 2300mm pouco antes de atingir a chaminé de equilíbrio (Stand Pipe). Partindo da chaminé de equilíbrio, as águas do rio Paraguaçu seguem, por gravidade, através de uma tubulação com 2300mm de diâmetro e 13.177m de comprimento até atingir um trecho onde as águas correm através de um canal a céu aberto, com cerca de 13.000m de comprimento. Esse canal possui, ao longo do seu traçado, 5 (cinco) sifões, constituídos por tubos de aço com diâmetro de 2100mm e comprimento de 54m (1º sifão) 205m (2º sifão), 385m (3º sifão), 205m (4º sifão) e 55m (5º sifão). Depois do canal, a adutora de água bruta continua até a localidade de Co-

FIG. 1- SISTEMA ADUTOR PEDRA DO CAVALO



-va de Defunto, no município de Candeias, a 32 km de Salvador, onde está instalada a Estação Principal de Tratamento de Água (E.T.A.). Nesse trecho a tubulação possui 41.300m, aproximadamente, com diâmetro de 2000mm.

A tubulação, no trajeto entre a Captação e a Estação de Tratamento, apresenta trechos aéreos e enterrados a travessando cinco município: Conceição de Feira, Cachoeira, Santo Amaro, São Francisco do Conde e Candeias.

A adutora atravessa, ainda, a área do Recôncavo, rica em petróleo, apresentando vários cruzamentos importantes com oleodutos e gasodutos da PETROBRÁS, todos com sistemas de proteção catódica instalados.

Todas as tubulações, tanto da adutora como dos sifões, são revestidas interna e externamente com revestimento protetor anticorrosivo de excelente qualidade, aplicado de acordo com as normas AWWA.

2.2 - TUBULAÇÕES ENTERRADAS DA ESTAÇÃO PRINCIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUA

A Estação Principal de Tratamento de Água (E.T.A.) que interliga a adutora de água bruta com a adutora de água tratada tem várias tubulações de aço enterradas, perfazendo um total aproximado de 1000m, nos diâmetros de 500mm, 900mm, 1200mm, 1800mm, 2300mm e 2500mm.

Essas tubulações da Estação de Tratamento, a exemplo da adutora de água bruta, estão também revestidas internamente e externamente.

2.3 - ADUTORA DE ÁGUA TRATADA

A adutora de água tratada começa no stand pipe da Estação Principal de Tratamento, caminha durante todo o seu traçado paralelamente à BR-324 (Salvador-Feira de Santana) e termina junto ao reservatório R14N da EMBASA-EMPRESA BAHIANA DE SANEAMENTO, em Salvador.

Durante o seu trajeto, de 22.000m aproximadamente, a tubulação apresenta diâmetros variáveis começando com 2300mm (primeiros 13 km), passando para 2100mm (os 5 km intermediários) e terminando com 1800mm (os 4 km finais).

Existe, nesse trecho, apenas um cruza-

-mento importante com o gasoduto Aratu-Camaçari (\emptyset 12") da PETROBRÁS, com sistema de proteção catódica instalado, além de treze outros cruzamentos com adutoras de ferro fundido da EMBASA.

Os minúscipios atravessados pela adutora de água tratada são apenas três: Candeias, Simões Filho e Salvador.

Todos os tubos foram cuidadosamente revestidos, de acordo com o mesmo procedimento adotado para as tubulações de água bruta e da Estação de Tratamento.

3.0 - DESCRIÇÃO DOS CLARIFICADORES PANTOGRÁFICOS DA E.T.A.

A Estação de Tratamento de Água possui 4 (quatro) tanques com diâmetro aproximado de 40 metros onde estão instaladas as estruturas metálicas dos clarificadores pantográficos.

Os clarificadores pantográficos são construídos com perfis metálicos de aço carbono, revestidos com pintura a base de epoxi, que trabalham permanentemente submersos na água. Os perfis metálicos, de várias bitolas, são interligados, para construção do conjunto, por meio de soldas e parafusos de diversas dimensões.

4.0 - LEVANTAMENTOS DE CAMPO PARA O PROJETO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA

Para permitir o perfeito dimensionamento do sistema de proteção catódica, destinado a complementar a ação protetora dos revestimentos externos das tubulações de aço enterradas, nossos técnicos executaram cuidadoso levantamento de campo, com observações e medições das resistividades elétricas do solo, dos potenciais tubo/solo, das fontes disponíveis para alimentação elétrica dos retificadores, dos locais para a instalação das camas de anodos e dos cruzamentos com os oleodutos e gasodutos da PETROBRÁS.

4.1 - RESISTIVIDADES ELÉTRICAS DO SOLO

As resistividades elétricas do solo foram medidas de quilômetro em quilômetro, ao longo das adutoras e em vários pontos dentro da Estação de Tratamento.

As medições foram feitas com o auxílio do instrumento "Vibroground" da "Associated Research Inc/USA", pe

-lo método de Wernner, em quatro profundidades diferentes (1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m do nível do solo).

Os valores médios encontrados estão na tabela nº 1.

A análise da tabela nº 1 mostra que as resistividades elétricas do solo na região são bastante variáveis, sugerindo a incidência de corrosão acentuada nos locais de mais baixa resistividade, além de macro-pilhas de corrosão importantes. Como pode ser observado, as resistividades elétricas mais baixas foram medidas ao longo da adutora de água bruta, no trecho compreendido entre o canal e a E.T.A.

TAB.Nº 1 - RESISTIVIDADES ELÉTRICAS MEDIDAS AO LONGO DAS ADUTORAS

| LOCAL MEDIDO | RESISTIVIDADE ELÉTRICA MÉDIA (Ω .cm) | |
|---|--|----------------------|
| | 3,0m de PROFUNDIDADE | 4,5m de PROFUNDIDADE |
| ADUTORA DE ÁGUA BRUTA, entre a captação e o início do canal (1) | 41.000 | 43.300 |
| ADUTORA DE ÁGUA BRUTA, entre o canal e a E.T.A. (2) | 9.480 | 8.760 |
| DENTRO DA E.T.A. | 74.000 | 90.000 |
| ADUTORA DE ÁGUA TRATADA (3) | 47.880 | 49.200 |

(1) As medidas variaram desde 5200 Ω .cm até 200.000 Ω .cm.

(2) As medidas variaram desde 220 Ω .cm até 80.000 Ω .cm.

(3) As medidas variaram desde 540 Ω .cm até 180.000 Ω .cm.

4.2 - POTENCIAIS TUBO/SOLO

Os potenciais tubo/solo de vários trechos das tubulações enterradas foram medidos com o auxílio de um voltímetro especial com alta resistência interna (100.000 Ω /V) e uma meia célula de Cu/CuSO₄.

Os valores medidos foram todos estáveis, sem flutuações, da ordem de -0,60V, mostrando a inexistência de problemas de correntes de fuga no solo da região, na época em que foram feitas as medições.

4.3 - ESCOLHA PARA OS LOCAIS DE INSTALAÇÃO DOS RETIFICADORES E ANODOS

Os locais para instalação dos conjuntos retificador/cama de anodos foram cuidadosamente escolhidos em função dos seguintes fatores importantes:

- Locais de baixa ou média resistividade elétrica.
- Espaço suficiente para a instalação dos anodos.
- Facilidade de acesso ao local, para os serviços de montagem e de operação.
- Posicionamento favorável para uma boa distribuição de corrente ao longo das tubulações.
- Facilidade para a alimentação elétrica, em corrente alternada, dos retificadores de proteção catódica.

Seguindo essas orientações foram escolhidos quinze locais para a adutora de água bruta, um local para cada um dos sifões do canal, um local para a Estação de Tratamento e cinco locais para a adutora de água tratada.

4.4 - LEVANTAMENTO DOS CRUZAMENTOS COM OLEODUTOS E TUBULAÇÕES IMPORTANTES

Com o objetivo de evitar problemas de interferência do sistema de proteção catódica da adutora com os sistemas de proteção catódica dos oleodutos da PETROBRÁS, foram levantados todos os pontos de cruzamento entre as adutoras e os oleodutos, para a instalação de caixas de medição e interligação (caixas MI).

A adutora de água bruta cruza com oleoduto e gasodutos da Região de Produção da Bahia (RPBA), do Terminal de Mãe de Deus (Temadre), da Petrofértil e da Nitrofértil, todos com sistemas de proteção catódica instalados.

A adutora de água tratada cruza apenas com o gasoduto Aratu-Camaçari, com proteção catódica, além de vários outros cruzamentos nemos importantes com adutoras de ferro fundido da EMBASA

Empresa Bahiana de Saneamento.

5.0 - SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA DAS ADUTORAS (FIG.2,3 e 4)

Os sistemas de proteção catódica para as adutoras enterradas do Complexo Adutor de Pedra do Cavalo foram projetados de acordo com as seguintes orientações básicas:

- Utilização de retificadores de proteção catódica do tipo convencional, refrigerados a ar natural, à prova de tempo, instalados em postes de aço a 2,0m de altura do nível do solo, para evitar problemas de vandalismo.
- Utilização de circuitos monofásicos de corrente alternada existentes na região ou construídos especialmente para esse fim, na tensão de 220V.
- Utilização de anodos especiais fundidos em liga de ferro-silício, com luva termo-retrátil, instalados com enchimento condutor de coque metalúrgico moído e dimensionados para a vida mínima de vinte anos.
- Utilização de caixas especiais de alumínio fundido à prova de tempo, com dispositivo interno de interligação, para os cruzamentos das adutoras com os oleodutos e gasodutos.
- Instalação dos retificadores e dos anodos dentro das faixas de serviço das adutoras, eliminando a necessidade de desapropriação para essa finalidade.
- Utilização de pontos de teste do tipo embutido em base de concreto no piso, destinados ao acompanhamento operacional do sistema de proteção catódica.

A principal finalidade do sistema será injetar e distribuir uniformemente, nas tubulações enterradas, uma quantidade de corrente suficiente para que todos os tubos de aço adquiram potenciais tubo/solo estáveis e homogêneos, da ordem de -1,0 V, medidos em relação ao eletrodo de referência de Cu/CuSO₄, suficientes para eliminar totalmente todos os processos corrosivos a que estão sujeitas as superfícies externas das adutoras.

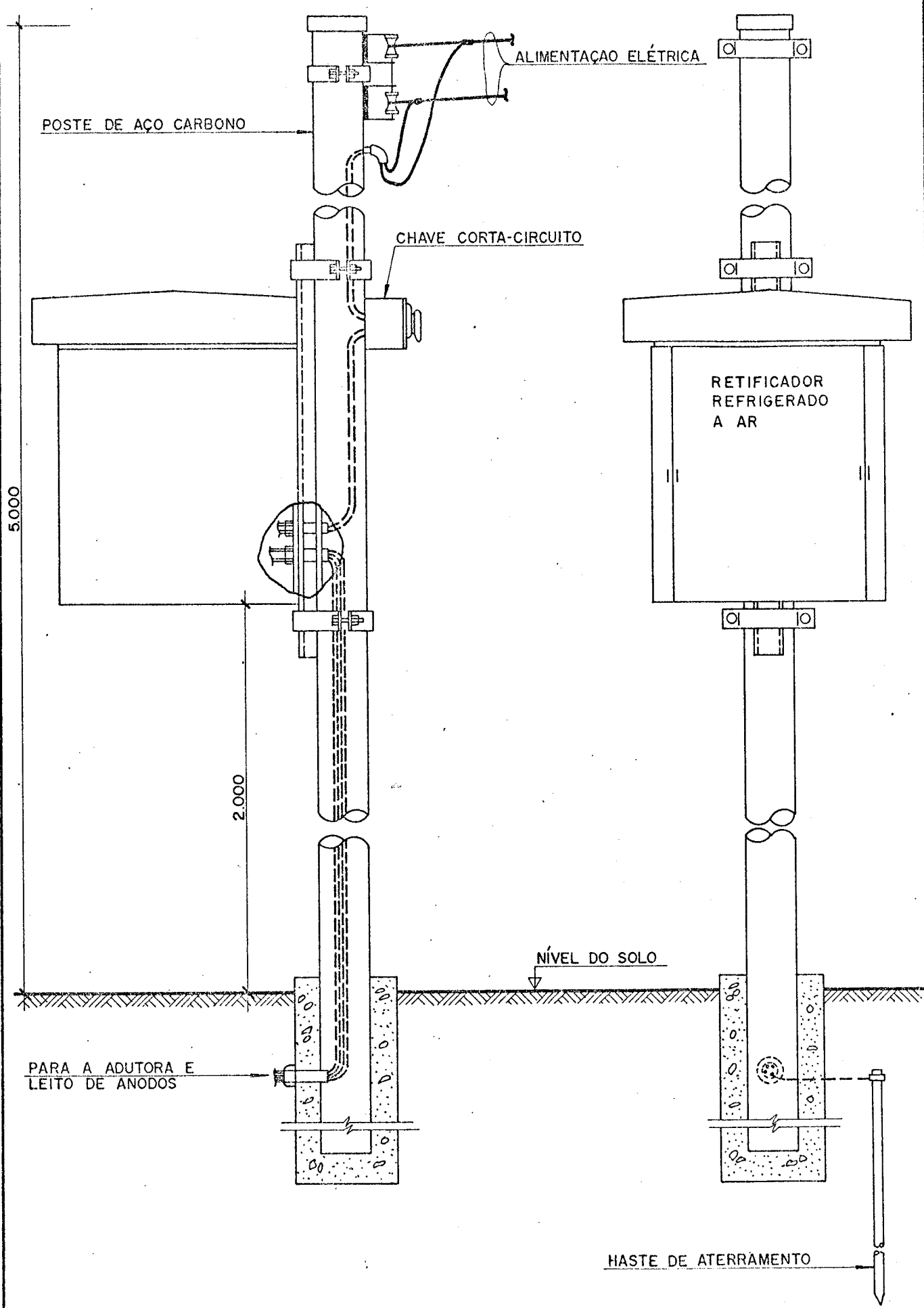


FIGURA 2 - INSTALAÇÃO DE RETIFICADOR EM POSTE

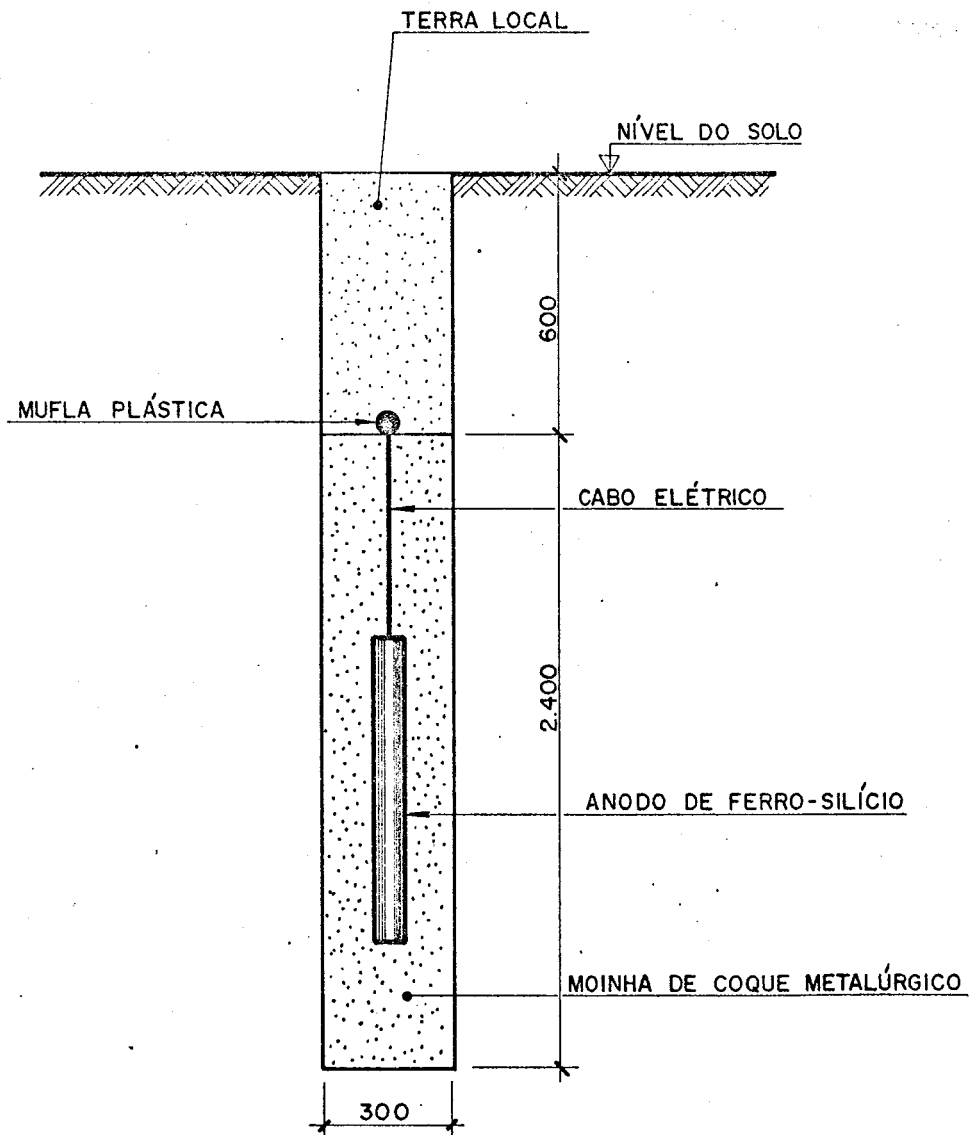


FIGURA 3 - INSTALAÇÃO DE ANODO INERTE NA POSIÇÃO VERTICAL COM ENCHIMENTO CONDUTOR

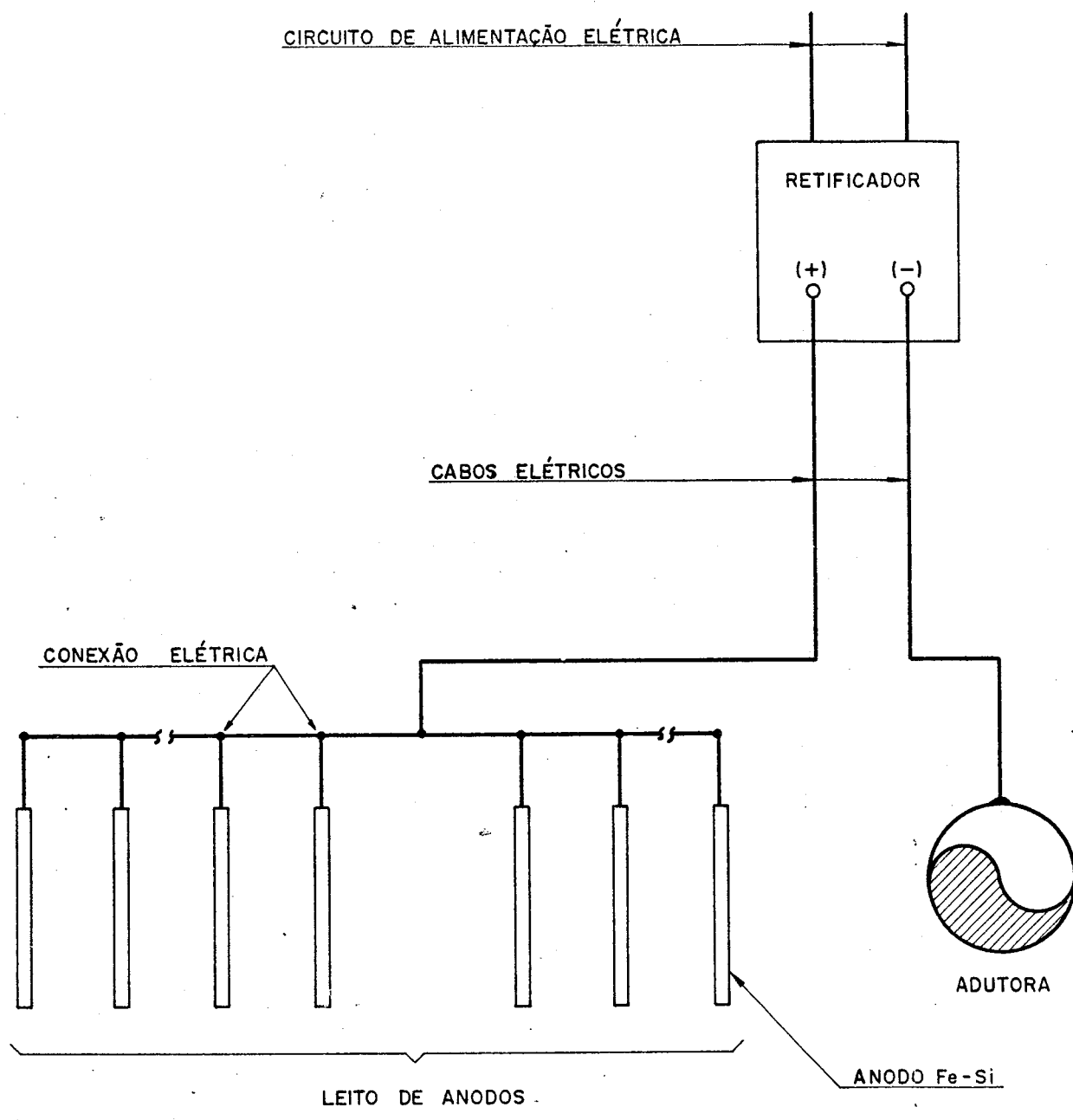


FIGURA 4 - ESQUEMA ELÉTRICO DE INSTALAÇÃO DOS RETIFICADORES E ANODOS

5.1 - SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DA ADU- TORA DE ÁGUA BRUTA

O sistema de proteção catódica da adutora de água bruta será constituído de três partes: trecho captação / canal, sifões e trecho canal/E.T.A.

Para o trecho captação/canal foram dimensionados quatro retificadores iguais com capacidade nominal de 30A, perfazendo um total de 120A. Para permitir medições periódicas dos potenciais tubo/solo, o trecho possuirá oito pontos de teste.

Cada um dos sifões será protegido por um retificador com capacidade nominal de 5A, perfazendo um total de cinco retificadores.

Como os sifões não estão interligados eletricamente, a proteção de cada sifão é totalmente independente dos outros sifões e da adutora. Cada sifão possui dois pontos de teste para a leitura dos potenciais em relação ao solo.

O trecho canal/ETA, mais extenso e sujeito a problemas mais sérios de corrosão e de interferência, receberá a instalação de onze retificadores, cada um com capacidade nominal para 50A. Os potenciais em relação ao solo desse trecho serão controlados por vinte e três pontos de teste.

Para controlar os problemas de interferência foram previstos, nesse trecho, a instalação de oito caixas de medição e interligação (MI) nos cruzamentos com os oleodutos e gasodutos protegidos catódicamente. Essas caixas MI permitem a introdução, entre a adutora e o oleoduto ou gasoduto, de resistores elétricos apropriados, possibilitando a regulação das correntes drenadas entre uma e outra linha.

5.2 - SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DAS TU- BULAÇÕES ENTERRADAS DENTRO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

As tubulações enterradas dentro da Estação de Tratamento serão protegidas com o auxílio de um retificador para 30A, com os anodos distribuídos ao longo das linhas, de modo a permitir uma distribuição de corrente uniforme.

Os potenciais tubo/solo serão periodicamente medidos com o auxílio de cinco pontos de teste do tipo embuti

-do no piso.

5.3 - SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DA ADUTORA DE ÁGUA TRATADA

Para a adutora de água tratada serão usados cinco retificadores iguais, cada um com capacidade de 30A, perfazendo um total de 150A.

O sistema será complementado com a instalação de treze pontos de teste distribuídos ao longo da linha e uma caixa de medição e interligação, para evitar problemas de interferência com o gasoduto Aratu-Camaçari, que cruza a adutora a aproximadamente 7 km da Estação de Tratamento.

6.0 - SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA DOS CLARIFICADORES PANTOGRÁFICOS (FIG.5)

As estruturas metálicas dos clarificadores pantográficos são protegidas com o auxílio de um sistema de proteção catódica galvânico, mediante a utilização de anodos de sacrifício em liga de zinco de alta pureza, de acordo com a especificação americana MIL-18001-H.

Os anodos são fabricados em forma de "U", com grande comprimento e seção reta reduzida e fixados às estruturas metálicas por meio de soldas de suas almas de aço com os perfis metálicos da estrutura. Os pontos de solda são cuidadosamente revestidos com o auxílio de massa epoxi.

O sistema galvânico dos clarificadores é projetado para uma vida superior a 10 anos.

7.0 - CONCLUSÃO

O moderno esquema de proteção contra a corrosão adotado para as tubulações enterradas e para a Estação de Tratamento de Água, do Sistema Adutor de Pedra do Cavalo, constituído por revestimentos protetores de boa qualidade complementados por um sistema de proteção catódica eficiente, por corrente impressa (adutora) e por anodos de sacrifício (clarificadores pantográficos) garantirá proteção das instalações contra os processos corrosivos pela água e pelo solo.

O valioso patrimônio que representam as tubulações de aço enterradas, e as estruturas metálicas submersas, que depois de construídas não mais poderão ser inspecionadas com facilidade

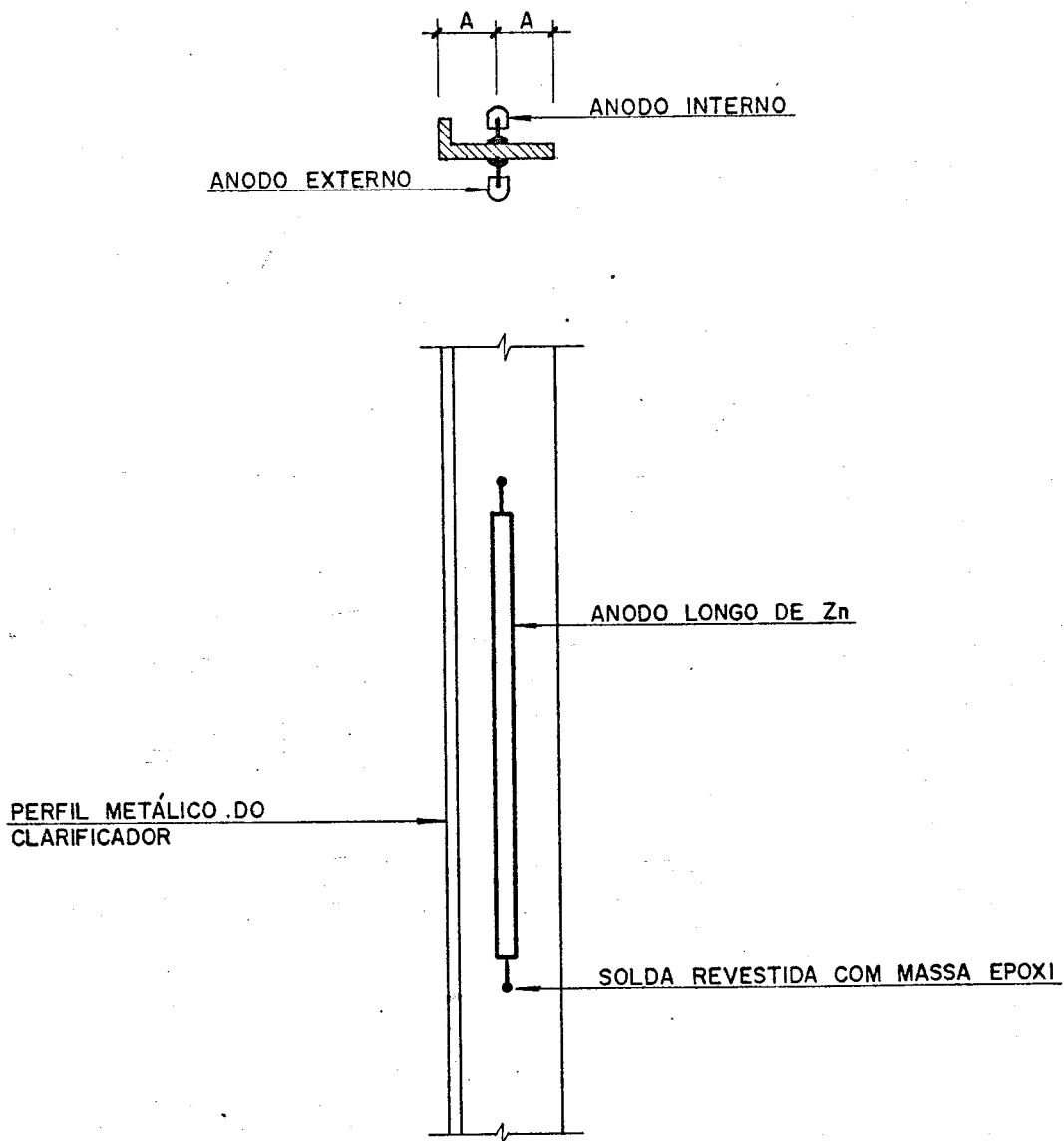


FIGURA 5 - INSTALAÇÃO DOS ANODOS DE ZINCO PARA OS CLARIFICADORES PANTOGRÁFICOS

-de, será, dessa maneira, totalmente preservado ao longo dos anos.

Recomenda-se que o mesmo procedimento seja adotado em instalações semelhantes, que utilizem tubulações metálicas enterradas e estruturas metálicas submersas.

8.0 - AGRADECIMENTO

Agradecemos à DESENVALE-Companhia de Desenvolvimento do Vale do Paraguaçu a permissão e o apoio para a elaboração e apresentação do presente trabalho.

9.0 - BIBLIOGRAFIA

- Livro "Proteção Catódica" editado pela IEC-Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda - 1977