

# SISTEMA ADUTOR METROPOLITANO

## ASSENTAMENTO DA TUBULAÇÃO DE AÇO

ENG.º LUIZ OCTÁVIO DE ALBUQUERQUE  
MARANHÃO

Departamento de Obras da COMASP

### 1. INTRODUÇÃO

Da Estação de Tratamento do Guaraú, situada na Zona Norte de São Paulo, parte o Sistema Adutor Metropolitano (SAM), cuja execução já foi iniciada. Partindo da estação de tratamento, duas linhas de tubulações de aço com 2.134 mm de diâmetro serão assentadas. Desses dois grandes condutores saem três outras linhas de tubulações de aço. A primeira na direção de Osasco, abastecendo os reservatórios de Vila Brasilândia, Freguesia do Ó-I, Freguesia do Ó-II, Pirituba, Vila Jaguara e os de Quintaúna, Bela Vista, Vila Iracema, Mutinga e Osasco.

A segunda na direção de São Miguel Paulista, abastecendo os reservatórios de Jaçanã, Edu Chaves, Guarulhos, Vila Medeiros, Cangaíba, Penha, Vila Maria, São Miguel, Jardim Popular e Ermelino Matarazzo.

A terceira seguindo em direção da zona Sul reforçará todo o abastecimento aos setores que já contam com rede de distribuição: reservatório da Casa Verde, Santana, Vila Nova Cachoeirinha, Mirante, Consolação e Vila América. O Sistema Adutor Metropolitano estará alimentando, através de 95 km de tubulações de aço cujo diâmetro varia de 500 mm até 2.134 mm, cerca de vinte e um reservatórios de capacidades variáveis entre 10.000 m<sup>3</sup> e 50.000 m<sup>3</sup>. Como exemplo desta última capacidade cita-se o reservatório de Guarulhos.

Numa etapa futura, com a completação de outros sistemas interligando-os ao Sistema Adutor Metropolitano, os sistemas de abastecimento ficarão integrados, possibilitando adução eficiente para os trinta e sete municípios da Grande São Paulo.

### 2. QUALIDADE DOS TUBOS

As especificações para a tubulação de aço foram baseadas nas mesmas AWWA, resultando na espessura das chapas de aço variando de 4,16 mm a 15,37 mm sendo levada em conta a pressão interna hidráulica, e também as pressões externas exercidas pelo material que envolve o tubo, o reaterro do mesmo e sua respectiva compactação.

Para a fabricação e assentamento tivemos grandes benefícios a saber: desenvolvimento da indústria nacional de tubos, aprimoramento técnico das empreiteiras de assentamento e emprego de técnicas, ainda não usuais no Brasil.

### 3. IMPLANTAÇÃO DA OBRA

A implantação da Obra requereu um intenso trabalho, visto que a COMASP realizou uma coordenação conjunta com órgãos de serviços públicos, ferrovias e rodovias que interferiam no nosso projeto, além de relacionamento com a Prefeitura Municipal de São Paulo, e Prefeituras de outros municípios, visto que iríamos trabalhar com o assentamento dos nossos tubos nas ruas, agravando-se as interferências com o tráfego de veículos em locais de movimento intenso.

De acordo com leis municipais e federais, foram as determinadas frentes de trabalho sinalizadas de acordo com padrões ainda não adotados no país.

Os canteiros, tanto dos Empreiteiros como da Fiscalização, foram localizados nos centros geométricos de gravidade dos diversos trechos, determinados pelo nosso projeto. Em diversos locais próximos às frentes de serviços, foram escolhidos os depósitos de tubos, nos quais ficavam estocados, prontos e preparados para serem levados e lançados nas valas já abertas.

### 4. A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

Escolhidas as frentes de trabalho, e depois de definidos os escoramentos das valas a serem abertas em função do perfil geológico, foram iniciados os serviços de escavação com equipamentos especializados para esta função.

Os escoramentos empregados foram de diversos tipos desde madeira até estacas pranchas de aço. Também em função das sondagens a percussão realizadas, foram determinados os tipos de fundação sobre o qual se faria o assentamento da tubulação. Sendo que há uma certa flexibilidade dos tubos de aço, foi usada fundação de lastro pedra e concreto magro. Houve também uma tendência para se fazer uma remoção do material na parte da fundação, considerada como uma superescavação, mas que dentro de certos limites se tornou anti-econômica.

Durante as escavações um dos problemas enfrentados em locais com muita água, foi o rebaixamento do lençol freático que foi resolvido com o constante uso de bombas de grande capacidade de esgotamento permitindo a solução deste problema.

Outro problema interessante foi a determinação de diversos locais para bota-fora, onde seria colocado todo material escavado tendo grandes problemas de transporte.

### 5. AS MONTAGENS MECANICAS

Os trabalhos para montagens, no que diz respeito ao assentamento da tubulação, come-

çaram no canteiro junto ao depósito dos tubos, sendo feito fora da vala o acoplamento de dois tubos de 6,00 m de comprimento.

O acoplamento tinha que ser executado sem que houvesse qualquer dano na fina espessura da chapa, de maneira que houvesse o alinhamento perfeito da circunferência, para depois de executado, começássemos a soldagem dos tubos.

De acordo com a estrutura da chapa da tubulação foi aprovado o processo da solda manual, dentro de determinadas premissas, sendo feita a classificação do eletrodo a ser utilizado em função da homologação do mesmo.

A solda manual foi feita de acordo com o processo, com eletrodo celulósico, sendo usado o diâmetro de 1/8" (3,00 mm) no primeiro passe de raiz.

O espaçamento entre os tubos foi baseado no diâmetro de eletrodo, para que fosse bem executado o primeiro passe de raiz, que é a soldagem prioritária do processo.

Também levou-se em consideração a estrutura da chapa de aço em função da qualidade do eletrodo.

Com a aprovação e homologação do processo de soldagem, começamos a fazer a qualificação de mão-de-obra especializada do Empreiteiro, sendo que depois de realizados os testes, foi emitido o certificado individual, a partir do que a mão-de-obra estava então pronta para o início do serviço de solda da tubulação.

De um modo geral, uma preparação técnica dos soldadores, incluindo a sua qualificação, leva aproximadamente noventa dias.

Para o assentamento da tubulação na vala, os tubos foram levados ao fundo da mesma e depois de acoplados se fazia a soldagem dos mesmos de acordo com o processo em vigor.

Em termos de produção é possível fazer-se o acoplamento e ponteamto de 72,00 m em 9,00 horas de trabalho normal de serviço, usando tubos de 12,00 metros.

O equipamento utilizado para a solda foi elétrico acoplado com motor diesel, formando unidades independentes para resolver os problemas de distância e evitar a montagem de grupos geradores avantajados nos locais onde não houvessem fontes de energia permanentes.

Solucionada a soldagem dos tubos, foi feito o controle de qualidade da mesma, por firmas especializadas no assunto, com testes não destrutivos com a radiografia por raios gama usando como fonte o irídio-192. Como norma, a radiografia foi usada em 100% da solda, o que dá uma grande segurança no serviço. O resultado destas radiografias indicou somente 2% de reparos, o que é considerado um ótimo resultado. Para um controle como construído, as radiografias foram classificadas com a numeração dos tubos e os locais onde foram aplicados os mesmos, e transferidos para a folha do projeto de maneira a ser estabelecida uma localização futura.

O processo de assentamento dos tubos de aço é uma engrenagem industrial na qual cada operação deve ser objeto de um programa de execução com equipamento e pessoal necessário, devido a importância desse trabalho, que requer mais ou menos quarenta operações diferentes.

Dentre os inúmeros problemas nas montagens da tubulação, temos as travessias subterrâneas, aéreas, montagens de peças especiais e curvas no campo até 15°, sendo que cada serviço previu um método executivo diferente, criando várias soluções para os diferentes problemas.

No que diz respeito às travessias subterrâneas, as mesmas foram constituídas por escavação subterrânea com chapas "Armco" tipo "tunnel liner", construídas sob Estradas de Ferro e de Rodagens. Posteriormente foi executada a montagem da tubulação de aço por intermédio de um método executivo próprio.

As travessias aéreas serão executadas por sobre determinados rios. O projeto prevê um método executivo de maneira que cada peça montada suporte a própria estrutura.

As peças especiais como ventosas, descargas e inspeção terão uma programação especial no que diz respeito à sua montagem, sendo que o projeto previu de acordo com as características hidráulicas um critério de construção especial e simplificado.

## 6. A PROTEÇÃO ANTICORROSIVA

Esta proteção tem início quando da fabricação dos tubos de aço, sendo executados um revestimento interno e um externo.

O revestimento interno é feito com uma camada de primer sintético de secagem ultrarrápida, e posteriormente com uma camada de esmalte betuminoso chamado Coal-tar, variando a espessura de 2,4 mm a mais ou menos 0,8 mm.

O revestimento externo é composto das seguintes camadas:

1.ª Primer, 2.ª Esmalte betuminoso (3,2 mm mais ou menos 0,8 mm), 3.ª Esteira de lã de vidro reforçada, 4.ª Coal-tar, 5.ª Liga de feltro de asbestos e 6.ª Calação.

Quando os tubos são levados às valas após as soldagens das juntas, é feito o revestimento no campo pelo mesmo processo acima descrito.

As qualidades dielétricas ao revestimento são feitas por inspeção elétrica com o aparelho Holiday-detector, com uma voltagem de 15.000 Volts.

Como os solos são elementos que constituem o meio para a corrosão, dependendo de sua resistividade, foram tomadas na rota do assentamento do Distribuidor Principal diversas medidas com resultados variáveis, desde 2.600 ohm-centímetros até 200.000 ohm-centímetros.

Testes conduzidos pelo National Bureau of Standards (N.B.S.) durante quarenta anos, demonstraram que a baixa resistividade

constitui um fator de corrosão ao aço e ao ferro dútil.

Como esta corrosão aumenta quando a resistividade é baixa, o aceleração da mesma é prejudicial a partir de 10.000 ohm-cm para menos, necessitando aí uma proteção catódica.

Da recomendação do projeto, surgiu o anodo de sacrifício de zinco que é colocado ao lado da tubulação.

O anodo de zinco é estendido ao lado da tubulação, formando com a complementação de caixas de testes a chamada proteção catódica. Esta proteção catódica é adotada, estudando-se a densidade de corrente necessária dependendo do metal e do meio corrosivo.

Geralmente a aplicação da proteção catódica com anodo de sacrifício, é feita em conjunto com um revestimento isolante, e como este geralmente apresenta falhas, a corrente protetora flui para as áreas metálicas expostas, que são precisamente as áreas que necessitam de proteção.

Tem-se também, fazendo com que os anodos tenham vida mais longa e menor custo de instalação e operação.

Além do revestimento, outros fatores que também influem, embora com menor frequência, no valor da corrente são: Tipo de solo, Acesso de oxigênio, meios líquidos) e Natureza do eletrólito.

## 7. O REATERRO E ENVOLTÓRIA DA TUBULAÇÃO

A partir do assentamento da tubulação segue a envoltória da areia com granulometria especificada dentro de certos padrões, a fim de preencher as suas finalidades de material colaborante com a parede e espessura da tubulação, além de ter uma alta resistividade.

O reenchimento da areia como envoltória da tubulação faz-se por camadas sucessivas, sendo a compactação feita por imersão d'água com vibrador de alta rotação; obtém-se daí até não menos de 90% da densidade máxima, sendo atingido o nível da areia 15 cm acima da geratriz superior.

No desenvolver da Obra, uma solução que resolveu em determinados casos a envoltória de areia foi a adição de cimento à mesma, para criar uma condição de suporte lateral tendo em vista a densidade dos terrenos adjacentes à envoltória.

A partir de 15 cm acima da geratriz superior, é feito o reaterro com material escolhido em determinadas jazidas, sendo a compactação realizada com até 90% da densidade máxima pelo Proctor normal.

Em virtude da fina espessura da tubulação, devem ser tomadas todas precauções nos primeiros 90 cm de compactação acima da geratriz superior do tubo de aço.

Outro assunto de real importância é a recomposição da pavimentação, que foi feita de comum acordo com as normas das Prefeituras

dos municípios, dentro de padrões cuidadosamente elaborados.

## 8. A INSPEÇÃO E FISCALIZAÇÃO E COMPLEMENTOS DA OBRA

A inspeção e fiscalização atuaram de maneira a obtermos um serviço eficiente e de ótima qualidade.

Da tubulação de aço, da qualidade da chapa ASTM A-245, grau C, ASTM A-570, grau C, ou ASTM A-415, ASTM A-283, grau D, desde que o conteúdo máximo de carbono seja 0,25%, com limite máximo de escoamento de 2.320 kg/cm<sup>2</sup>, foram emitidos os respectivos certificados de inspeção. Nas fábricas foram executados os testes hidrostáticos e inspeção de cada tubo fabricado dentro dos padrões estabelecidos.

Na obra, a fiscalização atuou nos seguintes campos especificadamente:

8.1 — Qualificação dos soldadores das firmas empreiteiras por certificados individuais e geral do processo adotado na soldagem.

8.2 — Inspeção radiográfica da junta soldada em 100%.

8.3 — Inspeção do revestimento em função das qualidades dielétricas do mesmo.

8.4 — O acompanhamento do reaterro foi fiscalizado por Laboratórios de Solos montados nas frentes de trabalho.

8.5 — As locações e assentamento das tubulações de aço foram acompanhados por equipes de topografia, sendo o caminhamento da rota da tubulação determinado por coordenadas do Sistema Universal, com pontos fixos. O ponto básico da fixação da tubulação era o eixo da mesma e a geratriz inferior.

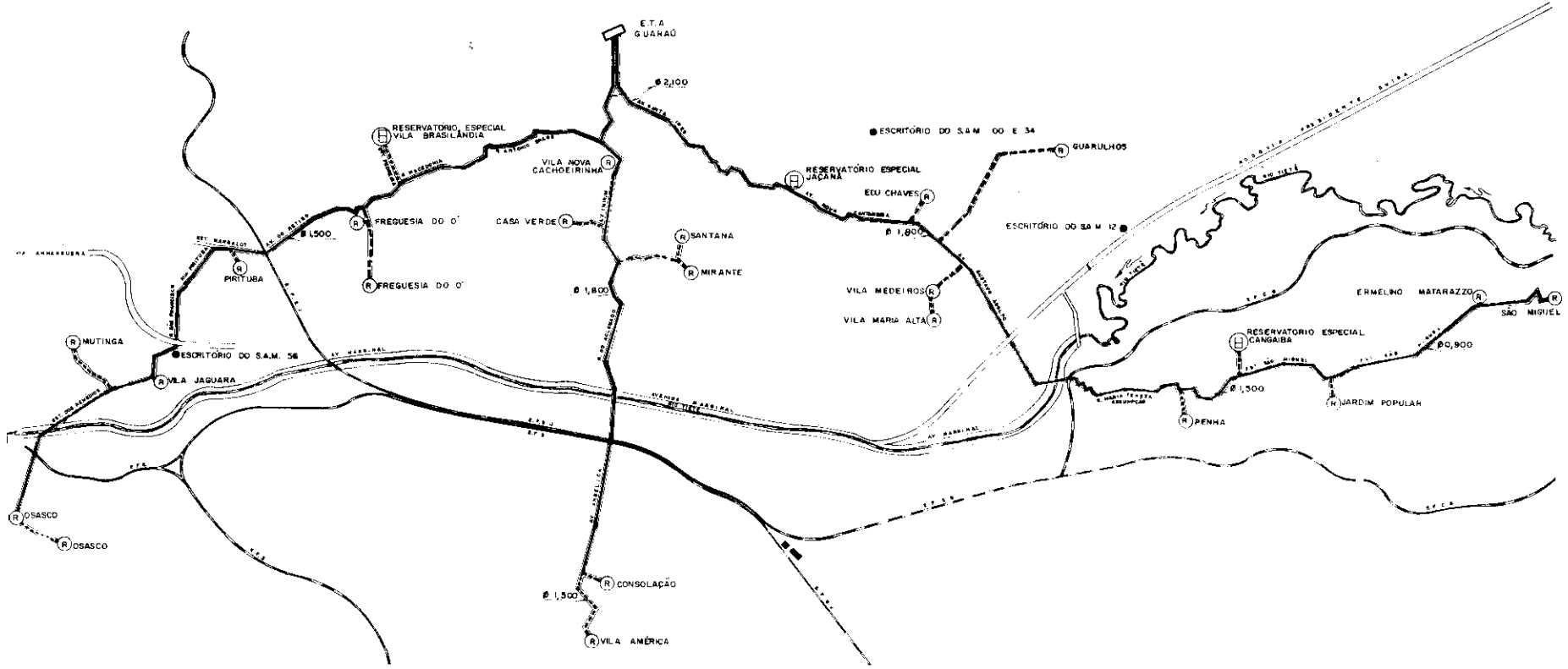
8.6 — A fundação da vala foi definida e fiscalizada, em função de uma condição segura, em virtude da flexibilidade da tubulação.

8.7 — O escoramento lateral das valas ficou definido em função das condições dos terrenos, sendo usados perfis metálicos e estacas pranchas metálicas em determinadas extensões da rota, onde foram fiscalizadas a perfeita verticalidade dos mesmos e condições de travamento no sentido transversal.

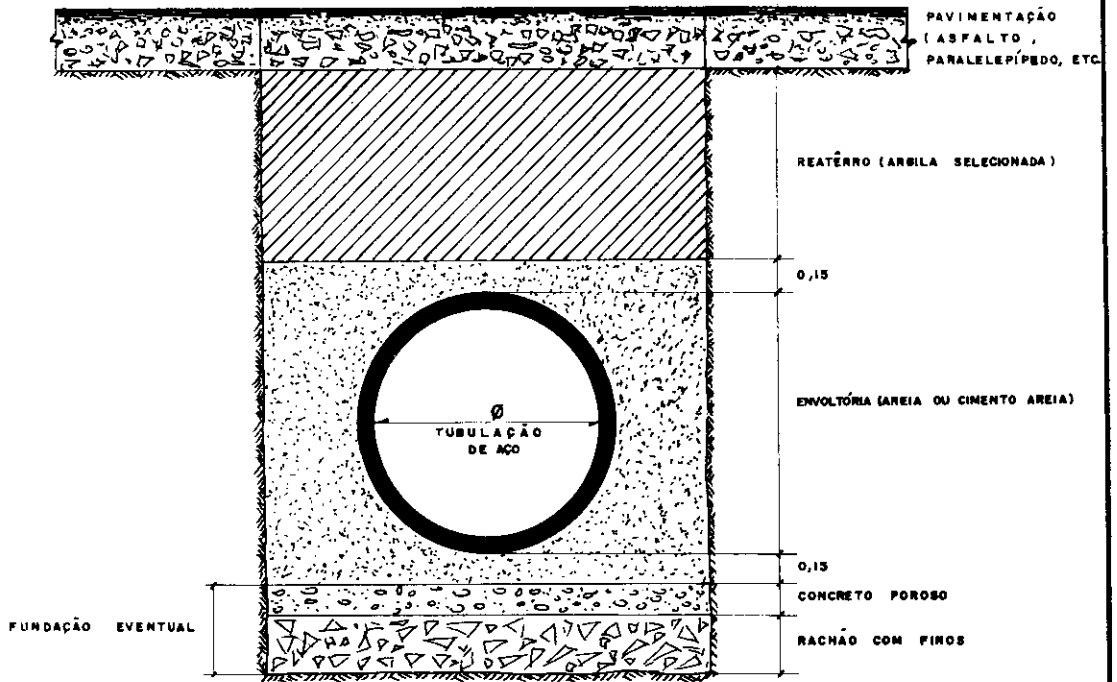
8.8 — O sistema administrativo das obras foi concebido e realizado por Engenheiros em determinados setores, aonde tínhamos a segurança do pleno cumprimento das obrigações contratuais das firmas executantes da obra, além do acompanhamento programado das frentes de trabalho.

## 9. CONCLUSÃO

O objetivo deste relatório foi demonstrar o complexo de operações do projeto e obra do Sistema Adutor Metropolitano, Alça Norte, que finalizando, cumprirá a meta proposta e desejada (fornecimento de água potável para a população da área metropolitana da Grande São Paulo).



# CORTE TRANSVERSAL



CROQUI SEM ESCALA

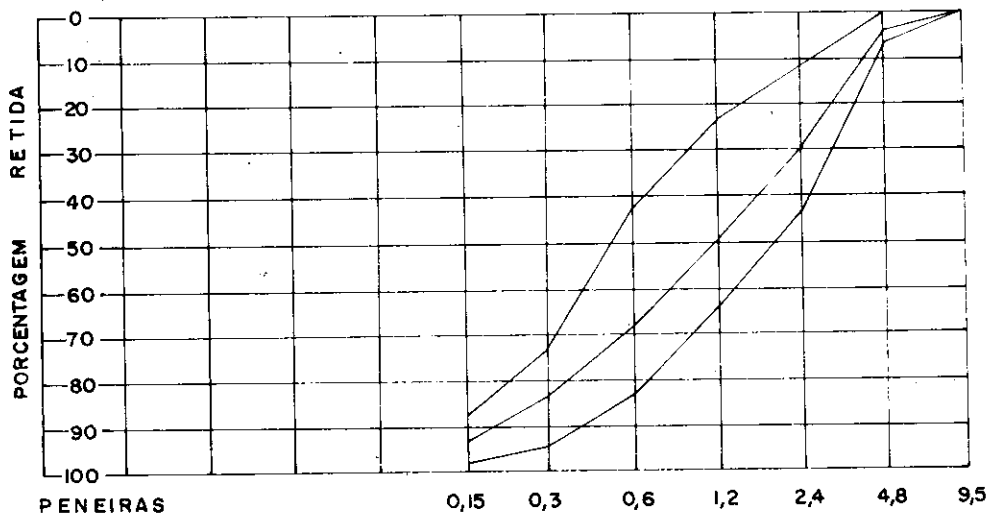
PROCEDENCIA: Jacarei CERTIFICADO Nº 37  
 FORNECEDOR: Pôrto Perdido OPERADOR: Valter  
 OBRA: Sistema Adutor Metropolitano DATA: 03 / 09 / 71  
 EMPREITEIRA: Consórcio Servix - Rossi  
 LOCAL DA COLETA: \_\_\_\_\_

**AREIA MÉDIA**

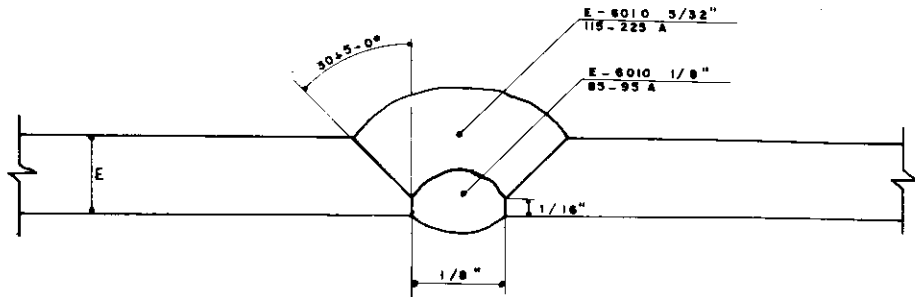
**COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (MB-7)**

PENEIRAS		PÊSO grs.	% RETIDA	% PASSANDO	E B - 4	
Nº	ABERTURA mm				OTIMA	UTILIZÁVEL
3/8"	9,5				---	---
4	4,8	3	0	100	3-5	0-3
8	2,4				29-43	13-29
16	1,2	261	26	74	49-64	23-49
30	0,6				68-83	42-68
40	0,3	416	42	32	83-94	73-83
200	0,15	314	31	1	93-98	88-93
RESÍDUO		6	1	0	< 3%	< 5%
TOTAL		1.000	100%			

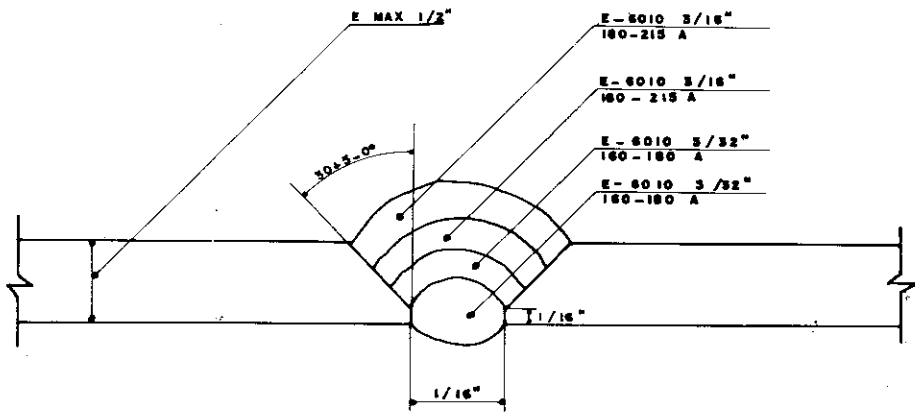
MÓDULO DE FINURA (M-B7): \_\_\_\_\_  
 DIÂMETRO MÁXIMO (M-B7): \_\_\_\_\_ mm **MÓDULOS DE FINURA**  
 MATÉRIA ORGÂNICA (M-B10): \_\_\_\_\_ p. p. m.  
 MASSA ESPECÍFICA APARENTE: \_\_\_\_\_ Kg/litro 3.2-2.9 -- GROSSA  
 MASSA ESPECÍFICA ABSOLUTA: \_\_\_\_\_ Kg/litro 2.9-2.6 -- MÉDIA  
 TORRÕES DE ARGILA (M-B8): \_\_\_\_\_ % 2.6-2.2 -- FINA  
 MATERIAL PULVERULENTO (M-B9): \_\_\_\_\_ %



PARECER: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



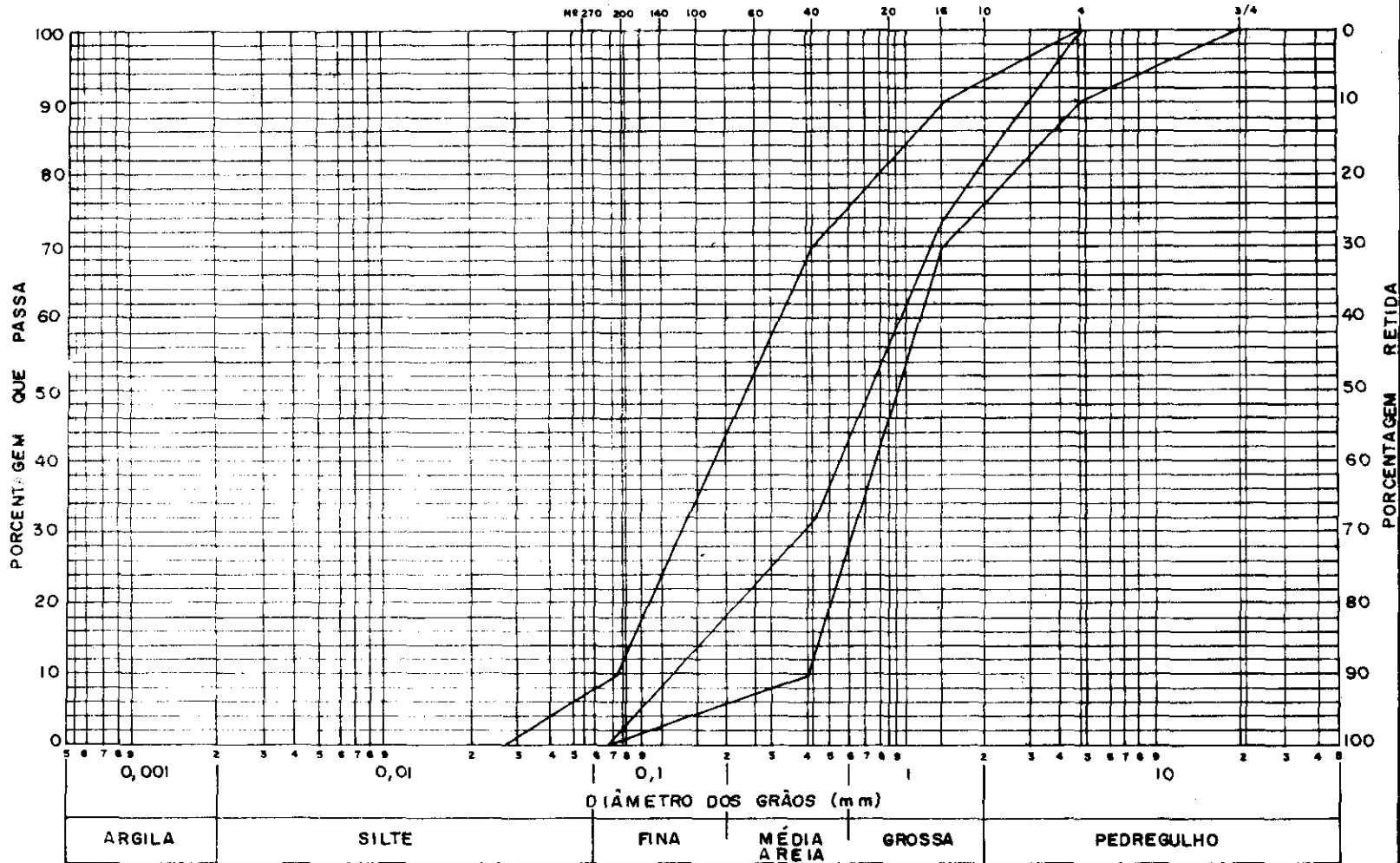
POSIÇÃO VERTICAL ASCENDENTE



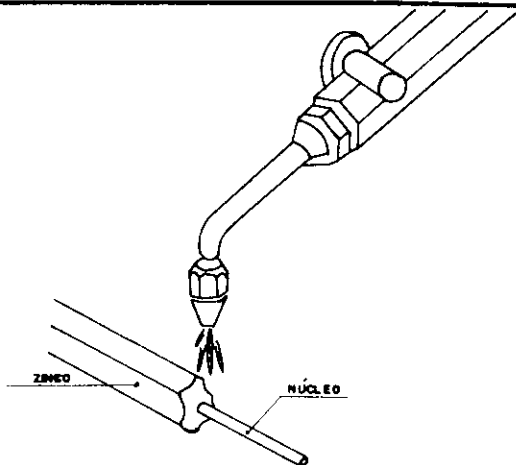
POSIÇÃO VERTICAL DESCENDENTE

# GRANULOMETRIA

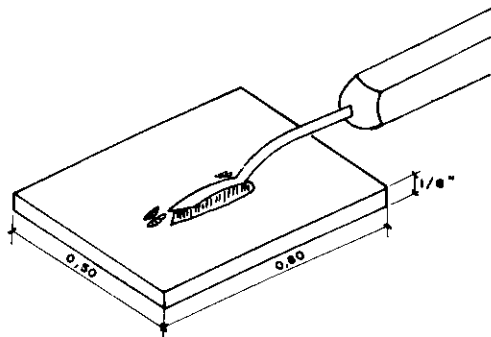
Peneiras (ASTM)



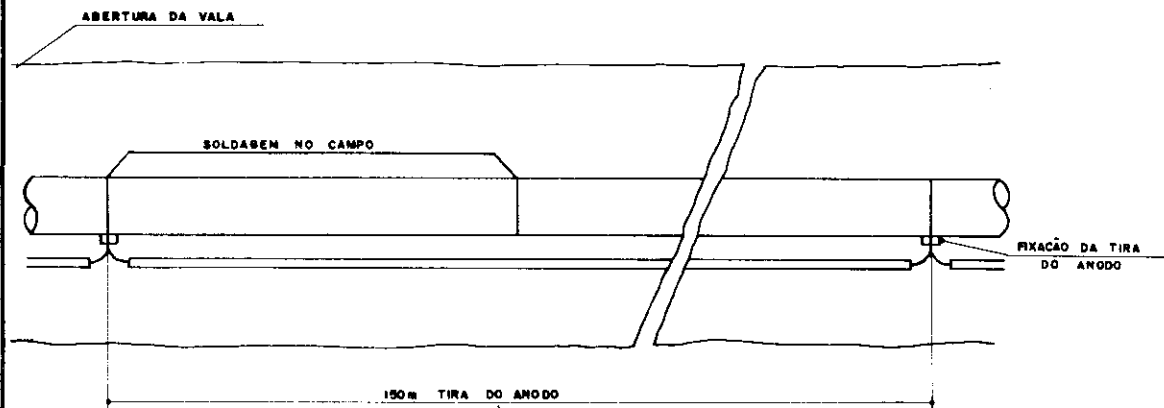




USO DO MAÇARICO PARA FUNDIR O ZINCO QUE REVESTE O NÚCLEO



SOLDAGEM DO NÚCLEO NA CHAPA



PLANTA MONTAGEM DO ANODO

