

Interceptor

Vila Leopoldina-Barueri: tecnologia e equipamentos.

MAX JOSÉ DE ARAUJO FARIA (1)
CLEMENTE PEREIRA FILHO (2)
ALEXANDRE ÉLCIO DE PAULA (3)
SÉRGIO LUIZ DA SILVA REGO (4)

1. INTRODUÇÃO

O Interceptor Tietê (ITi. 6 e ITi. 3 parte) faz parte do programa SANEGRAN.

O projeto final prevê a execução de dois interceptores paralelos com diâmetro 4,50 m a uma profundidade média de 20 m, margeando e cruzando o rio Tietê.

Estamos executando numa 1ª etapa apenas um desses dois interceptores.

O trecho ora em execução, com 12,7 km de extensão, e 4,50 m de diâmetro acabado, liga a ERQ Vila Leopoldina à ERQ Barueri.

Como pode ser observado na FIGURA 1 o trecho em execução é o de maior importância, pois irá conduzir todo o esgoto a ser tratado na ERQ Barueri.

- (1) Engenheiro Coordenador de Construções Especiais da Superintendência de Construções Especiais da Diretoria de Construção da SABESP.
- (2) Engenheiro Residente de Obras Especiais da Superintendência de Construções Especiais da Diretoria de Construção da SABESP.
- (3) Engenheiro Residente de Obras Especiais da Superintendência de Construções Especiais da Diretoria de Construção da SABESP.
- (4) Engenheiro Residente da ERQ-Barueri da Superintendência de Construções Especiais da Diretoria de Construção da SABESP.

Para efeito de construção esse interceptor foi dividido em 02 (dois) lotes contratados com empresas distintas (FIGURA 2).

A obra, principalmente o lote 1, se desenvolve em região urbana e industrializada, junto à ferrovias e aos principais acessos a grandes rodovias.

Esse fato somado a outros de ordem técnica e econômica levou-nos à escolha de métodos de execução do interceptor, totalmente subterrâneo.

2. EQUIPAMENTOS ESPECIAIS

Para execução da obra a SABESP adquiriu dois Shields, duas eclusas de pessoal e material, duas eclusas médicas e dois conjuntos para ar comprimido de baixa pressão, compostos de 03 (três) compressores cada. Todos os equipamentos complementares necessários, foram fornecidos pelas empreiteiras contratadas.

3. PROCESSOS UTILIZADOS

Como já foi dito a obra se desenvolve à profundidade média de 20 m em terreno com natureza geológica muito variável e com presença de grande quantidade de água, (veja FIGURAS 3 e 4). O interceptor cruza o rio Tietê por 2 (duas) vezes e atravessa trechos mais ou menos extensos sob lagoas.

A análise das condições locais indicou a necessidade de utilização de "SHIELD" com emprego de ar comprimido, para diversos trechos do interceptor.

Para os trechos restantes (rochosos) estão sendo utilizados os processos convencionais de escavação em rocha, com o emprego de (Ver ANEXO 1):

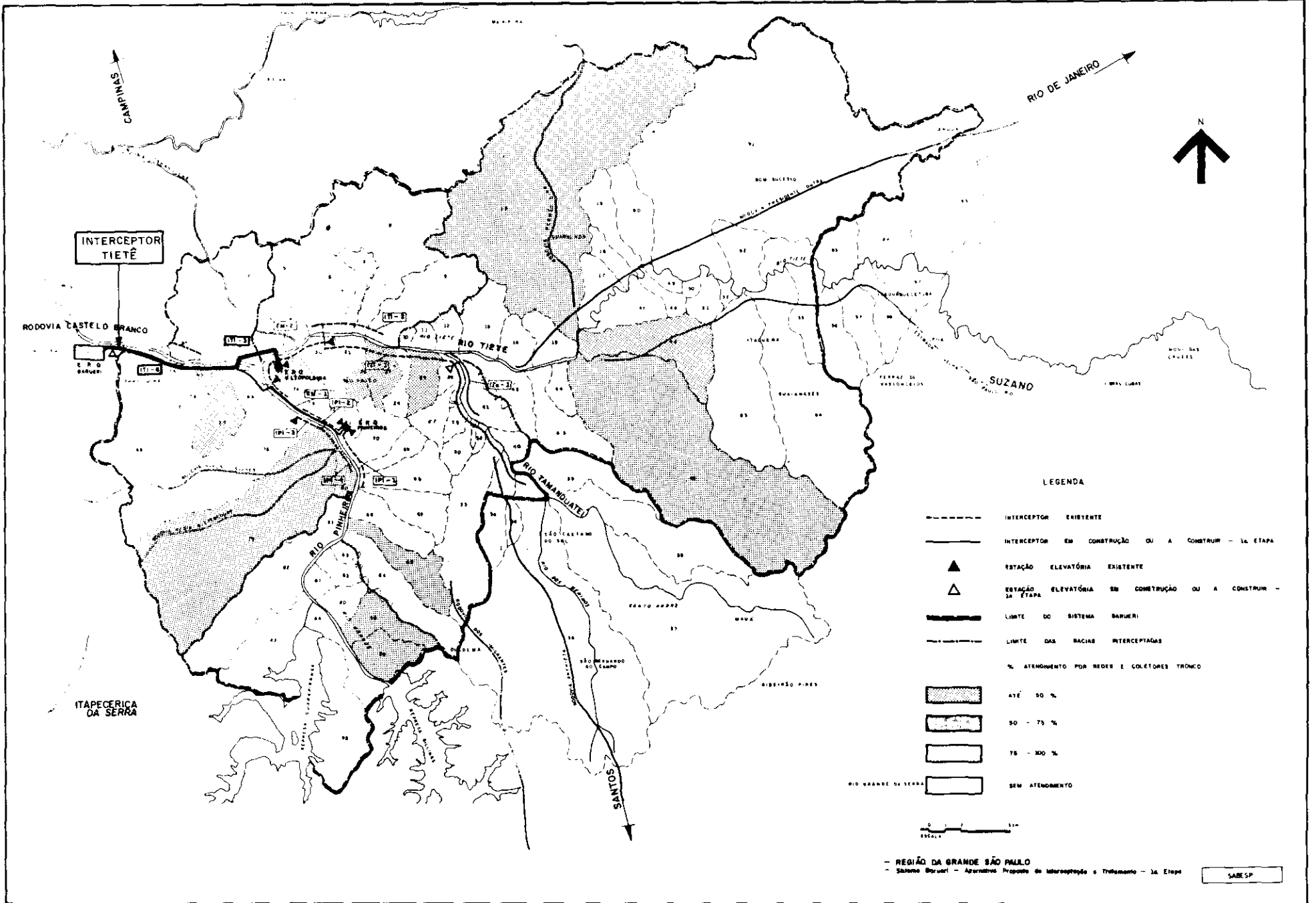
- Cambotas de perfis metálicos ou cambotas treliçadas.
- Tirantes resinados.
- Enfilagem.
- Concreto projetado.
- Rebaixamento de lençol freático.

Estamos utilizando também, consolidação de solos e rochas brandas pelo sistema CCP, processo inédito no Brasil.

A obra foi iniciada pela construção de "SHAFTS" (poços de serviços e de acesso ao túnel), em locais estrategicamente escolhidos de forma a permitir a movimentação de equipamentos e materiais durante a execução do interceptor, e ser utilizado também na construção de obras especiais necessárias às interligações com outros interceptores e recepção de coletores troncos.

Esses poços foram construídos basicamente atravessando uma camada em solo e uma camada em rocha. Para a camada em solo foram utilizados escoramentos mistos em perfis metáli-

FIGURA 1



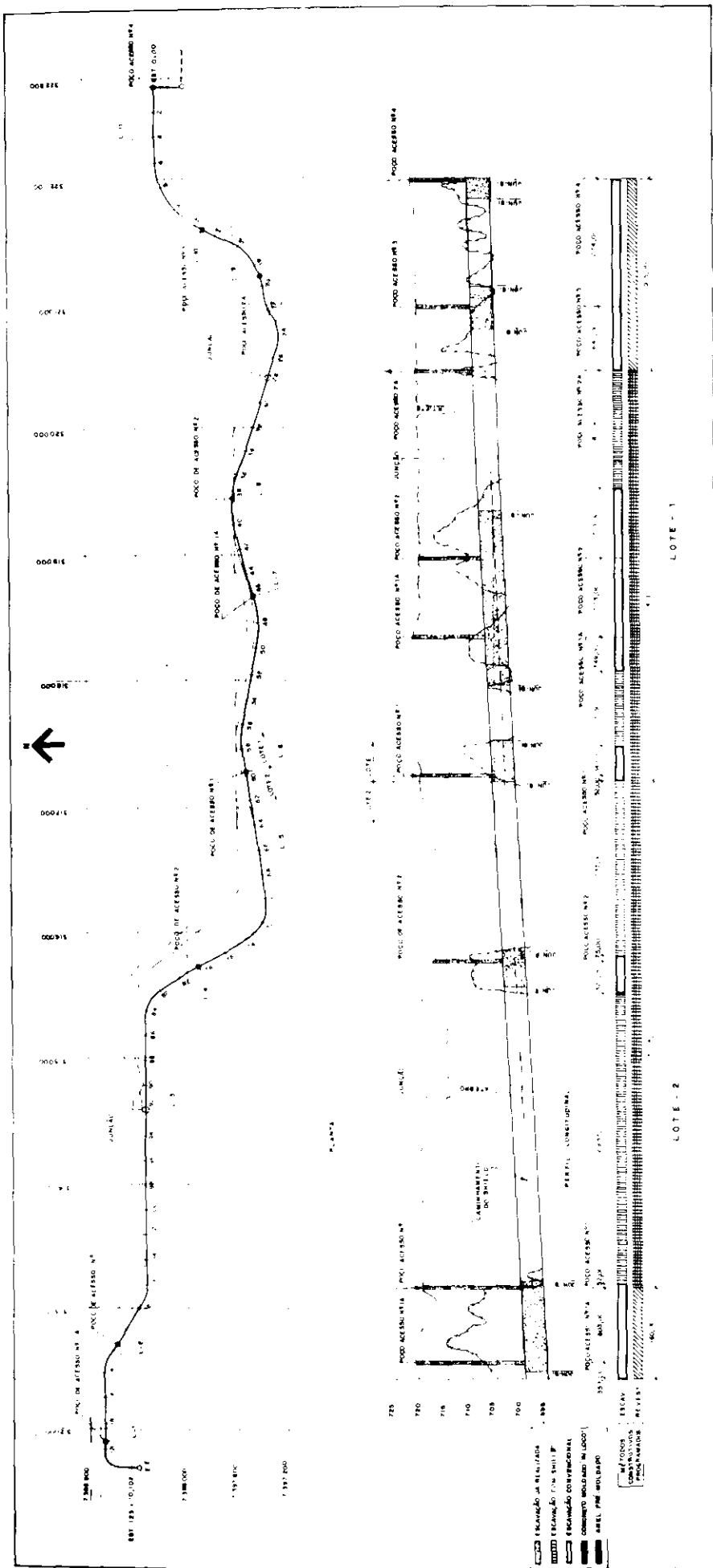


FIGURA 2

cos e pranchas de madeira, além de rebaixamento do lençol freático.

A camada em rocha foi escavada pelo processo convencional utilizando-se explosivos e estabilizando-se as paredes com o emprego de tirantes resinados e revestimento com concreto projetado. (Ver Figura 5).

Predominantemente, os poços estão localizados nas regiões onde o maciço rochoso se apresenta em cotas mais altas, com a finalidade de permitir o emboque do túnel com maior segurança.

A execução de túneis com Shield é altamente vantajosa em regiões urbanas, com tráfego intenso, e terrenos em solos ou rochas brandas e muito fraturadas, em razão dos mesmos serem escavados e revestidos simultaneamente, evitando-se os problemas de superfície e eventuais instabilidades do maciço.

Um trecho inicial (câmara inicial de trabalho) de túnel foi escavado pelo processo convencional, para permitir a montagem dos equipamentos Shield e Eclusas.

O Shield utilizado no LOTE 1 é de marca "ZOKOR" com aproximadamente 75% de fabricação nacional, e o Shield do LOTE 2 é de marca "SCHAFER E URBACH" com igual porcentagem de nacionalização.

Temos dois tipos de utilização do Shield nessa obra:

- a) Nos trechos de túnel escavados pelo método convencional, o Shield executará apenas o revestimento final do túnel com a montagem dos anéis pré-moldados, através de seu eretor. Para tal é necessário a execução de um berço de concreto nivelado, no qual são fixados trilhos afim de permitir o deslocamento do Shield na cota de projeto, além de diminuir o atrito do mesmo com o berço. Após a montagem de 5 a 8 anéis é feita a injeção de argamassa de enchimento no vazio que fica entre o solo, o berço e os anéis.
- b) Nos trechos de túnel em solo ou rocha branda o Shield executará a escavação e simultaneamente irá montando os anéis. Para estes trechos a escavação será feita sob ar comprimido com a finalidade de eliminar o fluxo de água do lençol freático e garantir a estabilidade da frente de escavação. As pressões a serem utilizadas variarão de 0,9 a 1,8 atm.

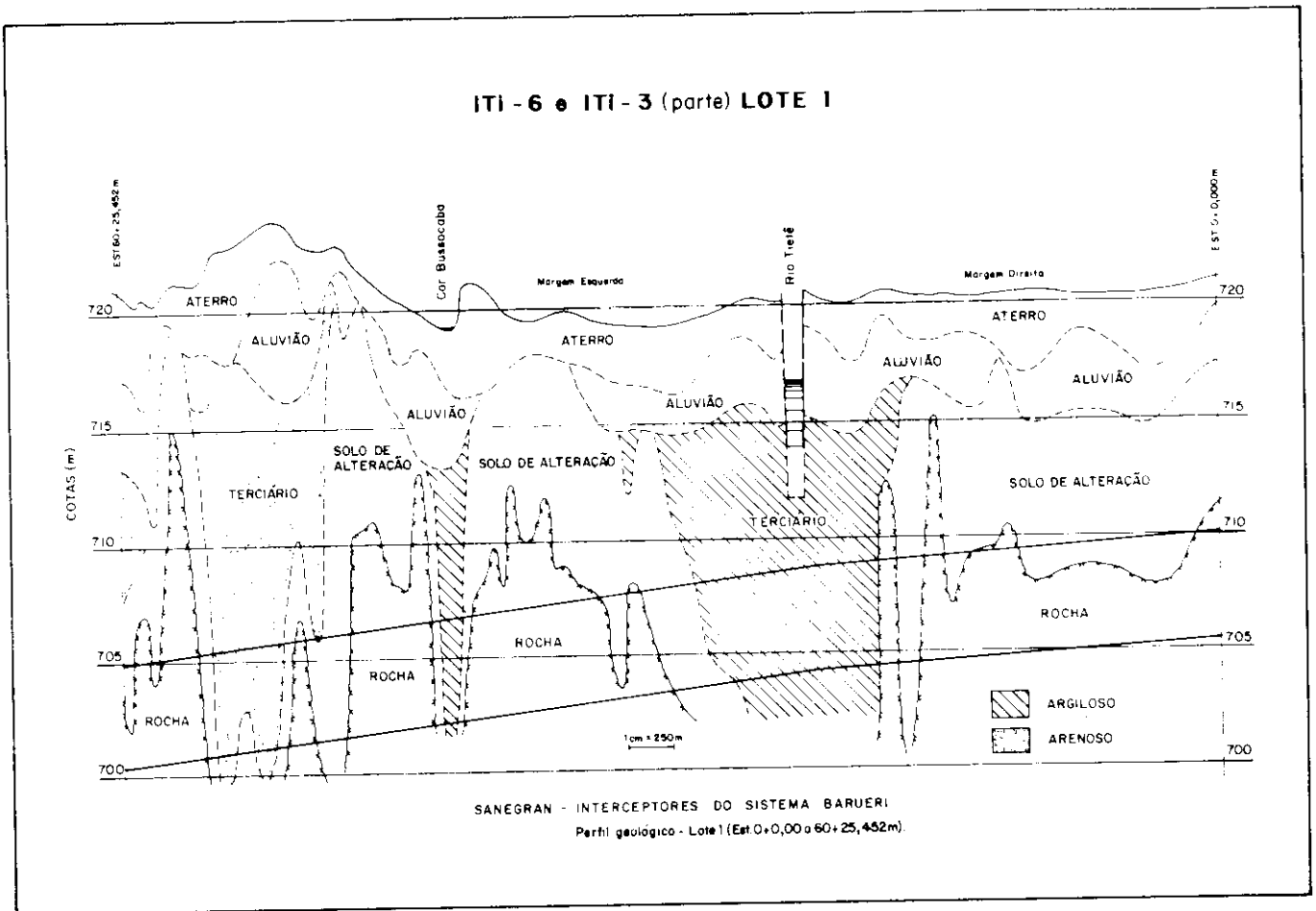


FIGURA 3

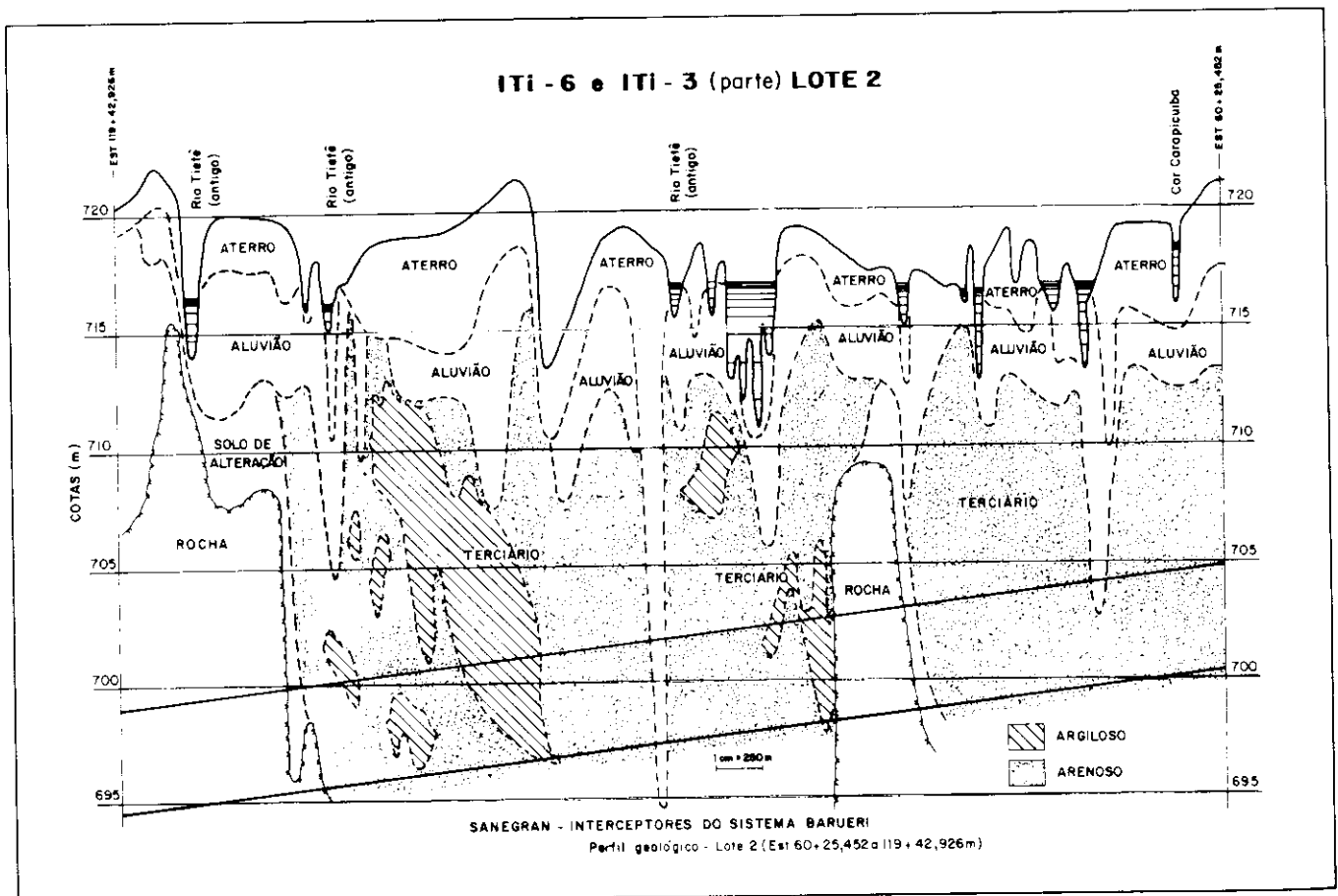
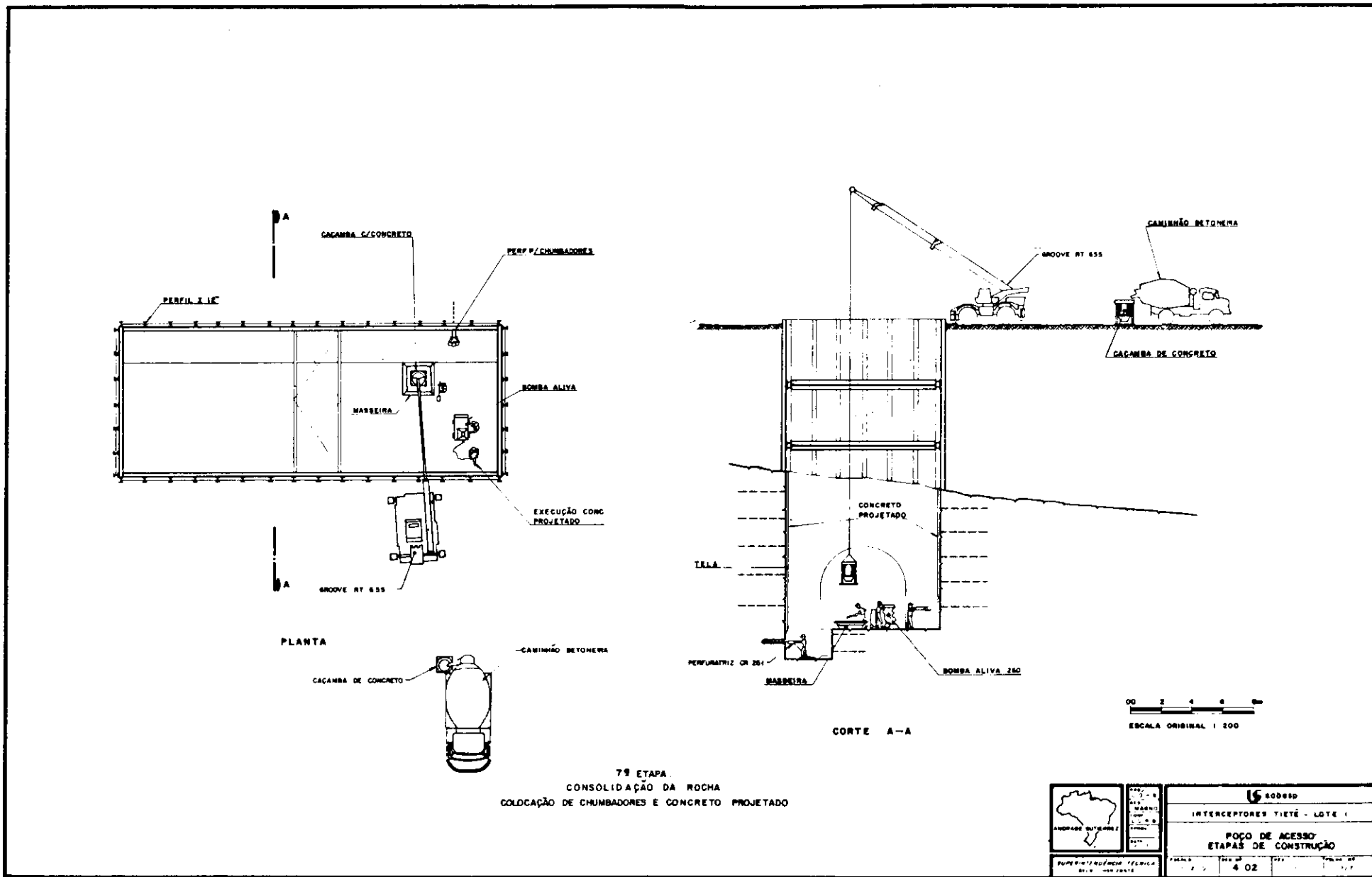


FIGURA 4



 BRASIL SÃO PAULO	PROJ. - A PROJ. - B PROJ. - C PROJ. - D PROJ. - E PROJ. - F	6 sobesb INTERCEPTORES TIETÊ - LOTE 1
		POÇO DE ACESSO ETAPAS DE CONSTRUÇÃO
DATA: 12/02/77 N.º DE PROJ.: 4 02	N.º DE PLAN.: 1/17	ESCALA: 1:200

4. O EQUIPAMENTO "SHIELD"

Os Shields adquiridos são de funcionamento hidráulico e totalmente mecanizados (Ver ANEXO 2).

Consistem basicamente de:

- uma couraça de chapas de aço soldados, equipados com lança e escavador;
- de um eretor que serve para posicionamento dos segmentos de concreto que compõem os anéis;
- de macacos de avanço da couraça;
- de poling-plates ou chapas no teto, que avançam à frente da couraça permitindo maior segurança em solos moles ou com pouca coesão;
- anteparos frontais para auxiliar na escavação e contenção de solos muito moles;
- e o trailler onde são fixados os equipamentos auxiliares como: motores hidráulicos, correias transportadoras, guinchos, transformador de energia, etc.

4.1. SHIELD DO LOTE 1

O Shield que está sendo utilizado no lote 1 foi projetado pela "ZOKOR" (Americana) com as seguintes características básicas:

- Diâmetro externo da couraça — 5.300 mm
- Comprimento da couraça — 4.500 mm
- Comprimento total do Shield incluindo o trailler — 38,00 m
- Peso total — 200 t.
- Sistema de avanço composto de 18 macacos com capacidade unitária de 150 toneladas e curso de 1.200 mm, perfazendo o total de 2.700 toneladas de força de cravação da couraça no solo.
- poling-plates — 07 unidades
- anteparos frontais — 05 unidades
- escavador robusto com ripper, rotativo com três articulações permitindo esforço de até 7.000 kg/cm².
- Eretor, para montagem dos anéis, operado hidráulicamente, com curso longitudinal de 1.00 m e giro de 360° sobre cremalheira.
- Transportador de correia, guincho para transporte de segmento de anéis.

A produção nominal é de 14,0 m³/h de escavação de materiais que não excedam 1.000 psi.

4.2. SHIELD DO LOTE 2

O Shield que está sendo utilizado no lote 2 foi projetado pela "SCHAFER & URBACH" (Alemã) e possui as seguintes características básicas:

- Diâmetro externo da couraça — 5.250 mm
- Comprimento da couraça parte superior — 6.400 mm
parte inferior — 6.000 mm
- Comprimento total do Shield — 55 m
- Poling-Plates — 05 unidades
- Anteparos frontais — 12 unidades
- Sistema de avanço — 16 macacos hidráulicos com curso de 1.400 mm empuxo total de 2.400 toneladas
- Escavador.

O Shield contém um escavador centralizado no topo da couraça completo com mesa de giro, lança telescópica, caçamba e cilindros hidráulicos. A área de trabalho horizontal e vertical da lança escavadora é de 65°, com curso máximo de 1,50 metros. Sua caçamba possui uma força máxima de 20 ton. e área de trabalho de 110°.

● Eretor

O eretor é uma das partes fundamentais na colocação dos segmentos dos anéis pré-moldados, e composto de duas lanças eretoras operadas independentemente e mecanismo de garra operado hidráulicamente. Sua área de operação é de 2 x 200°, com velocidade de rotação de 0 a 1,25 Rpm, curso horizontal máximo 1,60 metros. Os braços do eretor permitem um raio máximo de 2,40 metros, curso máximo de 1,10 metros e uma capacidade máxima de carga de 2.500 Kg.

● Transportador de Correia

É um equipamento auxiliar operado hidráulicamente completo com acionamento reversível, reboque com acionamento com corrente cilindros e monotrilha com talha elétrica de capacidade de 3 toneladas, podendo estocar até 12 segmentos.

● Guincho para Transportes de Segmento de Anéis

A produção nominal é de 20,0 m³/h.

5. FABRICAÇÃO E MONTAGEM DOS ANÉIS PRÉ-MOLDADOS

Os anéis utilizados no revestimento do túnel, são de concreto armado utilizando-se em sua fabricação agregado calcáreo e cimento de alto forno. Sua fabricação é feita no próprio canteiro de obras.

Os mesmos, após a concretagem, são submetidos a cura à vapor por um período de 10 horas e a seguir desformados e em seguida submetidos à cura "úmida" por imersão em tanques apropriados por um período de 48 horas. O canteiro de pré-moldados está dimensionado para fabricar 15 metros

de anéis por dia e estocagem em torno de 600 m de túnel.

Cada anel é constituído de 7 segmentos e a união entre os segmentos e entre os anéis é feita por parafusos especiais. A sua vedação é feita por perfis de neoprene colados no perímetro de cada segmento. A FIGURA 6 mostra o anel utilizado no Lote 1.

Os segmentos de anel, após sua aprovação, são estocados no pátio, devidamente empilhados formando um anel completo.

O conjunto de segmentos que formam um anel completo é transportado até o poço de serviço por um pórtico e sua descida ao poço é efetuada por ponte rolante até a vagoneta que o irá transportar até a frente de trabalho (transporte ferroviário).

O transporte ferroviário se fará com o emprego de duas composições: a primeira é composta de uma locomotiva, 5 vagonetas de transporte de material escavado e uma vagoneta de transporte de anel; a outra é composta de uma locomotiva, uma vagoneta de transporte de anel e uma vagoneta de argamassa de enchimento.

Nessa frente já escavada pelo Shield e ainda protegida pela couraça, os segmentos são montados e aparafusados.

Após a montagem do último anel é feita a injeção de enchimento do penúltimo anel montado, após o que é efetuada nova escavação e novo avanço do Shield. O avanço é feito pela ação das sapatas dos macacos hidráulicos sobre o último anel montado. Entre uma e outra montagem são feitas verificações das cotas e direção utilizando-se "raio laser" projetado em anteparo fixado no Shield, e as correções são determinadas por um computador programado para acompanhamento da obra.

A produção média esperada está em torno de 12m/dia.

Estamos acompanhando a obra com instrumentação para controlar as deformações e recalques da superfície.

Além disso, está programada a instalação de equipamentos para verificação posterior do desempenho da estrutura projetada e executada.

6. CONSOLIDAÇÃO DE SOLO — PROCESSO C.C.P.

6.1. INTRODUÇÃO

Como já foi dito anteriormente, estamos utilizando o processo C.C.P. — "CHEMICAL CHURNING PILE" para a consolidação da abóbada e da frente

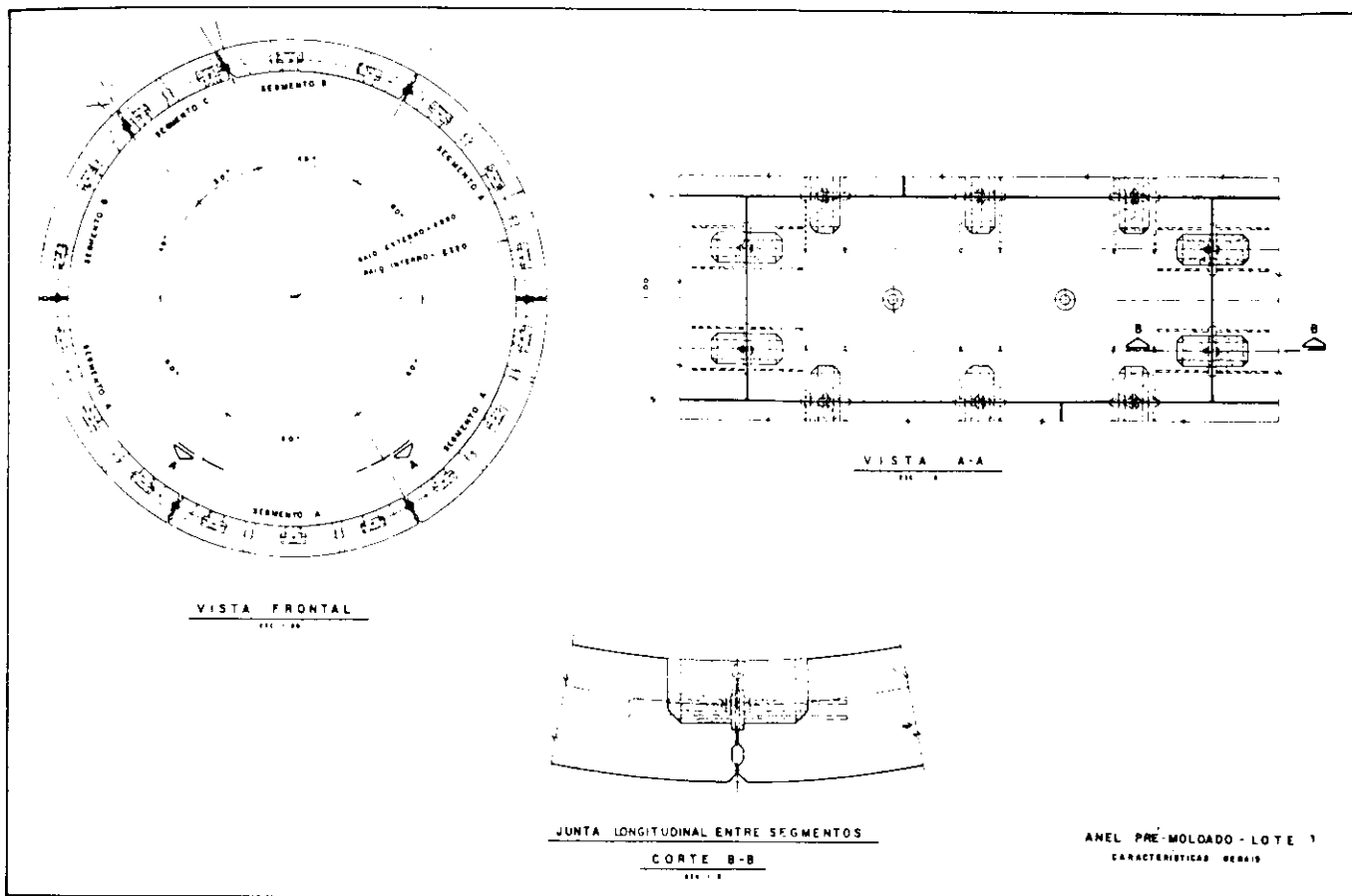


FIGURA 6

de serviço em diversos trechos onde o maciço não possua "STAND UP TIME" suficiente que permita a escavação convencional sem ocorrer colapso da frente de escavação.

Este processo nasceu no Japão e foi desenvolvido mecanicamente pelos italianos com a finalidade de estabilizar solos argilosos e siltosos, mediante tratamento a altíssimas pressões.

6.2. ASPECTOS TÉCNICOS

Basicamente o processo C.C.P. consiste em, através de um injetor colocado na extremidade de um tubo, injetar a altíssimas pressões, nata de cimento ou misturas químicas.

Durante a fase de perfuração, é utilizada uma broca contendo um

furo vertical central pelo qual é injetada água.

Após a perfuração, a haste é levantada e a broca é substituída pelo bico injetor, o qual possui 2 furos horizontais que permitem jatos de injeção opostos (180°). A haste com o bico é novamente descida e inicia-se a injeção da calda a altíssimas pressões (3.500 psi), sendo que a haste injeta durante 4 segundos girando a velocidades variáveis e depois sobe 2 cm e recomeça a injetar novamente por mais 4 segundos e assim sucessivamente.

Devido às altas pressões utilizadas há o rompimento da estrutura básica do solo, obtendo-se desta forma, colunas resultantes da mistura do solo com a calda de cimento injetada.

Variando-se a velocidade de subida, de rotação da haste, e a pressão de injeção, obtêm-se diversos diâmetros de coluna. O diâmetro básico que estamos conseguindo é de 80 mm.

6.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O equipamento básico é constituído de uma perfuratriz Wirth equipada com motor diesel MWM 50 HP, montada sobre esteiras. Sua haste e coroa possuem diâmetro de \varnothing 54mm e o injetor furos de \varnothing 1,5; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0 mm.

A calda é preparada num misturador equipado com uma bomba Halliburton T 10 compressão de 9.000 psi.

A FIGURA 7 esquematiza o procedimento básico de execução do C.C.P. e tem-se detalhes nas Fotos 1, 2, 3 e 4.

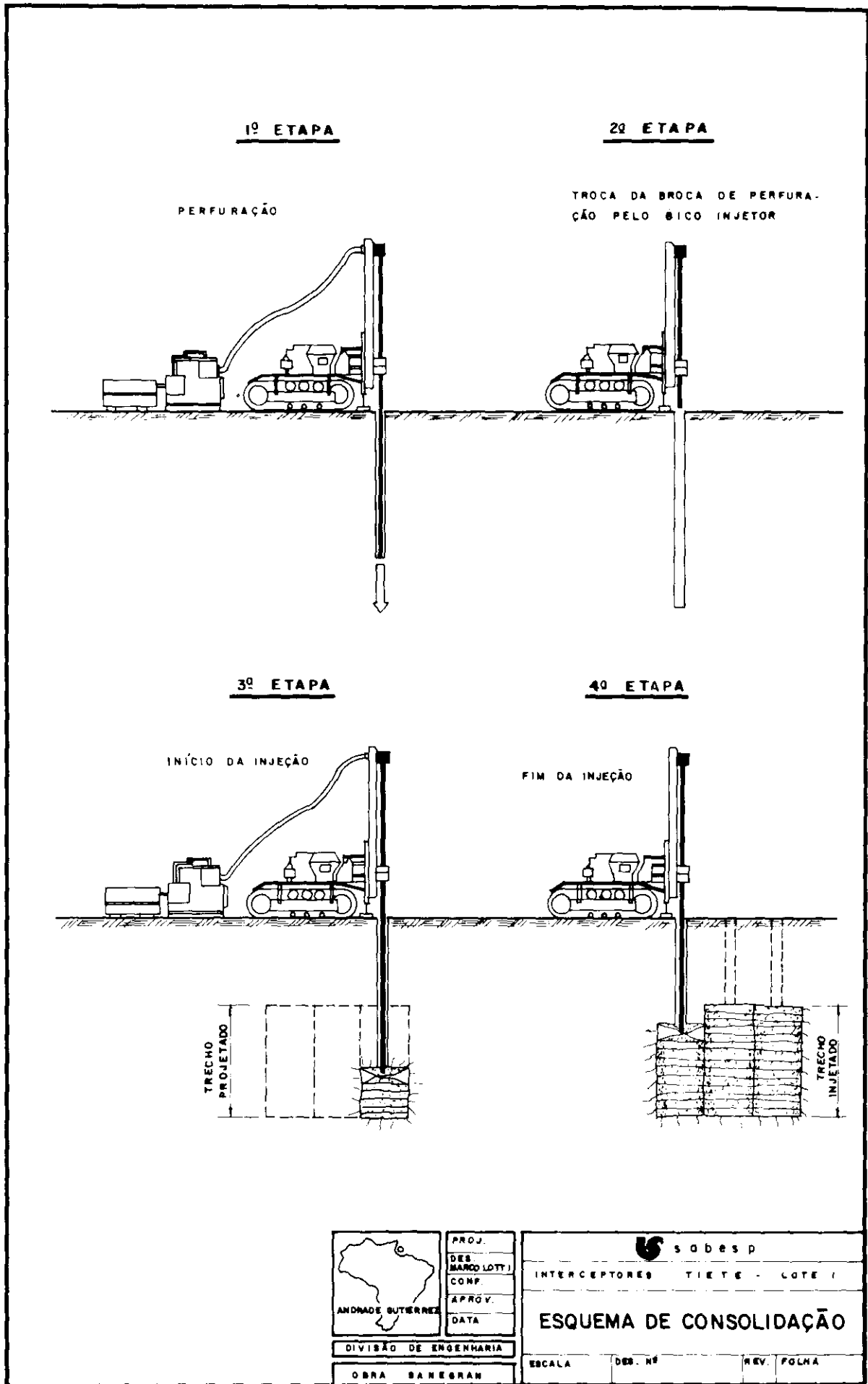


FIGURA 7



FOTO 1 – Linha de Estacas C.C.P. da Malha



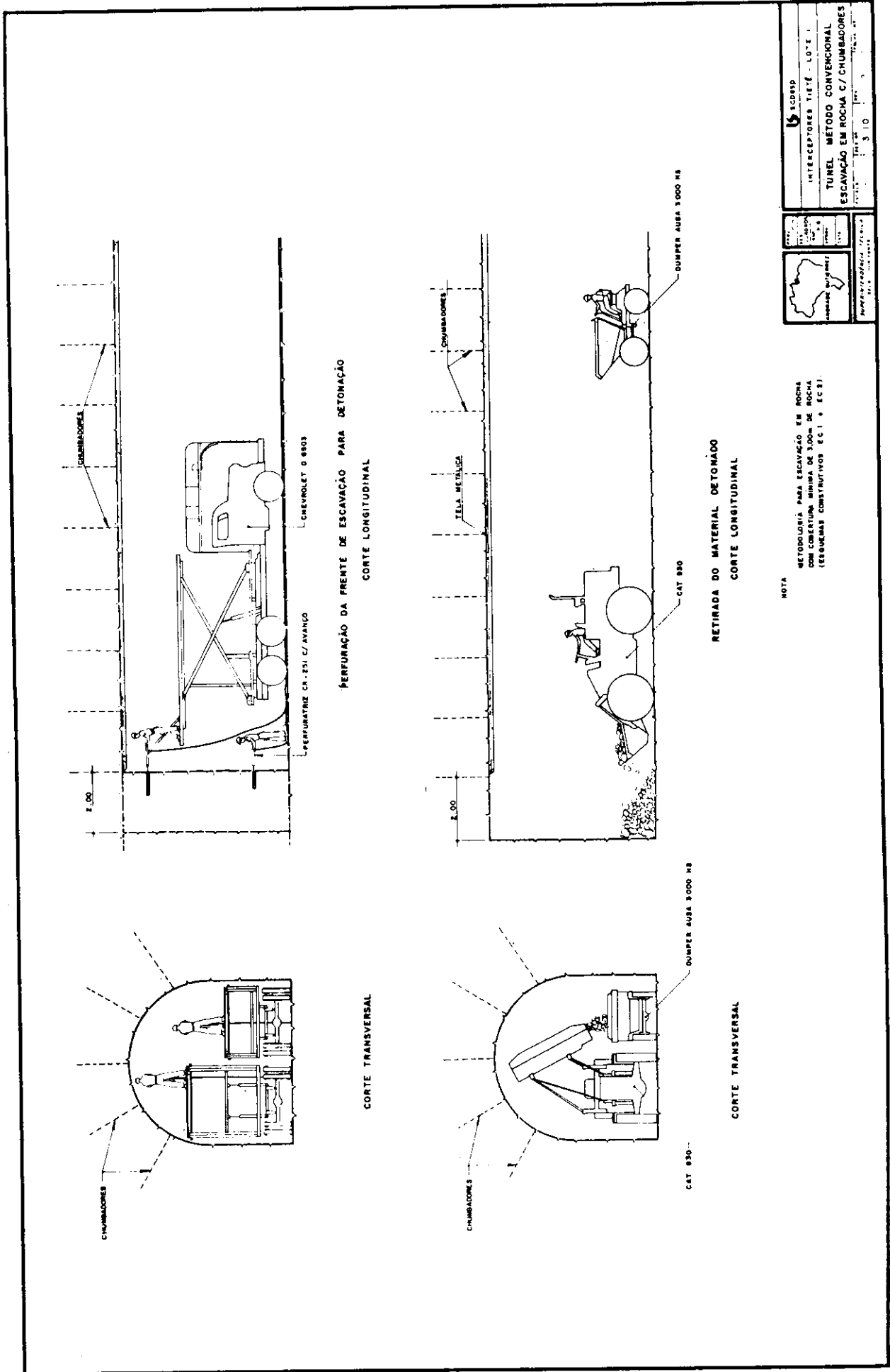
FOTO 2 – Linha de Estacas C.C.P. da Malha



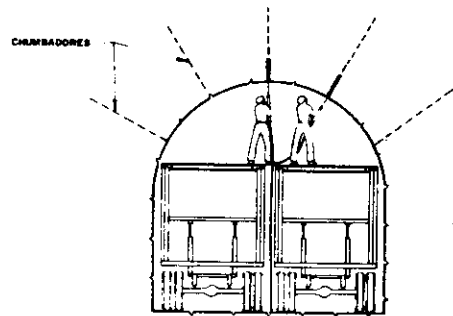
FOTO 3 – Detalhe da Estaca C.C.P.



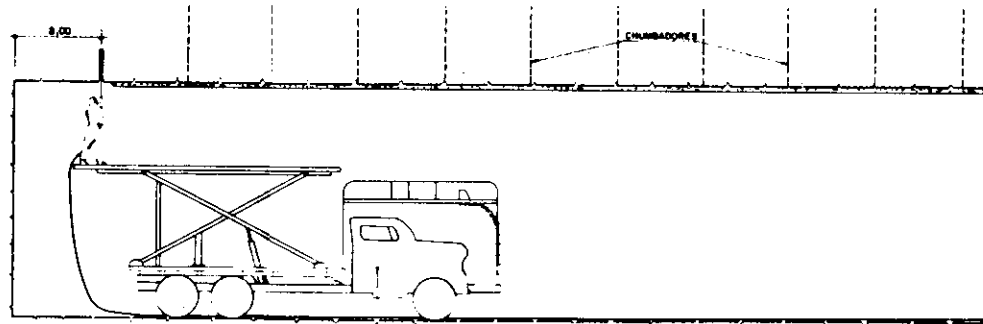
FOTO 4 – Detalhe da Estaca C.C.P.



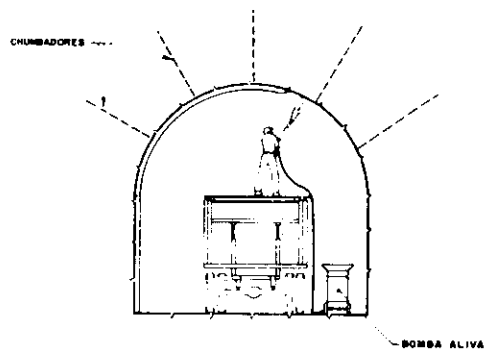
ANEXO 1 – FIGURA 1 – Desenho indicativo da escavação convencional.



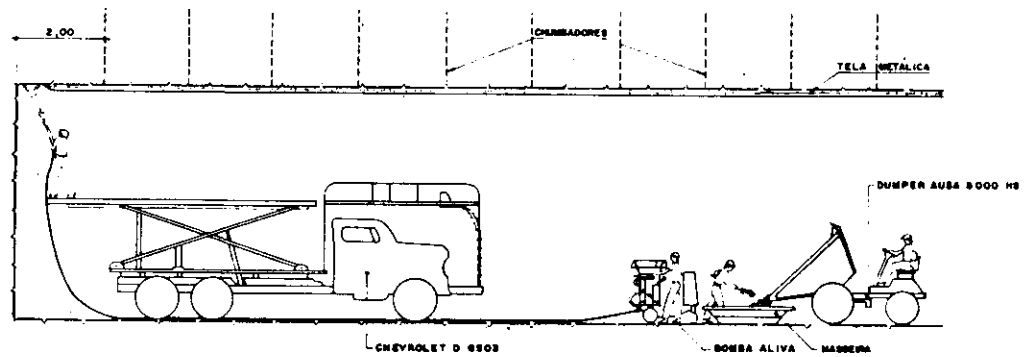
CORTE TRANSVERSAL



COLOCAÇÃO DE CHUMBADORES APÓS A RETIRADA DO MATERIAL DETONADO
CORTE LONGITUDINAL



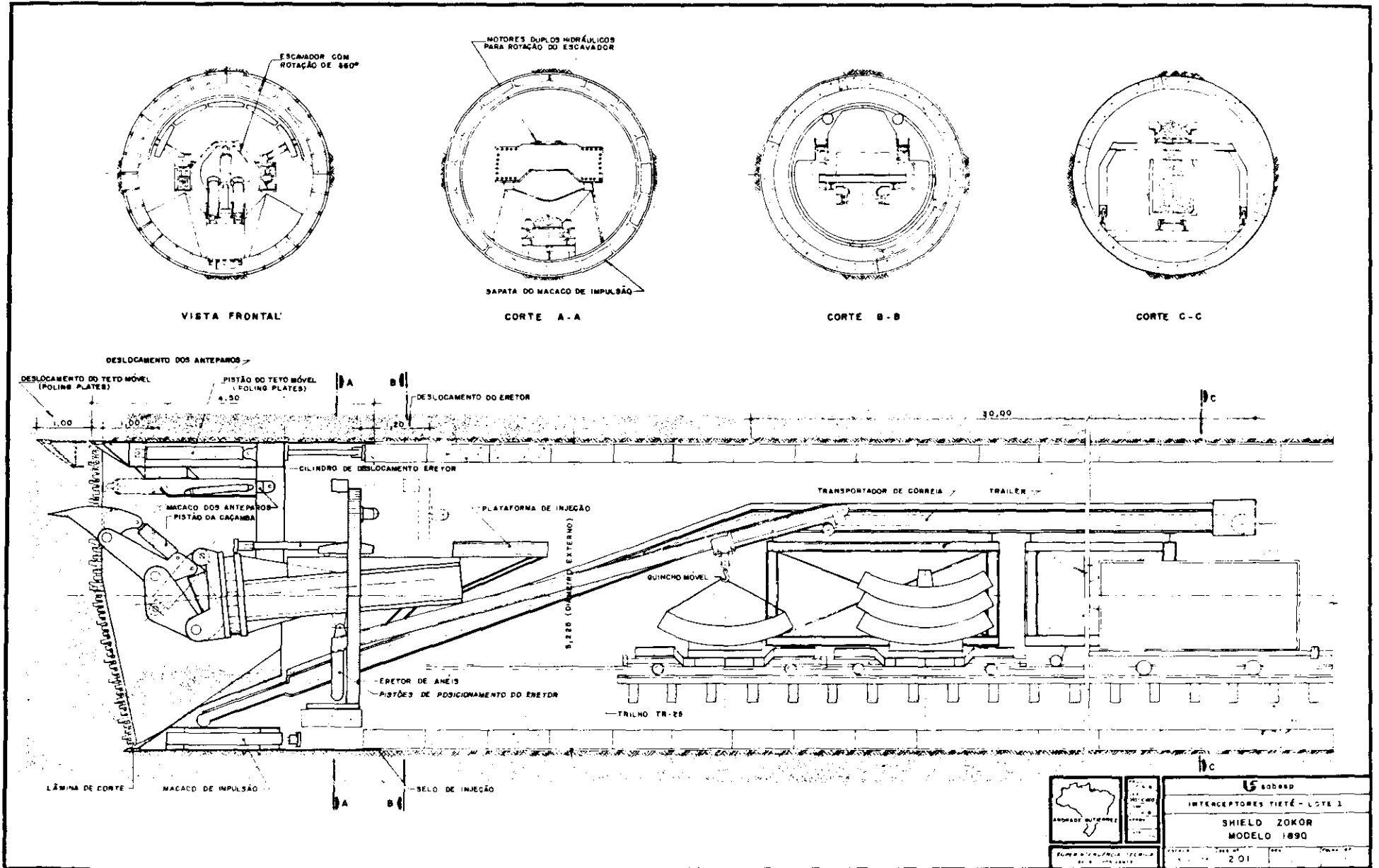
CORTE TRANSVERSAL



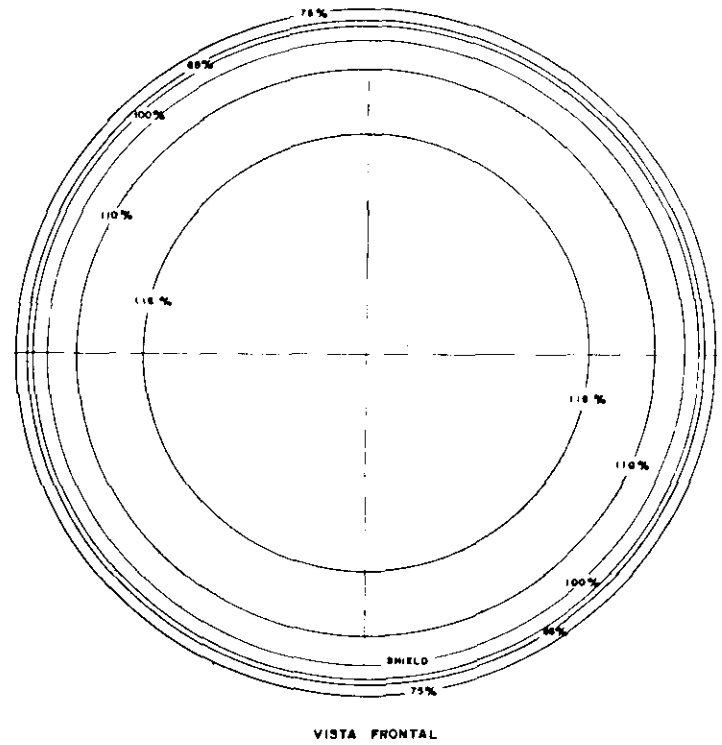
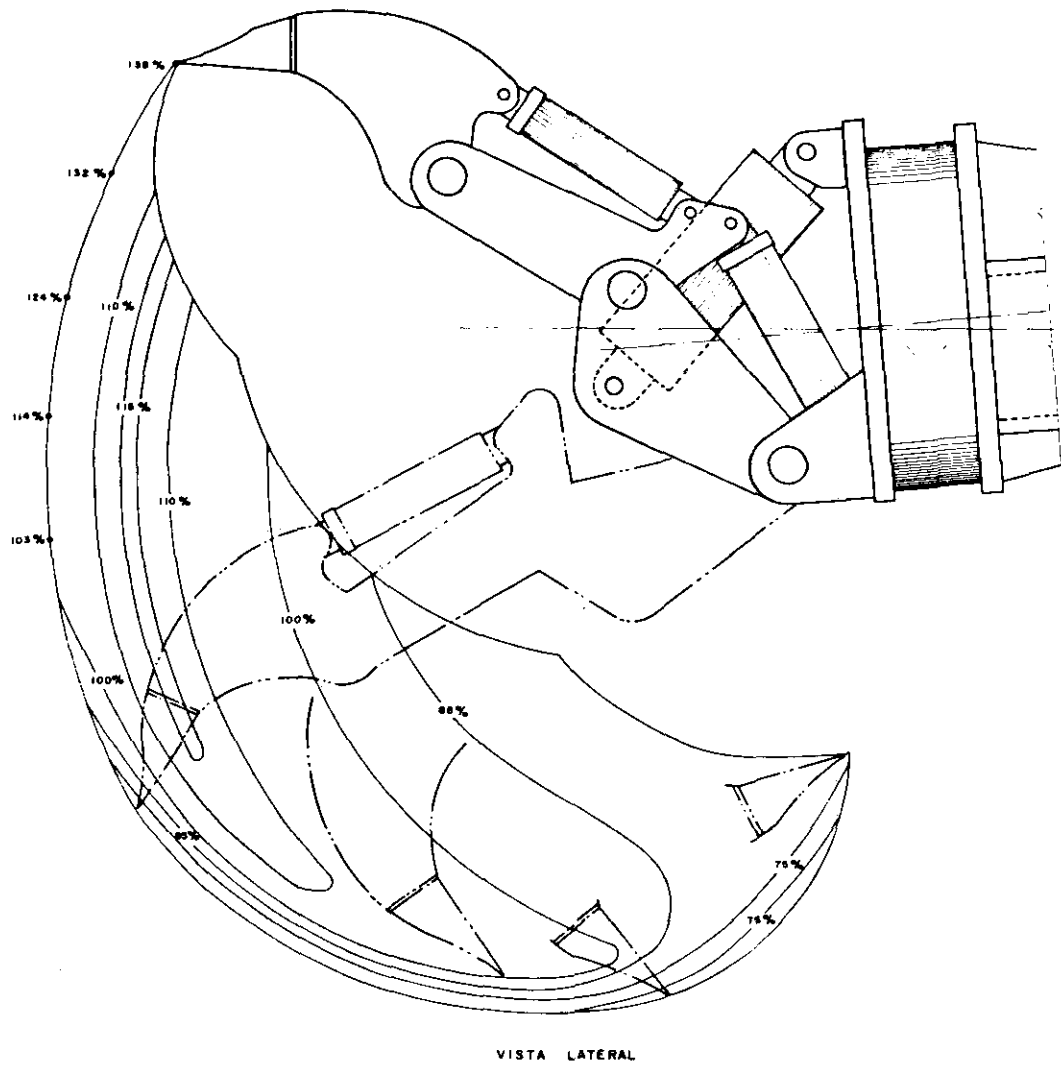
APLICAÇÃO DO CONCRETO PROJETADO
CORTE LONGITUDINAL

NOTA:
METODOLOGIA PARA ESCAVAÇÃO EM ROCHA
COM COBERTURA MÍNIMA DE 3,00m DE ROCHA.
(ESQUEMAS CONSTRUTIVOS EC1 e EC2)

	PROJ. Nº DATA	
	INTERCEPTORES TIETÊ - LOTE 1 TUNEL MÉTODO CONVENCIONAL ESCAVAÇÃO EM ROCHA C/ CHUMBADORES	
SUPERINTENDÊNCIA TÉCNICA BRUNO MACHADO	DATA 3 10	FOLHA Nº

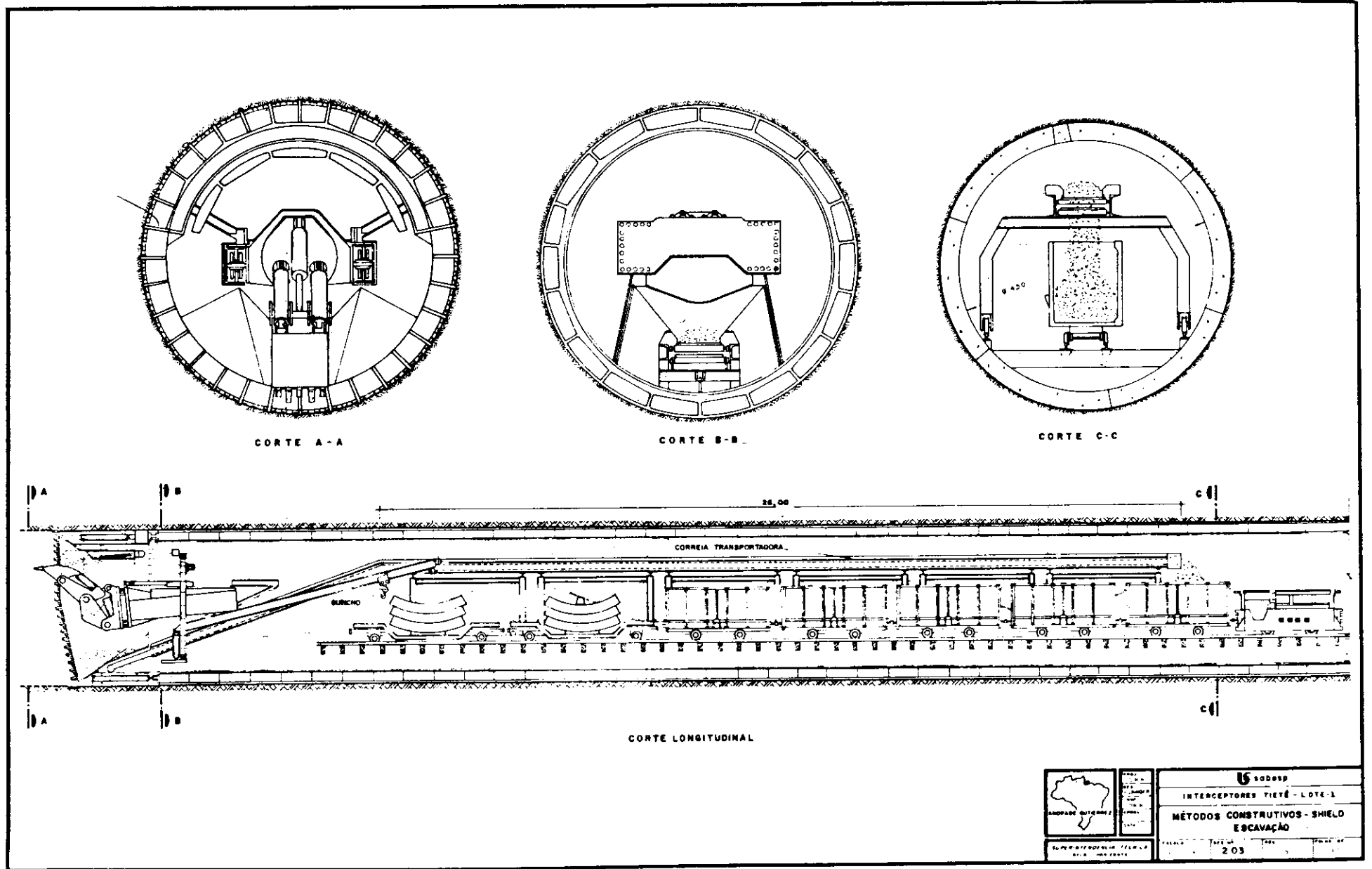


ANEXO 2 - FIGURA 2 - Desenho indicativo do método executivo de escavação em Shield.

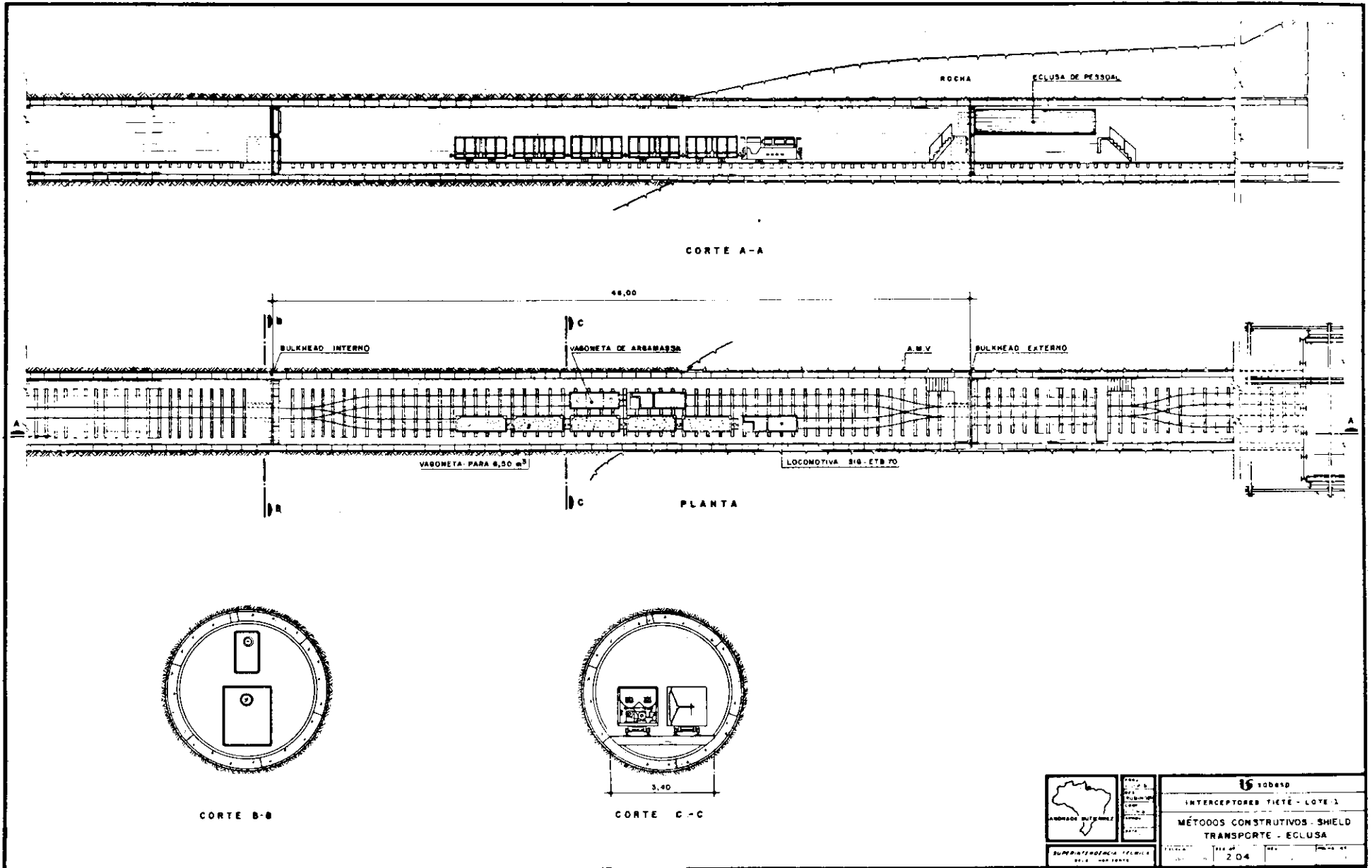


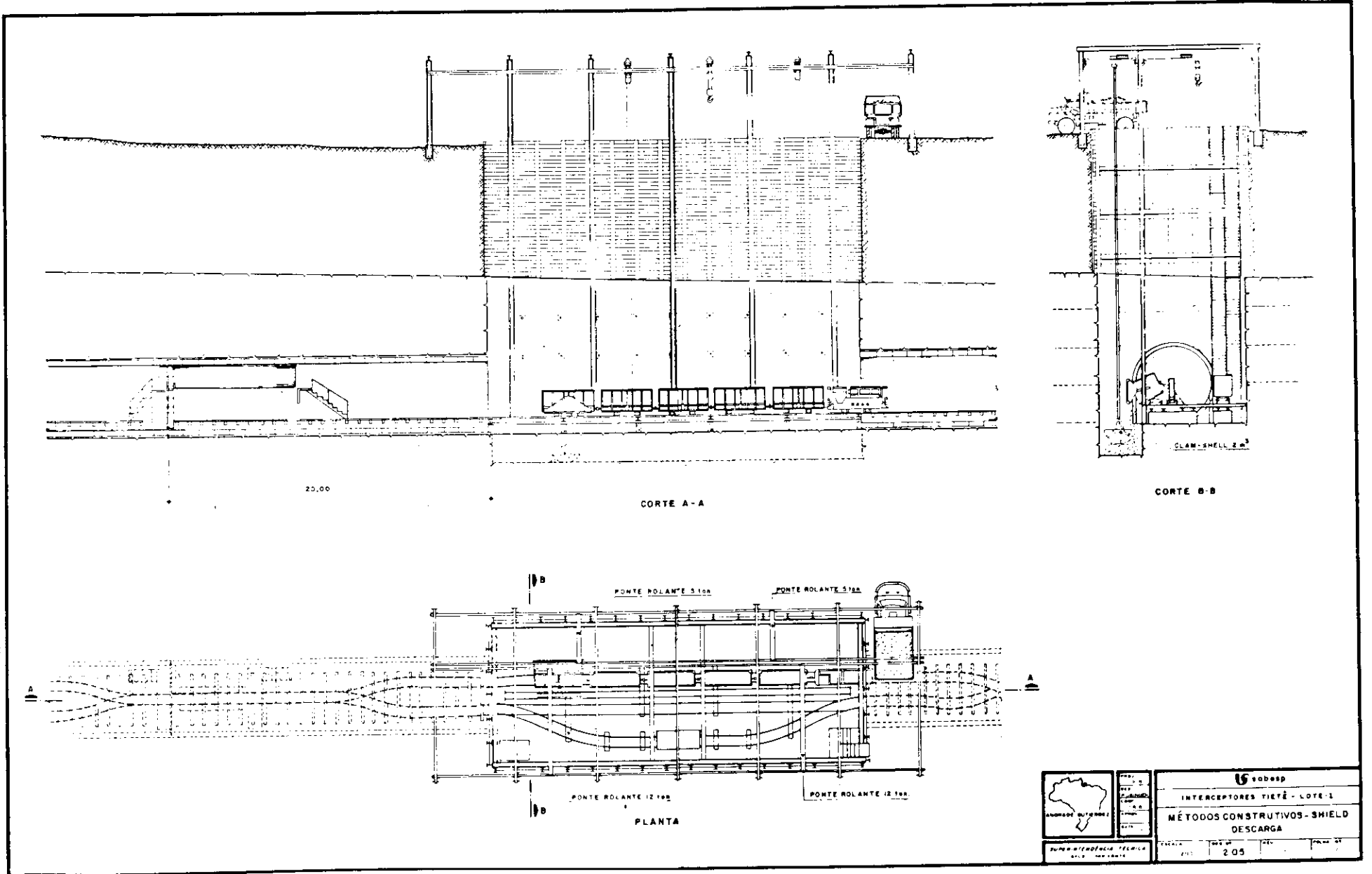
NOTA:
CALCULADO DE ACORDO COM AS NORMAS SAE J-1179

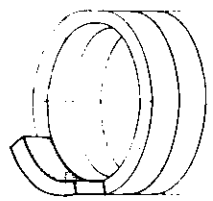
			
		INTERCEPTORES TIETÉ - LOTE 1	
DIAGRAMA DE FORÇAS ESCAVADOR ZOKOR 1890		ESCALA	DATA
2 02		2002	02



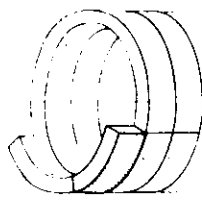
ANEXO 2 - FIGURA 4 - Desenho indicativo do método executivo de escavação em Shield.



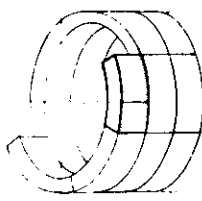




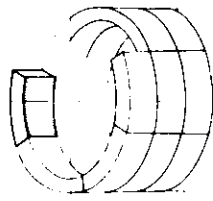
1ª ETAPA



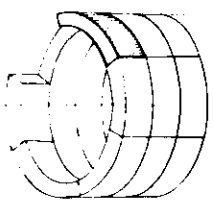
2ª ETAPA



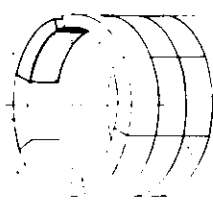
3ª ETAPA



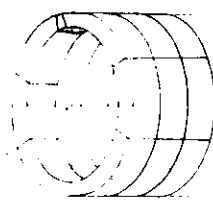
4ª ETAPA



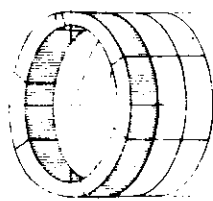
5ª ETAPA



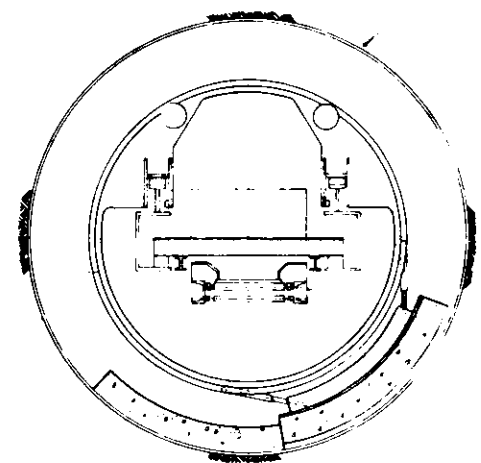
6ª ETAPA



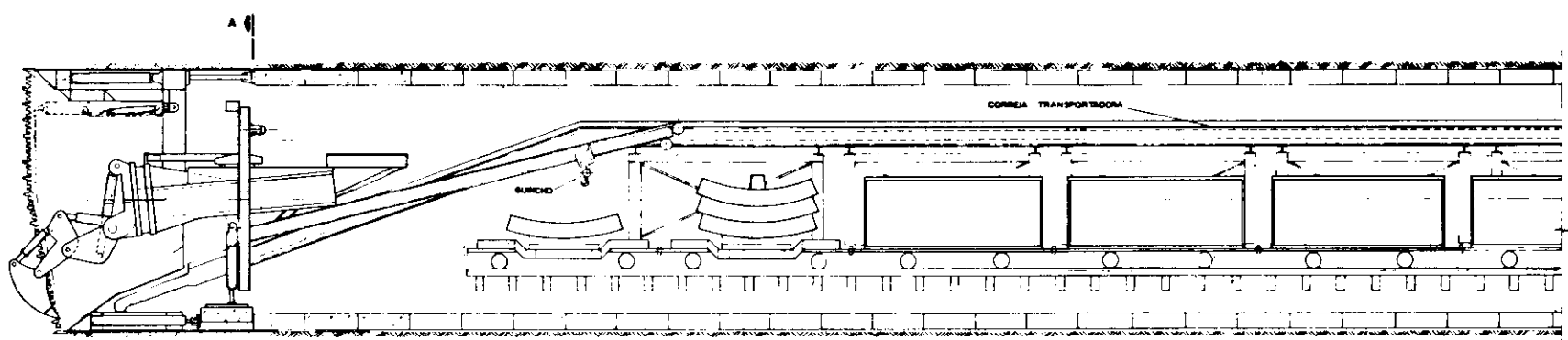
7ª ETAPA




FINAL



CORTE A - A

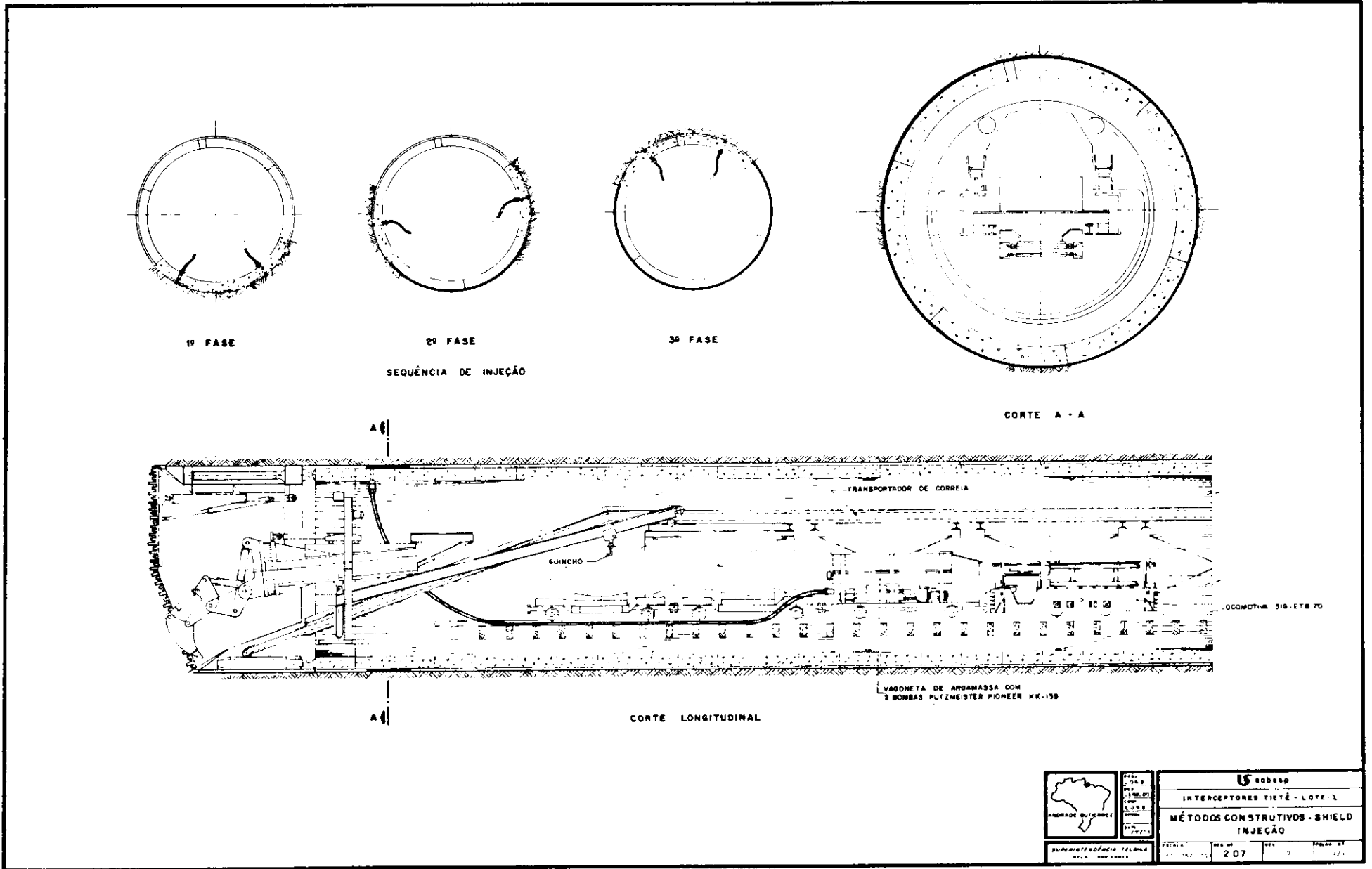


SEÇÃO LONGITUDINAL

 SUPERINTENDÊNCIA TÉCNICA SIA - BRASILIA	Nº 1000 Nº 10000 Nº 100000 Nº 1000000	gabasp INTERCEPTORES TIETÉ - LOYE 3	
	MÉTODOS CONSTRUTIVOS - SHIELD MONTAGEM DOS ANÉIS		
DATA: 1/75	Nº DE: 206	DEP: 0	FOLHA DE: 1/1

ANEXO 2 - FIGURA 6 - Desenho indicativo do método executivo de escavação em Shield.

ANEXO 2 - FIGURA 7 - Desenho indicativo do método executivo de escavação em Shield.



<p>AMADOR BUZARDI</p>	<p>PROJ. EXECUTIVO</p> <p>PROJ. EXECUTIVO</p> <p>PROJ. EXECUTIVO</p> <p>PROJ. EXECUTIVO</p> <p>PROJ. EXECUTIVO</p>	U Sabesp	
		INTERCEPTORES TIETÊ - LOYE-2	
MÉTODOS CONSTRUTIVOS - SHIELD		INJEÇÃO	
<p>ADMINISTRAÇÃO TELMEX</p> <p>1515 - 100-10000</p>	<p>ESTADO</p> <p>207</p>	<p>PROJ. Nº</p> <p>7</p>	<p>FOLHA Nº</p> <p>127</p>