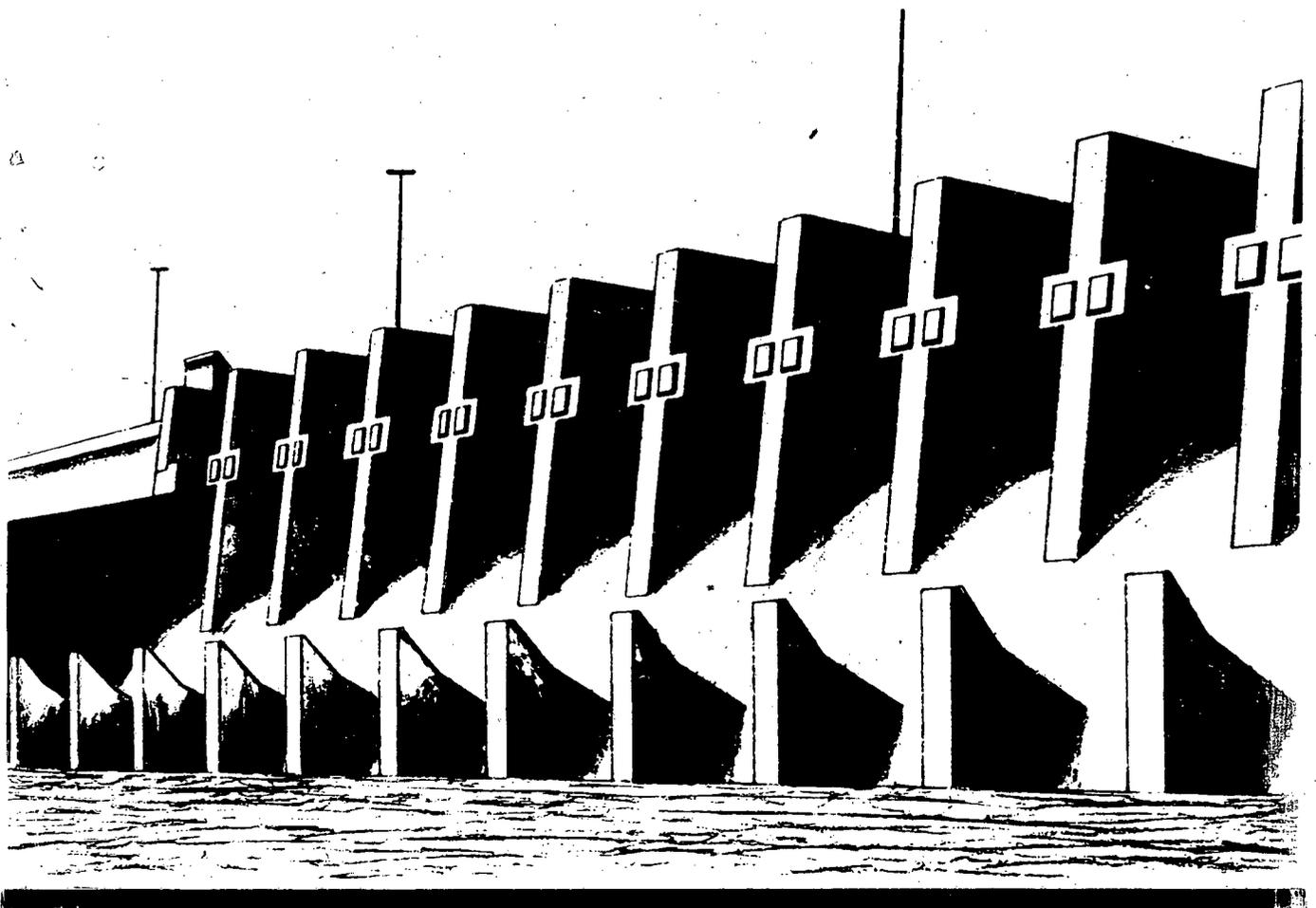


*Reparos na Região dos Dissipadores
de Energia do Vertedouro de Superfície
da UHE Ilha Solteira*



Residência de Três Irmãos e Canal

***Reparos na região dos Dissipadores
de Energia do Vertedouro de Superfície
da UHE Ilha Solteira.***

ILS-EC-001/85

REPAROS NA REGIÃO DOS DISSIPADORES DE
ENERGIA DO VERTEDOIRO DE SUPERFÍCIE DA
UHE ILHA SOLTEIRA

Engº Níveo Aurélio VILLA
Engº Luiz A. Cal de Oliveira e SILVA
Enc. Téc. Obras Roberto José da SILVA

São Paulo
Jan/ 1985

E - Diretoria de Engenharia e Construções
EII - Residência de Três Irmãos e Canal

M.O. 9.418.314

Documentação Técnica - EA-D

Av. Paulista, 2064 - 21º Andar - Sede II - São Paulo - SP

Tel.: 285.3111 - R.660

Distribuição Interna

ADDR - Depósito Legal

1 exemplar

Código de Editoração

EII-001/85

SUMÁRIO

	páginas
APRESENTAÇÃO	03
INTRODUÇÃO	05
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1974	07
1.1. OBSERVAÇÕES	07
1.2. REPAROS PROPRIAMENTE DITOS.....	09
1.2.1. Reparos pequenos	10
1.2.2. Reparos grandes	16
1.2.3. Experiência com argamassa epóxica.....	22
1.2.4. Experiência com pintura de Colma Dur	27
2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1975.....	28
2.1. OBSERVAÇÕES.....	28
2.2. REPAROS	29
2.2.1. Materiais utilizados	29
2.2.2. Eliminação das águas provenientes das comportas nos locais dos reparos.....	29
2.2.3. Execução dos reparos.....	31
2.3. MATERIAIS GASTOS EM 1975.....	32
2.4. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	32
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1977.....	32
3.1. OBSERVAÇÕES	32
3.2. PROGRAMAÇÃO DOS SERVIÇOS	37
3.3. ESTUDO DA COMPOSIÇÃO DOS TRAÇOS DE MATERIAIS EPÓXICOS	38
3.3.1. Ensaios solicitados	38
3.4. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	42
3.4.1. Flutuadores.....	42
3.5. EXECUÇÃO DO REPARO	45
3.5.1. Especificações	45
3.5.2. Reparos das cavitações	46
4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1978.....	57
4.1. OBSERVAÇÕES	57
4.2. TECNOLOGIA ADOTADA , NOVAS SOLUÇÕES	59
4.3. ESQUEMA DE REPARO ADOTADO.....	64
4.4. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	64
4.5. EXECUÇÃO DOS REPAROS	65
4.5.1. Chapa de aço inóx de 1" colocada no VS-09, lado esquerdo.....	68
4.5.2. Chapa de aço inóx associada à chapa de aço comum, VS-10 lado esquerdo.....	85
4.5.3. Chapa de aço comum VS-12, lado esquerdo.....	91
4.5.4. Chapa de aço comum no VS-15, lado esquerdo.....	97
4.5.5. Execução do reparo com emprego de chumbadores e armadura de pele no VS-15, lado direito.....	105
4.5.6. Reparos com argamassa epóxica.....	110
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1979.....	125
5.1. OBSERVAÇÕES	125
5.2. REPARO DA CHAPA DE AÇO INÓX NO VS-10, LADO ESQUERDO.....	129
5.2.1. Injeção com resina epóxica entre as duas chapas.....	130
5.3. REPARO DAS CAVIDADES COM ARGAMASSA EPÓXICA.....	134
5.4. PINTURA DAS CHAPAS DE AÇO COMUM COLOCADAS NO VS-12 E VS-15, LADO ESQUERDO.....	135
5.4.1. Pintura da chapa do VS-15, lado esquerdo.....	135
5.4.2. Pintura da chapa do VS-12, lado esquerdo.....	135

6.	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1980	136
6.1.	OBSERVAÇÕES	136
6.2.	EXECUÇÃO DOS REPAROS COM CONCRETO FIBROSO E ARGAMASSA EPÓXICA ..	142
6.2.1.	Concreto fibroso	142
6.2.2.	Argamassa epóxica fibrosa	149
6.3.	AMPLIAÇÃO DA ÁREA DA CHAPA NO VS-09, LADO ESQUERDO.....	158
6.3.1.	Fabricação da chapa	159
6.3.2.	Preparo do local de fixação da chapa	166
6.3.3.	Colocação da chapa	167
6.3.4.	Forma	170
6.3.5.	Concretagem	170
6.3.6.	Acabamento e polimento da superfície da chapa	170
6.3.7.	Acabamento com argamassa epóxica nas laterais da chapa	171
6.3.8.	Injeção com resina entre as duas chapas	171
7.	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1981	172
7.1.	OBSERVAÇÕES	172
7.2.	PROJETO DA CHAPA DE AÇO	176
7.2.1.	Determinação da geometria	176
7.2.2.	Detalhamento do projeto e montagem da chapa	178
7.2.3.	Relação de materiais	185
7.2.4.	Mapeamento dos efeitos da cavitação dos vertedouros	189
8.	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1982	198
8.1.	OBSERVAÇÕES	198
8.2.	REPARO COM BLINDAGEM DE AÇO INÓX NOS VS-08 E VS-09	200
8.2.1.	Testes dos elementos de ligação e ancoragem da chapa	201
8.2.2.	Comentários sobre o dimensionamento dos elementos de ligação e ancoragem da chapa	203
8.2.3.	Fabricação e montagem das chapas	204
8.2.4.	Preparo do local	206
8.2.5.	Acabamento das ranhuras laterais da chapa	207
8.2.6.	Injeção de calda de cimento	207
8.2.7.	Injeção de resina epóxica	208
9.	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS CHAPAS DE AÇO	209
10.	REPAROS EXECUTADOS EM 1983	215
11.	DADOS SOBRE A OPERAÇÃO DOS VERTEDOUROS	221
12.	CONCLUSÕES	233

A P R E S E N T A Ç Ã O

Este relatório encerra a experiência adquirida pela equipe da Residência de Ilha Solteira e Três Irmãos no período compreendido entre junho de 1974 até esta data, no combate ao fenômeno de cavitação junto aos dentes dissipadores do Vertedouro da Usina Hidroelétrica Ilha Solteira.

Embora já se esteja próximo da solução definitiva, e esta será objeto de um relatório especial, enfeixa este volume todas as alternativas de solução que, por motivos econômicos, foram tentadas. Acresça-se a isto o fato de que o fenômeno em nenhum momento constituiu risco à segurança da Hidroelétrica, o que permitiu uma abordagem tranquila e sistemática na busca da solução ideal.

Colocando este grande conjunto de informações, de forma resumida, ordenada e ilustrada, nas mãos dos técnicos no assunto, esperamos que seja útil para a solução de eventuais problemas semelhantes.

Residência de Ilha Solteira e Três Irmãos

Novembro de 1984

I N T R O D U Ç Ã O

CARACTERÍSTICAS DO VERTEDOIRO DA USINA HIDROELÉTRICA ILHA SOLTEIRA.

Os dezenove vertedouros da Usina Hidroelétrica Ilha Solteira, em operação, desde 1973, foram estudados no Laboratório de Hidráulica de Jupiã, instalado pela Cesp, com supervisão da Sociêtê Grenobloise D'Etude Et D'Applications Hydrauliques (**Sogreah**).

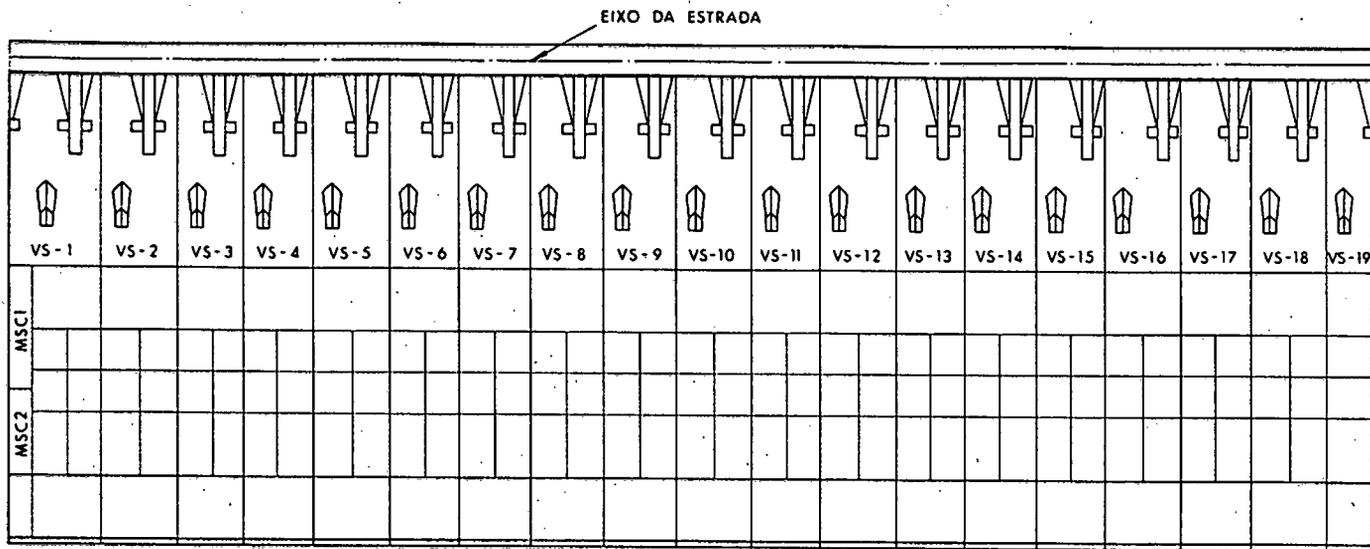
Visando o encurtamento da bacia de dissipação de energia da água vertida, e conseqüente economia em lançamento de concreto, criou-se no centro de cada vão, dentes dissipadores de energia. Os desenhos a seguir ilustram a locação e geometria dos vertedouros, projetados com o perfil de Creager..

EROSÃO POR CAVITAÇÃO - DESCRIÇÃO DO FENÔMENO.

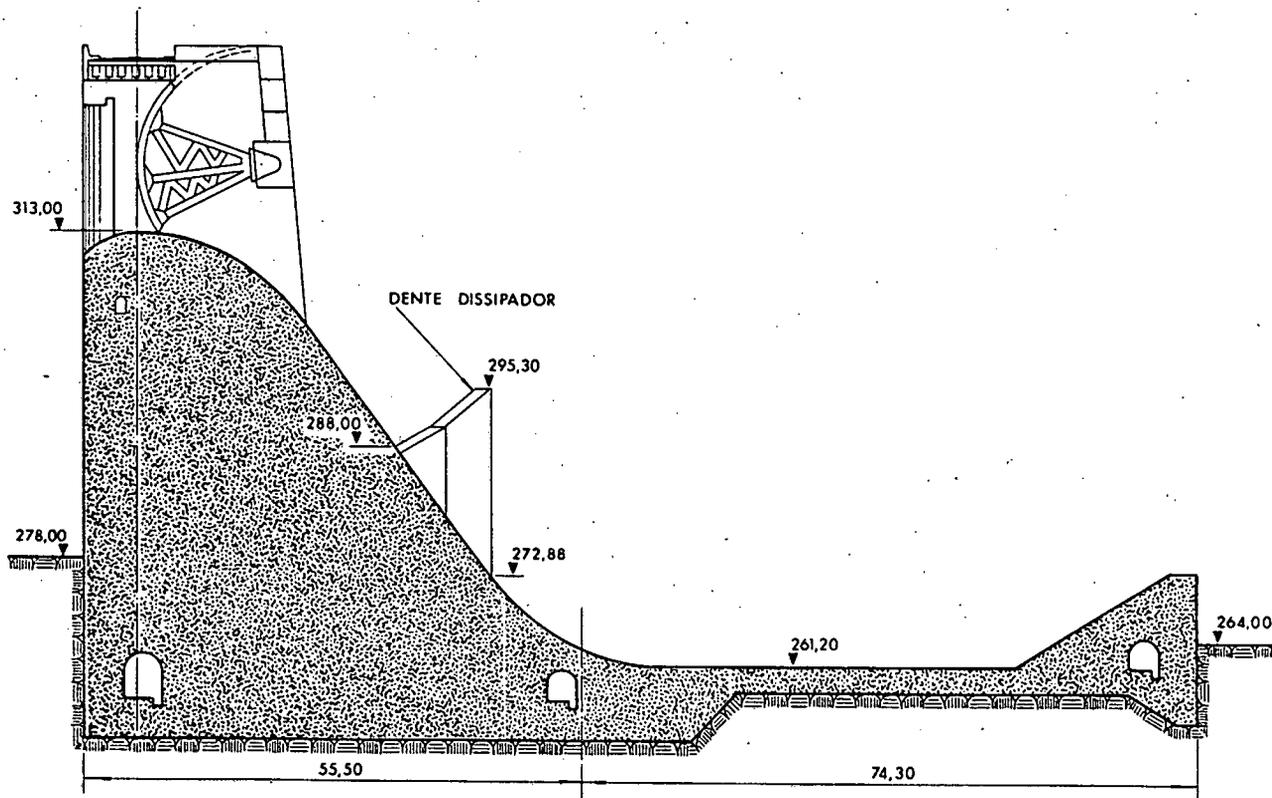
Conforme se observa nos itens seguintes deste relatório, esses dentes dissipadores acarretaram, nas regiões da soleira a eles adjacentes, uma erosão causada por cavitação.

Como se sabe, o fenômeno da cavitação é provocado por escoamento de líquidos a altas velocidades em superfícies irregulares, dando lugar a diminuições locais de pressão, que poderão descer até a tensão de vapor do líquido, formando-se então bolhas ou bolsas de vapor. Quando estas, no seu movimento para jusante, atingem zonas de maior pressão, o vapor condensa-se subitamente e elas colapsam, originando pressões muito elevadas e rapidamente variáveis.

Se o colapso ocorre junto à superfície do concreto, este é erodido, ficando com o aspecto esponjoso típico do fenômeno. Estas definições se basearam em texto de Antônio de Carvalho Quintela a respeito (minuta de Monografia do Departamento de Hidráulica do I.S.T.).



Planta do Vertedouro de Superfície



Corte Transversal do Vertedouro de Superfície

1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1.974.

1.1 - OBSERVAÇÕES.

Em princípio de junho/74, decidiu-se pela realização de uma inspeção completa em toda soleira e bacia de dissipação do Vertedouro de Superfície, além de verificar a situação da encosta rochosa a jusante do bloco F, bem como a disposição do material de enchimento (pedras G1 e G3 soltas) interposto entre a encosta e o bloco F. No comportamento deste material solto é que estavam sendo concentradas as maiores atenções, quando do início da inspeção.

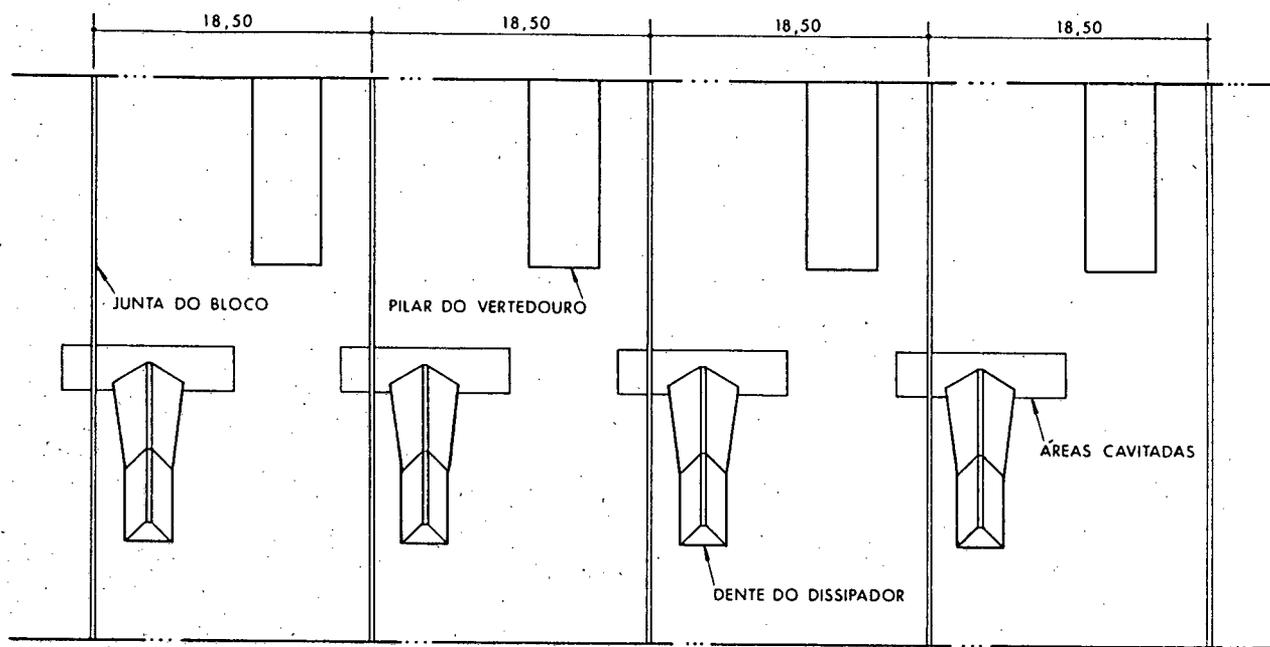
Esses serviços de inspeção visavam efetuar, também, uma verificação de como estavam se comportando as estruturas de escoamento e dissipação, após um período de um ano de uso ininterrupto do Vertedouro, que coincidiu com vazões elevadas no período da cheia.

Por não estarem, ainda, todas as unidades geradoras concluídas (apenas as quatro primeiras estavam em funcionamento), o vertedouro foi solicitado a dar vazão a todo o volume excedente não turbinado, durante aquele período.

Nos dias determinados para a inspeção (17 e 19 de junho/74) as comportas ficaram totalmente fechadas, para propiciar as observações visuais da superfície de escoamento acima do nível d'água de jusante, bem como os levantamentos ecobatimétricos em toda a área da bacia de dissipação.

Naquela oportunidade, durante a inspeção visual feita na soleira do Vertedouro de Superfície, constatou-se a existência de cavidades próximas aos dentes dissipadores, conforme mostramos no desenho a seguir.

NOTA : Esse capítulo foi extraído do relatório "Reparos Efetuados no Vertedouro de Superfície da Usina de Ilha Solteira", elaborado por ocasião dos reparos de 1.974 pela equipe da Residência de Obras.



Planta Parcial do Vertedouro

Após uma inspeção minuciosa nos locais dessas cavidades, constatou-se tratar-se de cavitações localizadas, motivadas pelo descolamento da lâmina líquida da soleira, ao encontrar o dente dissipador.

Essas cavitações, embora existentes em todas as soleiras, em ambos os lados de todos os dentes, apresentaram cavidades com dimensões variadas. Deve-se lembrar porém que em toda a estrutura dos dentes, não se observou nenhum fenômeno de cavitação.



Cavitação do lado direito do dente dissipador do VS-4.

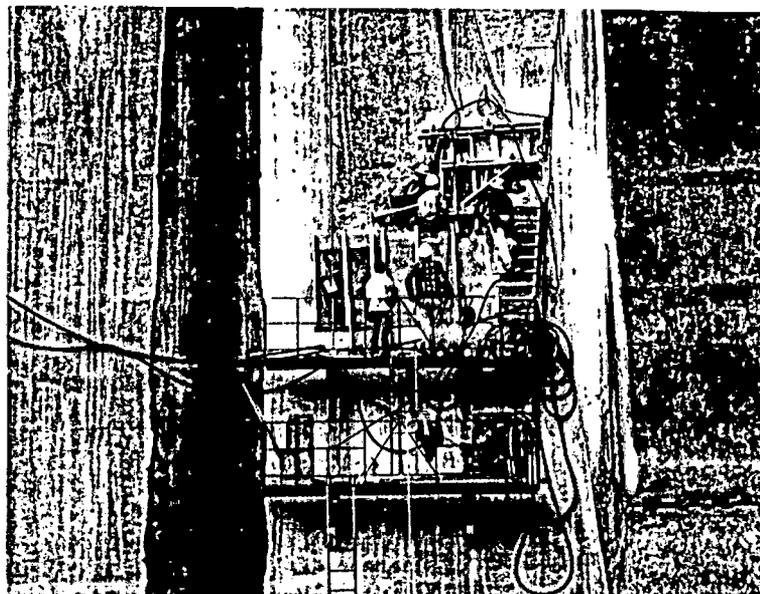


Cavitação do lado esquerdo do dente dissipador do VS-18.

1.2 - REPAROS PROPRIAMENTE DITOS.

Para dar condições de acesso às regiões a serem reparadas, foram fabricadas plataformas metálicas. Estas plataformas se apoiavam na rampa do Vertedouro de Superfície e eram sustentadas por cabos de aço, fixados nas comportas do

vertedouro e reguladas por meio de uma talha tirfor. Nestas plataformas, fixavam-se escadas que davam condição de acesso à bacia de dissipação do Vertedouro, ensecada para execução dos demais serviços.



Vista da plataforma metálica e escada de acesso ao local do reparo.

Adotou-se dois critérios para se efetuar os reparos na região do dente dissipador.

- a) Com argamassa : para reparos pequenos
- b) Com concreto : para reparos grandes

Para execução dos reparos, foram consultadas as especificações gerais de Ilha Solteira para reparos em superfícies hidráulicas para alta velocidade de água.

1.2.1 - Reparos pequenos.

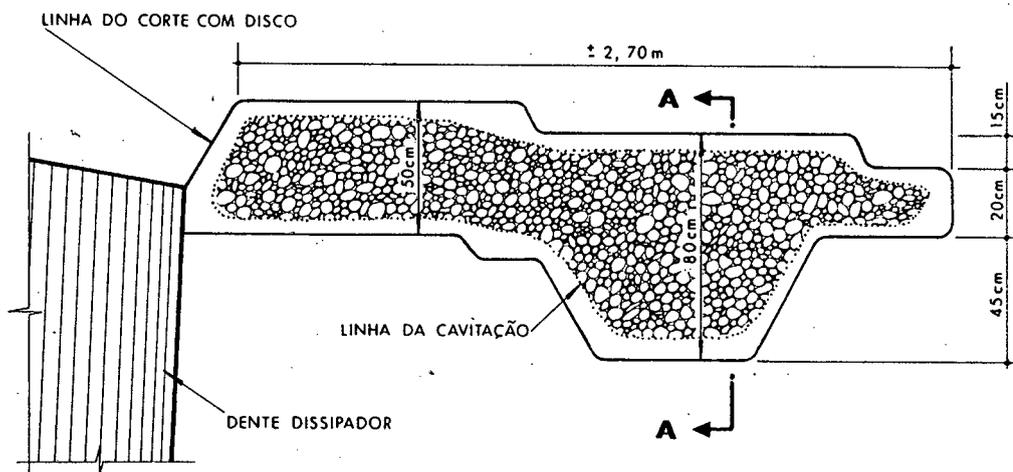
Esses reparos foram feitos nas cavidades com profundidade menores do que 10cm. Para execução dos reparos foi obedecida a seguinte seqüência de trabalho:

- Rompimento.

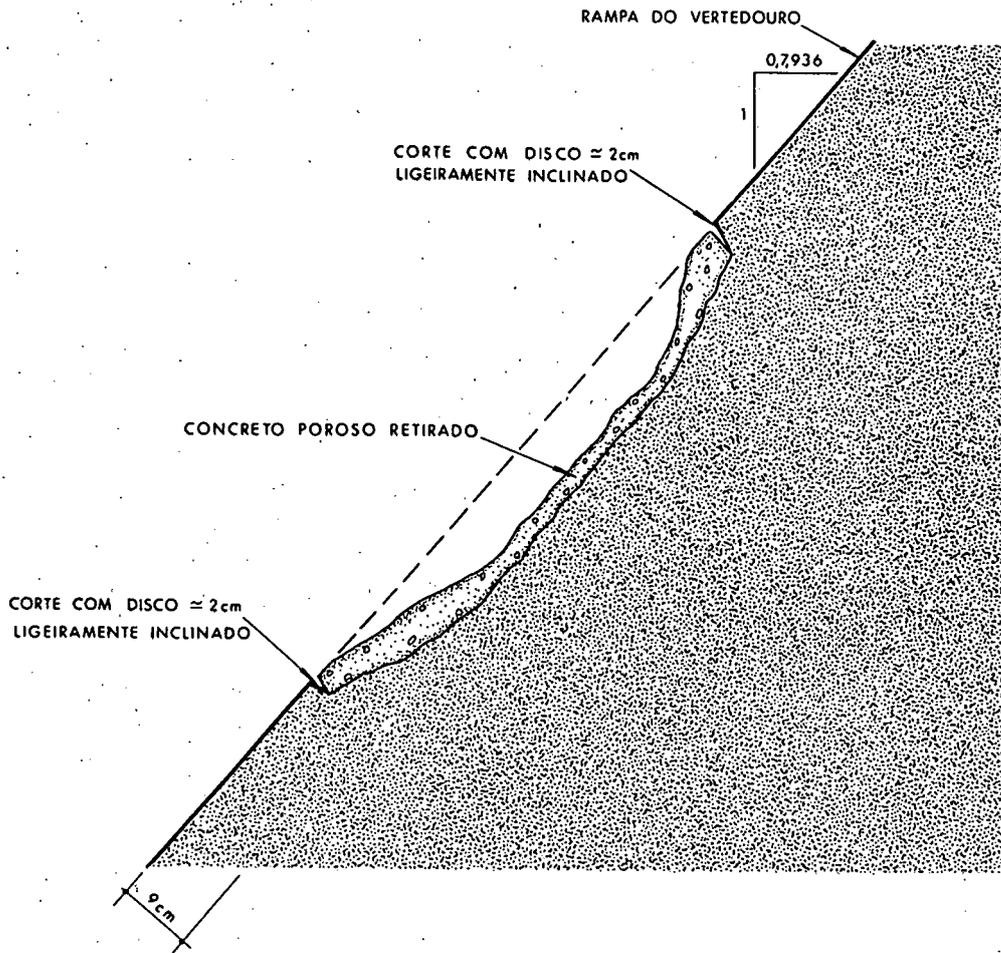
Foi feito primeiramente na parte central da área em reparo e, posteriormente, na parte cortada com disco. O rompimento prosseguiu até eliminar totalmente o concreto poroso da área e também formar uma espessura suficiente para se conseguir um bom acabamento.



Vista do reparo entre as juntas do VS-5 e 6. Nota-se a área totalmente rompida e cortada com disco.



Planta do Reparo



Corte A-A

NOTA : O CORTE COM DISCO FOI FEITO INCLINADO COM CANTOS ARREDONDADOS, PROCURANDO-SE ASSIM EVITAR POSSÍVEIS VAZIOS NA HORA DO LANÇAMENTO DA ARGAMASSA.

Reparo do Lado Esquerdo do Dente do VS-11

- Corte com disco, com profundidade de 2cm, aproximadamente. Foi feito o corte inclinado, contornando toda a área em reparo, formando sempre figuras geométricas com cantos arredondados. Isto foi feito para se garantir uma perfeita união entre o concreto (velho) e a argamassa (nova).
- Tratamento de Junta.
Foi jateada toda a área do concreto rompido, lavando-se em seguida com jato de ar e água.

- Colagem da argamassa com Colma Fix-32 da Sika.

Foram misturados na mesma proporção em peso, os componentes "A" e "B". Aplicou-se com um pincel de 2 1/2", na superfície completamente seca.



Vista da aplicação da cola com pincel.



Vista da área com a cola aplicada.

- Aplicação de argamassa de cimento.

Imediatamente após a aplicação da cola (componente A e B), aplicou-se a argamassa com colher de pedreiro. O sentido de lançamento da argamassa foi de baixo para cima do reparo. O acabamento foi executado com desempenadeira.

- Cura.

Os reparos foram cobertos com duas camadas de tecido de juta, mantidas constantemente úmidas durante 14 dias.

BLOCOS	ARGAMASSA (m ³)			TOTAL m ³	COLA COLMA FIX kg
	CIMENTO	AREIA	ÁGUA		
VS-01	0,040	0,080	0,020	0,140	8,000
VS-02	0,080	0,160	0,040	0,280	12,000
VS-03	0,064	0,128	0,032	0,224	7,000
VS-04	0,032	0,064	0,016	0,112	2,000
VS-05	0,128	0,256	0,064	0,448	11,000
VS-06	0,108	0,216	0,054	0,378	9,000
VS-07	0,060	0,120	0,030	0,210	5,000
VS-08	0,120	0,240	0,060	0,420	6,000
VS-09	0,120	0,240	0,060	0,420	6,000
VS-10	0,176	0,352	0,088	0,616	9,000
VS-11	0,104	0,208	0,052	0,364	6,000
VS-12	0,216	0,432	0,108	0,756	9,000
VS-13	0,160	0,320	0,080	0,560	8,000
VS-14	0,120	0,240	0,060	0,420	8,000
VS-15	0,120	0,240	0,060	0,420	7,000
VS-16	0,064	0,128	0,032	0,224	6,000
VS-17	0,040	0,080	0,020	0,140	4,000
VS-18	0,064	0,128	0,032	0,224	4,000
VS-19	0,048	0,096	0,024	0,168	8,000
TOTAIS	1,864	3,728	0,932	6,524	135,000

OBS:- CONSUMO DE COLA COLMA FIX = 2,0 kg/m²
COMPONENTE A + COMPONENTE B



Vista da aplicação da argamassa e início do acabamento
com desempenadeira.



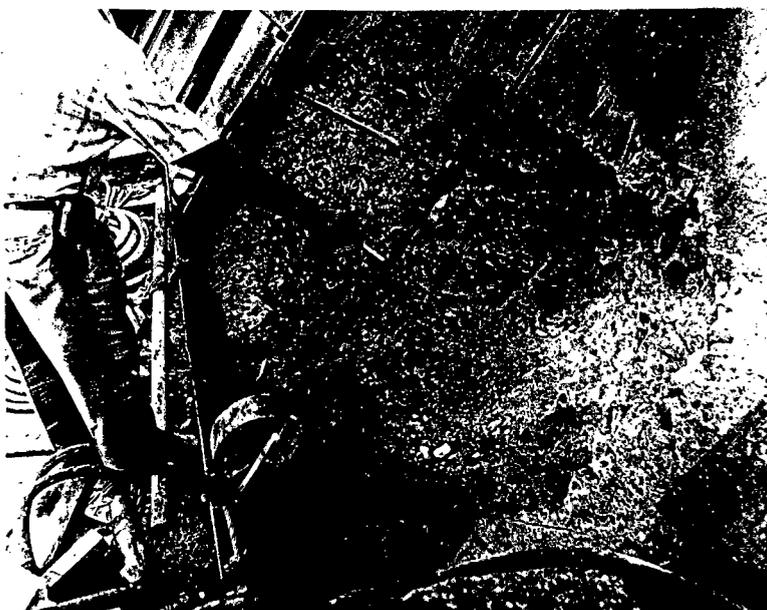
Vista do reparo coberto com juta.

1.2.2 - Reparos grandes.

Esses reparos foram feitos nas cavidades com profundidades maiores do que 10cm. Foi obedecida a seguinte seqüência para sua execução.

- Rompimento.

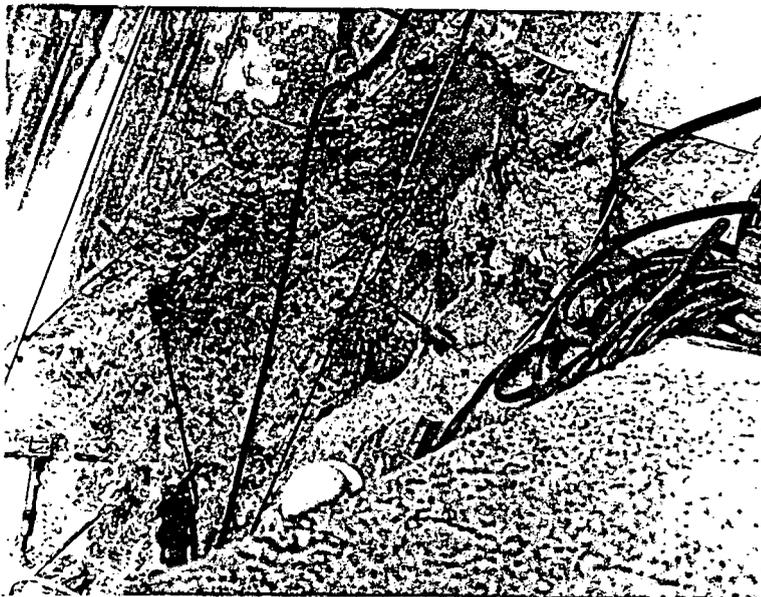
Foi executado primeiramente na parte central da área em reparo e posteriormente na parte cortada com disco. O rompimento foi feito até eliminar totalmente o concreto poroso da região da área rompida.



Rompimento do concreto danificado pela cavitação no VS-11, lado direito.

- Recuperação de juntas Fugenband.

Houve casos em que foi necessário recuperar certos trechos de Fugenband danificados pela cavitação.



Área cortada com disco e totalmente rompida e recorte do Fungenband pronto para ser emendado na junta dos blocos 3 e 4.



Emenda da junta Fungenband entre os blocos 3 e 4.



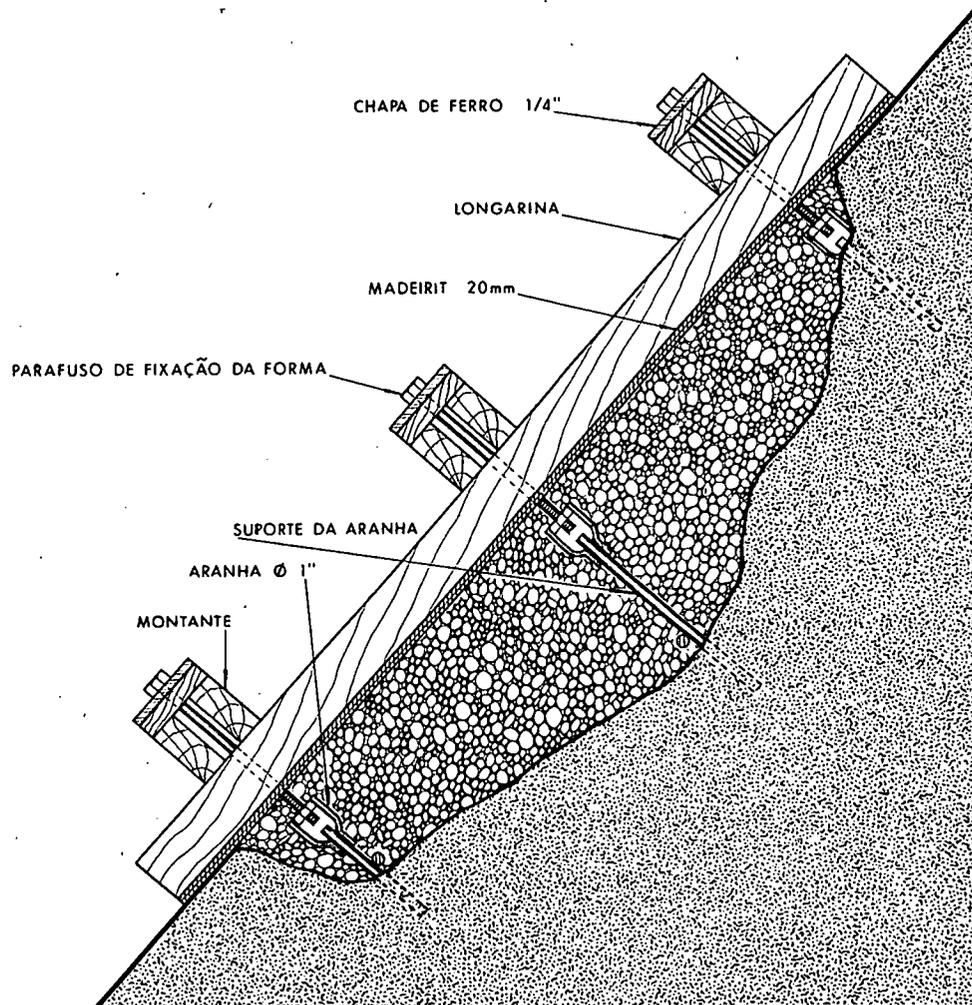
Vista mostrando o Fugenband da junta do VS-3 com o VS-4,
totalmente recuperado.

- Corte com disco - 2cm de profundidade.

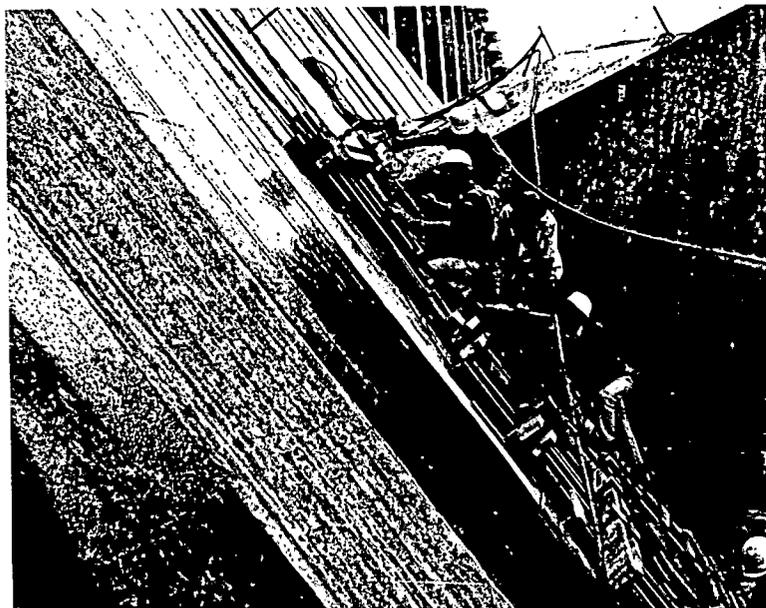
O corte com disco foi inclinado, contornando toda a parte em reparo, formando sempre figuras geométricas com seus cantos arredondados.

- Montagem de formas.

Para a montagem dessas formas, foram utilizadas as aranhas existentes no concreto, as quais fixaram as longarinas das formas temporariamente fixas durante a fase original de construção.



Detalhe Típico da Forma Montada



Vista da montagem da forma para execução do reparo na
junta entre os blocos 3 e 4.

- Tratamento de junta.

Antes da montagem da forma, a área rompida era totalmente jateada com ar e água. Depois da forma montada fazia-se um repasse com jato de ar, mantendo sempre a condição de superfície bem seca.

- Lançamento de concreto.

O lançamento foi feito manualmente por meio de um balde. O concreto foi descarregado diretamente através das aberturas deixadas na forma (janelas). No lançamento tomou-se todo o cuidado para não deixar o material segregar.

- Vibração.

A vibração foi feita até que o concreto estivesse completamente adensado. Utilizou-se vibrador pneumático.



Vista das aberturas das formas para lançamento do concreto.

- Desforma.

A retirada da fôrma se processava apôs duas horas do término do lançamento. Em seguida fazia-se o acabamento que, neste caso foi o tipo 4 das especificações, usado para superfícies hidráulicas, onde o alinhamento é o principal requisito.



Vista do acabamento de um bloco apôs o reparo.

- Cura

Todos os reparos com concreto foram cobertos com tecidos de juta, mantidos constantemente umedecidos por um período de 14 dias apôs o lançamento do concreto.

Consumo de Concreto na Região do Dente Dissipador				
BLOCOS	CONCRETO (m ³)			VOLUME TOTAL
	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	DIVERSOS	
VS-01	0,50	-	-	0,50
VS-02	0,50	0,50	-	1,00
VS-03	-	2,00	1,00	3,00
VS-04	1,00	-	-	1,00
VS-05	0,20	0,30	-	0,50
VS-06	-	-	-	-
VS-07	-	0,50	-	0,50
VS-08	0,50	0,50	-	1,00
VS-09	0,50	0,50	-	1,00
VS-10	-	1,00	-	1,00
VS-11	-	1,00	-	1,00
VS-12	-	-	-	-
VS-13	-	1,00	-	1,00
VS-14	-	-	-	-
VS-15	-	-	-	-
VS-16	-	-	-	-
VS-17	-	1,00	-	1,00
VS-18	1,50	2,50	-	4,00
VS-19	-	-	-	-
TOTAIS	4,70	9,80	1,00	15,50m

1.2.3 - Experiência com argamassa Epóxica.

1.2.3.1 - Introdução.

Conforme resultados obtidos nos ensaios realizados no Laboratório de Concreto de Ilha Solteira, as resistências dos produtos a base de Epoxi da Ciba-Geigy-Química S/A, estavam de acordo com os valores fornecidos pelo fabricante. Em consequência dos resultados dos testes desses produtos, a Cesp juntamente com Empreiteira resolveram, com experiência, aplicar a argamassa epóxica na região do dente do VS-04.

1.2.3.2 - Reparos na região do dente do VS-4 do lado esquerdo.

Para execução desse reparo foi seguida a seqüência de trabalho abaixo descrita:

- Rompimento.

O rompimento começou na parte central e, posteriormente na região cortada com disco, prosseguindo até eliminar completamente o concreto poroso.

- Corte com disco.

O corte com disco foi inclinado, contornando a área total em reparo, numa profundidade de aproximadamente 2cm, procurando sempre formar figuras geométricas com seus cantos arredondados, conforme mostrado na foto a seguir.



Vista da região do reparo rompida e parcialmente cortada com disco.

- Tratamento de junta.

Foi jateada toda a área rompida e lavada com jato de ar e água.

- Colagem.

Para se conseguir uma boa ligação entre o concreto velho e a argamassa epóxica, foi usado um "Primer", produto para colagem, com a seguinte composição:

- Araldite . . . :	MY-757	1.000g
- Endurecedor:	HY-1115bz	600g

Para aplicação desses produtos foi necessário secar bem a superfície da área em reparo. Aplicou-se o "Primer" com pincel de 2 1/2", conforme indicado na foto a seguir.



Vista da aplicação da cola com pincel.

- Aplicação da argamassa.

Na aplicação da argamassa, esta era muito bem comprimida com a colher de pedreiro. O sentido de aplicação da argamassa, foi de baixo para cima do reparo em camadas de aproximadamente 3cm conforme podemos observar na foto da folha seguinte.

Os componentes da argamassa foram misturados
mecanicamente.



Vista da aplicação da argamassa epóxica.

- Colocação de formas.

Em virtude desse material ser indicado para aplicação em grandes volumes e esse produto reagir muito lentamente para endurecer, foi necessário a colocação de forma, para que o material não escorresse. Tendo sido subestimado o emprego de parafina ou graxa na superfície de contato da forma, a superfície em contato com esta apresentou algumas imperfeições após o endurecimento do Epoxi. Foi preciso lixar com disco de nylon para melhorar este aspecto, conforme mostramos nas fotos a seguir.



Vista do escorrimento do material aplicado.



Aspecto do reparo após a retirada da forma.

Materiais Gastos Nesta Experiência				
ARGAMASSA EPÓXICA (kg)			"PRIMER" (kg)	
ENCHIMENTO XR-1240	ENDURECEDOR HY-830	ARALDITE MY-755	ENDURECEDOR HY-1115 BZ	ARALDITE MY-757
500,00	50,00	65,00	0,60	1,00

Além desse bloco, o material em questão foi aplicado também, em menores quantidades nos seguintes blocos:

VS-1	{	XR 1240 : 6,00 kg
		HY 830 : 1,80 kg
		MY 755 : 2,00 kg
VS-2	{	XR 1240 : 4,00 kg
		HY 830 : 0,70 kg
		MY 755 : 1,00 kg

- Totais de materiais gastos da Ciba-Geigy:

- XR-1240 - Enchimento	: 510,00 kg
- HY- 830 - Endurecedor	: 52,50 kg
- MY- 755 - Araldite	: 68,00 kg
- HY-1115Bz- Endurecedor	: 0,60 kg
- MY- 757 - Araldite	: 1,00 kg

1.2.4 - Experiência com pintura de Colma Dur.

1.2.4.1 - Introdução.

Como os produtos da Sika foram largamente aplicados nos reparos da bacia de dissipação, tanto como argamassa como em pintura, a CESP resolveu, como experiência, também aplicar pintura na região reparada do dente do VS-4, lado direito. Isto foi feito, porque esta região é bastante visível para se tirar qualquer conclusão a respeito desses materiais, já que os reparos da bacia ficaram totalmente submersos.

1.2.4.2 - Preparo da região a ser pintada.

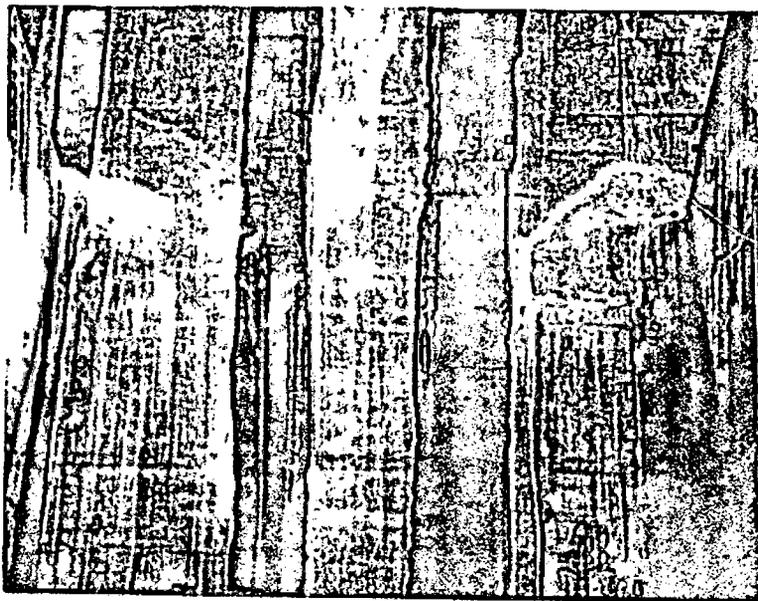
Essa região foi muito bem jateada para receber a pintura de Colma Dur .

1.2.4.3 - Aplicação da pintura.

A aplicação da pintura, foi feita em cima da região, reparada com concreto, isto é, lado direito do dente do VS-4. Essa pintura foi aplicada com pincel, estando a região totalmente seca.

- Traço usado:

- Componente "A" - Resina : 620 g
- Componente "B" - Endurecedor : 380 g



Vista do reparo na região do dente do VS-4, lado direito, pintado com Colma Dur.

2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1975.

2.1 - OBSERVAÇÕES.

Em 1975, após a época chuvosa, observou-se que os reparos executados no ano anterior não resistiram aos efeitos da

cavitação. O único reparo que conseguiu se fixar foi o do VS-4, lado direito. Aí, como descrito no item 1, o reparo se constituiu simplesmente de enchimento de concreto lançado sobre a superfície do concreto velho, preparada normalmente com jato de areia, água e ar. Não se utilizou a resina epóxica para colagem do concreto velho e novo. A pintura de resina Colma Dur, foi aplicada diretamente sobre a superfície do concreto acabado e curado.

Já o reparo do lado esquerdo do VS-4, tratado a título de experiência com materiais epóxicos da CIBA, assim como os demais reparos dos outros blocos executados simplesmente a base de concreto comum, não apresentaram bons resultados, já que as cavidades surgiram novamente com as mesmas características anteriores, exigindo assim novos reparos, os quais são descritos a seguir.

2.2 - REPAROS.

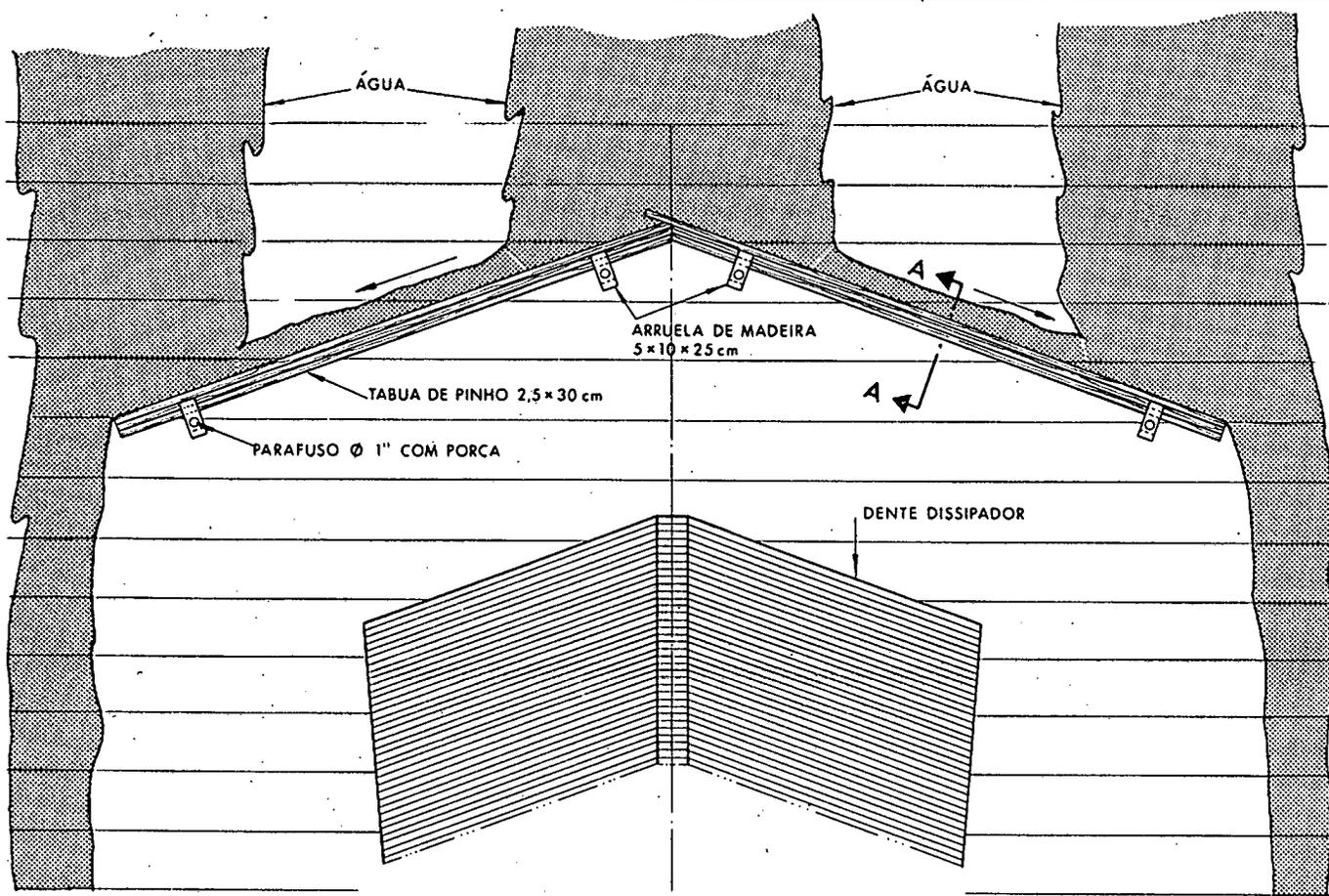
2.2.1 - Materiais utilizados.

Nesse ano (1975) os reparos foram executados utilizando-se os seguintes materiais:

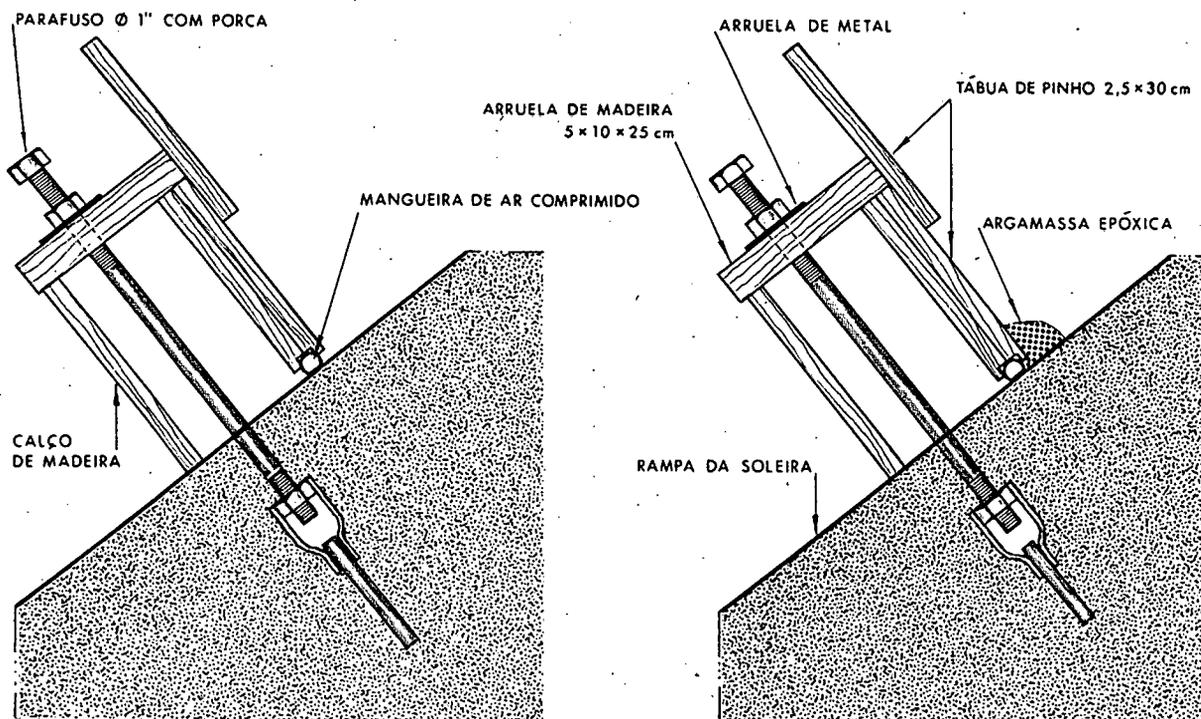
- Argamassa de cimento e areia dosada na consistência de aplicação em estado de "farofa", denominada argamassa "seca";
- Resina Colma Fix 32;
- Resina com catalizador SUW, da Sinmast.

2.2.2 - Eliminação das águas provenientes das comportas nos locais dos reparos.

Antes de entrar nos serviços dos reparos propriamente, teve-se que, primeiramente, fazer o desvio das águas provenientes dos vazamentos das comportas. Isto foi conseguido através da fixação de pranchas no paramento por meio de chumbadores e calafetação com Sika 2 e cimento, conforme indicado no desenho da folha seguinte.



Locação da Ensecadeira



Corte A - A

Corte A' - A'

2.2.3 - Execução dos reparos.

Os vertedouros reparados foram os de nºs 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18 e 19. Os de nºs 1, 2, 3, 6 e 14 não necessitaram de reparos.

Estes blocos, após sofrerem o tratamento de superfície usual, receberam uma demão de resina Colma Fix 32, seguida da colocação da argamassa de cimento e areia em estado de "farofa", com as seguintes características:

- Proporção de cimento e areia: 1:2 (em volume)
- "Slump": 2cm
- Resistência à compressão.....: fck = 233 kg/cm²

A argamassa foi colocada e apiloada de camada em camada até a altura da superfície de acabamento. Atingindo esse ponto, a superfície foi desempenada e alisada com feltro.

Depois de curadas durante sete dias, essas superfícies foram protegidas com uma demão da resina Colma Fix 32. Os VS 4 e 5 receberam pintura de proteção com materiais epóxicos da Sinmast na proporção de duas partes de resina para uma de catalizador Suw.

Nos VS 4 e 9, sobre o dorso do dente dissipador, o concreto se apresentou com agregados bastante expostos. Para tal reparo, utilizou-se como teste, a resina com Suw misturada com areia peneirada, cuja proporção em volume do traço foi a seguinte:

- Resina 3 litros
- Catalizador Suw 1 litro
- Areia peneirada 6 litros

Com essa composição, a mistura apresentou fluidez ou viscosidade parecida com a do mel.

Com essas características, o material foi aplicado sobre o dorso do referido dente, com o auxílio de uma trincha comum de pintura. Como pôde ser visto nos anos seguintes, esse tipo de reparo nos dorsos foi aprovado e poderá ser adotado para reparo de outros dentes que se apresentarem em tais condições.

2.3 - MATERIAIS GASTOS EM 1975.

- Areia lavada	3,5 m ³
- Colma Fix	140,0 kg
- Catalizador Suw	20,0 l
- Resina	60,0 l
- Cimento	30,0 sc
- Alcool	20,0 l
- Discos de nãilon.....	12,0 un
- Trinchas de pintura	14,0 un
- "Thinner".....	20,0 l
- Sika nº 02	35,0 l

2.4 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.

Para acesso aos locais dos reparos fez-se, mais uma vez, uso das plataformas utilizadas no ano anterior. As remoções de um bloco para outro foram feitas com a utilização das máquinas Coles 110t e Bucyrus 45t, portadoras de lanças adequadas para alcance daqueles locais. Quanto ao transporte do pessoal e materiais da margem, até às plataformas, utilizou-se dois barcos equipados com motores de popa com 40 HP. Os serviços foram concluídos em trinta dias e o vertedouro foi entregue novamente ao órgão de Operação da Usina.

3 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1977.

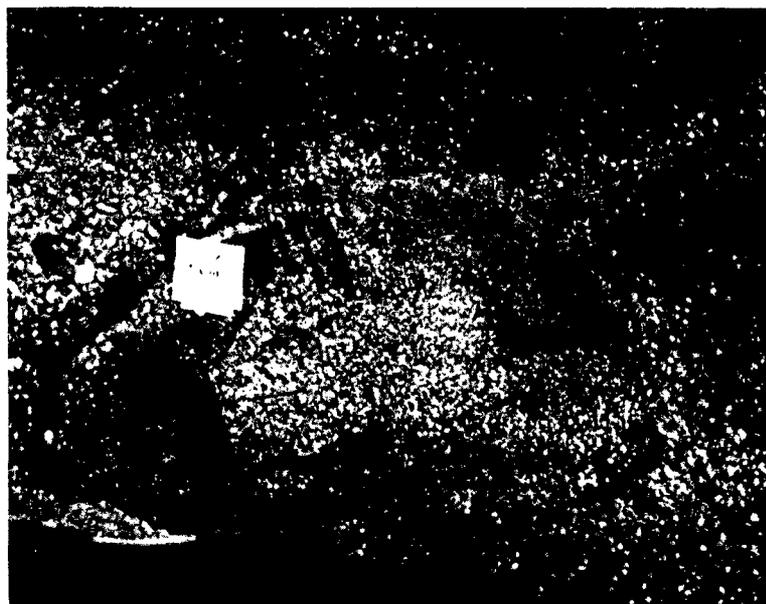
3.1 - OBSERVAÇÕES.

Notou-se em 1977 (em 1976 não houve reparos) novamente a repetição das mesmas cavitações na totalidades dos reparos executados anteriormente, as quais apresentaram, contudo, profundidades menores que as anteriores, não atingindo a junta Fungenband, ficando à mostra parte ou vestígios dos reparos que ainda permaneceram após a descarga das cheias. Quanto ao reparo do VS-4, lado direito, executado no ano de 1974, e a pintura executada com resina e areia sobre o dorso dos dentes dissipadores do próprio VS-4 e VS-9, permaneceram mais uma vez intactos, não apresentando nenhum dano.

A seqüência fotogrãfica mostra os detalhes citados e os dentes que tiveram a sua parte superior danificada por motivo de algum impacto, já que as características das erosões não são de cavitação e nem de desgaste abrasivo.



Reparo executado anteriormente.



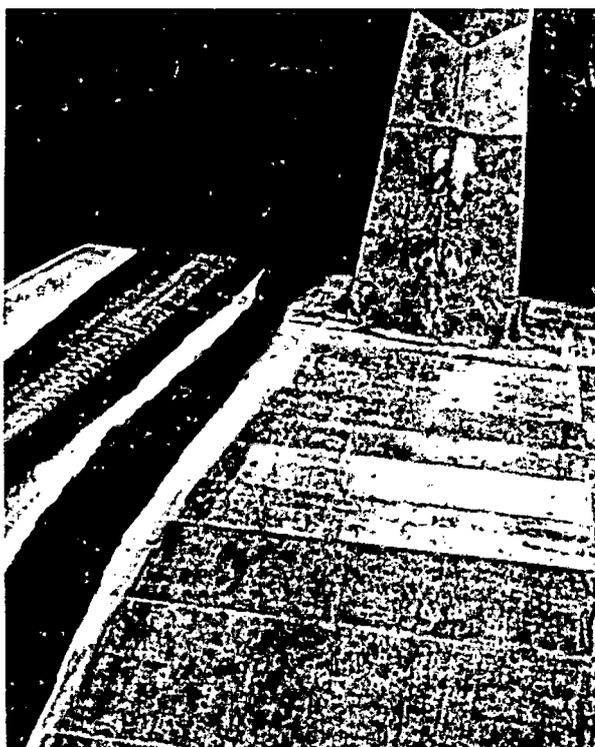
Início de cavitação sobre o reparo executado anteriormente.



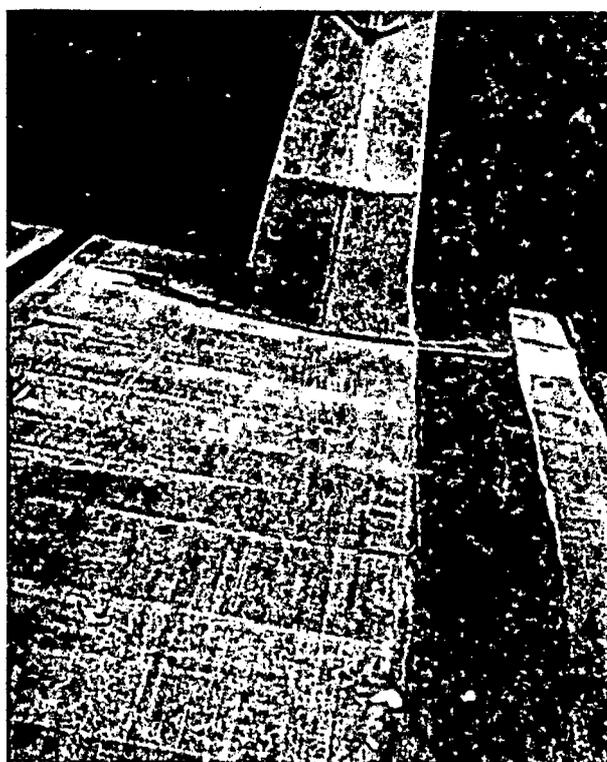
Cavitação com vestígios do reparo executado anteriormente.



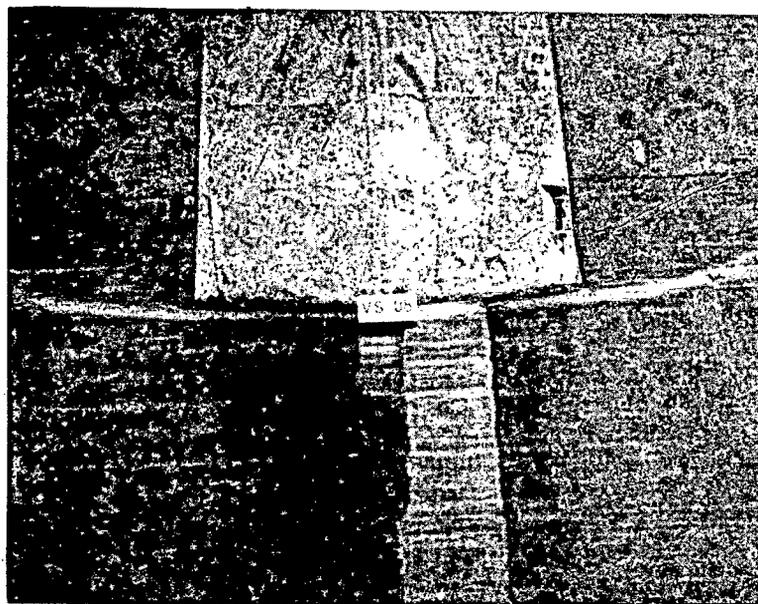
Aspecto de uma das cavitações.



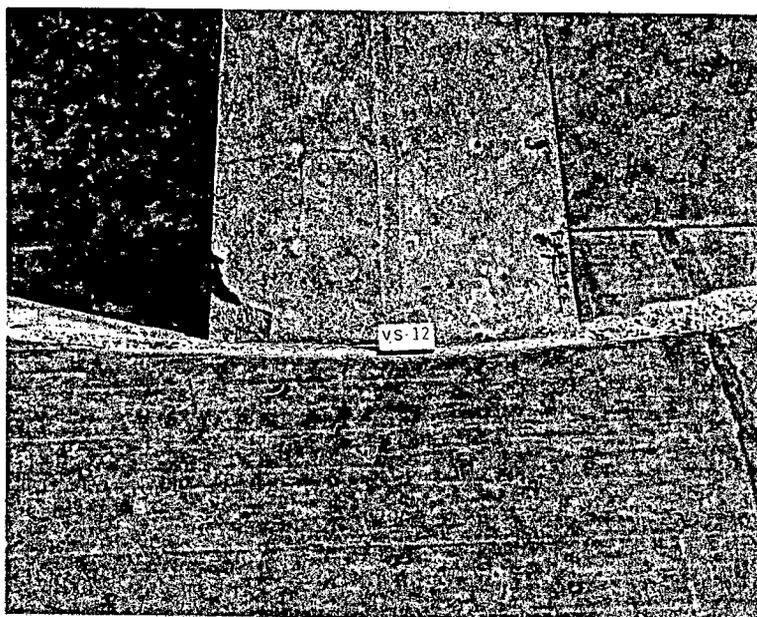
Pintura de resina epóxica executada sobre
o dorso do dente dissipador do VS 9.



Pintura de resina epóxica executada sobre
o dorso do dente dissipador do VS 4.



Danos causados na parte superior dos dentes dissipadores
por impacto de materiais sólidos.



Danos causados na parte superior dos dentes dissipadores
por impacto de materiais sólidos.

Profundidades máximas das cavitações.

BLOCOS	PROFUNDIDADE MÁXIMA	
	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO
VS-01	-	-
VS-02	-	-
VS-03	-	-
VS-04	-	-
VS-05	-	-
VS-06	-	-
VS-07	-	-
VS-08	-	-
VS-09	30cm	-
VS-10	43cm	18cm
VS-11	12cm	14cm
VS-12	45cm	42cm
VS-13	45cm	6cm
VS-14	3cm	3cm
VS-15	12cm	20cm
VS-16	19cm	23cm
VS-17	17cm	5cm
VS-18	9cm	7cm
VS-19	2cm	7cm

3.2 - PROGRAMAÇÃO DOS SERVIÇOS.

Diante do exposto, decidiu-se fazer novamente os reparos das cavidades com concreto, mas com a superfície de acabamento final protegida por uma camada de argamassa epóxica lisa e resistente, com espessura de 1cm.

Para execução desses reparos, foram estudados em laboratório vários traços de materiais epóxicos que oferecessem melhor trabalhabilidade, resistência e aderência às superfícies.

Outro aspecto também visado nesse ano, foi a melhoria das condições dos equipamentos a serem empregados nesses reparos, visto que as plataformas usadas nos anos anteriores estavam se tornando bastante desconfortáveis, exigindo máquinas de grande

porte para remanejá-las de um bloco para outro. Essas máquinas, além de serem dispendiosas, acarretavam a interrupção do trânsito sobre a barragem, por falta de espaço para o cruzamento dos veículos nesse local. Isso foi resolvido com a utilização de flutuadores equipados com andaimes em forma de lança, com escadas, que permitiram acesso aos locais dos reparos.

3.3 - ESTUDO DA COMPOSIÇÃO DOS TRAÇOS DE MATERIAIS EPÓXICOS.

Diante das necessidades expostas, a CESP estudou várias composições de materiais epóxicos, que melhor atendessem os requisitos de cada etapa de execução atinentes aos reparos.

3.3.1. - Ensaios solicitados.

Definiu-se utilizar materiais epóxicos da Sinmast (catalizador Suw mais resina), por serem menos exigentes quanto a ausência de umidade nos locais de aplicação.

Testou-se em laboratório o seguinte:

- Determinação da composição ótima entre o catalizador SUW e a resina;
- Proporção ótima da argamassa epóxica com SUW, resina e areia;
- Determinação da composição da argamassa de cimento e areia denominada argamassa "seca".
- Colagem entre concreto velho e argamassa "seca" com pintura de SUW + resina;
- Verificação da aderência entre a argamassa "seca" e a argamassa epóxica (SUW + resina + areia);
- Verificação da aderência entre a argamassa epóxica (SUW + resina + areia) e pintura com SUW + resina.

A seguir apresentamos os resultados e os esquemas desses ensaios.

19 Ensaio: Determinação da composição ótima entre resina e SUW.

TRAÇO		RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL (kg/cm ²)		
SUW	RESINA	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
1	2	807	869	870
1	3	758	857	929
1	4	319	631	826

Adotou-se o traço 1:3.

20 Ensaio: Proporção ótima entre resina, catalizador, SUW e areia (argamassa epóxica).

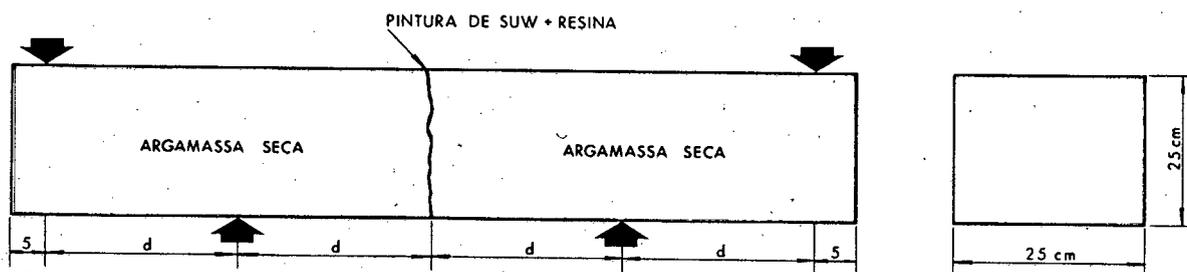
TRAÇO		RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL(kg/cm ²)	
SUW + RESINA 1:3	AREIA	3 DIAS	7 DIAS
1	5	509	602
1	6	535	588
1	7	558	640
1	8	636	620

Adotou-se o traço 1:6, devido ao melhor aspecto de acabamento.

30 Ensaio: Determinação da composição ótima da argamassa de cimento e areia, denominada argamassa "seca".

MATERIAIS	LITRO /m ³	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL (kg/cm ²)		
		3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
Cimento	397	-	-	-
Areia	1.235	134	177	233
Água	128	-	-	-

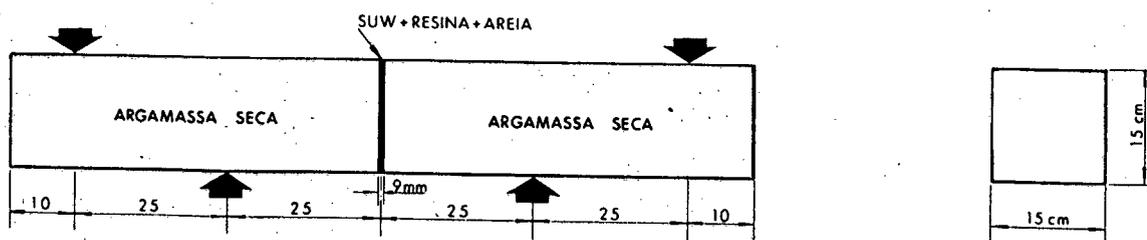
- 49 Ensaio: Colagem do concreto velho e argamassa "seca" com uma pintura de SUW+resina.
Ensaio: ruptura por flexão.
Vigas moldadas: 2.



VIGA Nº	TENSÃO (kg/cm ²)	LOCAL DE RUPTURA
01	18,95	Concreto Velho
02	33,23	Concreto Velho

- 50 Ensaio: Aderência entre argamassa "seca" e a argamassa epóxica (SUW + resina + areia).

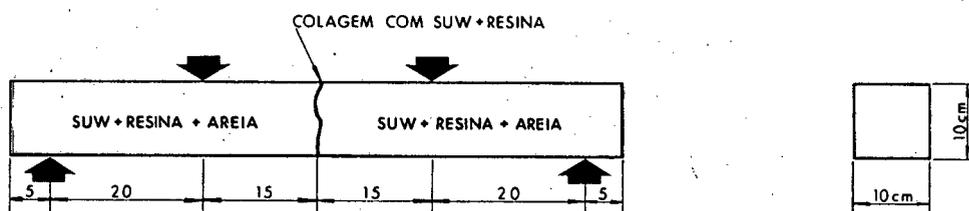
Para esse ensaio foram moldadas duas vigas para teste de aderência entre a própria argamassa "seca" e duas vigas para o mesmo teste, sendo porém as semi-vigas interpostas por uma camada de argamassa epóxica, para efeito comparativo.



VIGA Nº	CARGA DE RUPTURA (kg)	LOCAL DE RUPTURA	TIPO
01	1.362	argamassa	c
02	1.443	argamassa	c
03	1.151		s
04	1.190	-	s

Observações: c : com argamassa epóxica
s : sem argamassa epóxica

6º Ensaio: Aderência entre a própria argamassa epóxica.
(SUW + resina + areia) com aplicação de uma
pintura de SUW + resina.

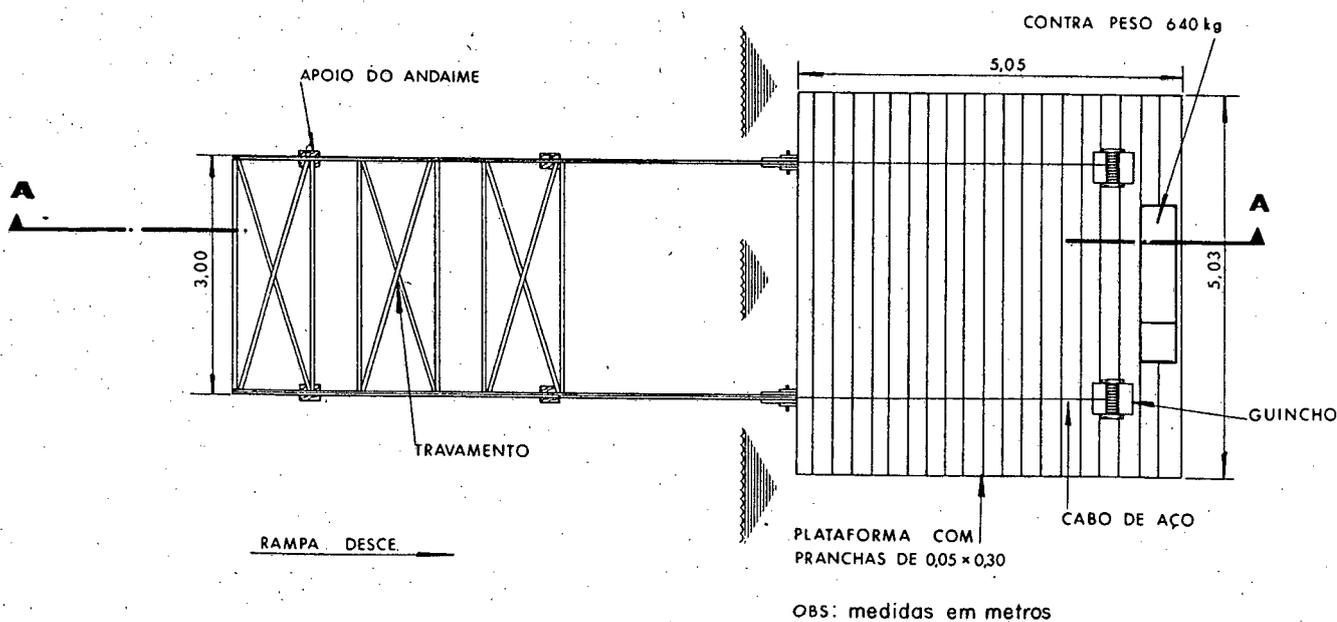


VIGAS Nº	CARGA DE RUPTURAS (kg)	LOCAL DE RUPTURAS	OBSERVAÇÕES
01	1.256	argamassa epóxica	colagem
02	1.863	argamassa epóxica	colagem
03	1.232	-	sem colagem
04	1.640	-	sem colagem

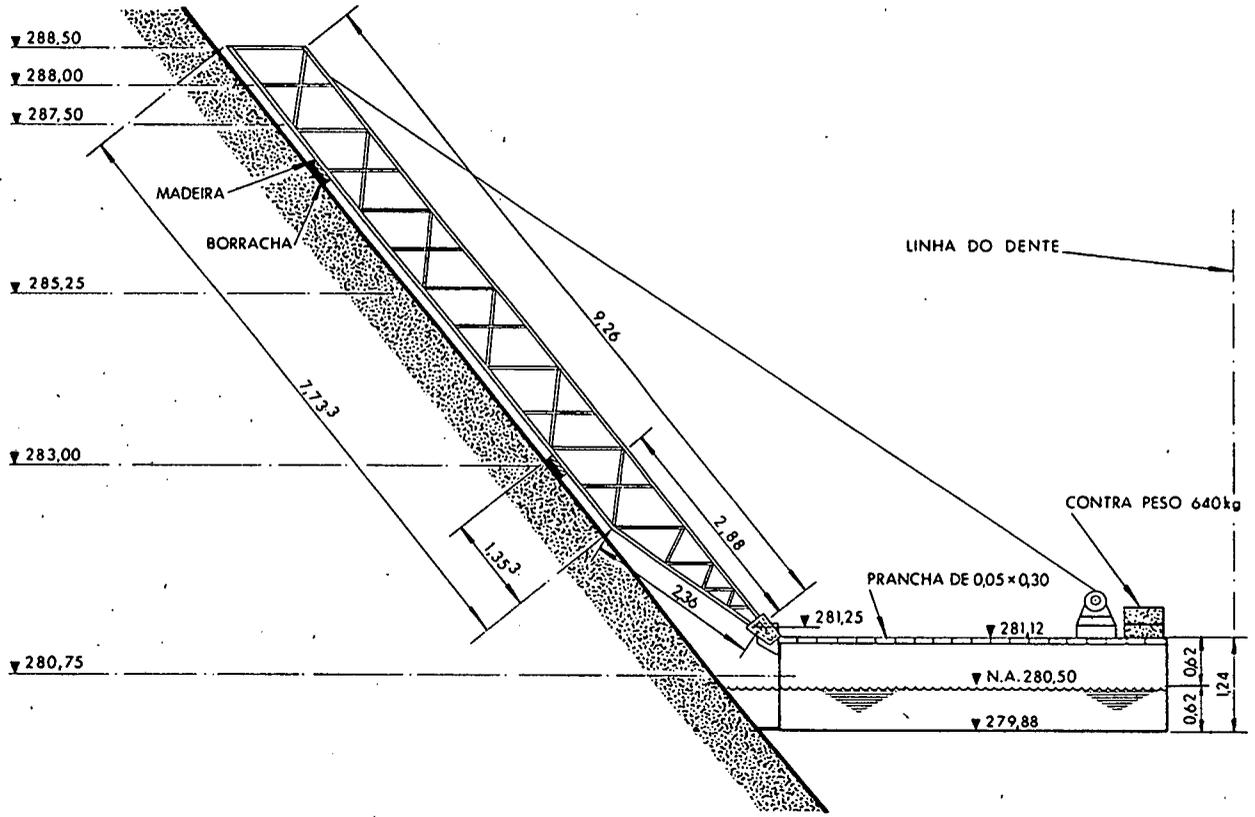
3.4 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.

3.4.1 - Flutuadores.

Pelo motivo já exposto, devido à inconveniência da utilização das plataformas movimentadas por guindastes, foi implantado outro esquema, com flutuadores móveis colocados a jusante. Para isso, aproveitou-se flutuadores já existentes, sobre os quais foi montado um sistema de andaimes em balanço, em forma de lança provida de degraus. Os andaimes foram construídos com tubos galvanizados presos aos flutuadores com sistema articulado, de maneira a possibilitar seu ajuste com a inclinação do paramento do vertedouro, quando de sua aproximação e posicionamento. Foram construídas duas unidades, e o remanejamento destas de um local para outro foi conseguido com o auxílio de dois barcos providos de motores de popa com 40 HP cada um, conforme mostramos nos desenhos e fotos a seguir.

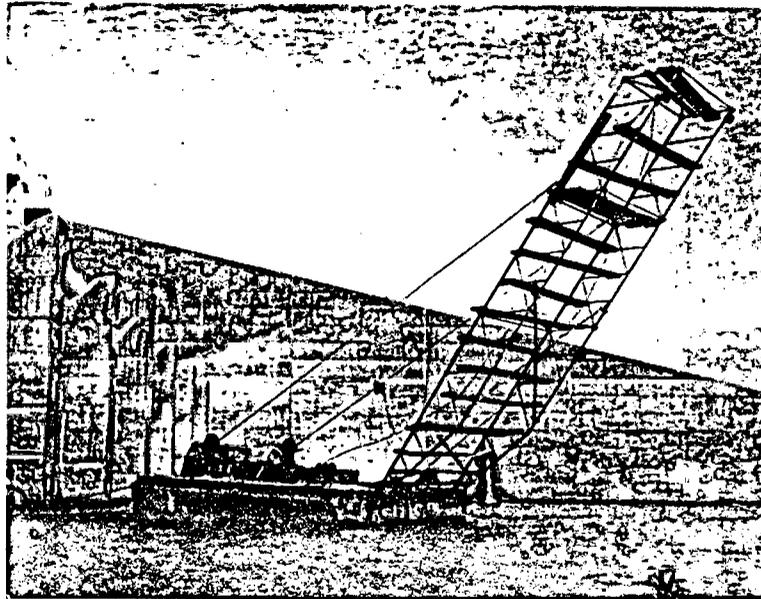


Planta

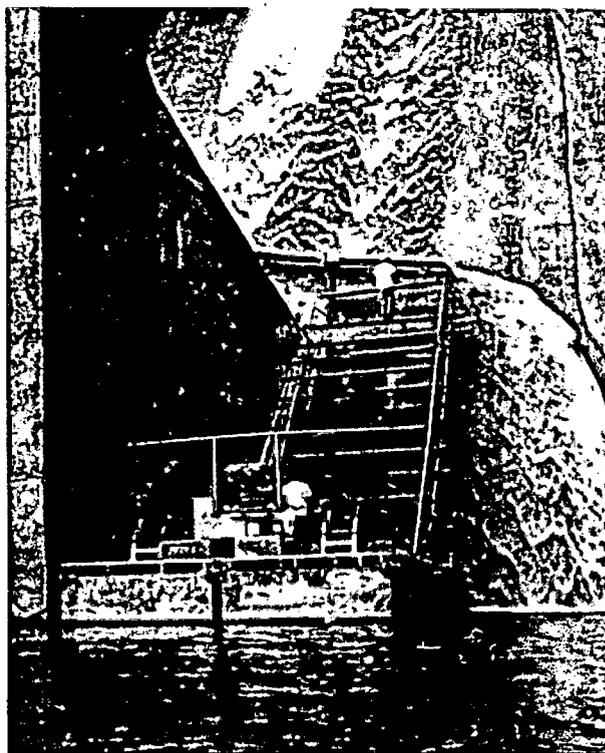


OBS: medidas em metros

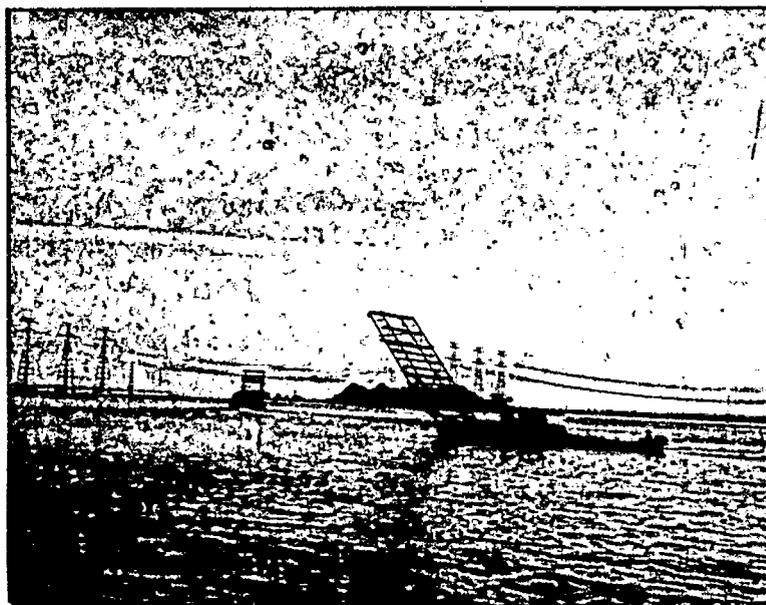
Corte A - A



Manobra do flutuador com auxílio de barco a motor.



Flutuador ancorado junto ao paramento do Vertedouro.



Flutuadores sendo conduzidos para o Porto, através de barcos a motor.



Andaime do flutuador com os operários na região do reparo, ensecando a área de trabalho.

3.5 - EXECUÇÃO DO REPARO.

3.5.1 - Especificações.

Como é sabido, uma superfície sujeita à cavitações deve apresentar perfeito acabamento e alta resistência. Com base nesses requisitos, optou-se pelo uso de resina epóxica, levando-se em conta, ainda, a facilidade e rapidez de aplicação. Os materiais escolhidos, por motivo também já comentado, foram o catalizador SUW e resina da Sinmast do Brasil.

Com vista à racionalização do emprego desses materiais, considerando-se as profundidades das cavidades e também devido ao fato de que o fenômeno de cavitação se origina na superfície, definiu-se que os reparos receberiam superficialmente uma camada de argamassa epóxica com espessura de 10mm, que funcionaria como capa protetora do enchimento com argamassa "seca" ou do concreto velho.

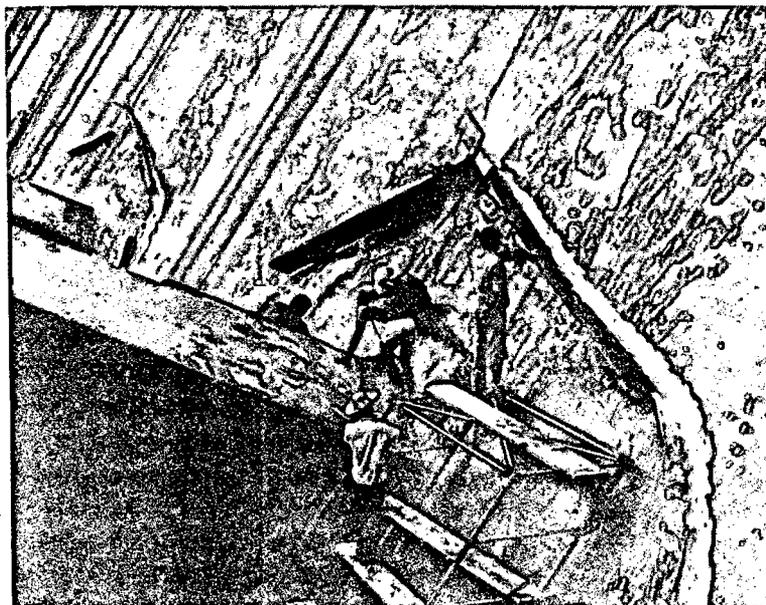
Como as profundidades das cavitações variavam desde uma exposição superficial dos agregados até uma profundidade de 45cm, achou-se por bem dividir os reparos em dois tipos.

Reparo tipo "1" para aquelas cavidades que não necessitaram de enchimento de argamassa "seca" e cuja argamassa epóxica, foi aplicada diretamente sobre o concreto velho.

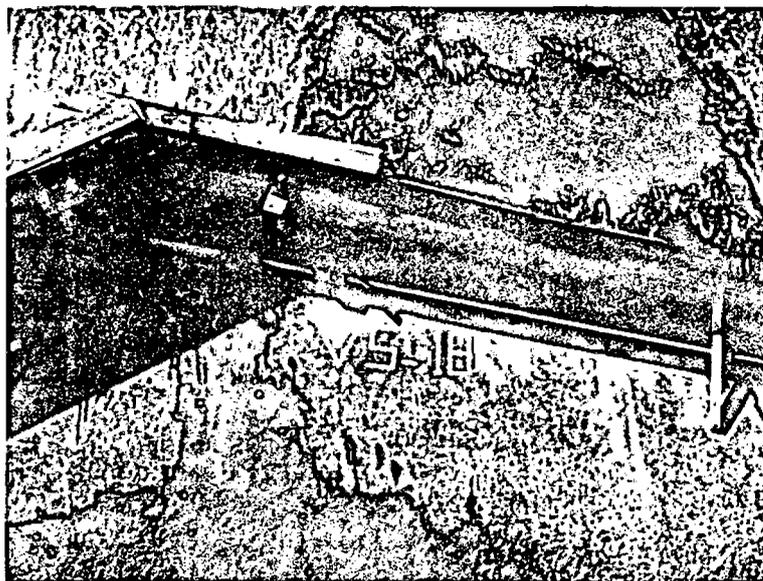
Reparo tipo "2", para aquelas cavidades que necessitaram de tais enchimentos.

3.5.2 - Reparo das cavitações.

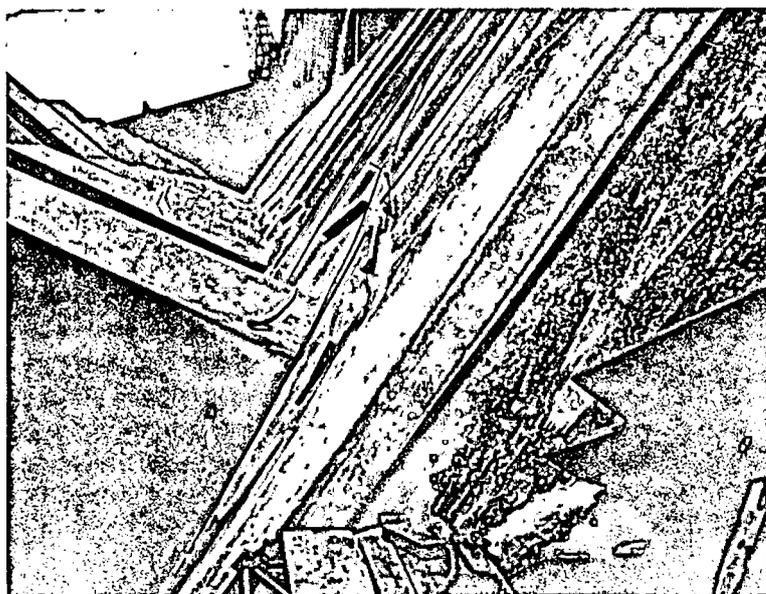
Antes de se iniciar propriamente os preparos das cavidades, teve-se que, inicialmente, ensecar a área devido aos vazamentos d'água proveniente das comportas. Isso foi conseguido através da construção de ensecadeiras presas no paramento com utilização de tábua calafetadas com material epóxico e mangueiras com ar comprimido, conforme se pode ver nas fotos a seguir e no desenho da folha nº 30.



Vista com os operários na região do reparo, ensecando a área de trabalho.



Detalhe da enscadeira para vedação.

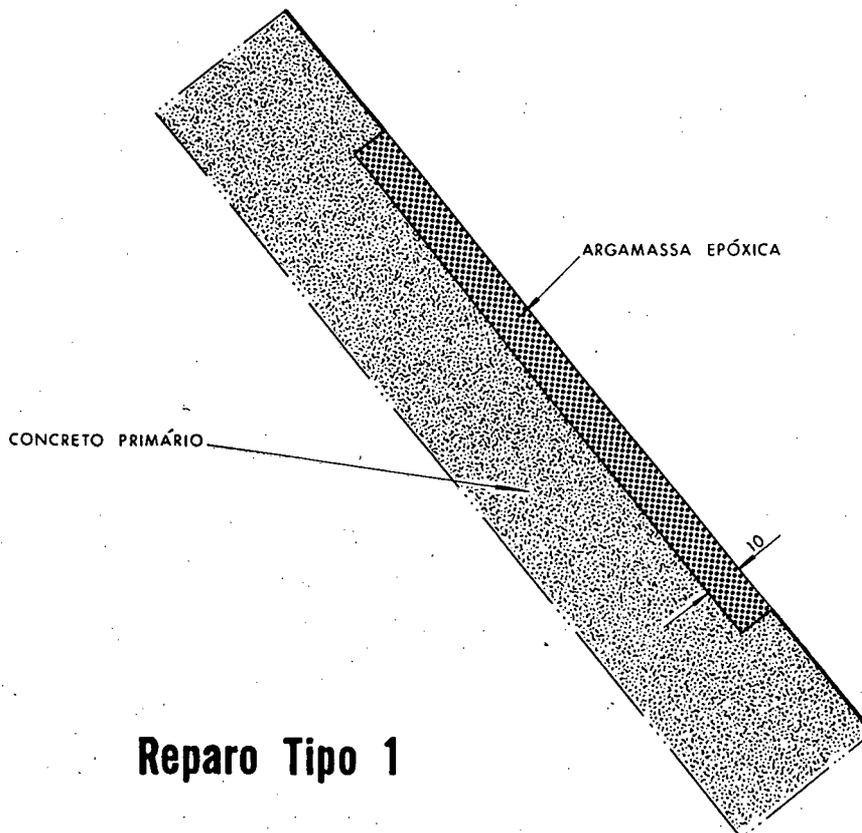


Vista geral das enscadeiras de vedação.

3.5.2.1 - Preparo das superfícies do concreto velho.

- Reparo tipo 1.

Neste tipo, como se tratava de superfície rugosa pela exposição dos agregados, houve necessidade de se fazer o aprofundamento e regularização da superfície através de rompimentos. Por motivos de segurança com relação à abrangência de toda a área afetada, os preparos foram executados em áreas superiores às aquelas cavadas, limitando-as por corte de discos com profundidade de 10mm. Após os rompimentos, as superfícies sofreram tratamento com jato de areia, água e ar, antes da pintura e aplicação da argamassa epóxica, conforme mostramos no desenho abaixo e nas fotos a seguir.



Reparo Tipo 1



Aspecto de uma superfície a ser reparada, com cavitação de pequena profundidade.



Preparo da superfície com rompedor pneumático nos locais em que as cavitações se apresentavam com pequenas profundidades.



Delimitação da área de reparo com utilização de equipamentos pneumáticos e disco de nailon.



Limpeza da superfície com o emprego de ar comprimido.



Aplicação da resina epóxica sobre a superfície do concreto para colagem da argamassa epóxica.

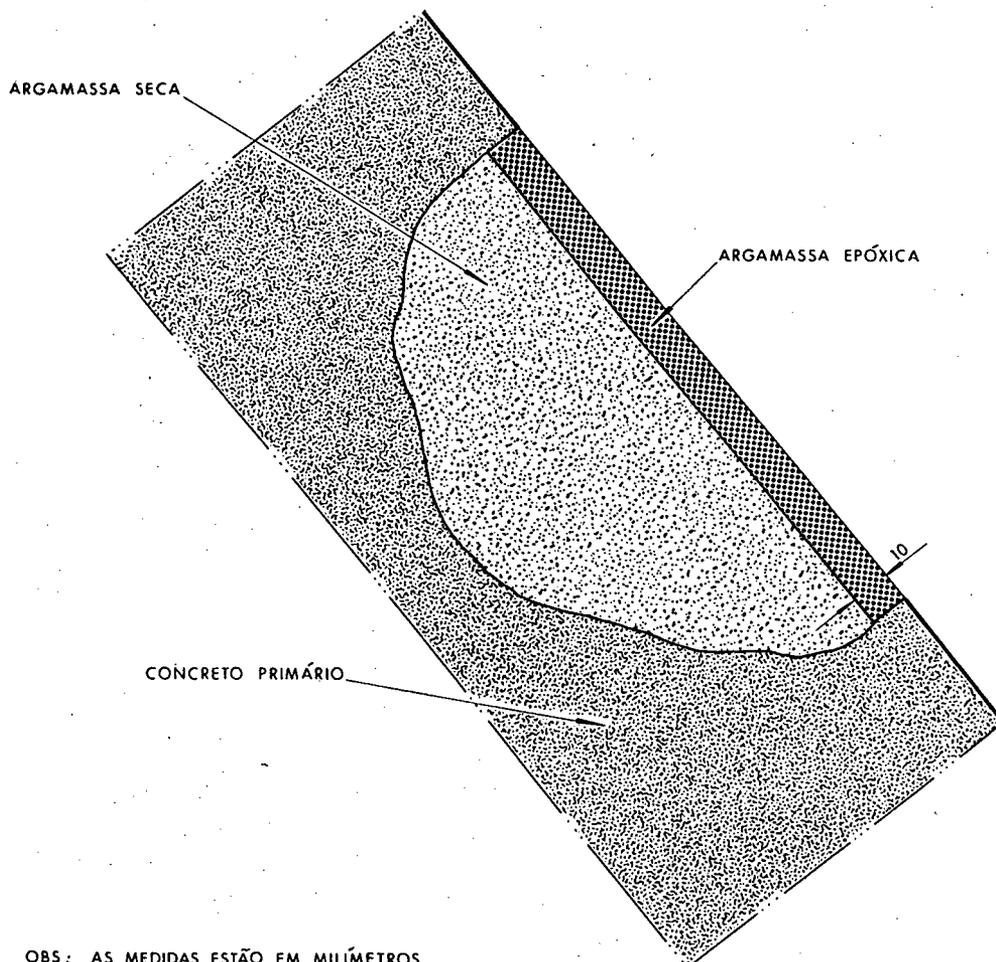


Aplicação da argamassa epóxica sobre a superfície do concreto primário.

- **Reparo tipo 2.**

Nesse caso, o preparo se constituiu no seguinte:

- Remoção superficial do concreto poroso;
- Regularização de cavidade em forma geométrica mais regular;
- Corte com discos, com profundidade de 10mm no contorno de cavitação;
- Jateamento e limpeza da superfície com jato de areia, água e ar.



OBS: AS MEDIDAS ESTÃO EM MILÍMETROS

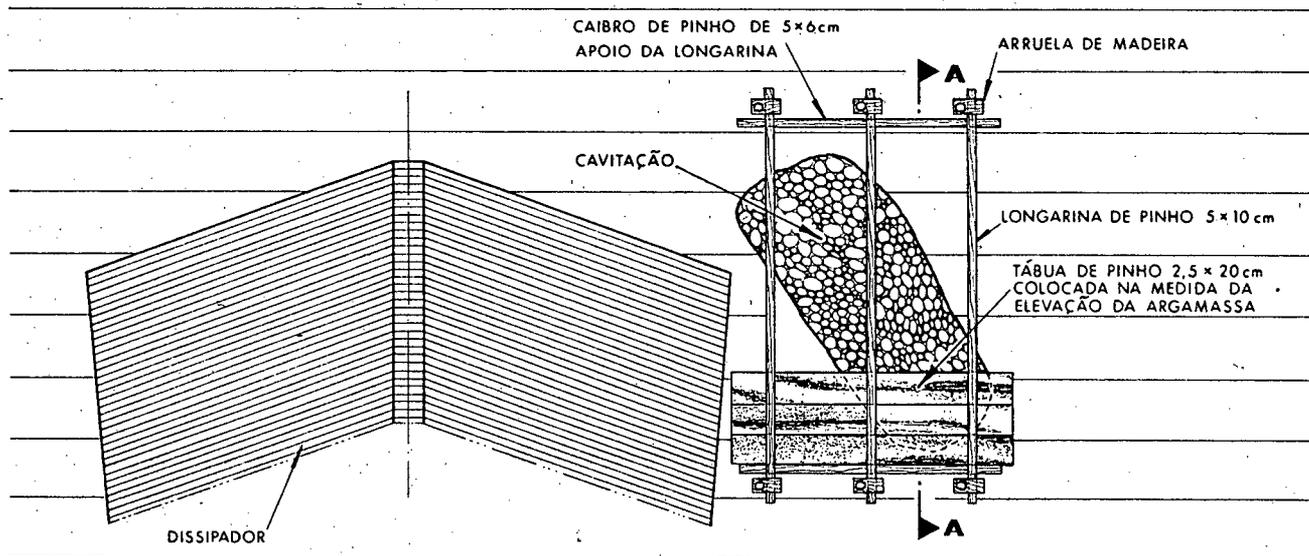
Reparo Tipo 2

3.5.2.2 - Aplicação da argamassa "seca".

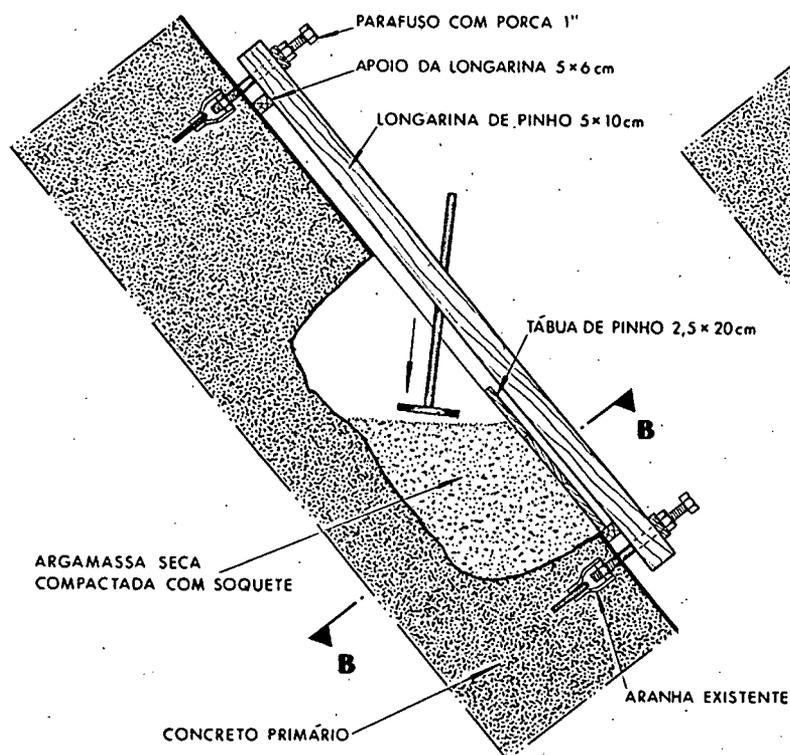
A argamassa foi fabricada em masseira colocada sobre os flutuadores posicionados nos locais de aplicação em cada bloco. Concluída a sua mistura, esta era acondicionada em baldes e transportada manualmente por meio dos andaimes até o local do enchimento.

Em cada local, a argamassa era aplicada e apiloada em camadas sucessivas por meios de soquetes de ferro até atingir a altura final, conforme foto da folha nº 55. Em alguns casos, nos locais mais profundos, para melhor apiloamento e confinamento de argamassa, foi usada uma forma que ia sendo montada no decorrer do lançamento.

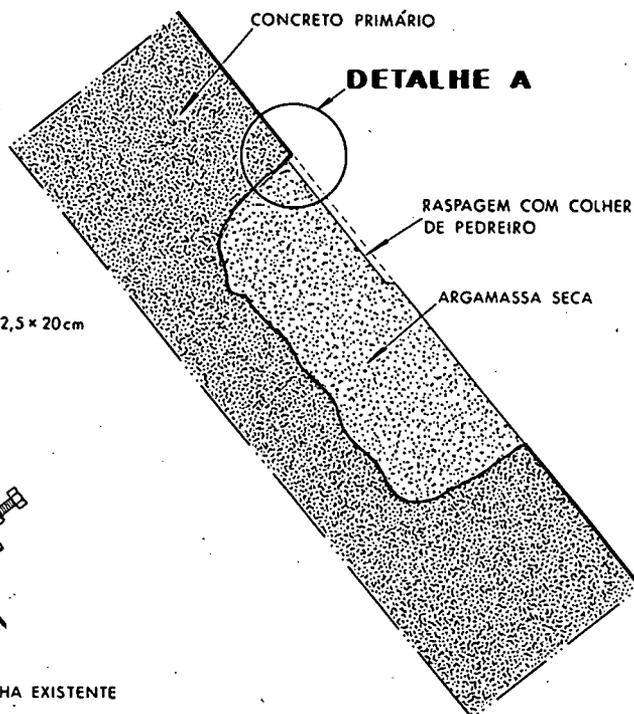
Terminada aplicação, essa forma era retirada e processado o acabamento com o rebaixo dos 10mm, para posterior aplicação da argamassa epóxica, conforme mostrado nos desenhos a seguir.



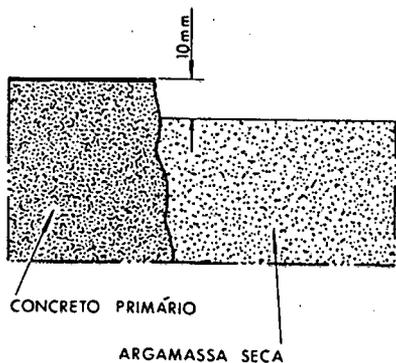
Locação da Forma



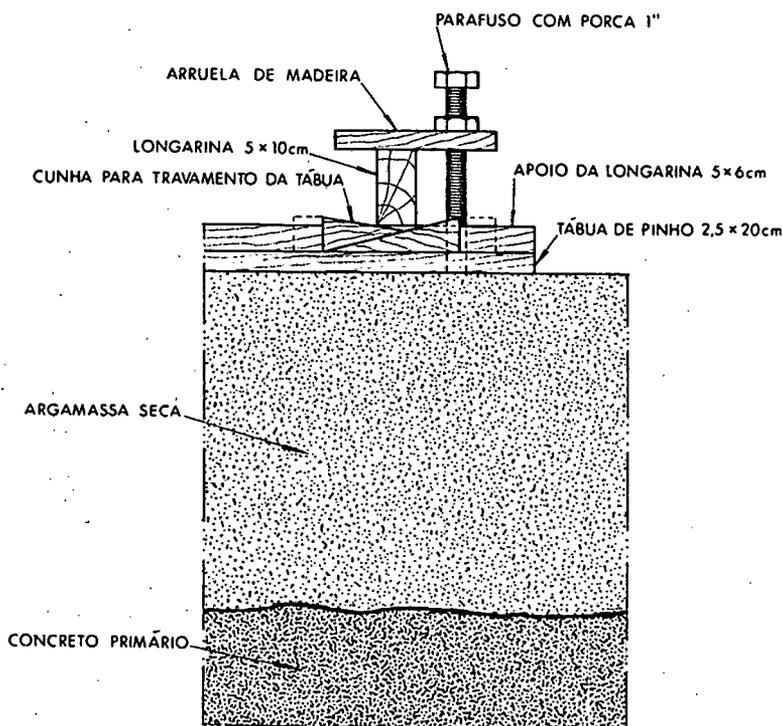
Corte A - A



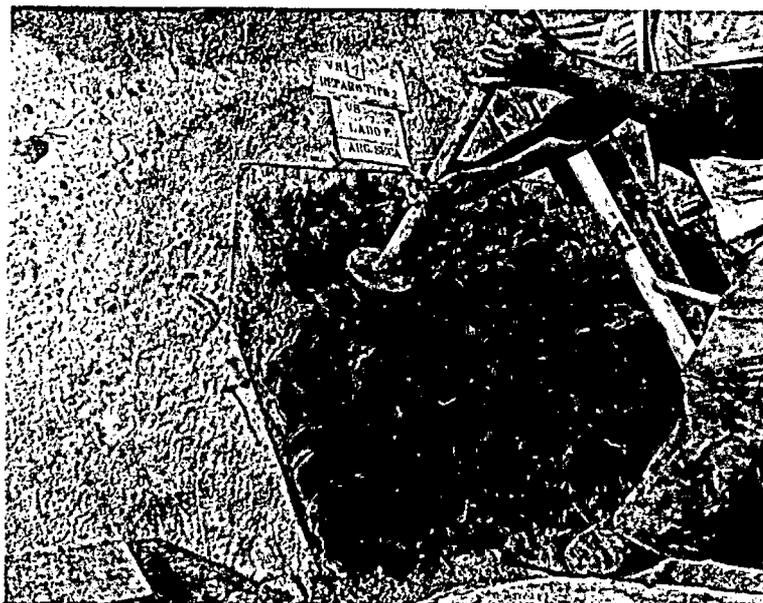
Conclusão do Reparo



Detalhe A



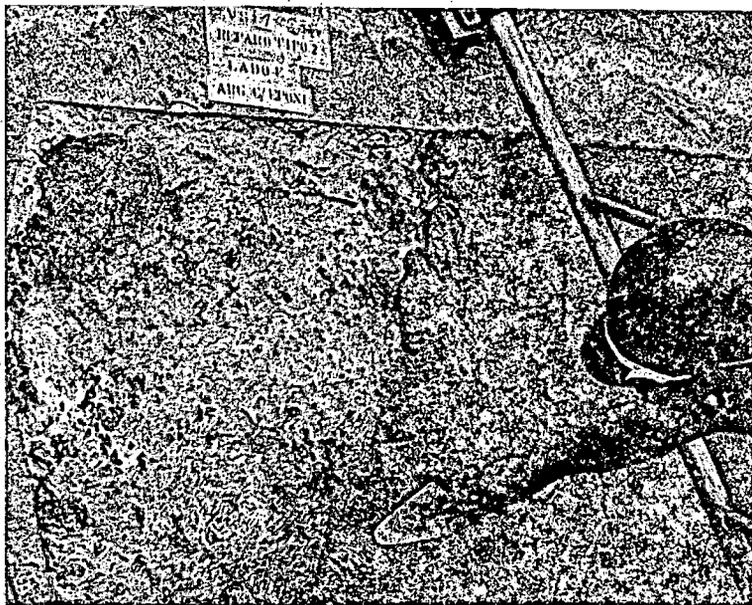
Corte B - B



Aplicação da argamassa seca sobre o concreto.

3.5.2.3 - Aplicação da argamassa epóxica.

A mistura dessa argamassa também foi feita em masseira sobre os flutuadores e transportada em baldes até aos locais de sua aplicação. Nesse local, a argamassa foi lançada sobre a superfície do concreto velho (reparo tipo 1) ou sobre a superfície do enchimento da argamassa "seca" logo depois de sua aplicação (reparo tipo 2). A argamassa epóxica foi espalhada e apiloada com os mesmos soquetes utilizados para aplicação da argamassa de cimento. A distribuição da argamassa foi feita de baixo para cima. A superfície ia sendo sarrafeada por meio de régua metálicas e alisada por meio de colheres de pedreiro, conforme se vê na foto a seguir. Após o término, e em seguida, aplicou-se uma demão de pintura de resina epóxica sobre a superfície, deixando-a com textura lisa e vitrificada, considerando-se assim concluído o reparo.



Aplicação da argamassa epóxica sobre a superfície da argamassa seca.

Quanto aos reparos da parte superior dos dentes, fez-se somente enchimentos com concreto ou argamassa de cimento, colados com resina, após estes locais terem sofrido tratamento de superfície análogo ao dos reparos anteriores, conforme foto mostrada abaixo.

Os reparos executados no paramento, ao lado e acima do dente dissipador, são vistos nas fotos a seguir.



Vista do reparo sobre o dorso do dente dissipador do VS 4.



Aspecto do acabamento do reparo executado com argamassa epoxica.

4 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1978.

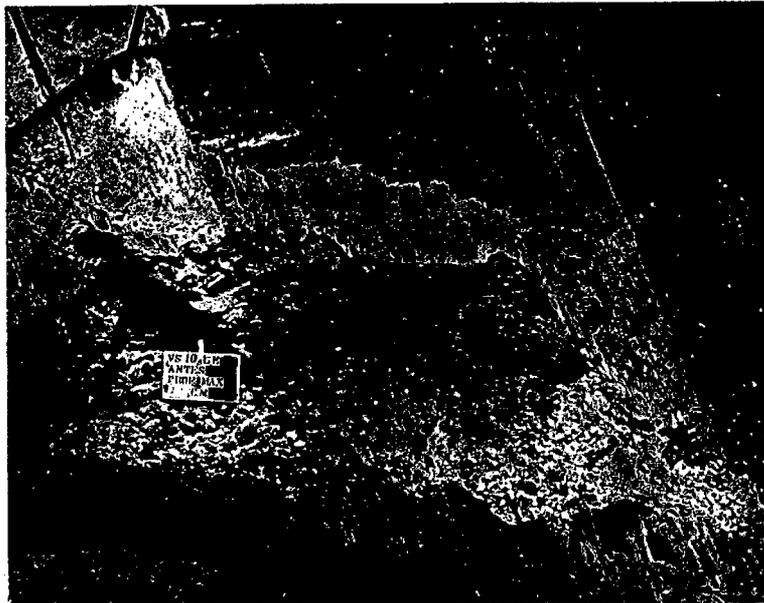
4.1 - OBSERVAÇÕES.

Em 1978, mais uma vez o reparo do lado direito do VS-4, executado no ano de 1974 e a pintura sobre o dorso dos dentes do próprio VS-4 e VS-9, permaneceram intactos. Os demais voltaram a apresentar os mesmos problemas, não surtindo efeito algum os reparos executados no ano de 1977. Apresentamos a seguir, tabela com as profundidades máximas de cavitação, medidas na época do reparo de 1978, conforme fotos típicas seguintes.

PROFUNDIDADE MÁXIMA		
VS	LADO DIREITO	LADO ESQUERDO
01	12,00cm	-
02	20,00cm	-
03	-	63,00cm
04	não cavitou	40,00cm
05	45,00cm	65,00cm
06	30,00cm	53,00cm
07	43,00cm	30,00cm
08	20,00cm	-
09	64,00cm	43,00cm
10	78,00cm	15,00cm
11	17,00cm	23,00cm
12	65,00cm	70,00cm
13	60,00cm	-
14	34,00cm	-
15	20,00cm	15,00cm
16	20,00cm	60,00cm
17	50,00cm	-
18	23,00cm	-
19	23,00cm	15,00cm



Erosão profunda devido à cavitação.



Erosão menos profunda.

4.2 - TECNOLOGIA ADOTADA - NOVAS SOLUÇÕES.

Tendo em vista a necessidade de execução de novos reparos, achou-se por bem desta feita, submeter o problema a uma Consultoria para melhor apreciação.

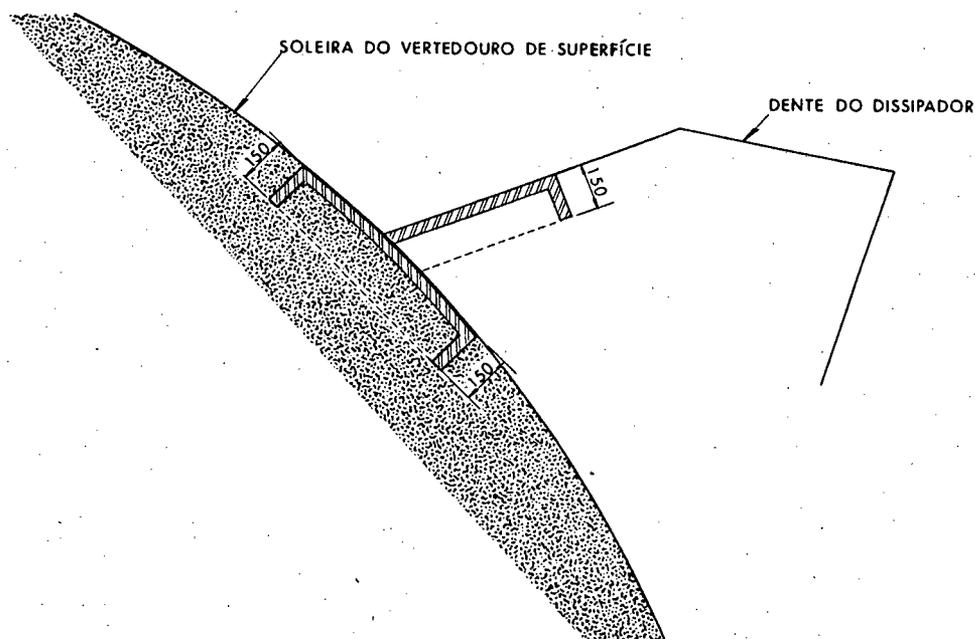
O Consultor designado foi o Eng^o Fernando Oliveira Lemos do LNEC (Lisboa), que fez as seguintes sugestões, de conformidade com seu relatório, transcrito a seguir e elaborado de comum acordo com a Divisão de Hidráulica da Cesp (ECH).

" a) Introdução.

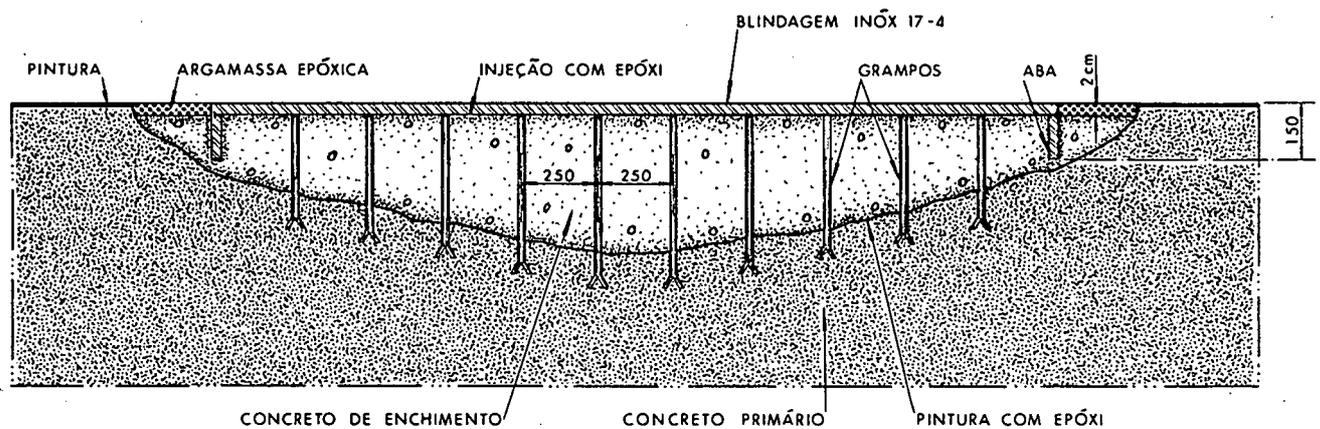
- Em 02/02/78, foi feita uma análise dos problemas de cavitação no vertedouro da barragem de Ilha Solteira, indicada uma metodologia a seguir e apresentadas sugestões de caráter geral para a sua resolução, conforme referência nº 1 do Consultor.
- Em 09/08/78, passou-se em revista a metodologia a seguir tendo ficado definido o seguinte:
 - Reparar uma das zonas erodidas por meio de uma blindagem;
 - Reparar outra das zonas erodidas por meio de concreto e argamassa epóxica;
 - Regularizar as superfícies das restantes zonas erodidas sem preencher as cavidades.

b) Solução com blindagem.

- O aço recomendado é o Inóx 17-4, isto é, com 17% de Cromo e 4% de níquel. O aço deste tipo resiste tanto melhor à cavitação quanto mais duro for. Contudo o aumento de dureza piora as características de soldabilidade, isto é, torna mais difícil a execução das soldaduras. Portanto deve procurar-se garantia de fornecimento de um aço Inóx 17-4 duro e eficientemente soldável.
- A espessura da chapa deve ser da ordem de 25mm. Dado que chapa de aço Inóx com esta espessura é bastante cara, aceita-se, por sugestão da Residência de Construção de Ilha Solteira, que a chapa tenha um revestimento de aço 17-4 com cerca de 3mm de espessura;
- A blindagem, que terá uma aba com 150mm em todo o seu contorno, formando canto reto, será fixada ao concreto antigo por meio de grampos com 25mm de diâmetro distribuídos em malha quadrada com 25mm de lado. Na zona do pilar formará uma espécie de sela, conforme o esquema abaixo.



Esquema da Blindagem



Fixação da Blindagem Inóx

Em primeiro lugar cravam-se os grampos no concreto antigo, espaçados de 250mm; em seguida coloca-se a blindagem, naturalmente por partes para não se tornar uma estrutura muito pesada e também para facilitar as operações seguintes; depois soldam-se os grampos à chapa (esta operação também pode ser feita antes da cravação); posteriormente pinta-se a superfície do concreto antigo e a face interior da chapa com epóxi; em seguida preenche-se o espaço entre a chapa e o concreto antigo com concreto novo normal; remata-se o espaço à volta da blindagem com argamassa epóxica para realizar uma boa transição entre as superfícies do concreto antigo e da blindagem; injecta-se com epóxi, através de orifícios deixados nas juntas de soldadura, da chapa de blindagem, a interface entre a blindagem e o concreto novo para garantir uma boa colagem evitando que a chapa fique solta e vibre; por último regularizam-se as superfícies se houver imperfeições;

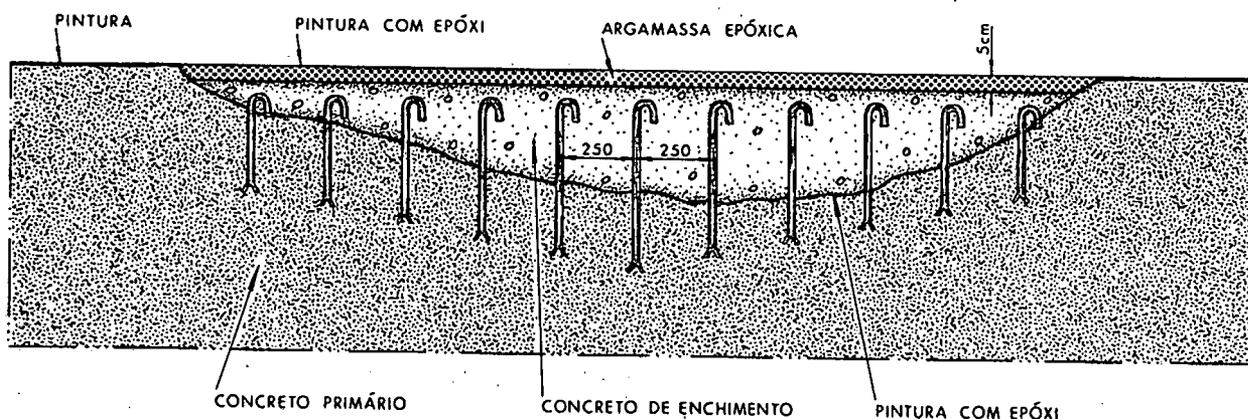
- A preparação das superfícies para aplicação de pintura com epóxi e a preparação da argamassa epóxica deve ser feita de acordo com a referência nº 2 do Consultor.

c) Solução com concreto e argamassa epóxica.

- A reparação da zona erodida deverá ser feita do modo seguinte e de acordo com o esquema a seguir.

Em primeiro lugar cravam-se grampos de diâmetro 25mm, espaçados de 25cm, no concreto antigo; em seguida pinta-se a superfície do concreto antigo com epóxi; depois enche-se com concreto novo até aproximadamente 5cm da superfície final; posteriormente, depois de seca, pinta-se a superfície do concreto novo com epóxi e reveste-se com uma camada de argamassa epóxica com aproximadamente 5cm de espessura; por último a junta periférica de ligação da argamassa ao concreto antigo é pintada com epóxi;

- A execução deverá ser feita do modo seguinte e de acordo com o esquema abaixo.



Reparo com Argamassa Epóxica

- Nas superfícies reparadas não devem ficar ressaltos, sobretudo do tipo indicado no esquema abaixo.



Ressalto a ser Desbastado

Se existirem, devem ser desbastados a 1:6, para não originarem cavitação.

- A preparação das argamassas epóxicas e a sua aplicação na zona erodida por cavitação deve ser realizada de acordo com as indicações detalhadas no item 6.2 deste relatório.

d) Ensaios de cavitação.

- Para obter a composição mais adequada da argamassa epóxica devem preparar-se provetes com diferentes traços e submetê-los a ensaios de cavitação;
- Detalhes sobre a realização dos ensaios foram fornecidos durante a reunião.

e) Considerações.

- A blindagem podia também ser substituída por placas pré-fabricadas de concreto polímero, pois há concretos polímeros que têm resistência à cavitação análoga à do aço;
- Presentemente parece difícil a utilização de concreto polímero por dificuldades técnicas;
- Dadas as potencialidades que tem a CESP e o interesse que poderão vir a ter estes materiais julga-se de bastante utilidade investir neste domínio, por certo muito aliciante para os especialistas de concreto.

REFERÊNCIA DO CONSULTOR

- (1) CESP - BARRAGENS DE ILHA SOLTEIRA. Considerações sobre os problemas de cavitação no vertedouro, pelo Engº Fernando de Oliveira Lemos. Fevereiro de 1978.
- (2) BUREAU OF RECLAMATION. Concrete manual. A Water Resources Technical Publication, 1975."

4.3 - ESQUEMA DE REPAROS ADOTADO.

Com base nas sugestões indicadas pelo Consultor e outras indicadas pela própria Obra, foi determinado o esquema de execução dos reparos a seguir:

- Colocação de uma chapa de aço inóx com 1" de espessura, conforme especificada pelo Consultor, somente em uma das cavidades que apresentasse maior frequência de cavitação (a cavidade escolhida foi no VS-9, lado esquerdo);
- Por motivos econômicos, a Obra sugeriu fazer a colocação de uma chapa de aço inóx de menor espessura, associada com outra chapa de aço comum, em substituição a de aço inóx de 1" (a cavidade escolhida para teste foi no VS-10, lado esquerdo);
- Colocação pura e simples de chapas de aço comum com espessura de 1", com a superfície de contacto com a água protegida com pintura de tintas especiais. Esse tipo de chapa foi colocado em duas cavidades, no VS-12 e VS-15, lado esquerdo.
- Revestimento com argamassa epóxica nas demais cavidades, conforme especificado pelo Consultor;
- Fazer preenchimento das cavidades utilizando concreto elaborado com pedra britada, ancorado com chumbadores e reforçado com armadura de pele.

4.4 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.

Os equipamentos utilizados foram os seguintes:
ano anterior, ou seja:

- Dois andaimes flutuantes, para acesso do pessoal e materiais aos locais do reparo;
- Um Guincho Galion para manuseio das chapas;
- Um maçarico para forma e armação;
- Uma máquina de solda para forma e armação;
- Uma perfuratriz para colocação dos chumbadores;

- Um jato de areia para tratamento da superfície;
- Três botes munidos com motores de popa de 40 HP, para movimentação dos andaimes flutuantes e transporte do pessoal e material;
- Uma Perua Kombi;
- Um caminhão para transporte do pessoal e materiais;
- Uma betoneira de 200 litros;
- Quatro rompedores;
- Duas lixadeiras;
- Quatro rebarbadores;
- Um pau-de-carga munido com uma talha de 9 toneladas para colocação das chapas na cavidade.
- Um compressor de 300 PCM.

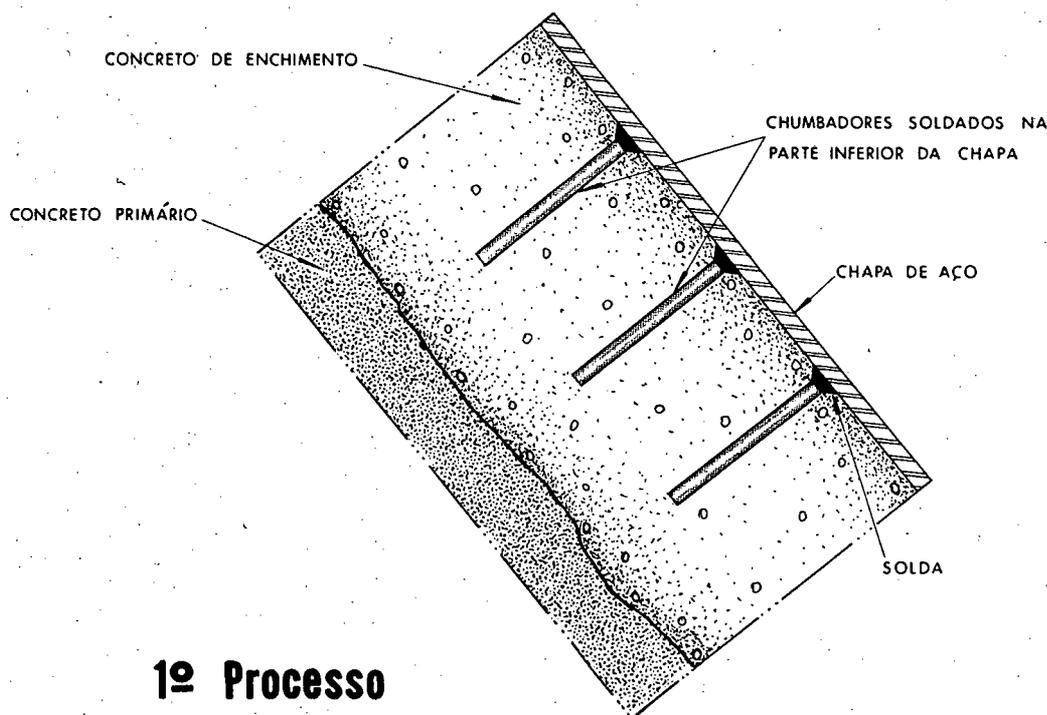
4.5 - EXECUÇÃO DOS REPAROS.

Para ancoragem da chapa e do concreto de enchimento, foram utilizados dois processos:

- Para ancoragem da chapa.

- Primeiro processo.

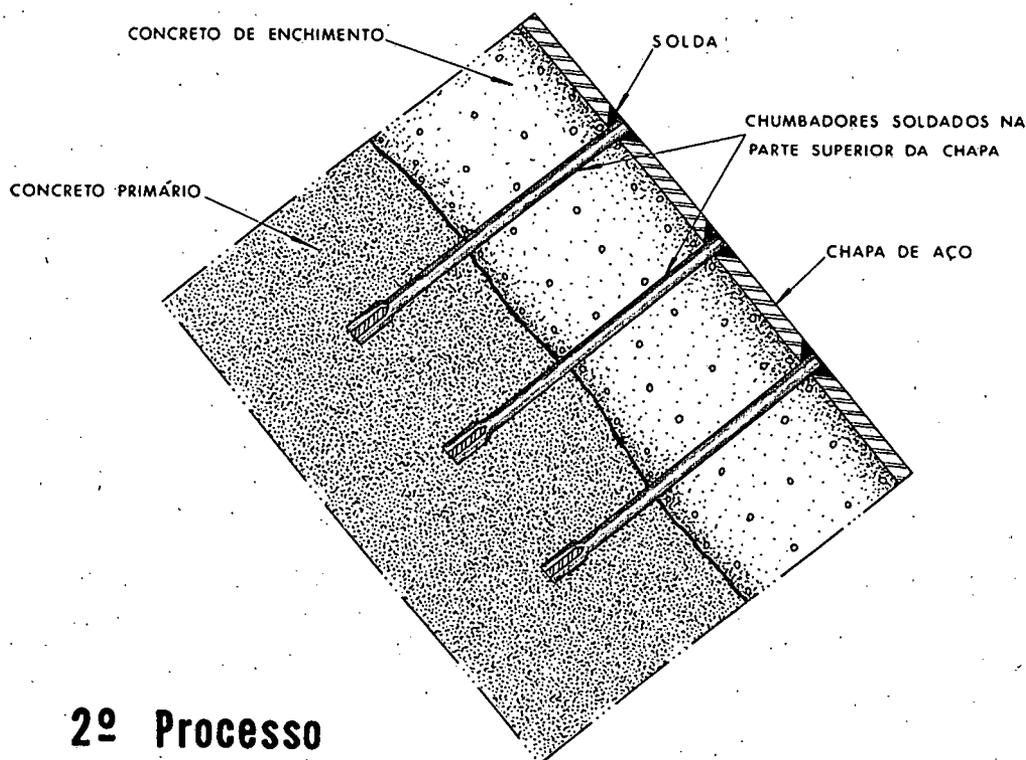
Com chumbadores soldados na parte inferior da chapa ancorados no concreto de seu próprio enchimento, indicado no desenho abaixo.



1º Processo

- Segundo processo.

Com chumbadores engastados no concreto primário e prolongados até a parte superior da chapa onde foram soldados, servindo de ancoragem da chapa e do próprio concreto de seu enchimento, indicado no desenho abaixo.

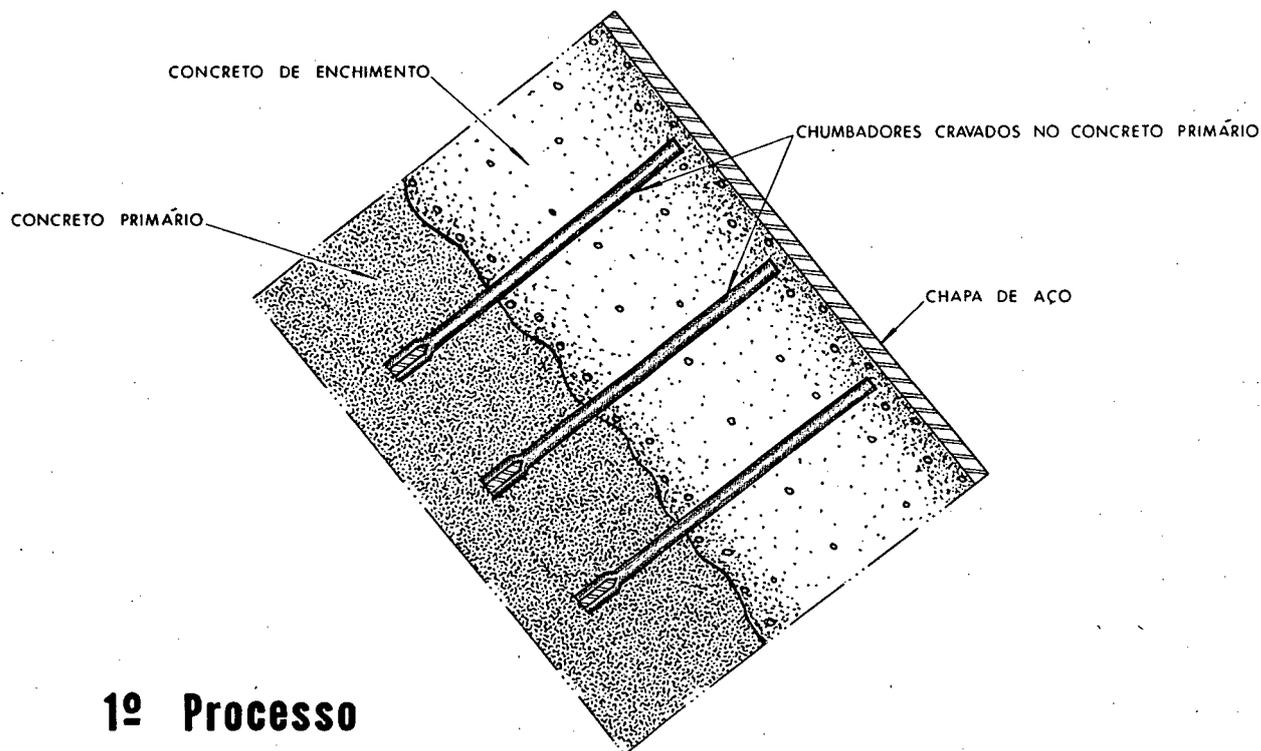


2º Processo

- Para ancoragem do concreto.

- Primeiro processo.

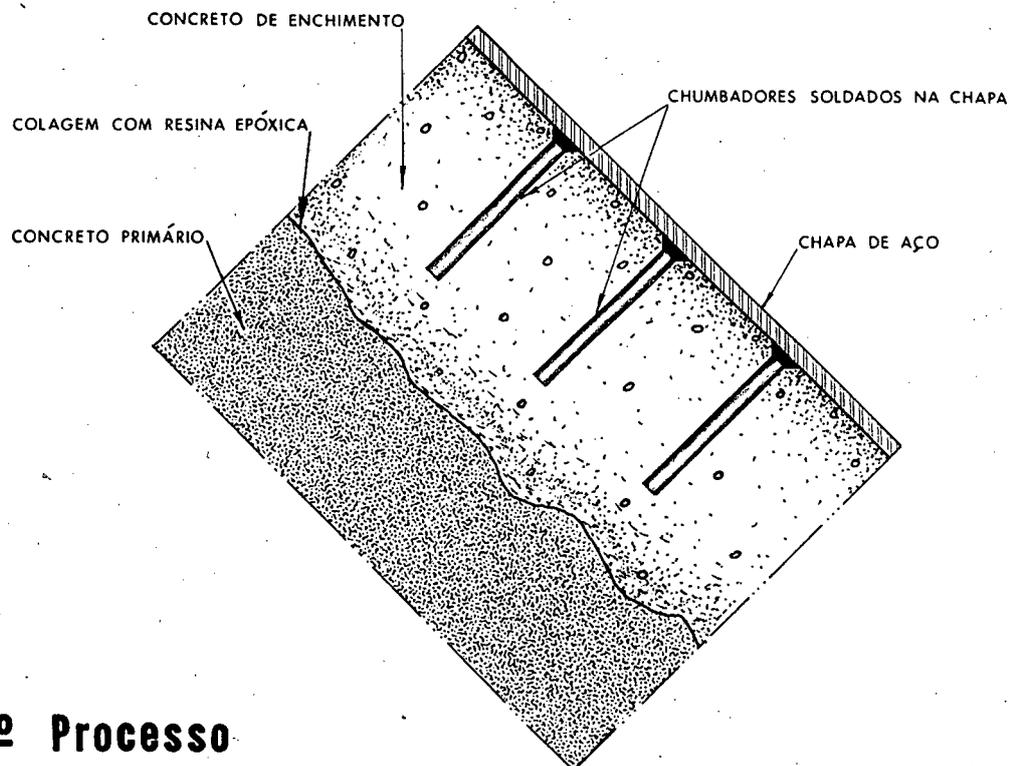
Com a utilização de chumbadores engastados no concreto primário e prolongados até a proximidade do fundo da chapa, conforme desenho a seguir.



1º Processo

- Segundo processo.

Através da colagem com resina epóxica pintada sobre a superfície do concreto velho, indicado no desenho abaixo.



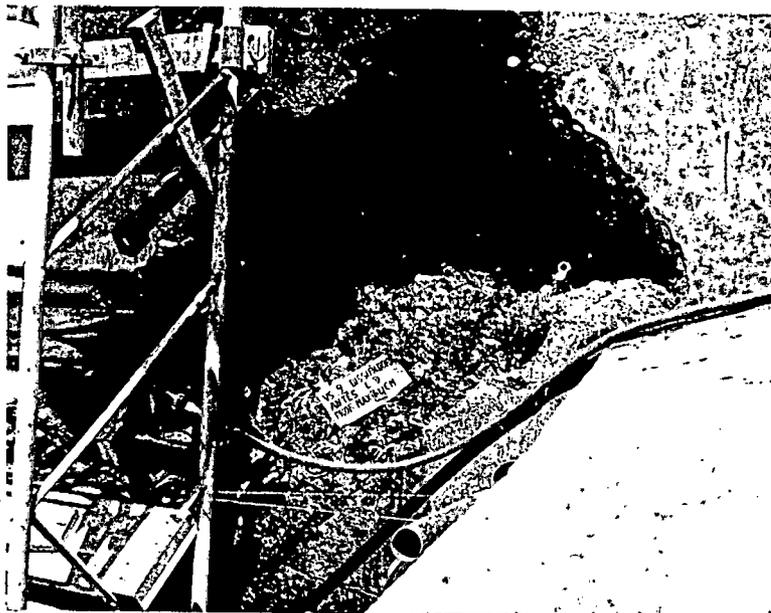
2º Processo

O objetivo dessas múltiplas ancoragens, foi de se verificar sua eficiência, com relação à facilidade de aplicação.

4.5.1 - Chapa de aço inóx de 1" colocada no VS-9, lado esquerdo.

A chapa foi colocada nesse local com superfície de $3,1m^2$, protegendo, além do perímetro de cavitação, cerca de 20cm, conforme desenho de locação da chapa.

O aspecto da cavitação pode ser observado na foto abaixo, onde consta a profundidade máxima da cavidade, 43cm.



Erosão profunda devido à cavitação.

4.5.1.1 - Fabricação da chapa.

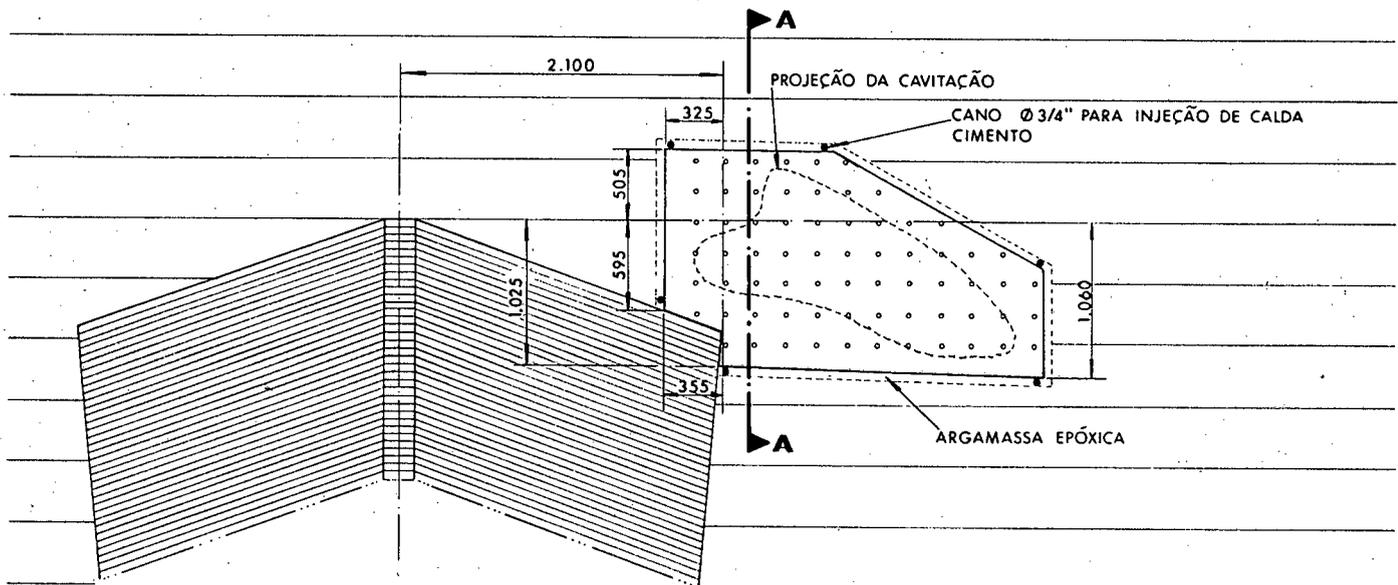
A chapa de aço foi adquirida com base na estrutura química indicada pelo Consultor.

Quanto ao seu corte, preparo e montagem, foram executados pela Oficina da CESP, de conformidade com o desenho da folha seguinte, elaborado pelo Setor de Obras de Concreto.

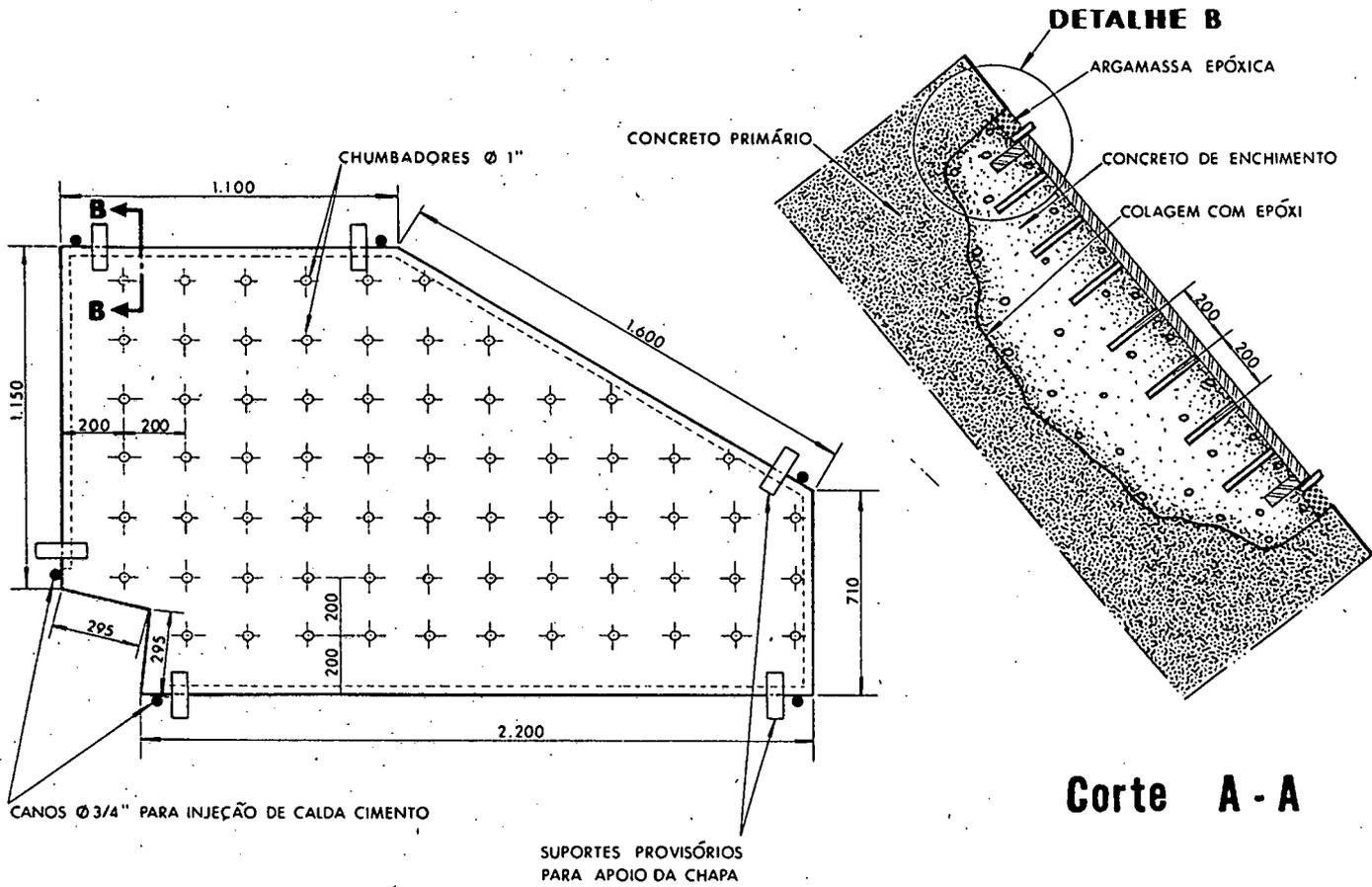
O processo de sua ancoragem no paramento, contou somente com chumbadores e beiral soldados na parte inferior da chapa (primeiro processo de ancoragem da chapa).

No concreto primário do paramento, não foram deixados chumbadores para ligação do concreto velho com o novo. Essa aderência foi conseguida com a utilização da resina epóxica Colma Dur, aplicada na superfície do concreto velho para colagem (segundo processo de ancoragem do concreto).

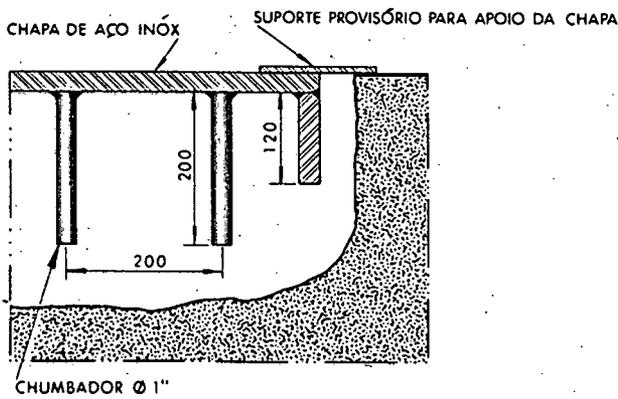
Para evitar possíveis vazios após o enchimento de concreto sob a chapa, foram deixados canos galvanizados de $\varnothing 3/4"$ em seu contorno, para posterior injeção com calda de cimento.



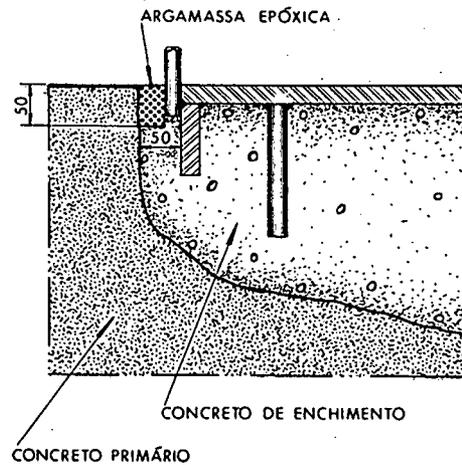
Locação da Chapa



Planta da Chapa



Corte B - B



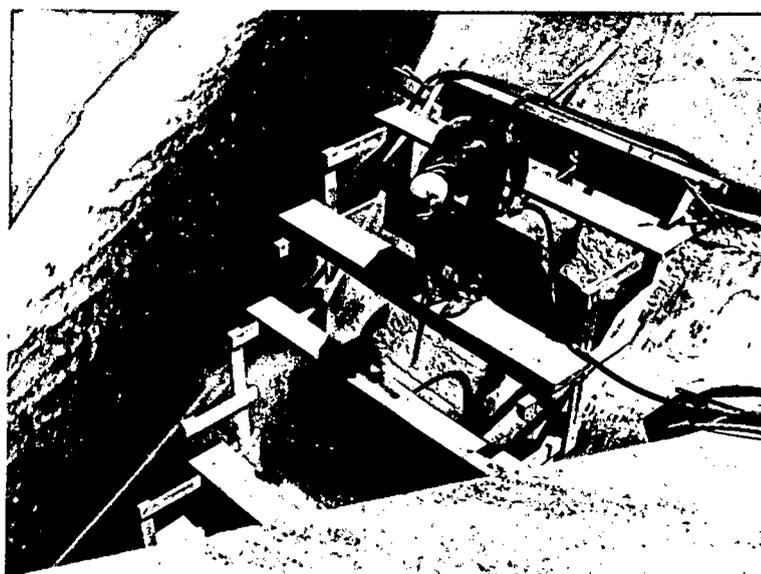
Detalhe B

4.5.1.2 - Preparo do local de fixação da chapa.

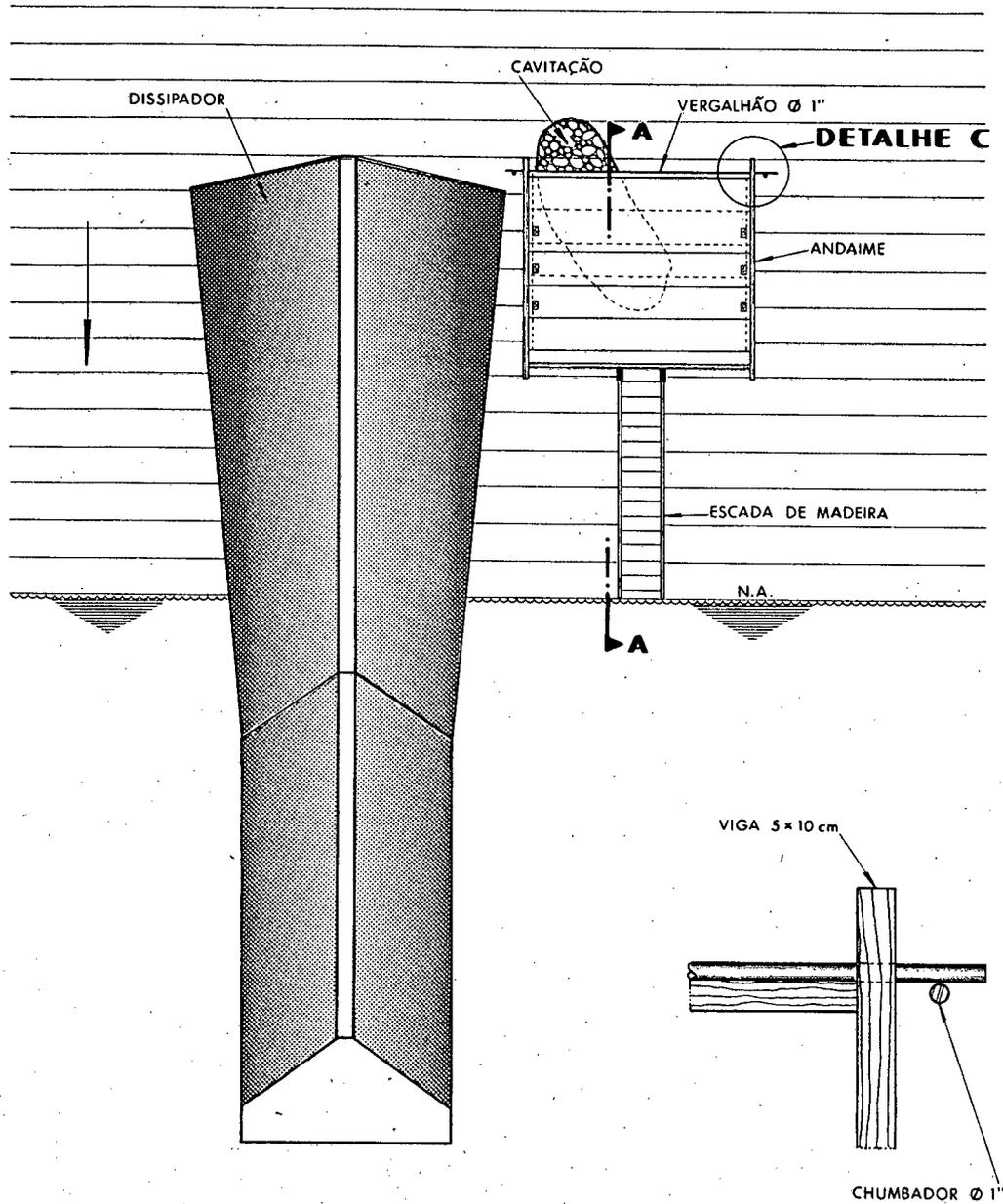
A delimitação da área de rompimento do concreto necessário para colocação da chapa, foi conseguida através do emprego de um gabarito de madeira construído na forma da poligonal da chapa, que serviu de apoio para a marcação

de seu perímetro no paramento. O rompimento foi executado com 5cm além desse perímetro, para obtenção de maior facilidade de posicionamento da chapa e conseqüentemente, obter-se melhores condições de acabamento entre a chapa e o maciço. O contorno do perímetro, foi executado com corte de disco de nylon com profundidade de aproximadamente 1cm, e o rompimento da cavidade de incrustação da chapa com 30cm.

Na parte superior da cavidade, foi rompido um nicho no concreto para colocação de "chutes" de concretagem de enchimento sob a chapa. Posteriormente esse nicho foi preenchido com argamassa epóxica juntamente com as laterais da chapa. Depois de rompida, a superfície do concreto foi limpa com jato de areia, água e ar. Para o acesso do pessoal até ao local, serviu-se dos botes, andaimes flutuantes mencionados anteriormente, e de andaimes de madeira semi-fixos pendurados no paramento. A medida que iam sendo concluídos os serviços, os andaimes semi-fixos eram transportados para outros locais por meio dos próprios andaimes flutuantes, conforme se nota na foto abaixo e desenhos das folhas nºs 72 e 73.



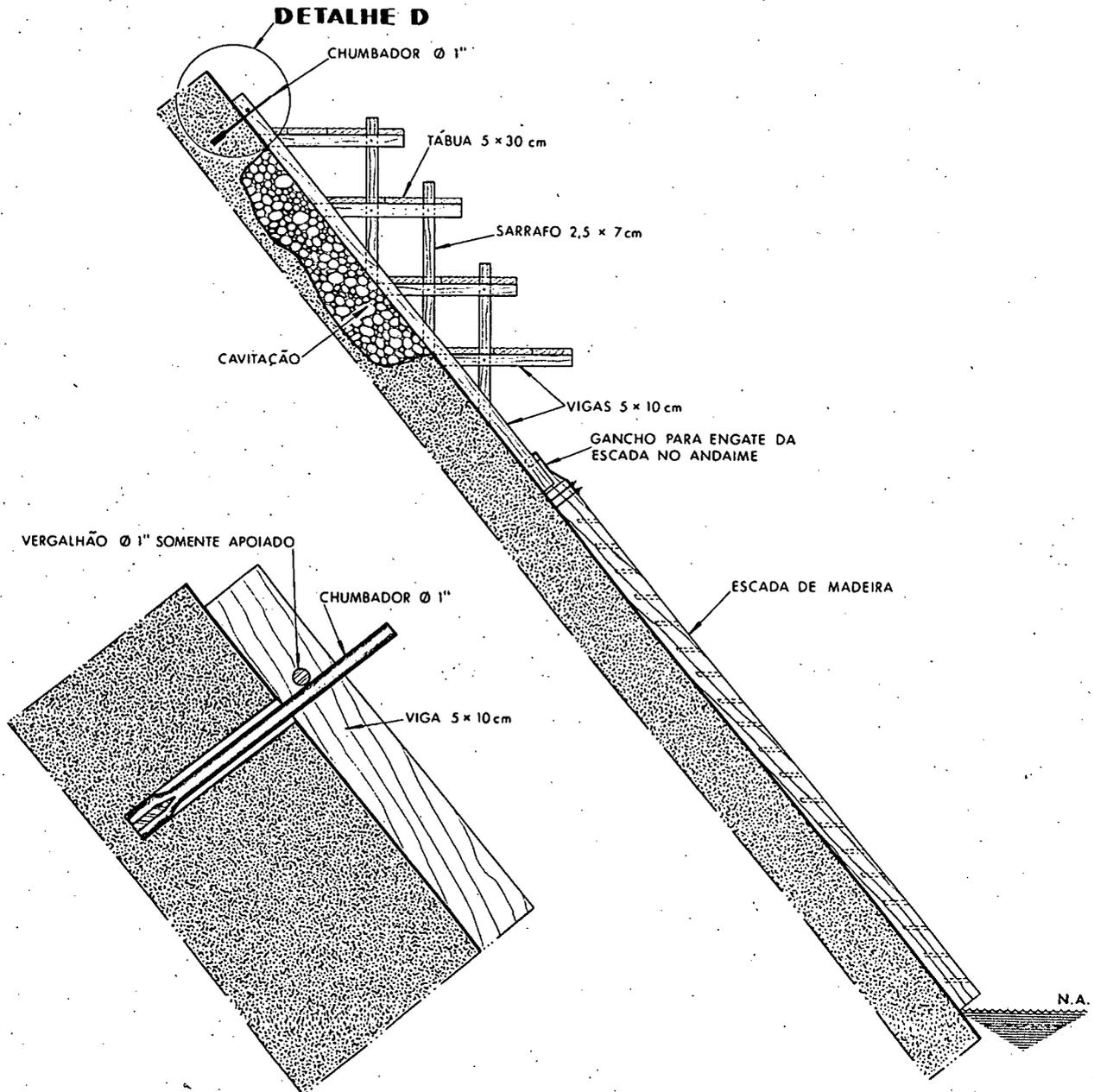
Andaimes de madeira fixados temporariamente durante a execução do reparo.



Posição do Andaime

Detalhe C

Locação do Andaime Semi-Fixo



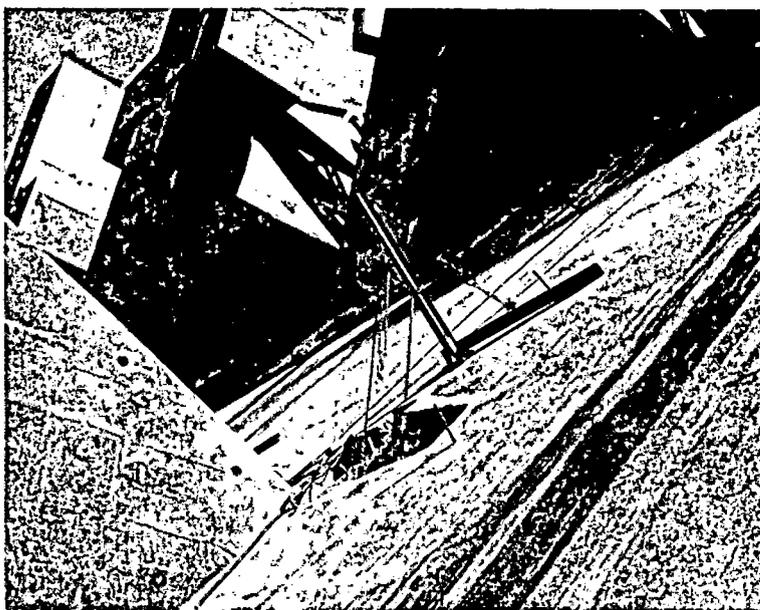
Detalhe D

Corte A - A

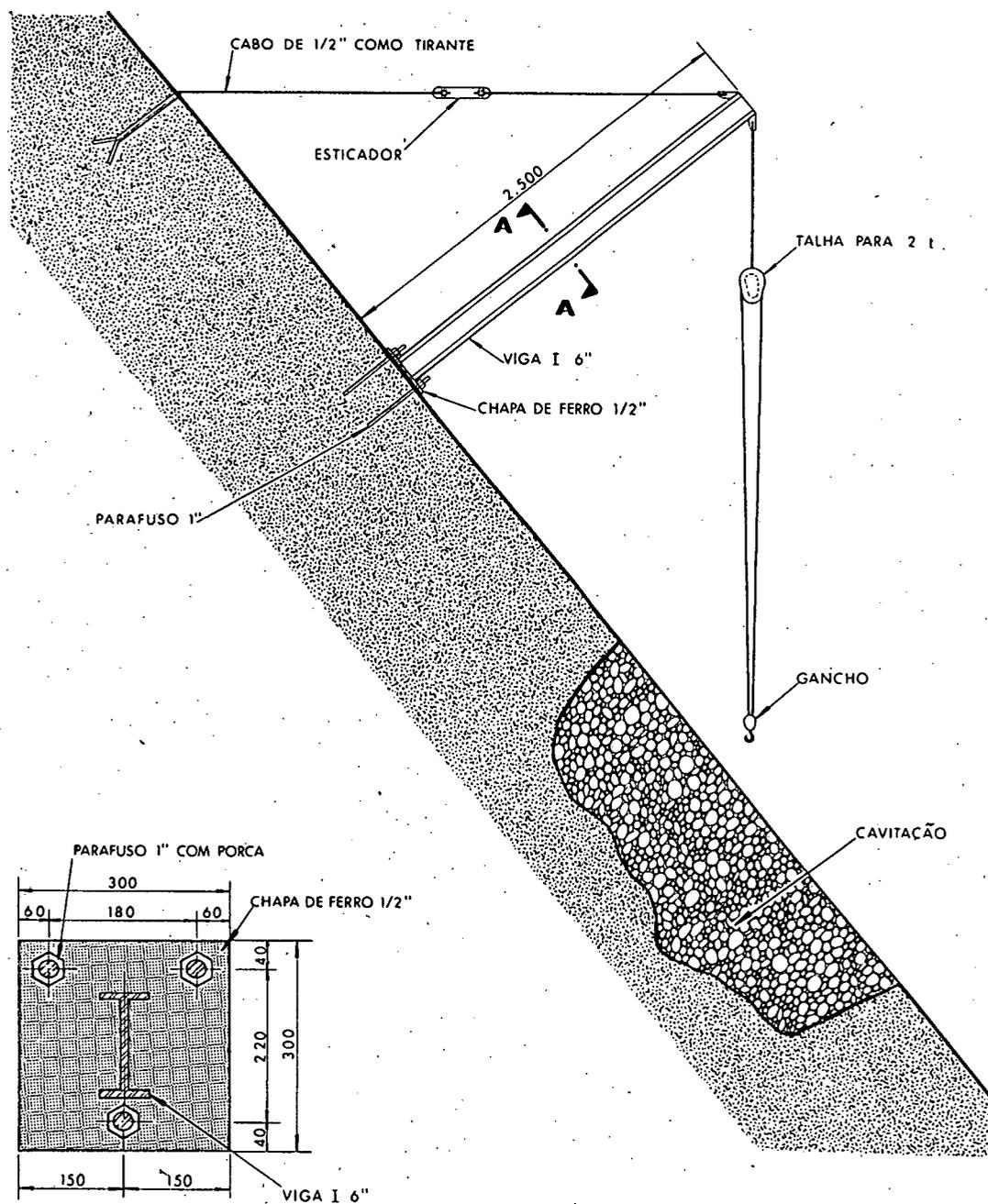
4.5.1.3 - Montagem da chapa.

Concluídos os trabalhos de oficina, a chapa foi transportada para o local de sua montagem, utilizando-se um caminhão até a margem do rio, sendo ali transferida para um dos flutuadores, através do auxílio de um guincho Galion, e transportada até o paramento do VS-9. Nesse local, o andaime foi atracado de lado contra o paramento, possibilitando a retirada da peça por meio de tracionador Tirfor preso em um pau-de-carga posicionado convenientemente logo acima da posição da chapa. Arrastada a chapa até o topo do pau-de-carga, trocou-se o tracionador Tirfor por uma talha de duas toneladas, para melhor facilidade de manuseio e ajuste da peça em seu local.

O pau-de-carga, foi construído com um perfil "I" de 6" e 2,5m de comprimento, preso ao paramento por três chumbadores de 3/4" parafusados na chapa de sua base, e por um tirante, conforme pode ser observado na foto abaixo e desenho da folha seguinte.



Pau-de-carga utilizado para içamento da chapa de aço.



Corte A - A

Posição do Pau - de - Carga

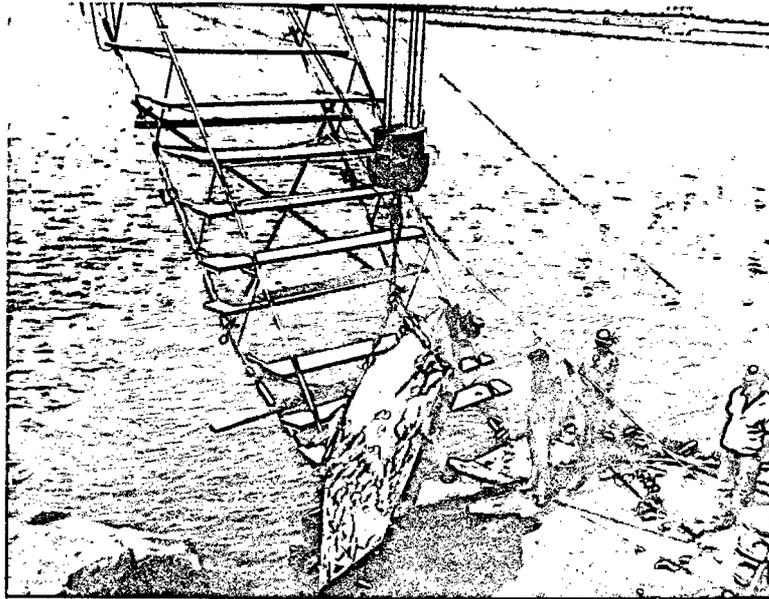
Os ganchos e os cabos colocados na chapa foram posicionados convenientemente, de maneira a se obter o centro de gravidade da peça e ângulo de inclinação de seu plano igual ao da rampa do vertedouro.

Nas laterais da chapa, foram soldadas provisoriamente "orelhas" de chapa de ferro com espessura de 1/4" que, além de suporte, serviram também de gabarito para deixar a chapa no mesmo plano do paramento, após liberada da talha.

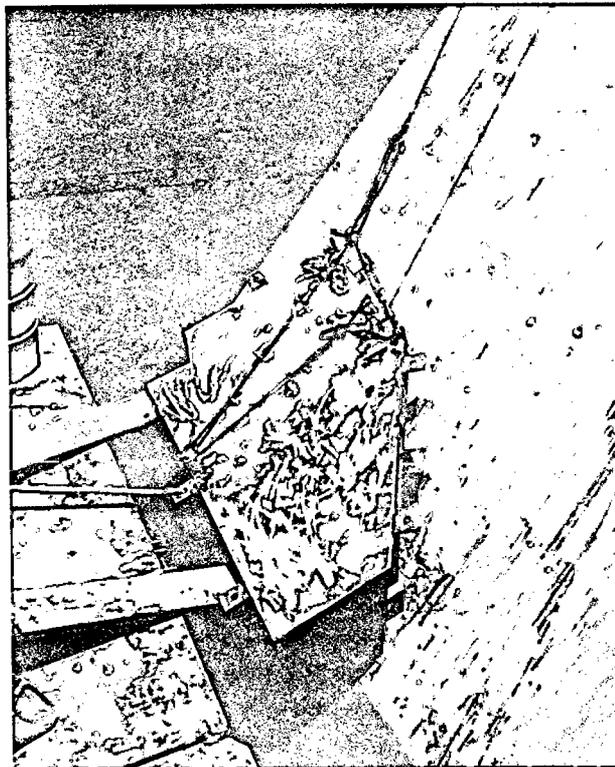
O tempo gasto nessas operações foi de aproximadamente seis horas. Veja seqüência de fotos a seguir.



Operação de passagem da chapa de aço do caminhão para o flutuador, na margem do rio.



Colocação da chapa sobre o flutuador, com auxílio do guindaste Galion.



Início do içamento da chapa para o local de fixação no paramento, com auxílio do Pau-de-carga e uma talha Tirfor.



Seqüência da operação.

4.5.1.4 - Formas.

Como estava previsto fazer a colagem do concreto novo e velho através da aplicação de uma película de resina epóxica sobre a superfície do concreto velho, minutos antes do início da concretagem de enchimento, tanto a forma, quanto o escoramento, tiveram que sofrer pré-montagens para possibilitar maior rapidez quando de sua montagem antes do lançamento do concreto.

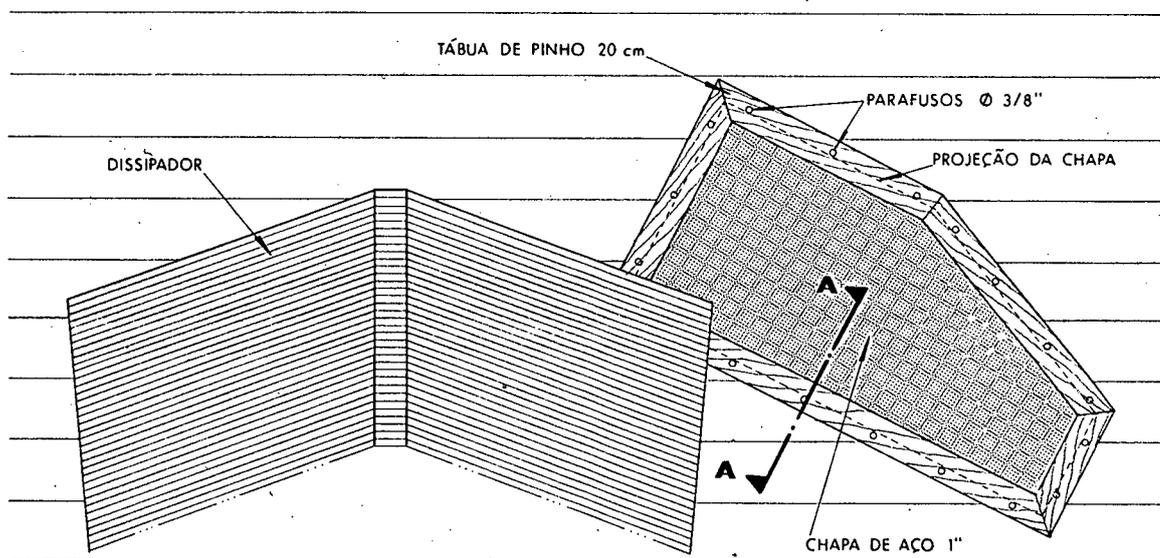
A aplicação da cola teve que ser executada com a chapa suspensa dentro do prazo máximo de 15 minutos, antes do início do lançamento do concreto, para que houvesse perfeita aderência entre o concreto novo e o velho, conforme se vê na foto da folha seguinte.

O escoramento da chapa constou de chumbadores de ferro cravados no concreto de sua periferia, soldados em suas laterais.

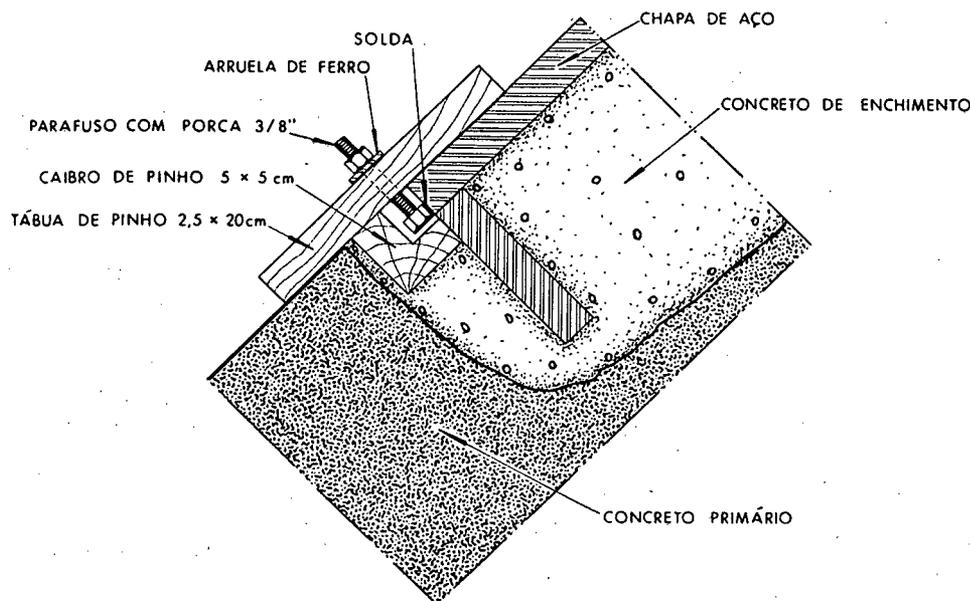
As formas de vedação no contorno da chapa foram fixadas na própria lateral da chapa por meio de parafusos, conforme desenhos a seguir.



Aplicação da resina epóxica para colagem do concreto secundário com o concreto primário, antes do assentamento da chapa.



Locação da Forma



Corte A - A

4.5.1.5 - Concretagem da chapa.

Concluídos os serviços de formas, procedeu-se a concretagem de enchimento sob a chapa.

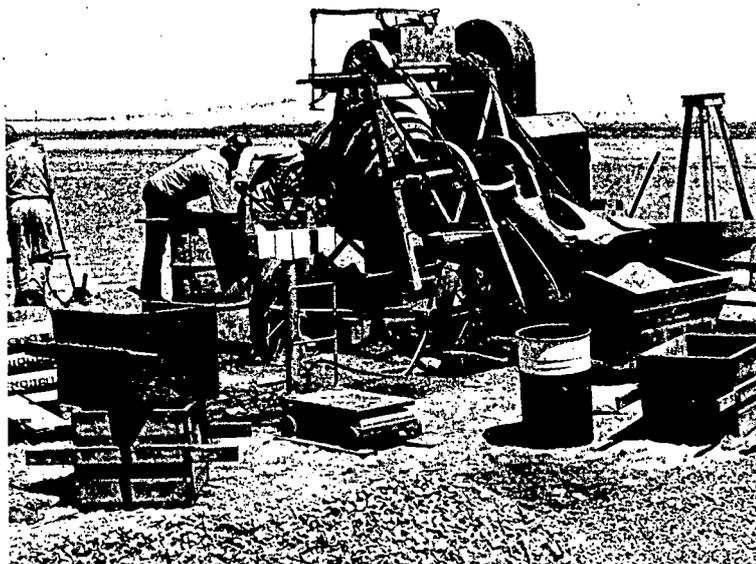
O concreto foi usinado por uma betoneira de 200ℓ posicionada na margem do rio e transportado em baldes de 20 ℓ por meio de botes e um pequeno flutuador, até o andaime flutuante ancorado junto ao paramento.

O transporte dos baldes no trecho da betoneira até aos botes na beira do rio, foi facilitado pela colocação de um cabo de aço de 1/4" de espessura preso na lateral de uma escada metálica utilizada para acesso do pessoal sobre o enrocamento da margem do rio. Nesse cabo, foi colocada uma carretilha munida de um gancho que descia os baldes cheios de concreto, controlados por uma corda até a altura dos botes. Ali, os baldes eram retirados e colocados dentro dos botes, que os transportavam até o andaime flutuante ancorado junto ao paramento.

Lã, os baldes foram novamente retirados dos botes e colocados em outro cabo de aço munido do mesmo tipo de carretilha citado anteriormente, vencendo uma altura de cerca de 9 metros, utilizando-se dois homens.

Antes de se iniciar o lançamento do concreto, a chapa foi erguida e feita a pintura de colagem com resina Colma Dur sobre a superfície de concreto do maciço, dentro do prazo especificado.

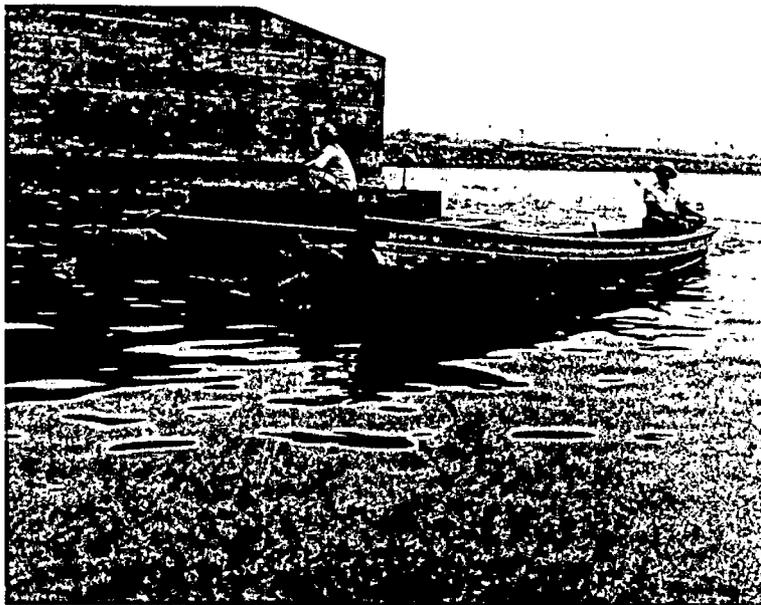
Feita a colagem, a chapa foi descida e montada a forma das laterais, bem como o escoramento da própria chapa. Processado esse trabalho, deu-se início ao lançamento do concreto dos baldes para o interior dos "chutes". Após o descarregamento do primeiro traço, procedeu-se a vibração do concreto por meio de vibradores de imersão e vibradores de parede colocados sobre a chapa. E assim continuou-se até o final da concretagem, conforme ilustrado pelas fotos a seguir.



Betoneira instalada na margem do rio.



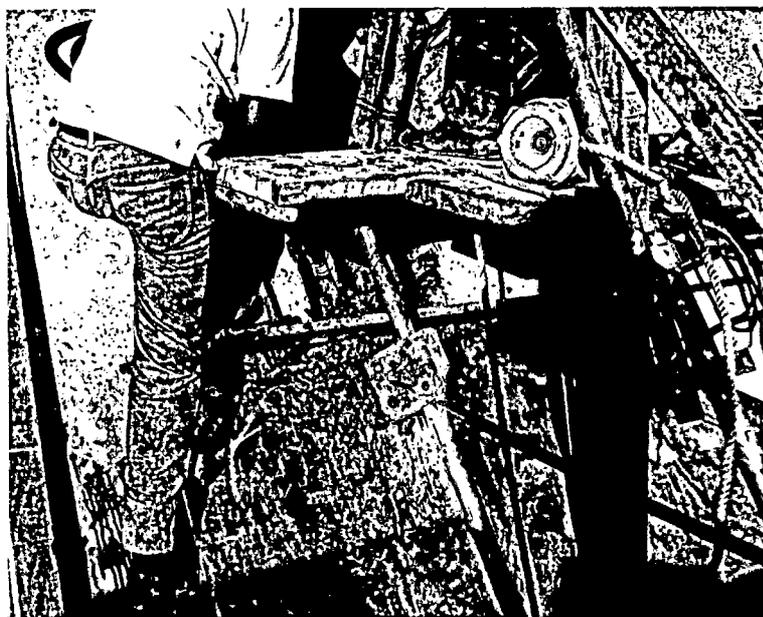
Colocação de baldes com concreto sobre o flutuador.



Transporte dos baldes de concreto no flutuador com auxílio de barco a motor.



Elevação dos baldes com concreto para o local de aplicação através de corda, cabo de aço e dois homens.



Aplicação do concreto de enchimento sob a chapa de aço.

No dia seguinte, processou-se a retirada do escoramento e a desforma da lateral da chapa, verificando-se em seguida a existência ou não de possíveis vazios sob a chapa.

Constatou-se que a concretagem foi perfeita, devido a não comunicação do ar comprimido introduzido no interior dos canos deixados nas laterais da chapa, bem como à ausência de sons característicos de vazios nas batidas de martelo sobre a chapa, que levou à dispensa da injeção com calda de cimento.

O traço usado foi o seguinte:

- fck aos 3 dias	150 kg/cm ²
- "Slump"	13 + 1 cm
- Agregado (cascalho Ø máximo)	19 mm

4.5.1.6 - Acabamento final na lateral da chapa com argamassa epóxica.

Após decorridos três dias, a ranhura da lateral da chapa foi preparada com jato de areia, água e ar e preenchida com argamassa epóxica.

A aplicação foi executada de baixo para cima, apiloando-se com soquetes de ferro e alisando-se com colher de pedreiro umedecida com álcool. A aplicação foi executada analogamente à dos revestimentos com argamassa epóxica, nos demais buracos não revestidos com chapa de aço, conforme item 4.5.6. O traço foi objeto de estudo de laboratório e está especificado no item 4.5.6.1. O aspecto da chapa pronta é mostrado na foto da folha seguinte.



Aspecto da chapa após a concretagem e acabamento.

4.5.2 - Chapa de aço inóx associada à chapa de aço comum - VS-10, lado esquerdo.

Por motivos econômicos, tendo em vista o elevado preço de aquisição da chapa de aço inóx, com espessura de 1", a título de experiência, a Residência de Ilha Solteira e Três Irmãos decidiu substituí-la por outra chapa de aço inóx mais fina, associada a uma chapa de aço comum.

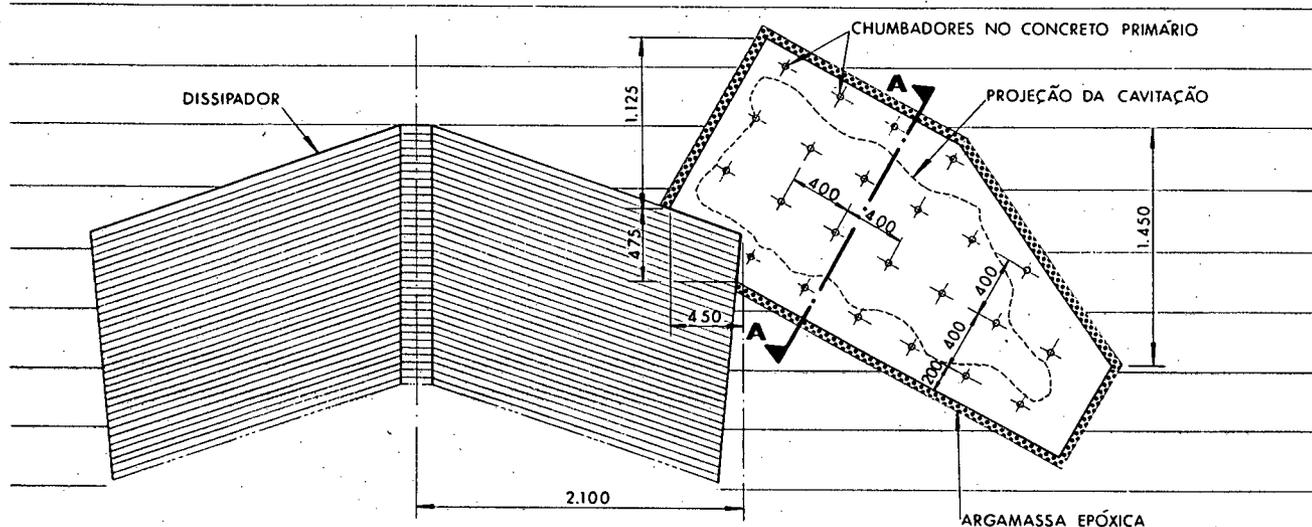
O local escolhido foi o VS-10, lado esquerdo, pertencente ao mesmo grupo de abertura de comporta da chapa anterior. Sua área de proteção atingiu 4,00m², o que assegurou uma faixa de aproximadamente 20cm além dos limites da cavitação. Veja-se o aspecto da cavidade na foto da folha nº 59

4.5.2.1 - Fabricação da chapa.

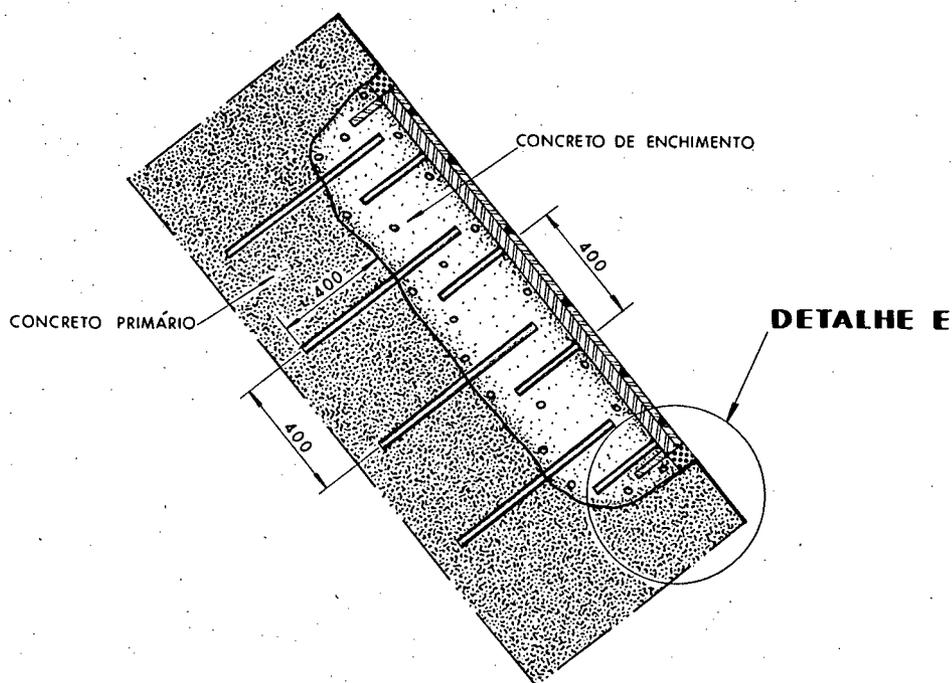
Foi constituída por chapa de aço comum de espessura de 3/4", revestida superiormente por uma chapa de aço inóx de 1/4", cuja fabricação foi executada de conformidade com o desenho da folha seguinte.

Sua ancoragem no concreto contou com chumbadores de ferro CA-50, soldados na parte inferior da chapa a cada 40cm (primeiro processo de ancoragem da chapa). Para

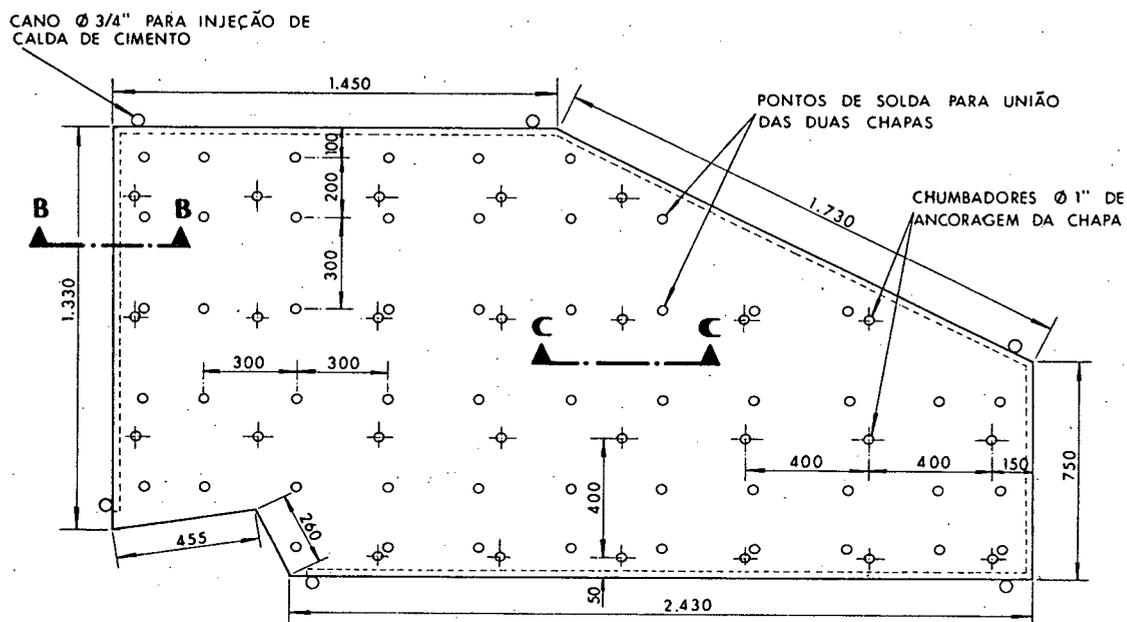
ancoragem do concreto secundário com o concreto velho do maciço, não foi usada colagem com produtos epóxicos. Usou-se desta vez, chumbadores de ferro CA-50 cravados no maciço a cada 40cm, entremeados às posições dos chumbadores fixados na chapa (primeiro processo de ancoragem do concreto). Para garantir o perfeito enchimento sob a chapa, foram também colocados canos galvanizados de $\varnothing 3/4"$ para posterior injeção com calda de cimento, caso houvesse necessidade.



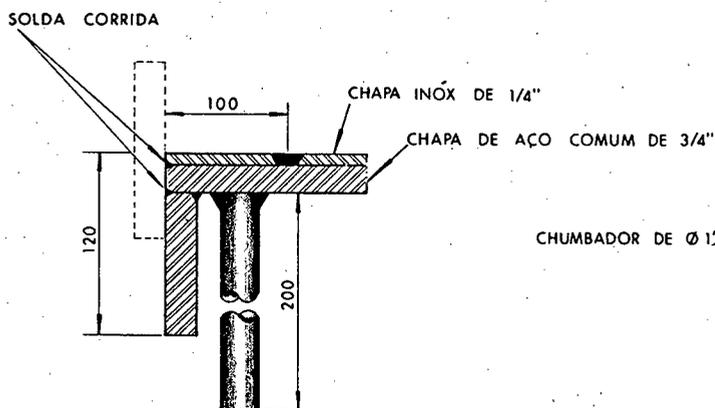
Locação da Chapa



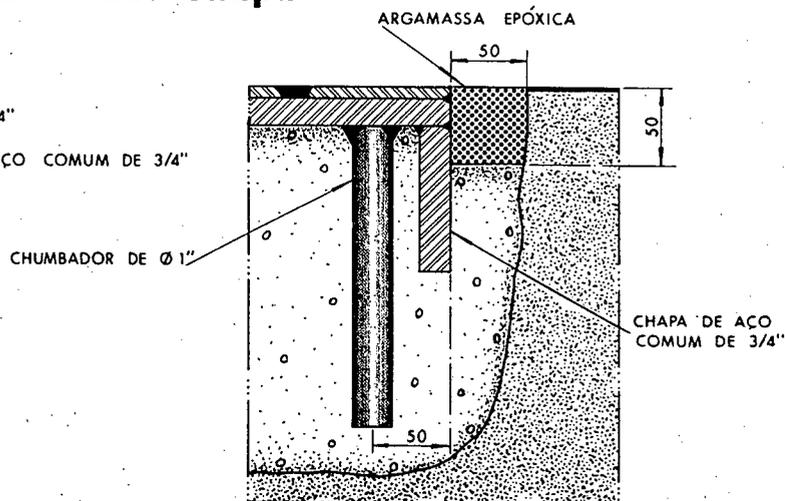
Corte A - A



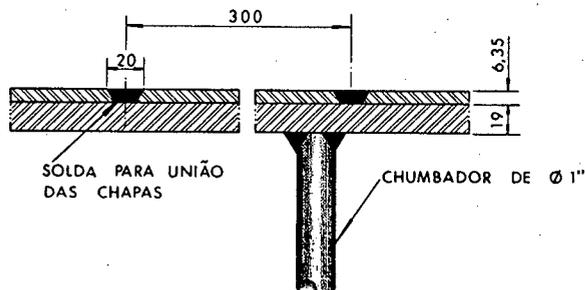
Planta da Chapa



Corte B - B



Detalhe E



Corte C - C

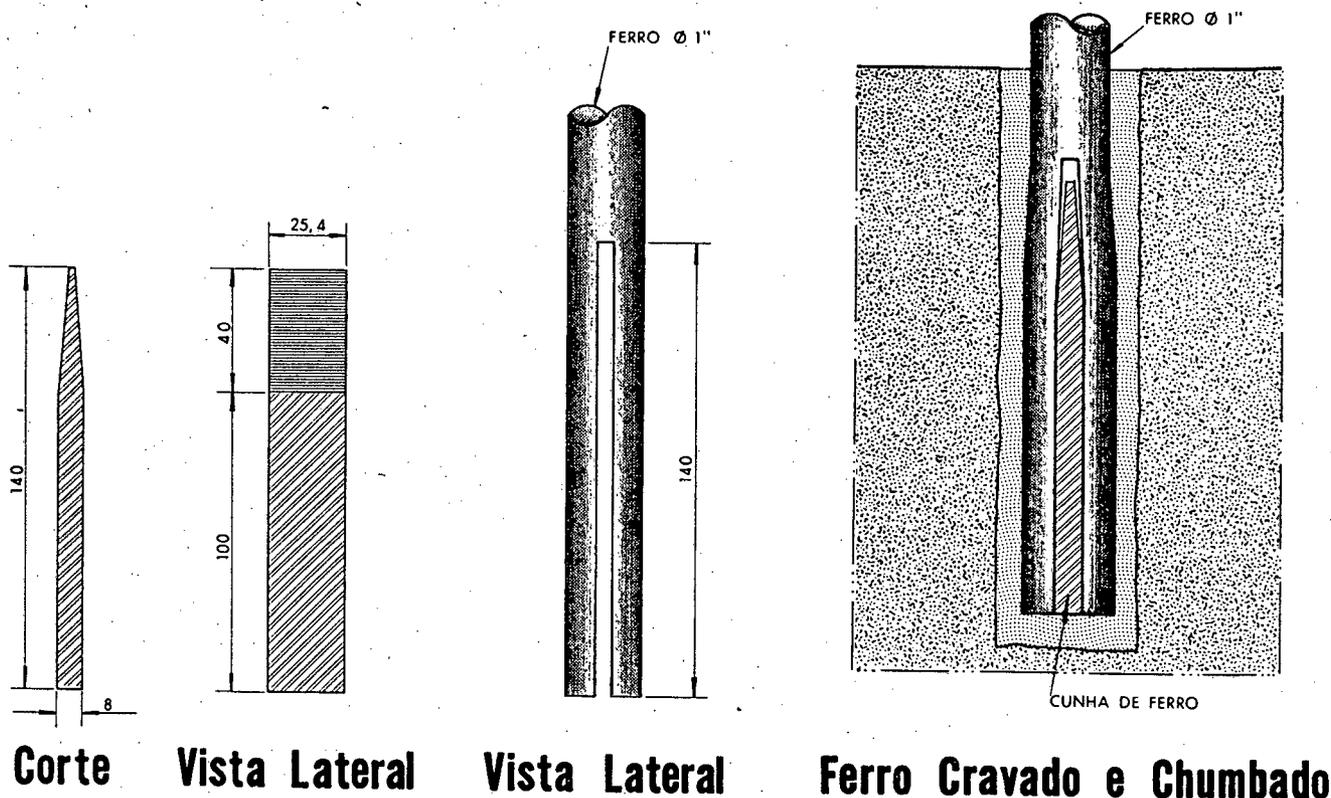
4.5.2.2 - Preparo do local de fixação da chapa.

A delimitação da área de preparo e o próprio preparo, foram executados analogamente aos da chapa anterior, com exceção da cravação dos chumbadores, que lá não existiram.

Os furos dos chumbadores foram feitos com diâmetros de 1" e profundidade de 40cm, espaçados a cada 40cm.

Os chumbadores foram construídos com vergalhões de 1" de diâmetro, aço CA-50, tipo "rabo-de-andorinha", conforme detalhes indicados no desenho abaixo.

Sua cravação foi feita em meio a calda de cimento introduzida nos furos, após estes terem sido lavados com água e ar, conforme fotos típicas da folha seguinte.

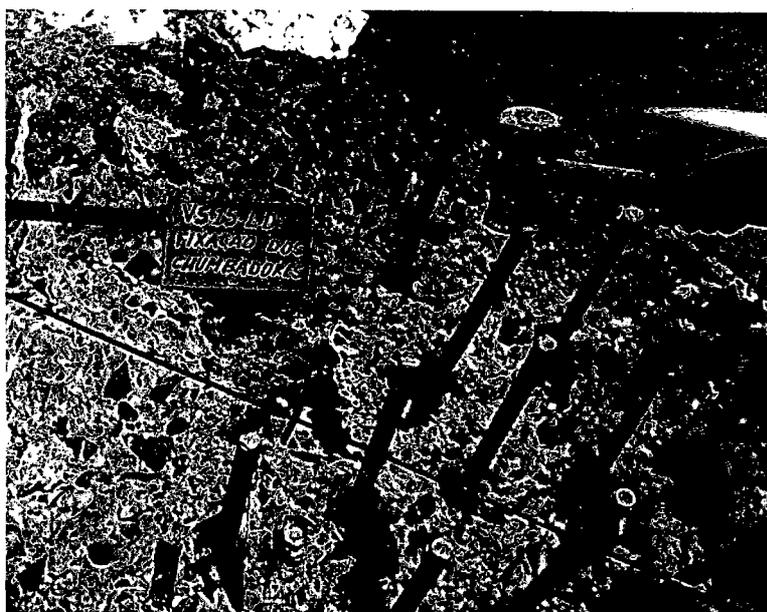


NOTA : FOI FEITO TESTE DE ARRANCAMENTO 231.

Ferro Chumbado com Cunha e Calda de Cimento



Colocação da calda de cimento nos furos antes da
introdução dos chumbadores tipo "rabo de andorinha".



Cravação dos chumbadores no concreto.

4.5.2.3 - Montagem da chapa.

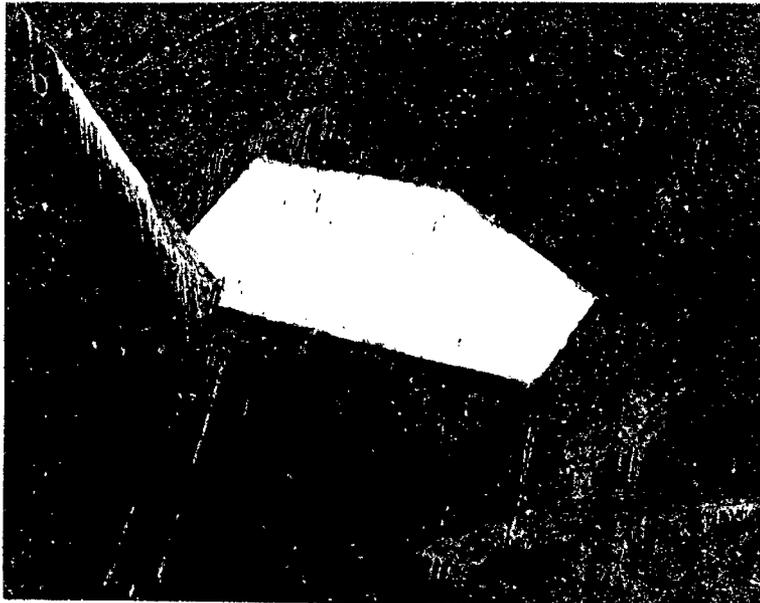
Para a montagem da chapa em seu local definitivo, empregou-se os mesmos meios utilizados na chapa do VS-09.

4.5.2.4 - Formas.

Como não houve necessidade de se fazer aplicação da película epóxica sobre a superfície do concreto rompido minutos antes do lançamento do concreto, por esta ter sido substituída por chumbadores, sua construção se tornou bem mais prática que a anterior, por dispensar os serviços de pré-montagem e conseqüentemente encaixes mais perfeitos, apesar da estrutura ter sido praticamente a mesma.

4.5.2.5 - Concretagem da chapa.

Adotou-se o mesmo sistema de lançamento e tipo de concreto descritos anteriormente, bem como o acabamento final da lateral da chapa, conforme mostra a foto abaixo.



Aspecto final após a colocação da chapa de aço "Sanduíche".

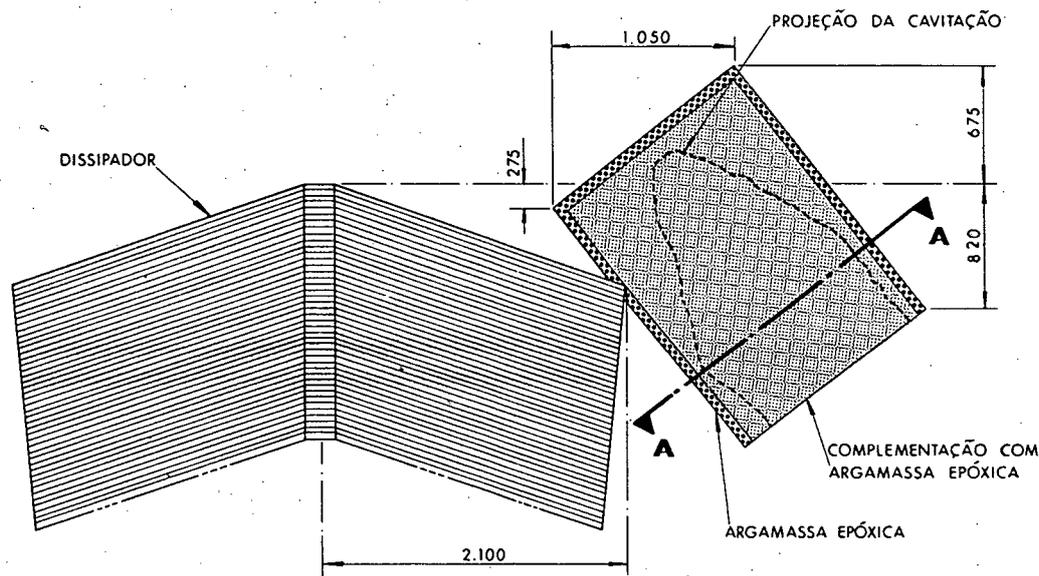
4.5.3 - Chapa de aço comum VS-12, lado esquerdo.

Nesse local foi colocada uma chapa de aço comum retangular de 2,0 x 1,5m com espessura de 1", cobrindo parcialmente a superfície atingida pela cavitação, no local mais profundo. O restante da área, foi protegido com argamassa epóxica.

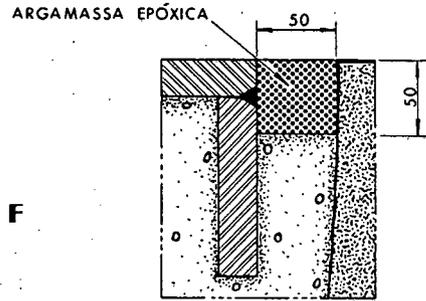
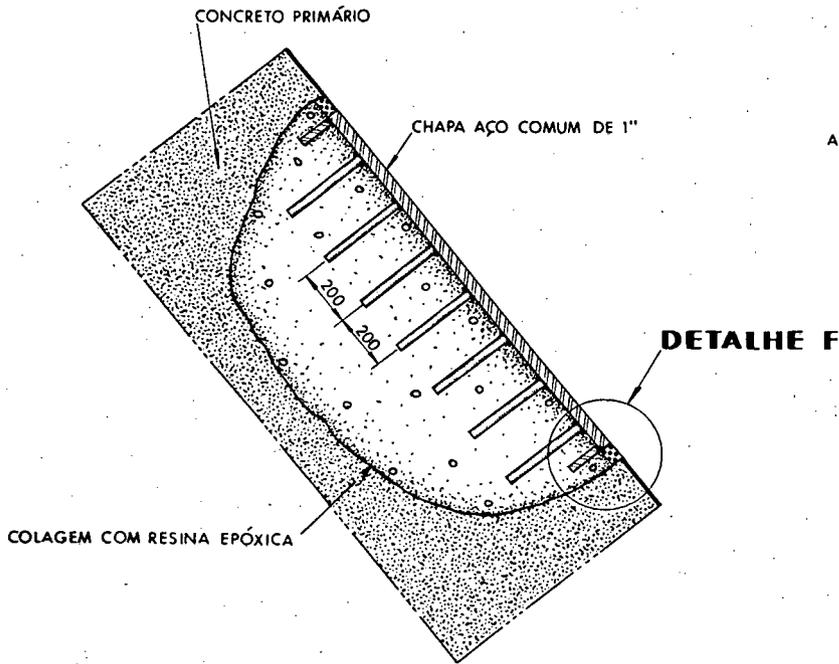
Esse trabalho foi executado a título de pesquisa, a fim de se verificar se toda a área afetada pela cavitação provinha de um único ou de vários focos. Constatou-se no ano seguinte, que a área adjacente à chapa, protegida com resina epóxica, erodiu novamente, mostrando que os focos que dão início à cavitação variam de local de conformidade com as vazões vertidas.

4.5.3.1 - Fabricação da chapa.

A chapa foi fabricada nos mesmos moldes das anteriores, conforme desenhos abaixo e da folha seguinte, onde se vê os chumbadores da peça distribuídos a cada 20cm os quais servem de ancoragem da peça no concreto de enchimento (primeiro processo de ancoragem). Para monolitização dos dois concretos, foi usado o mesmo processo da chapa do VS-09, ou seja, não foram colocados chumbadores no concreto primário do maciço. A aderência foi obtida através da colagem, com resina epóxica (segundo processo de ancoragem).

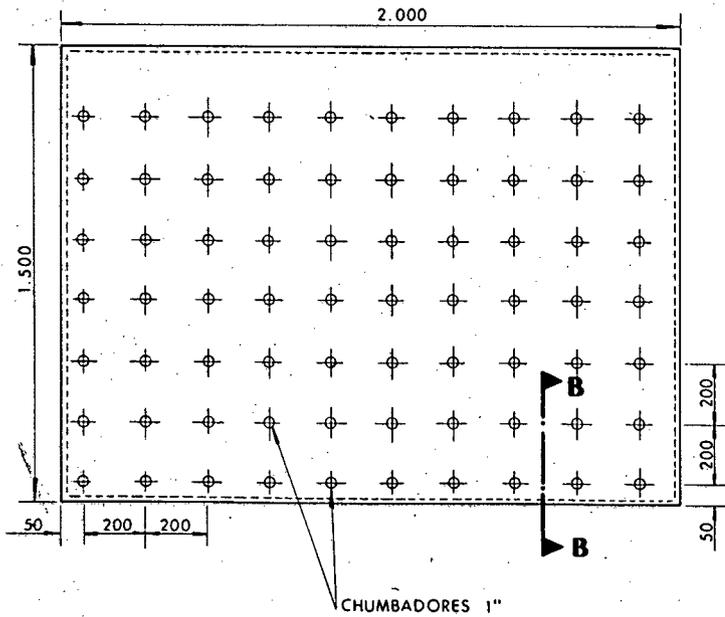


Localção da Chapa

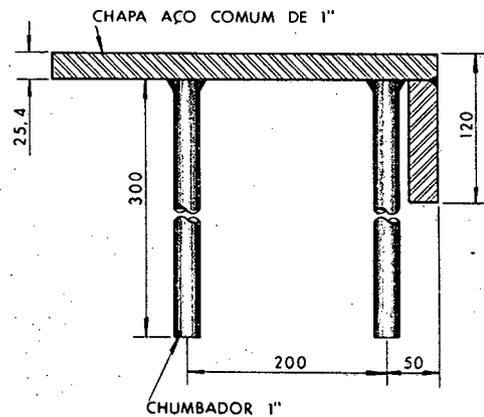


Detalle F

Corte A - A



Planta da Chapa



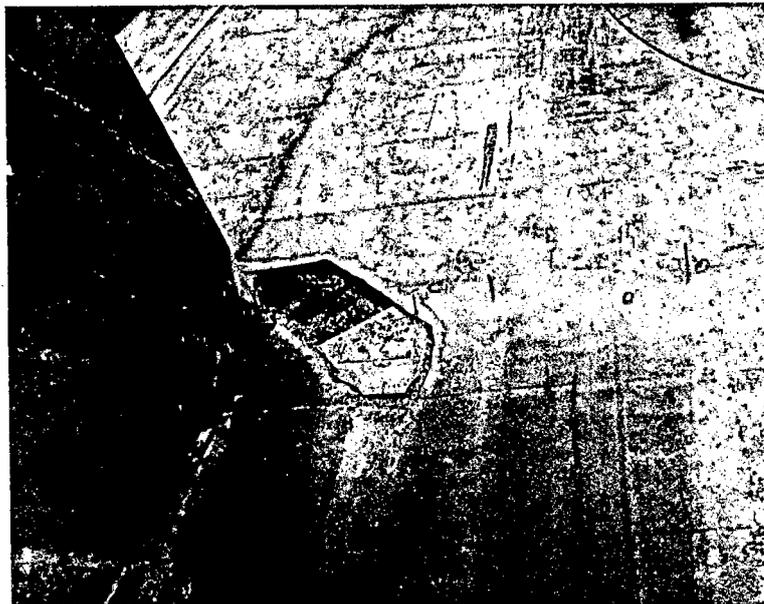
Corte B - B

4.5.3.2 - Preparo.

O sistema adotado para o preparo do local de fixação da chapa foi idêntico ao do VS9, já descrito anteriormente.

4.5.3.3 - Forma.

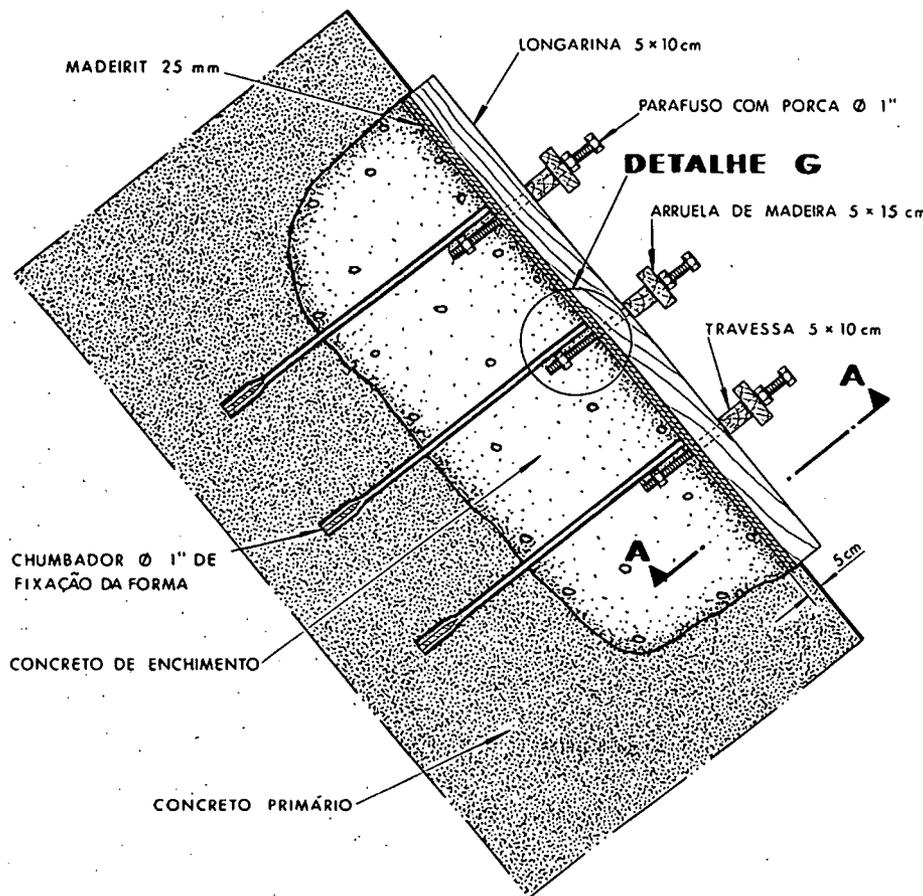
Antes da colocação da chapa teve-se que, primeiramente, concretar a parte restante da cavitação não coberta pela chapa, a jusante, cuja forma foi construída rebaixada com 5cm para acabamento final com argamassa epóxica, conforme mostrado na foto abaixo e desenho das folhas seguintes.



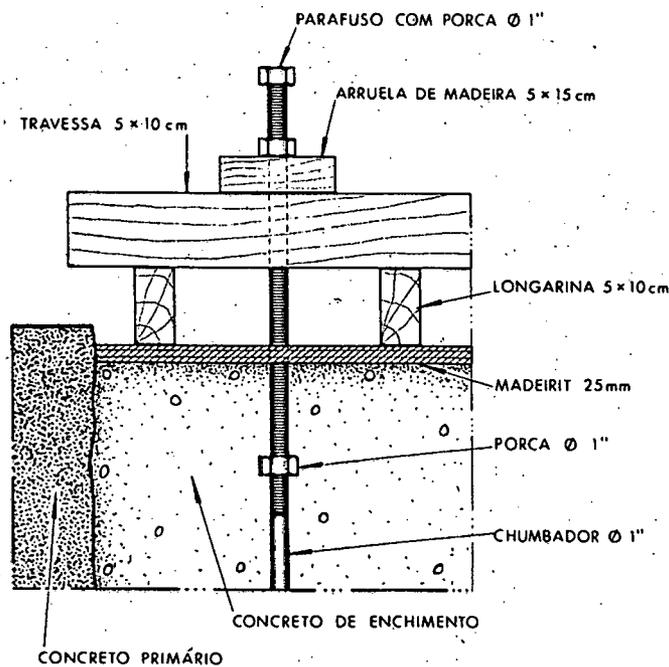
Local preparado para colocação da chapa após a concretagem da parte inferior com rebaixo de 5cm, para aplicação da argamassa epóxica.

4.5.3.4 - Montagem da chapa.

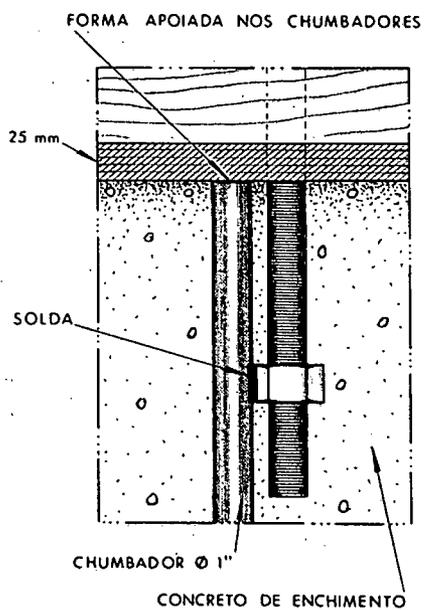
O processo utilizado para este serviço foi executado de forma idêntica a adotada quando da montagem da chapa do VS9.



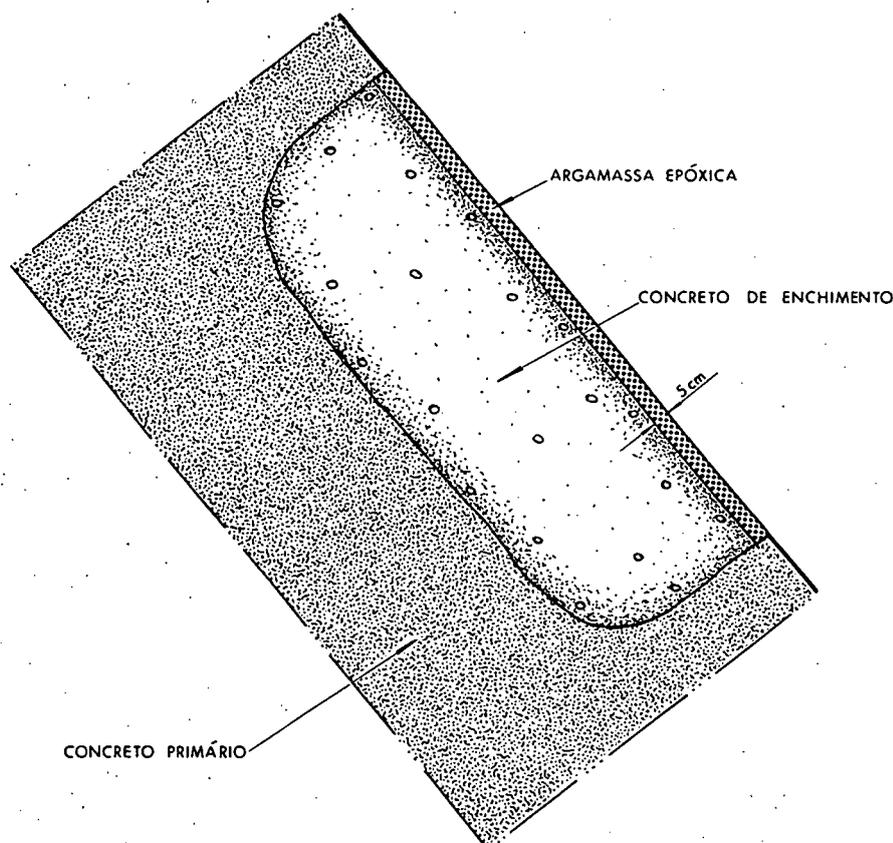
Fixação da Forma com Rebaixo de 5cm



Corte A - A



Detalhe G

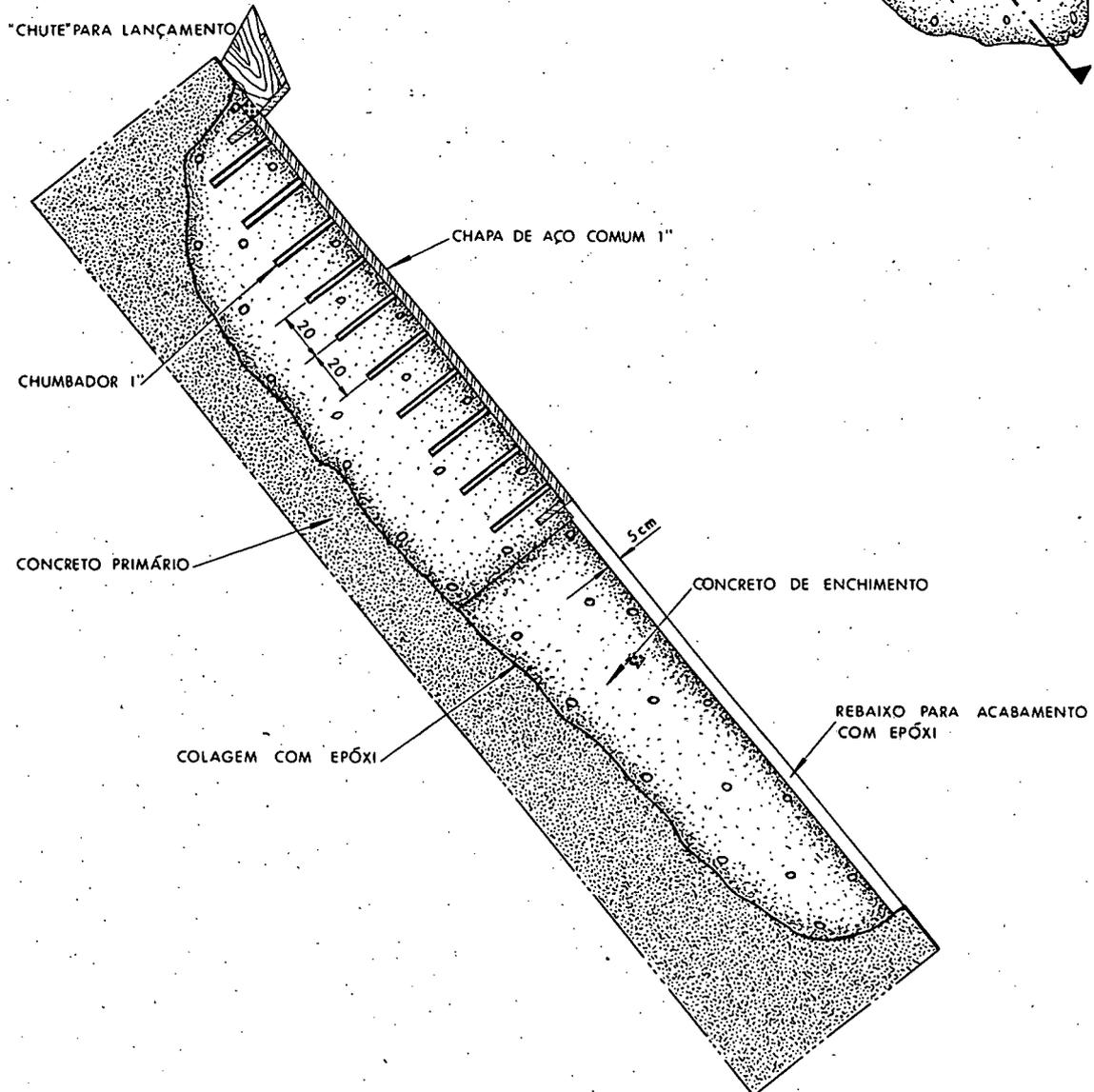
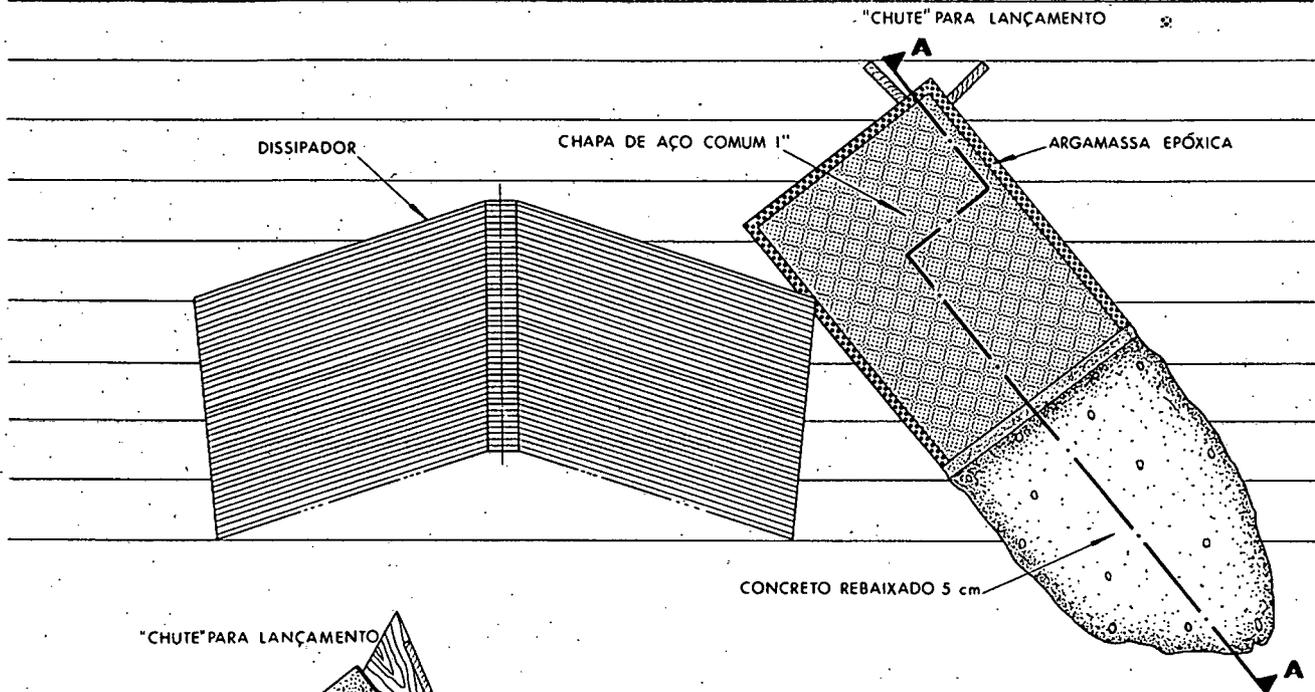


Acabamento Concluído

4.5.3.5 - Concretagem.

A concretagem foi executada em duas etapas. A primeira etapa consistiu no enchimento da parte mais a jusante da cavidade, para posterior revestimento com argamassa epóxica. E a segunda etapa, ao da própria chapa.

O esquema e traço, foram os mesmos adotados para os anteriores. Depois da desforma e cura durante sete dias, procedeu-se ao acabamento final com argamassa epóxica, tanto na parte mais a jusante, como nas laterais da chapa, conforme desenho da folha seguinte. Como nas chapas anteriores, nesta também não foi constatado nenhum vazio. Portanto não houve a necessidade da injeção com calda de cimento sob a chapa.



Corte A - A

4.5.4 - Chapa de aço comum no VS-15, lado esquerdo.

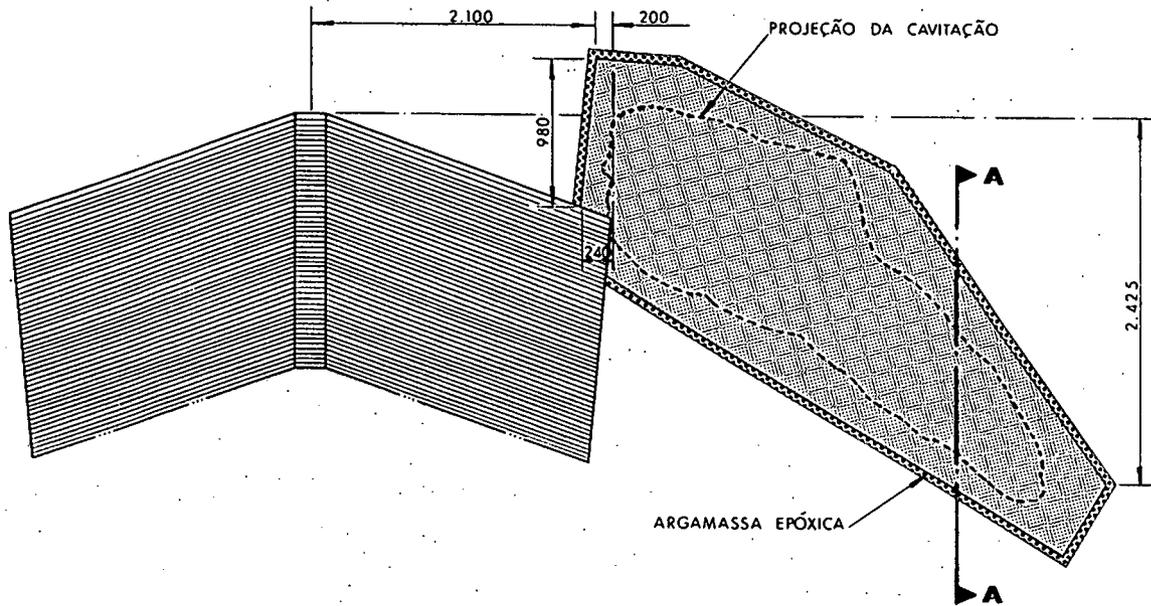
Essa chapa foi colocada utilizando-se o segundo processo de fixação, ou seja, os chumbadores foram engastados no concreto primário e prolongados até a parte superior da chapa, onde foram soldados. Esses chumbadores tiveram dupla função: ancorar a chapa e o seu próprio concreto de enchimento, conforme mostra o desenho da folha nº 66 (item 4.5, segundo processo).

Outro aspecto também mudado no sistema de execução foi a concretagem do enchimento da cavidade antes da colocação da chapa. Esse concreto, foi executado com rebaixo de 2,5cm com relação a parte inferior da chapa, para posterior enchimento com calda de cimento. Como é evidente, esse processo de concretagem de enchimento antecipado, só é possível para esse tipo de fixação.

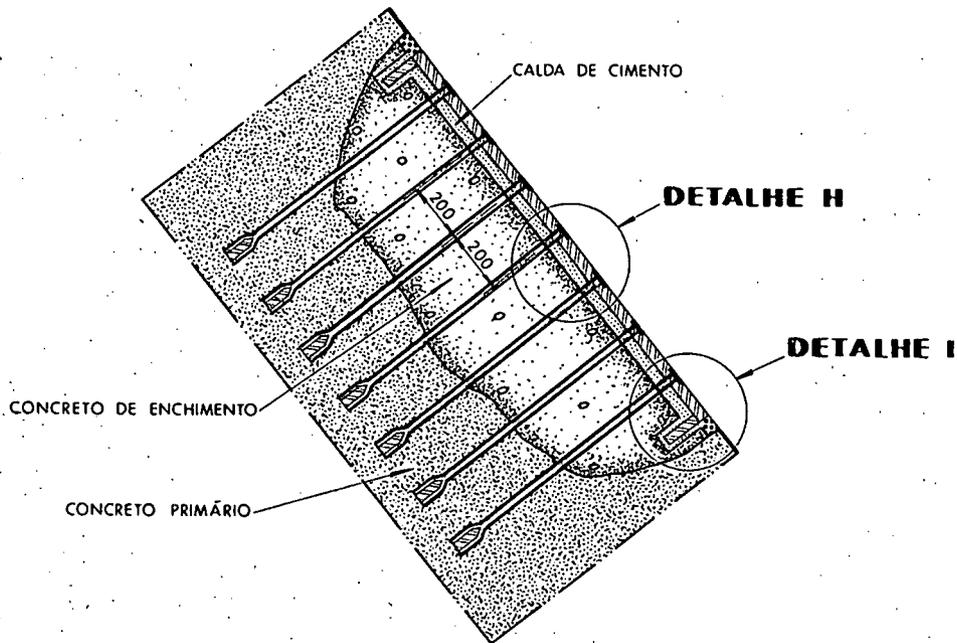
A área da chapa era de 3,7m² e, como as demais, ultrapassou o perímetro de cavitação de uma faixa paralela ao seu contorno de aproximadamente 20cm.

4.5.4.1 - Fabricação da chapa.

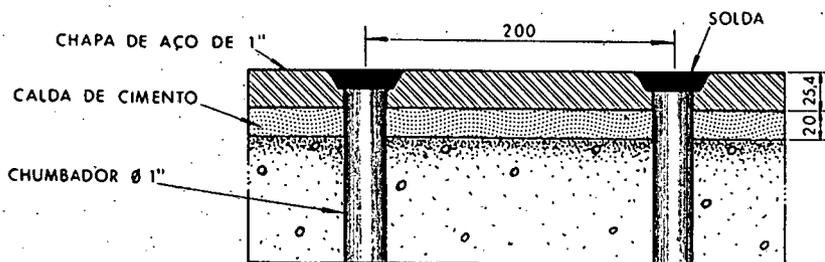
A peça foi fabricada com chapa de aço comum com espessura de 1", conforme desenhos das folhas seguintes. Nessa chapa, nos locais de solda dos chumbadores, foram deixados furos de 20 em 20cm, com diâmetro de 40mm, para transpasse dos chumbadores deixados no concreto primário. Nas laterais da chapa, foram deixados canos galvanizados de Ø 3/4" para posterior enchimento do vazio existente na parte inferior da chapa, através de injeção de calda de cimento.



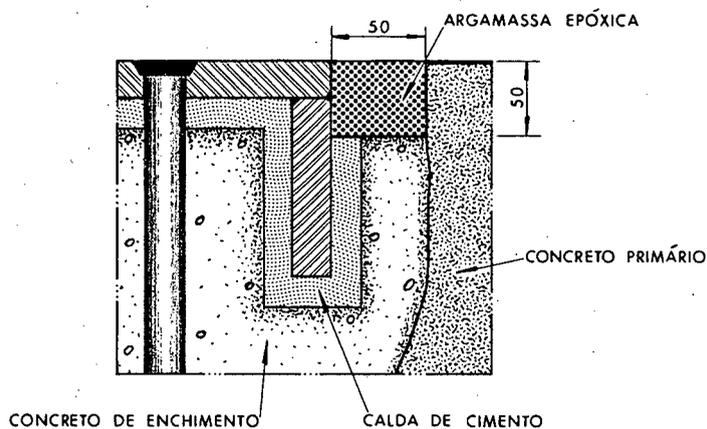
Locação da Chapa



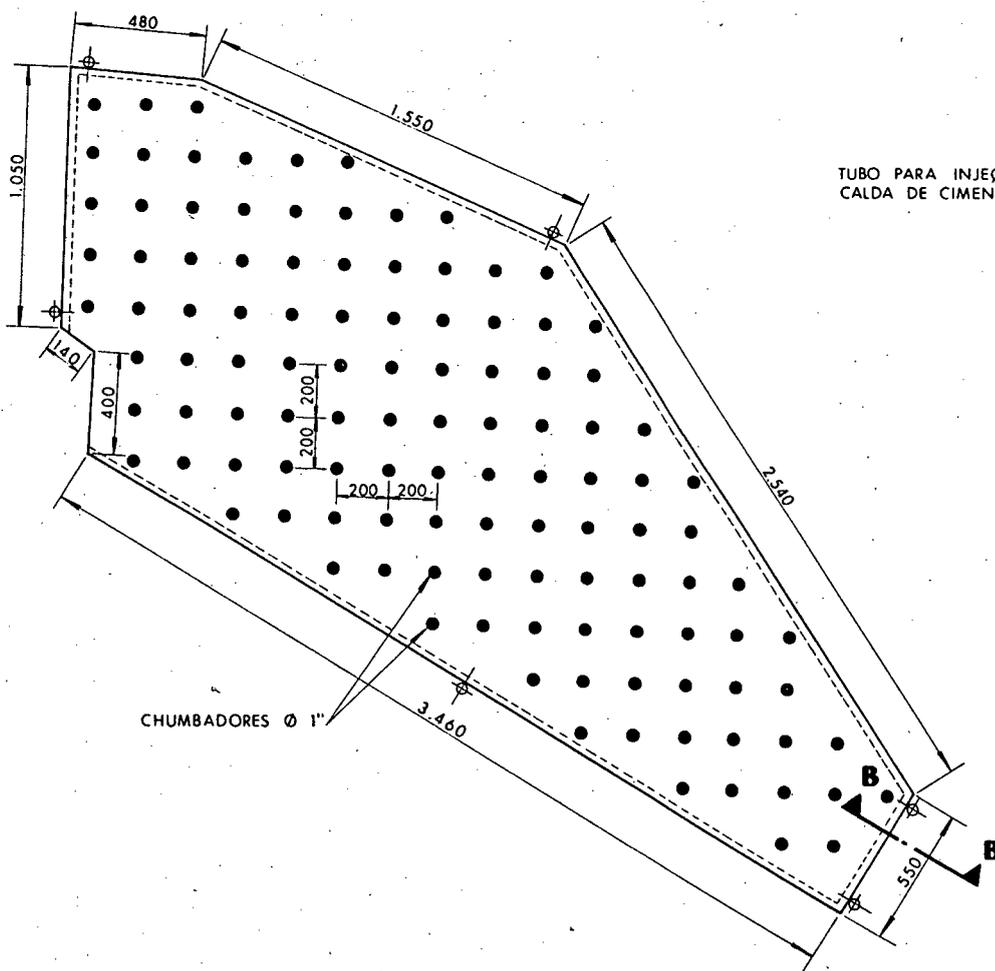
Corte A - A



Detalhe H



Detalhe I



Corte B - B

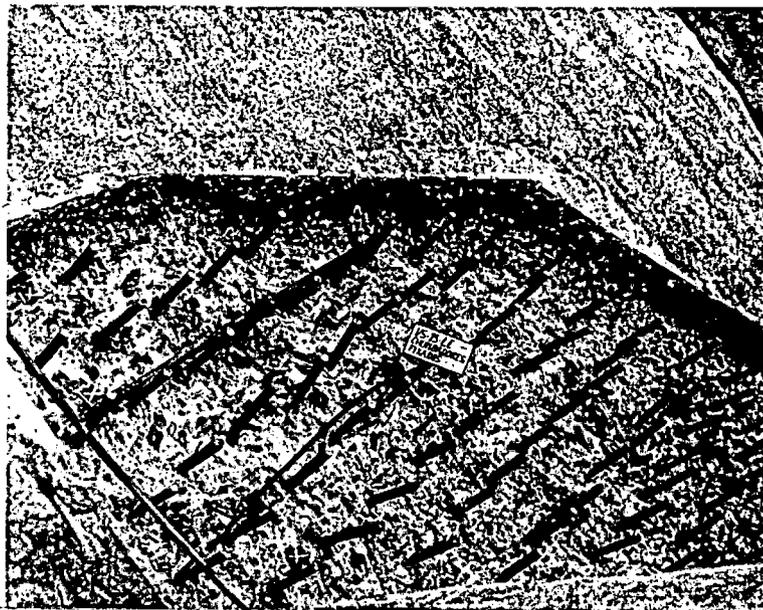
Planta da Chapa

4.5.4.2 - Preparo do local de fixação da chapa:

A delimitação e o rompimento de concreto necessários para a colocação da chapa, foram executados igualmente aos demais.

Terminados os serviços de rompimento, procedeu-se a furação para fixação dos chumbadores de 1" de espessura espaçados de 20 em 20cm e profundidade de 40cm. Apesar da irregularidade da superfície, a marcação foi facilitada por meio do uso de um gabarito de madeira.

Concluída a furação, procedeu-se a colocação dos chumbadores tipo "rabo-de-andorinha" em meio a calda de cimento introduzida nos furos, conforme se vê na foto abaixo. Terminada essa colocação, deu-se início à montagem da forma para concretagem do enchimento da cavidade, antes da colocação da chapa.



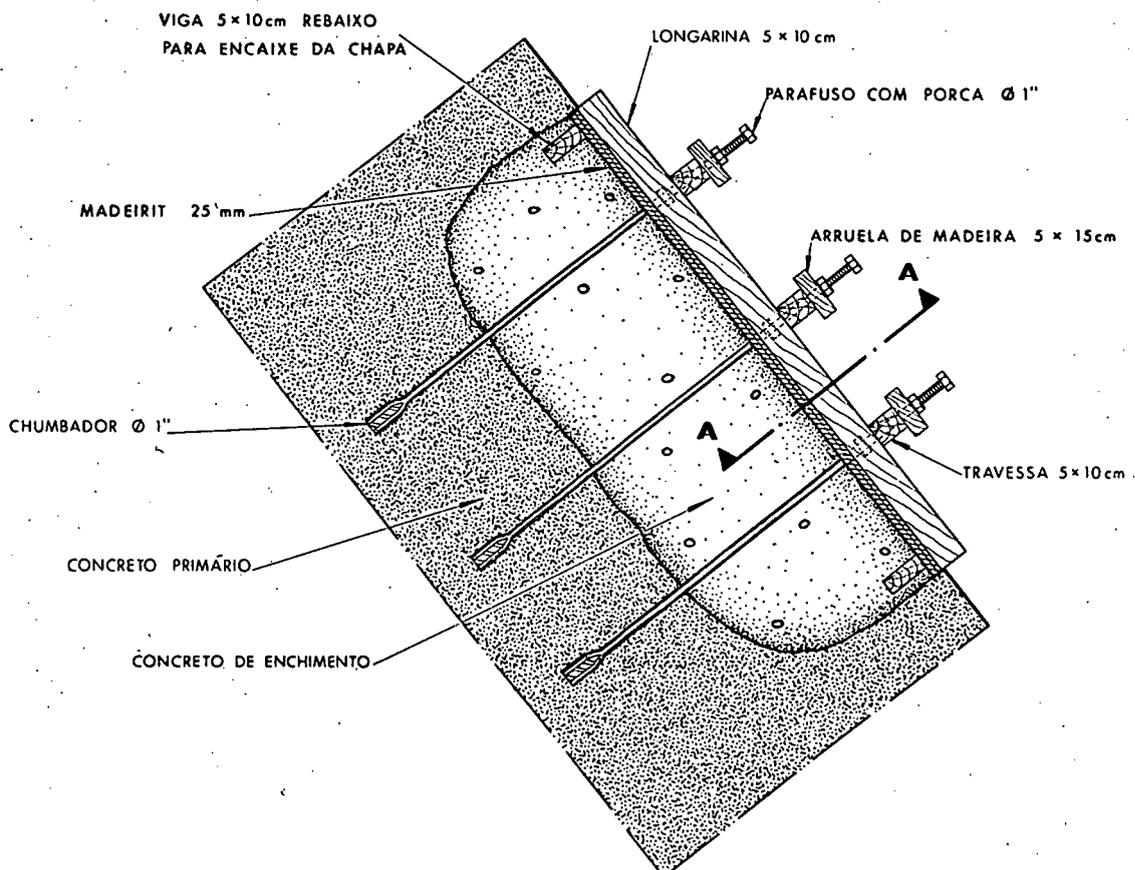
Chumbadores cravados e posicionados para assentamento da chapa.

4.5.4.3 - Forma.

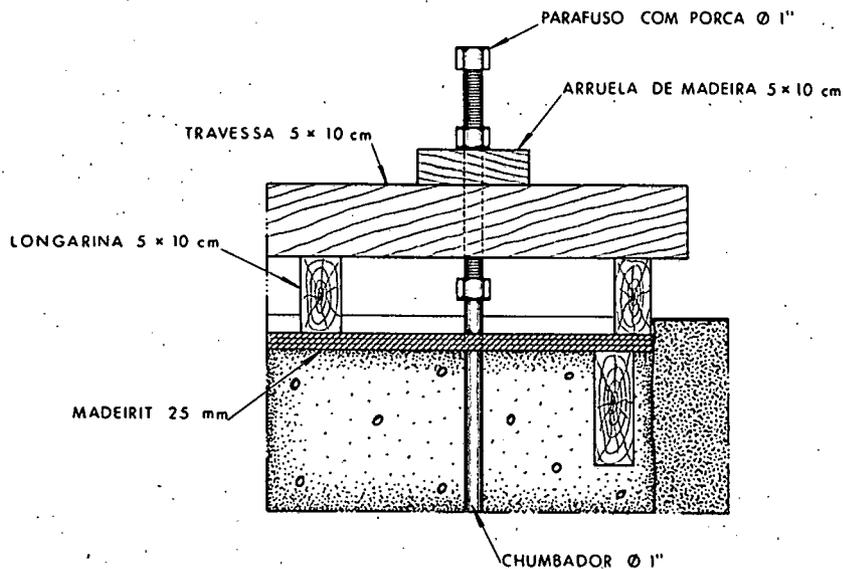
A forma foi montada no local com um rebaixo de 5cm em relação à superfície hidráulica do paramento, para consecução do nicho para montagem da chapa e por conseguinte, obter melhores condições de injetabilidade da calda de cimento no respaldo e consolidação final da chapa.

Para isso, tornou-se necessário fazer o mapeamento da posição exata dos chumbadores existentes no local, para a sua marcação e perfuração de encaixe na forma.

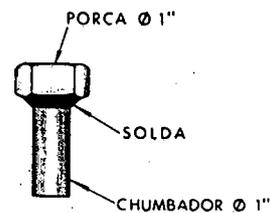
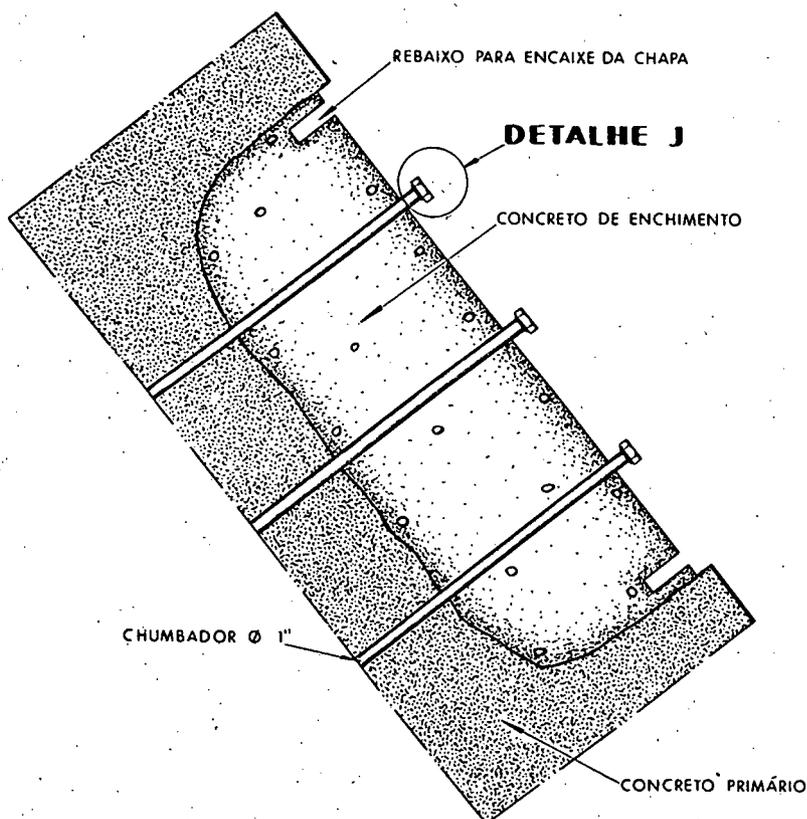
O mapeamento e a marcação da furação foram conseguidos fazendo uso de um gabarito de madeira com uma tela fina de nylon representando a forma geométrica da chapa. Esse gabarito foi posicionado no local através de dois eixos ortogonais e sobre a tela marcou-se a posição das cabeças dos chumbadores. Terminada a furação da forma, esta foi montada e escorada seguindo o mesmo esquema das anteriores, conforme desenhos a seguir.



Fixação da Forma com Rebaixo de 5cm



Corte A-A



Detalhe J

Rebaixo para Encaixe da Chapa

4.5.4.4 - Concretagem.

O esquema de concretagem foi o mesmo adotado para as anteriores.

4.5.4.5 - Montagem da chapa.

O esquema de montagem foi basicamente o mesmo adotado para os anteriores, com exceção do posicionamento da chapa, que teve de ser encaixada nos chumbadores, conforme se vê na foto abaixo. Após obter o alinhamento da chapa com a superfície do paramento hidráulico, procedeu-se aos serviços de solda dos chumbadores com a chapa. A superfície de acabamento da solda foi acertada com emprego de esmerilhadeira e lixamento.



Transpasse dos chumbadores na chapa, faltando apenas a solda para fixação.

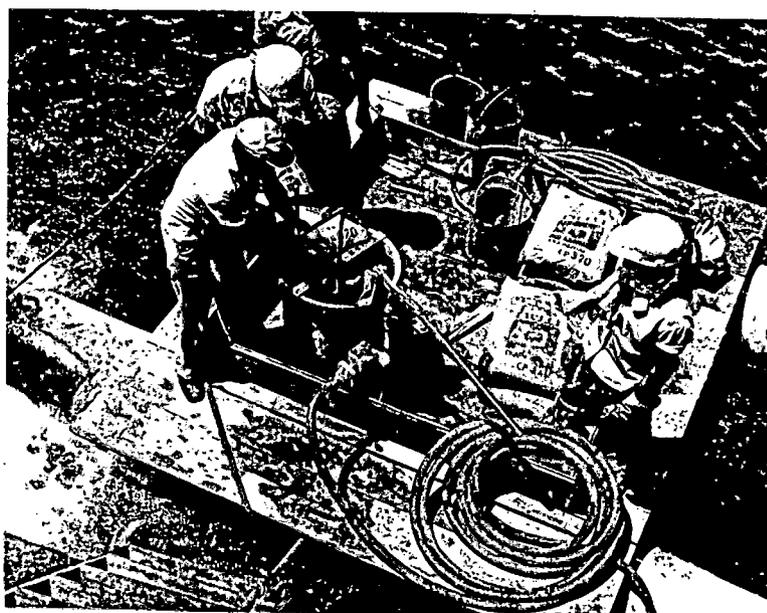
4.5.4.6 - Acabamento com argamassa epóxica nas laterais da chapa.

O método adotado para este serviço foi idêntico aos anteriores já descritos.

4.5.4.7 - Injeção com calda de cimento.

Depois de três dias da aplicação da argamassa epóxica, iniciou-se os serviços da injeção da calda de cimento sob a chapa.

O equipamento usado foi uma bomba de injeção manual posicionada abaixo da chapa, sobre o flutuador, como se vê na foto abaixo.



Preparo da calda de cimento para ser injetada sob a chapa.

A calda de cimento teve relação A/C = 0,4, sem aditivos, A injeção se iniciou de baixo para cima, a partir do primeiro cano posicionado na parte inferior da peça.

Em cada cano, foram deixados registros para serem fechados a medida que a calda os alcançasse (ver foto da folha seguinte). Assim prosseguiu-se até o último respiro, garantindo o total enchimento dos vazios sob a chapa.



Comunicação da calda de cimento através do respiro durante a injeção sob a chapa.

A pressão manométrica máxima obtida junto a bomba foi de 3 kg/cm^2 . Depois de 24 horas, os canos foram cortados e foi dado o acabamento nesses locais com argamassa epóxica.

4.5.5 - Execução de reparo com emprego de chumbadores e armadura de pele VS-15, lado direito.

No VS-15, lado direito, foi executado um tipo de reparo com emprego de chumbadores de ancoragem cravados no maciço e feito o preenchimento com concreto de pedra britada reforçado com armadura de pele.

Esse tipo de reparo foi executado com o objetivo de se obter, mais uma vez, a confirmação de que estes reparos são realmente instáveis por força do fenômeno de cavitação nessa região e não por eventuais descuidos na introdução de melhores ancoragens nesse meio. Mas, como se esperava, a cavitação surgiu novamente sobre esse mesmo local, expondo os chumbadores e a armadura de pele ali colocados.

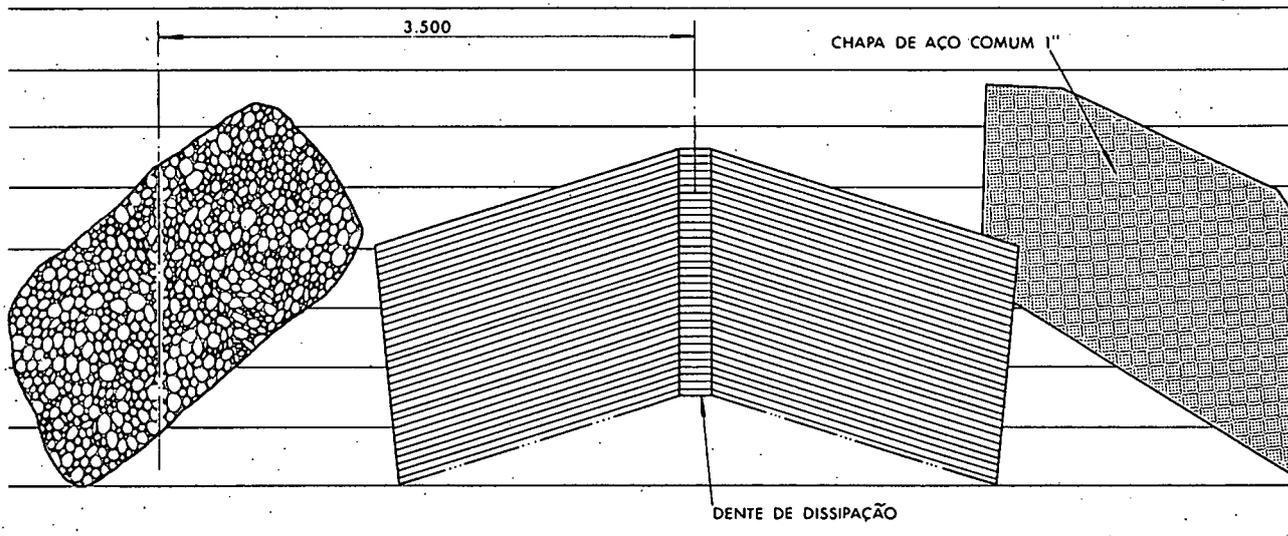
4.5.5.1 - Preparo do local.

O preparo do local seguiu os mesmos procedimentos dos reparos anteriores, ou seja, retirada do concreto poroso exposto sobre a superfície da cavidade, regularização do contorno da cavidade com corte de disco de nylon e jateamento da superfície com jato de areia, água e ar.

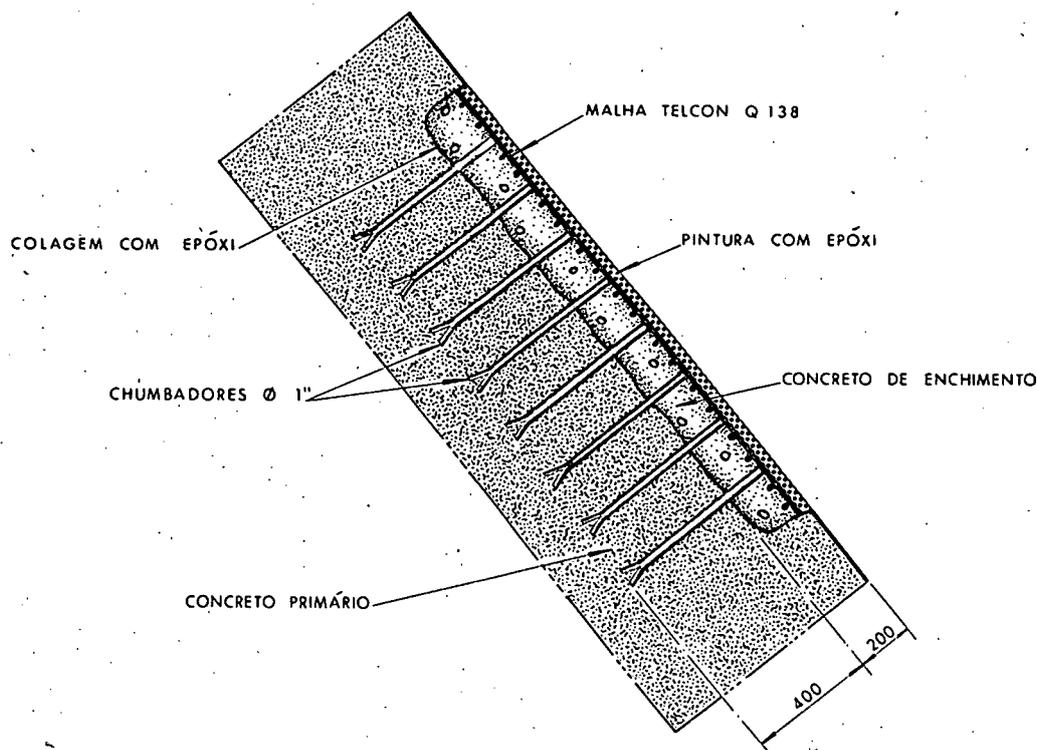
Os chumbadores foram do tipo "rabo-de-andorinha" aço CA-50, com diâmetro de 1", cravados em meio de calda de cimento com profundidade de 40cm, espaçados a cada 20cm. Sobre os chumbadores, prendeu-se a referida armadura de pele com rebaixo em relação a superfície de acabamento do paramento de aproximadamente 2cm. A armadura foi constituída de Malha Telcon, tipo Q-138, seccionada no local da junta entre blocos, como se vê no desenho da folha seguinte e foto abaixo.



Chumbadores e armadura de pele preparados para a aplicação de resina epóxica para colagem do concreto secundário com o concreto primário.



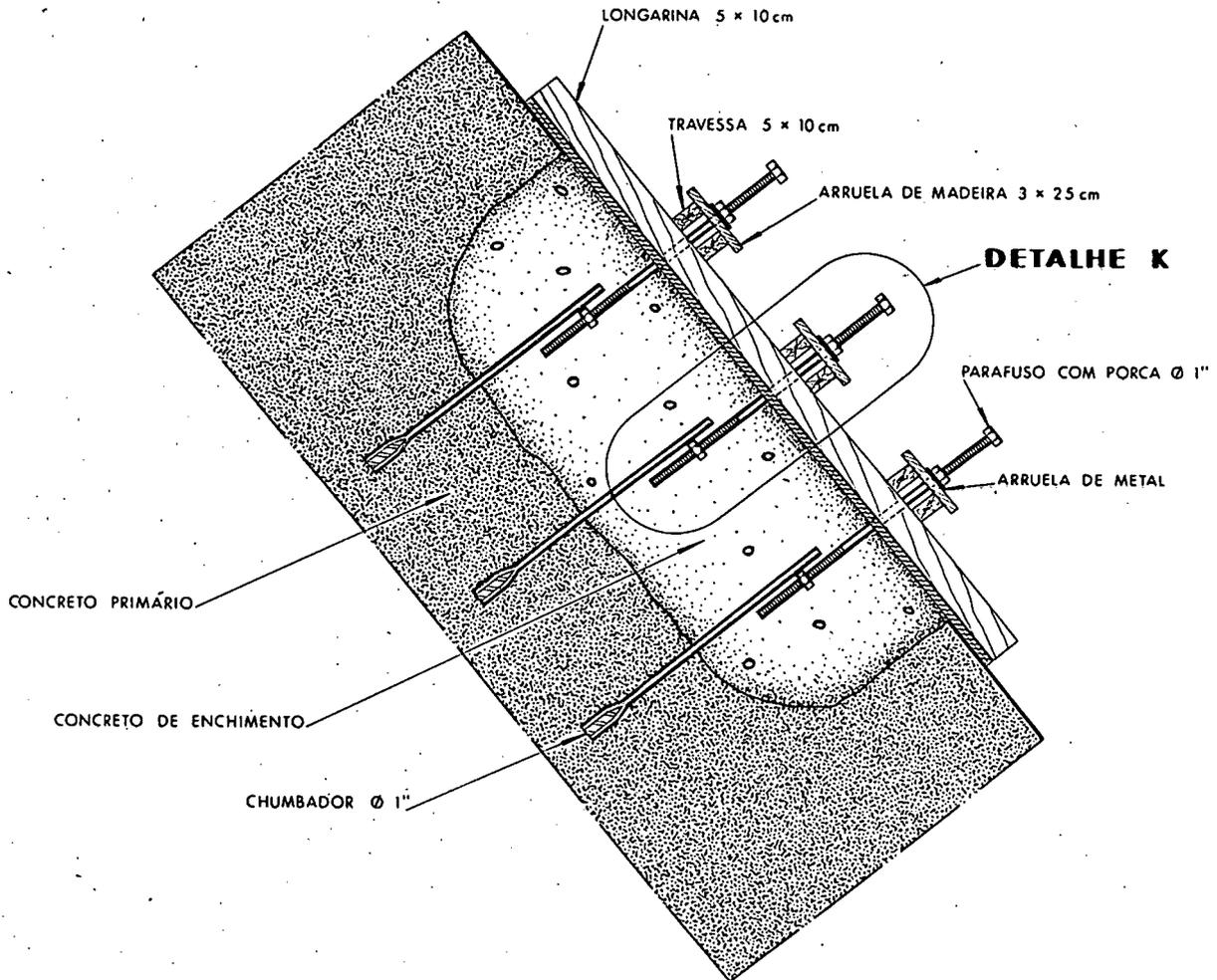
Posição da Cavitação



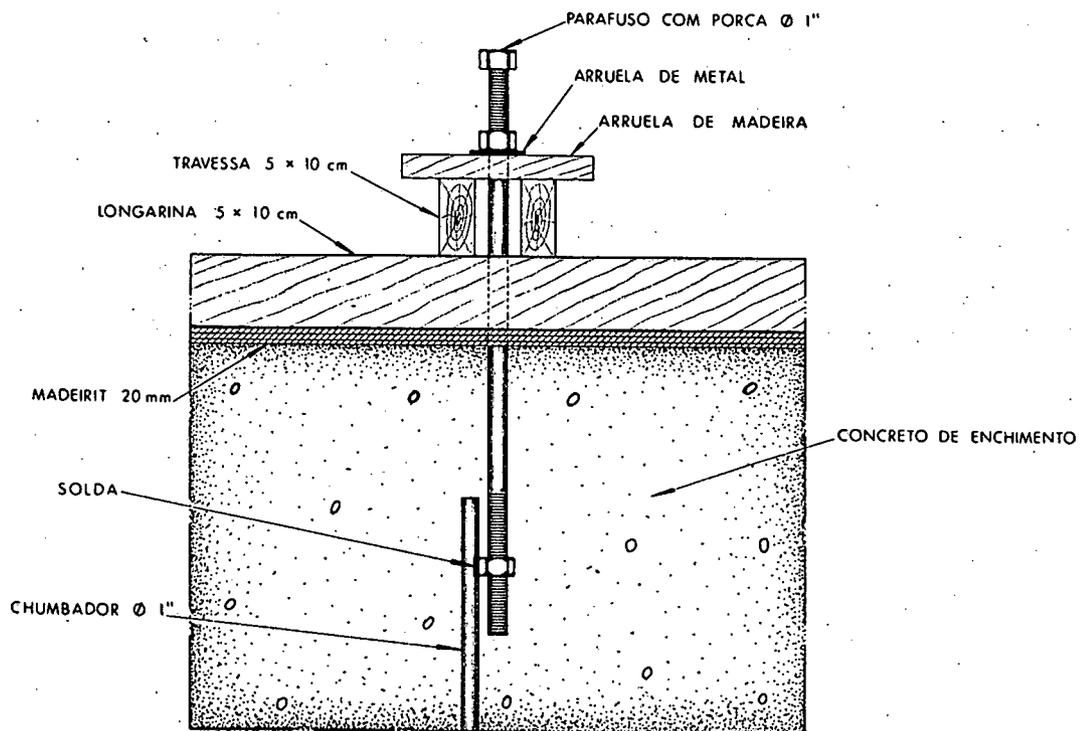
Corte A - A

4.5.5.2 - Montagem de formas.

A estrutura da forma foi construída basicamente igual a dos outros reparos. Sô que neste caso, não houve necessidade de se fazer a montagem da forma rebaixada, pois a superfície desse concreto foi a própria superfície do acabamento final (ver desenho da folha seguinte).



Fixação da Forma



Detalhe K

4.5.5.3 - Concretagem.

O concreto foi constituído de cimento portland, areia natural e pedra britada.

- Características do concreto:

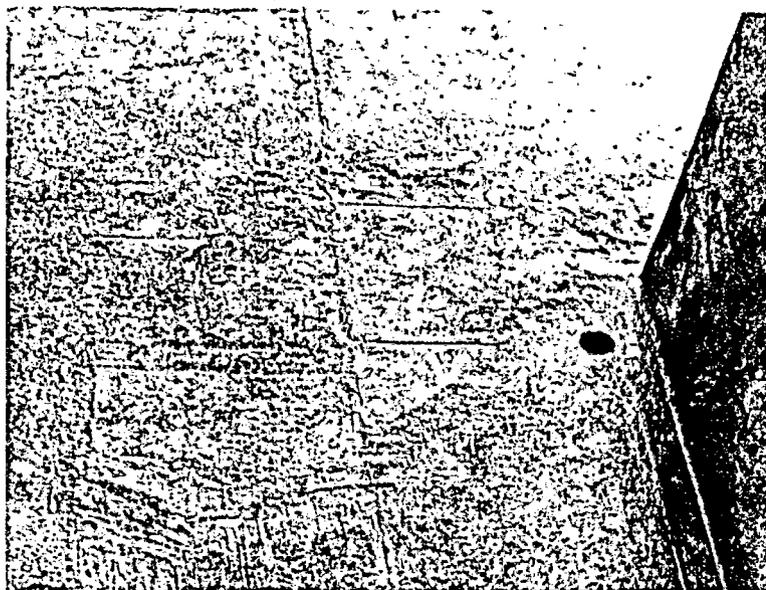
- fck (28 dias)	450 kg/cm ²
- "Slump"	6 ± 1 cm
- Ø máximo	19 mm

Quanto ao lançamento, foi empregado o mesmo esquema das concretagens anteriores. Antes, porém, do seu início, fez-se aplicação da resina epóxica para colagem, conforme ilustrado na foto abaixo.



Aplicação da resina epóxica antes da concretagem.

Depois de vinte e quatro horas, foi retirada a forma e prosseguiu-se com a cura durante sete dias. Vencido esse prazo, a superfície foi tratada com jato de areia e foram aplicadas duas demãos de resina epóxica, para melhorar a resistência e o acabamento final. Ver foto da folha seguinte.



Aspecto final do reparo, após a pintura de uma demão de resina epóxica sobre a superfície do concreto acabado.

4.5.6 - Reparos com argamassa epóxica.

Esse tipo de reparo foi aplicado nos restantes blocos cavitados, com exceção do VS-2, lado direito, que foi reparado com a utilização do mesmo concreto aplicado no VS-15, lado direito com o mesmo aspecto de acabamento, não sendo, porém, colocados chumbadores e nem armadura de pele. A ancoragem do concreto foi feita através de colagem com resina epóxica.

Para os reparos com argamassa epóxica, foram feitos novos ensaios de qualidade e composição de argamassa, com a utilização de vários produtos para teste.

4.5.6.1 - Ensaios de Laboratórios.

Os ensaios, por solicitação da Residência de Obras, foram realizados pelo Laboratório Central de Engenharia Civil, e se encontram registrados no relatório nº C/28/78. Em síntese, constaram do exposto a seguir.

- Programação de ensaios.

A programação constou de cinco ensaios, empregando três produtos de resina epóxica: Colma Dur, Sinmast e Durepóxi.

- Determinação da proporção ótima entre os componentes das resinas (catalizador e resina propriamente dita).

- Colma Dur	1:5, 1:6, 1:7 e 1:8
- Sinmast	1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
- Durepoxi AU 50	1:1, 1:1,5, 1:2 e 1:3

Foram moldados seis corpos de prova de 5 x 10cm para determinação da resistência à compressão nas idades de 3, 7 e 28 dias, sendo dois por idade.

- Determinação da resistência à tração das misturas dos componentes das resinas (traços ensaiados).

- Colma Dur	1:4, 1:5 e 1:6
- Sinmast	1:1, 1:2 e 1:3
- Durepoxi AU 50	1:2, 1:3 e 1:4

Foram moldados seis corpos de prova de 1 x 1 x 10 polegadas para cada traço, para determinação da resistência a tração aos 3, 7 e 28 dias, sendo dois por idade.

- Determinação ótima entre os componentes epóxicos e areia.

A partir da proporção ótima escolhida entre os componentes resina e catalizador de cada produto, foram compostas as argamassas com diferentes proporções de areia.

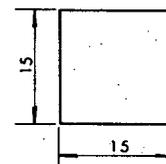
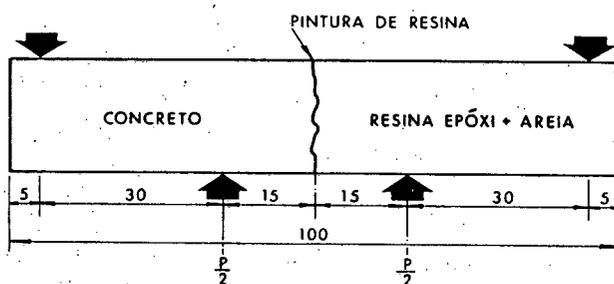
Para cada composição abaixo, foram moldados seis corpos de prova 5 x 10cm a fim de se determinar a resistência à compressão nas idades de 3, 7 e 28 dias, com dois corpos de prova por idade.

- Colma Dur (B:A = 1:5)	1:5, 1:6, 1:7 e 1:8 1:9 e 1:10
- Sinmast (B:A = 1:3)	1:5, 1:6, 1:7 e 1:8
- Durepoxi AU 50 (B:A = 1:1)	1:5, 1:6, 1:7

A areia foi passada na peneira 16 para eliminação do material mais grosso.

- Colagem de concreto e argamassa epóxica com uma pintura de resina.

Este ensaio foi executado com a moldagem de duas vigas as quais foram rompidas por flexão, conforme esquema abaixo:

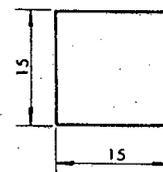
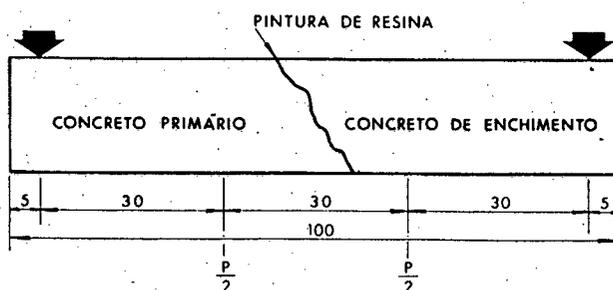


OBS: medidas em centímetros

Essa peça foi moldada com concreto até a metade de seu comprimento, curado durante três dias. Após essa cura, a peça foi completada com argamassa epóxica estando a superfície do local da emenda totalmente seca e pintada com a mesma resina utilizada na argamassa. Depois de dez dias a viga foi submetida ao ensaio de tração.

- Colagem de concreto velho e concreto novo com uma pintura de resina.

Para este ensaio foram moldadas quatro vigas, submetidas também ao ensaio de tração na flexão, a fim de se verificar a eficiência da resina na colagem dos concretos novo e velho.



OBS: medidas em centímetros

As vigas foram moldadas até a metade de seus comprimentos e submetidas a cura por um período de 28 dias. A seguir as superfícies a serem coladas foram preparadas e quando estavam bem secas, receberam uma pintura de resina e a aplicação do novo concreto completando assim a viga.

Depois de vinte e um dias de cura foram feitos os ensaios de tração.

- Resultados dos ensaios.
- Determinação ótima entre os componentes das resinas.

RESINA	TRAÇO B:A	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (kg/cm ²)		
		3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
COLMA DUR	1:5	1.045	1.039	988
	1:6	897	883	855
	1:7	305	362	750
	1:8	23	133	771
SINMAST	1:1	698	740	767
	1:2	680	733	855
	1:3	796	925	581*
	1:4	321	-	-
DUREPÓXI AU-50	1:1	476	-	-
	1:1,5	451	-	-
	1:2	357	438	562
	1:3	não endureceu	167	678

* Corpo de prova com defeito.

NOTA: Para os traços 1:4 de Sinmast e 1:1 e 1:1,5 de Durepóxi AU-50 sã foram moldados corpos de prova para a idade de 3 dias.

- Determinação da resistência à tração da mistura dos componentes das resinas.

RESINA	TRAÇO B:A	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (kg/cm ²)		
		3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
COLMA DUR	1:4	365	340	357
	1:5	248	482	409*
	1:6	516	121	225
SINMAST	1:1	257	511	467
	1:2	267	384	257
	1:3	336	384	86
DUREPOXI AU-50	1:2	159	281	315
	1:3	não endureceu	35	367
	1:4	não endureceu	não endureceu	517

* Corpo de prova com defeito

- Determinação da proporção ótima entre os componentes epoxílicos e areia.

Foram escolhidas para esta determinação as seguintes composições de catalizador e resina (componentes B e A, respectivamente):

- Colma Dur : 1:5
- Sinmast : 1:3
- Durepoxi AU-50 : 1:1

ARGAMASSA	TRAÇO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (kg/cm ²)		
		3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
COLMA DUR + AREIA	1:5	777	803	881
	1:6	790	742	933
	1:7	826	815	929
	1:8	764	742	811
	1:9	678	640	672
	1:10	611	604	666
SINMAST + AREIA	1:5	754	721	699
	1:6	825	822	883
	1:7	850	865	897
	1:8	760	731	743
DUREPOXI + AREIA	1:5	302	278	270
	1:6	288	264	270
	1:7	369	339	338

O traço escolhido foi 1:7 de Colma Dur + areia.

- Colagem de concreto e argamassa de resina + areia com uma pintura de resina.

Para este ensaio foram utilizadas as seguintes composições:

- Pintura de resina Colma Dur: traço 1:5
- Argamassa de resina Colma Dur + areia traço 1:7

VIGA	TENSÃO DE TRAÇÃO	LOCAL DE RUPTURA
01	27,20kg/cm ²	concreto
02	36,03kg/cm ²	concreto

NOTA: O concreto aplicado nas vigas apresentou resistência a compressão de 325kg/cm² aos 14 dias.

- Colagem de concreto velho e concreto novo com uma pintura de resina.

A colagem para este ensaio foi feita com uma pintura de resina Colma Dur com o traço 1:5.

VIGA	TENSÃO DE TRAÇÃO	LOCAL DE RUPTURA
01	33,04kg/cm ²	Concreto novo
02	30,13kg/cm ²	Concreto novo
03	32,77kg/cm ²	Concreto novo
04	34,61kg/cm ²	Concreto novo

NOTA: Na data do ensaio as resistências a compressão eram:
- Concreto velho: 427kg/cm² aos 50 dias;
- Concreto novo : 340kg/cm² aos 21 dias.

CONCLUSÃO.

Os resultados acima permitiram a definição dos traços e produtos que melhor desempenho tiveram. O produto escolhido foi o Colma Dur e a proporção ótima entre seus componentes B (catalizador) e A (resina) foi de 1:5. A proporção ótima de resina e areia foi de 1:7. Observou-se, ainda, que as colagens nas vigas, tanto de concreto velho como argamassa de resina, como de concreto velho com concreto novo, se comportaram satisfatoriamente.

4.5.6.2 - Execução dos reparos.

Os reparos foram executados adotando a sugestão dada pelo Consultor, conforme item 4.2.(c). Os reparos constituíram do preenchimento da cavidade com concreto, ficando a superfície rebaixada de 5cm com relação ao paramento e completada posteriormente com argamassa epóxica. Nota-se (item 3) que no ano de 1977 as cavidades foram preenchidas com argamassa "seca" e protegidas com uma camada de argamassa epóxica com espessura de 1cm, o que não teve desempenho satisfatório, conforme já comentado.

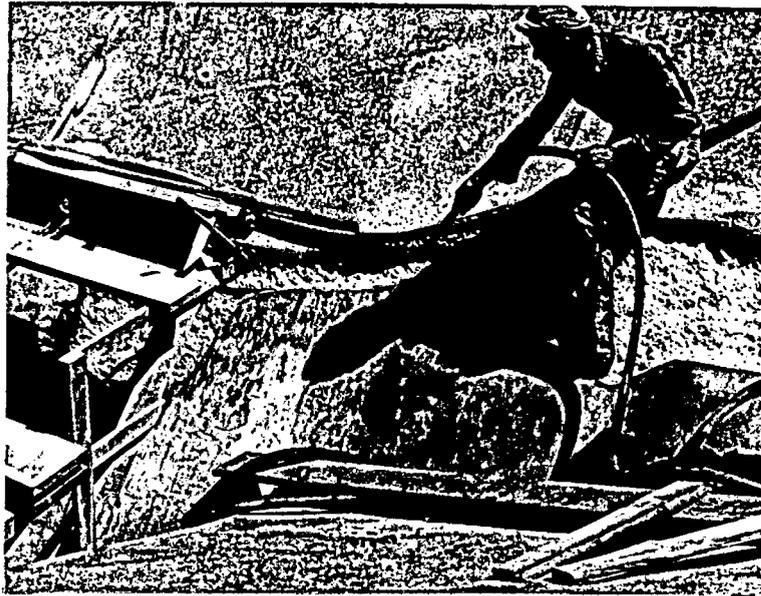
4.5.6.3 - Preparo do local.

O preparo das cavidades para o lançamento do concreto constituiu-se do seguinte:

- Retirada do concreto poroso existente nas superfícies cavitadas, com o emprego de calafates e rompedores;
- Regularização das formas das cavidades através do corte com disco de nailon em seu contorno, com profundidade de 1cm;
- Limpeza da superfície da cavidade com uso de jato de areia, conforme mostrado na foto abaixo. Não foram colocados chumbadores para ancoragem do concreto novo ao maciço. Isso foi feito por meio de colagem com resina epóxica, em vista dos bons resultados obtidos nos ensaios de colagem (item 4.5.6.1).



Jateamento da superfície do local do reparo.



Limpeza final com a utilização de ar comprimido antes da execução do reparo.

No VS-17, lado direito, a cavidade atingiu a profundidade de 50cm e danificou a junta elástica de PVC para dilatação entre blocos. A sua reconstituição foi conseguida fazendo-se a substituição da parte danificada.

por outro pedaço de junta, emendada a ferro quente; ver na foto abaixo a junta reconstituída.



Junta elástica de PVC, após sua reconstituição.

4.5.6.4 - Formas.

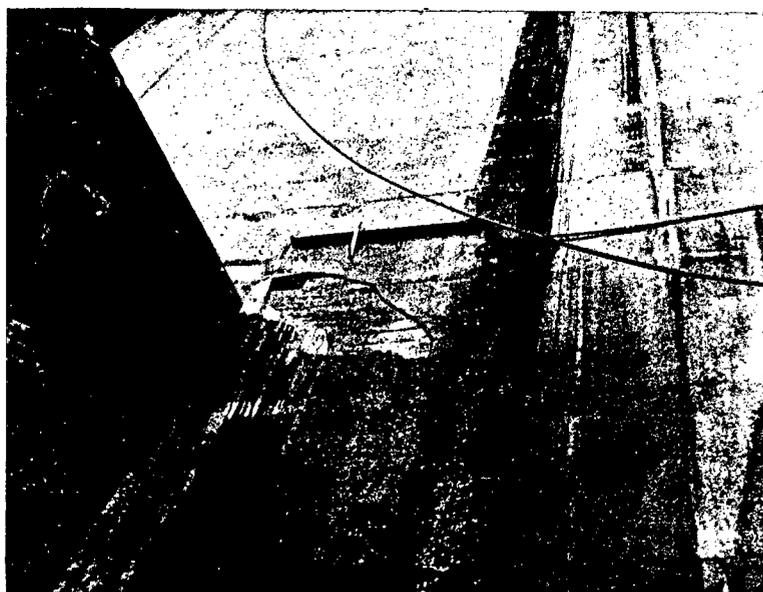
As formas foram construídas e montadas com rebaixo de 5cm com relação a superfície hidráulica do paramento. Por motivo de necessidade da aplicação da resina de colagem sobre a superfície do concreto velho, minutos antes do início dos serviços de concretagem, todas elas tiveram que ser pré-montadas, para maior agilização de sua montagem antes da concretagem, conforme item 4.5.3.3.

4.5.6.5 - Concretagem.

O processo de aplicação do concreto sob a forma deu-se de forma análoga às descrições anteriores, deixando-se um rebaixo de 5cm para aplicação da argamassa epóxica. Ver fotos a seguir.



Vista da cavidade preenchida com concreto, vendo-se o rebaixo de 5cm para permitir a aplicação da argamassa epóxica.



Situação análoga, do lado oposto do dente.

4.5.6.6 - Aplicação da argamassa epóxica.

Depois de desformada e curada durante sete dias, a superfície do concreto do reparo foi tratada com jato de areia e pintada com uma demão de resina antes da aplicação da argamassa epóxica.

A resina escolhida, de acordo com os resultados dos ensaios, foi o Colma Dur.

A composição ótima entre os dois componentes B e A, foi de 1:5. O traço da argamassa foi de sete partes de areia para uma dessa mistura.

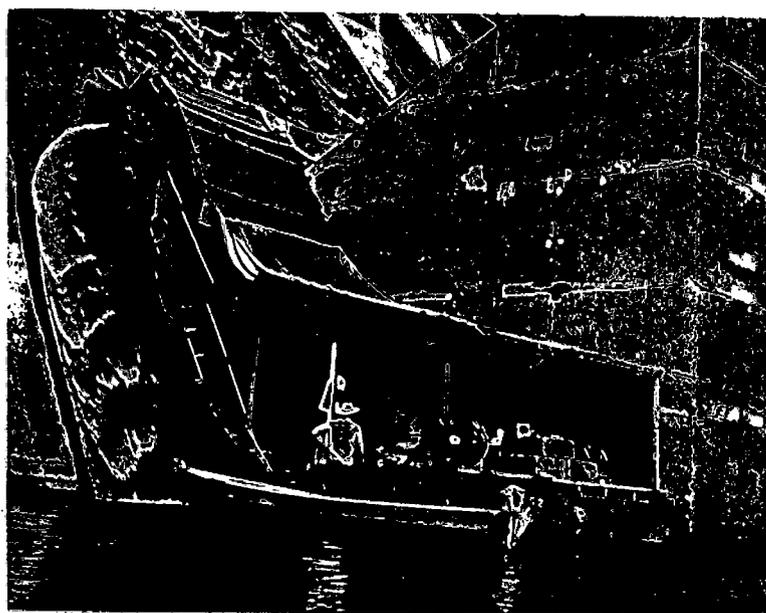
A areia usada para composição da argamassa foi a areia fina (rejeito) de procedência do antigo lavador de areia para concreto.

Essa areia foi passada na peneira #16, após secagem ao sol, e armazenada em caixas de cimento amianto de 500 litros cobertas com lona.

Para maior facilidade de transporte da argamassa pronta, todos os seus componentes foram depositados sobre os flutuadores ancorados próximos a cada reparo.

Em dias de calor, com temperatura ambiente acima de 26°C, o tempo de início de pega da argamassa era de quinze minutos. Para aumentar esse tempo, os materiais tiveram que ser resguardados do sol, e as resinas colocadas em caixas com gelo, conforme mostramos nas fotos abaixo.

Com isso, conseguiu-se elevar esse tempo de quinze para vinte e cinco minutos.



Cobertura para proteção contra intempéries.



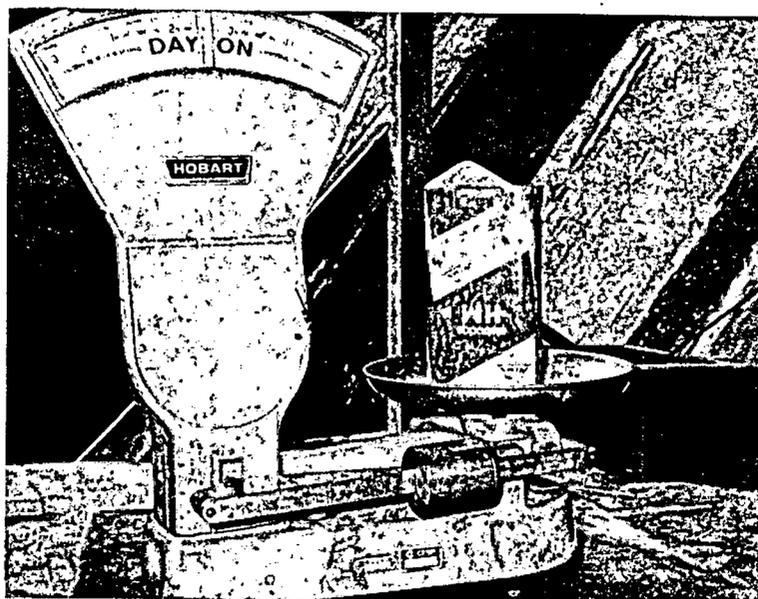
Caixa térmica para proteção dos produtos epóxicos envoltos em gelo.

Os traços foram pesados e misturados na medida do desenvolvimento dos serviços.

De acordo com o traço estudado, foram pesadas as seguintes quantidades de materiais:

- 1,0 kg de resina;
- 0,2 kg de catalizador;
- 8,4 kg de areia.

Para pesagem dos materiais, foi utilizada balança com capacidade de 25 kg, vista na foto abaixo.



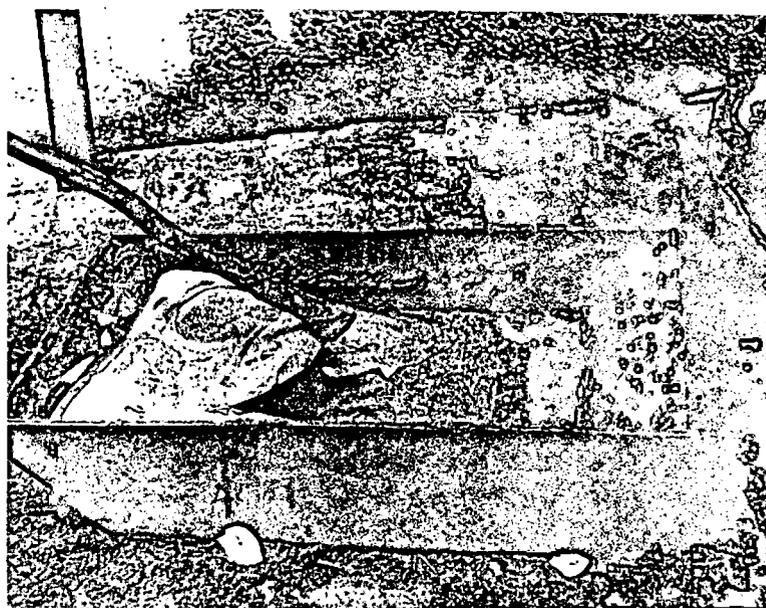
Balança utilizada na pesagem dos componentes da argamassa epóxica.

Os componentes da resina foram misturados em baldes, por meio de agitadores manuais, e despejados em pequenas masseiras, para serem então misturados com a areia.

Essas misturas foram feitas com o auxílio de enxadas em duas masseiras simultaneamente com um homem em cada uma e mais dois para revezamento. Ver fotos da folha seguinte.



Mistura manual dos componentes A e B da resina epóxica.



Mistura da areia com a resina para obtenção da argamassa epóxica.

Após observar o envolvimento completo da areia com a resina, a argamassa foi acondicionada em baldes de vinte litros e transportada para o local de sua aplicação por meio de cordas e carretilhas, analogamente ao transporte para lançamento do concreto. Ver foto abaixo.

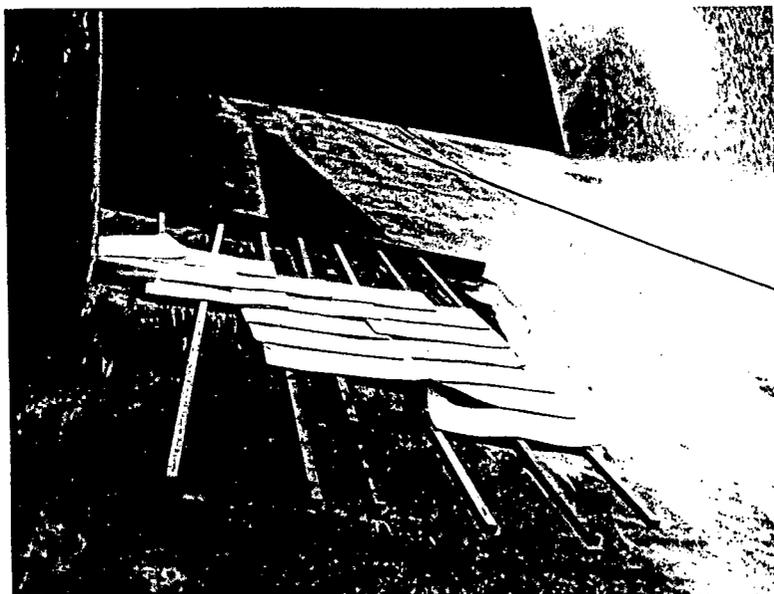


Transporte da argamassa epóxica para o local de sua aplicação.

A argamassa foi despejada sobre o local e espalhada com colher de pedreiro, sempre de baixo para cima.

O alisamento foi dado com a própria colher de pedreiro umedecida com álcool.

Terminada a aplicação da argamassa, esta foi protegida do sol por meio de placas de isopor colocadas sobre o paramento. Ver foto da folha seguinte.



Vista da proteção do reparo com placas de isopor contra a incidência do sol.

Decorridos aproximadamente três dias, a superfície foi pintada com duas demãos de resina que cobriu também uma faixa além dos limites do reparo, de cerca de 20cm.

Terminada essa pintura, todas as ensecadeiras de vedação d'água foram retiradas, ficando o reparo pronto para ser entregue à operação, conforme foto abaixo, que mostra o aspecto dos reparos terminados.



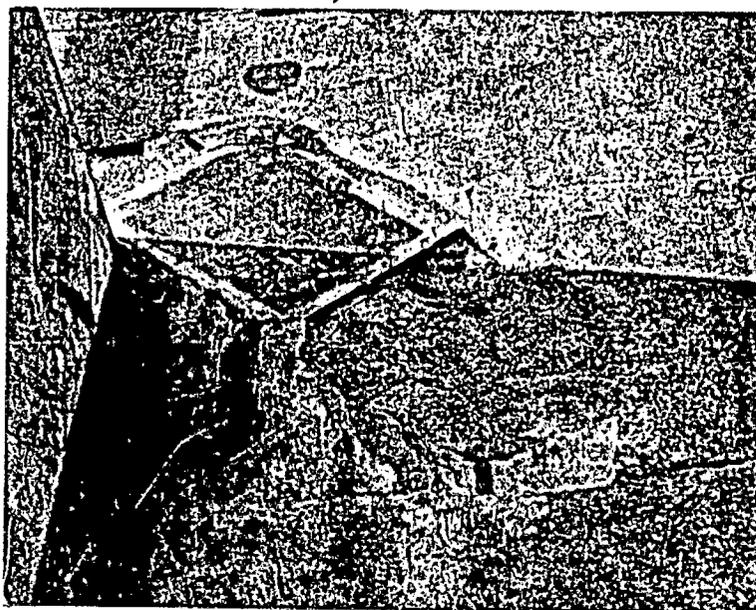
Aspecto final dos reparos com argamassa epóxica.

5 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1979.

5.1 - OBSERVAÇÕES.

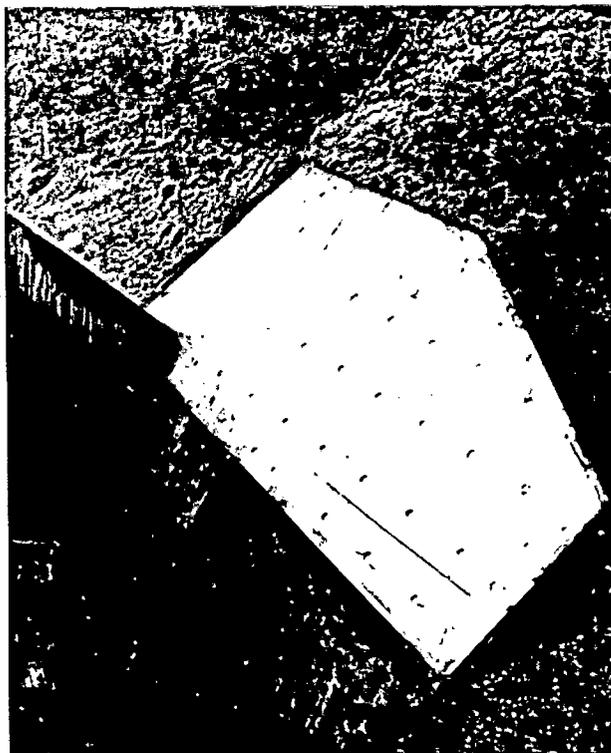
As cheias de 1978/79 foram menos intensas do que as dos anos anteriores. Mesmo assim, não deixaram de provocar danos, tornando-se necessários os reparos narrados a seguir, executados no segundo semestre de 1979.

No VS-12, lado esquerdo, a argamassa epóxica colocada à jusante da chapa de aço comum foi corroída. Como se sabe, esse reparo foi executado no ano anterior com a finalidade de se pesquisar o comportamento do início e progressão da cavitação, ou seja, testar se o reparo na região mais erodida, suposta como foco inicial, seria suficiente para que a erosão cessasse. Ficou evidenciado, porém, que o foco tem posição variável conforme as vazões vertidas visto que a chapa colocada na parte mais profunda da cavidade não resolveu o problema da parte mais a jusante, que estava anteriormente menos erodida (foto abaixo).

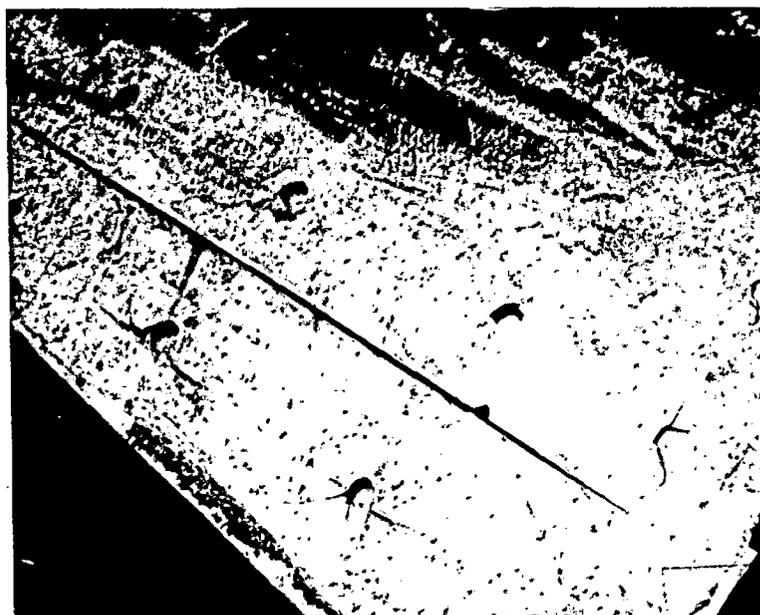


Efeito da cavitação no reparo executado com argamassa epóxica, a jusante da chapa de aço comum.

No VS-10, lado esquerdo, a chapa de aço inóx de 3/16" de espessura, colocada sobre a chapa de aço comum, conjunto este aqui denominado chapa "sanduíche", sofreu uma rachadura no sentido horizontal, causando repuxamento dos pontos de solda de união entre as duas chapas (fotos abaixo).



Rachadura do revestimento de aço inóx e ruptura da solda das ligações entre as chapas comum e inóx.



Detalhe do reparo danificado.

Essa rachadura foi provocada pela fadiga do material, devido à vibração da chapa inóx entre os pontos de solda, os quais posteriormente também sofreram ruptura.

Esse problema foi resolvido com injeção de resina epóxica entre as duas chapas.

Quanto aos demais blocos, muitos se apresentaram intactos, e outros com pequenas cavitações. Ver fotos abaixo.



Aspecto de um dos reparos que resistiram às cheias dos anos de 78/79.

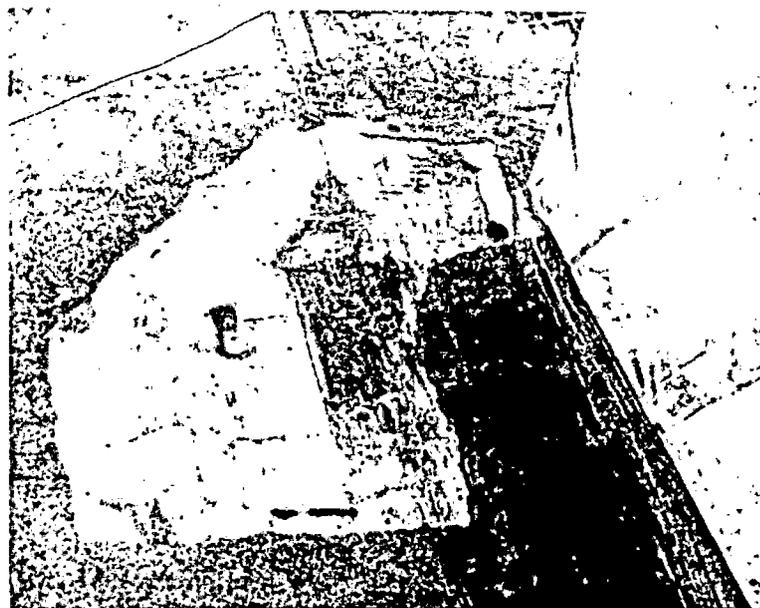


Aspecto de uma das erosões ocorridas nas cheias dos anos de 78/79, permanecendo ainda parte dos reparos executados nos anos anteriores.

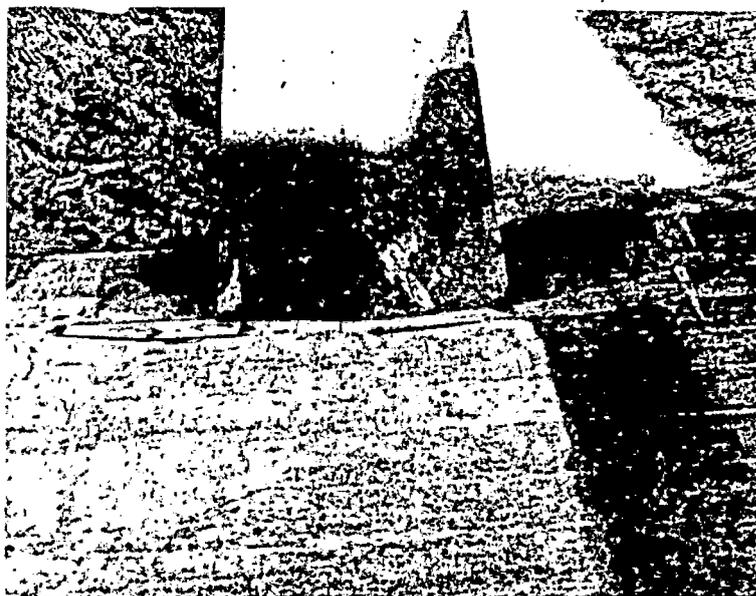
Os reparos do VS-4, lado direito, bem como os dos dorsos dos dentes VS-4 e VS-09, também permaneceram mais uma vez intactos (fotos a seguir).



Vista do dorso do dente dissipador do VS 4, vendo-se a pintura executada com areia e resina epóxica no ano de 1974, ainda intacta.



VS 4, lado direito, notando-se o reparo executado no ano de 1974, ainda intacto.



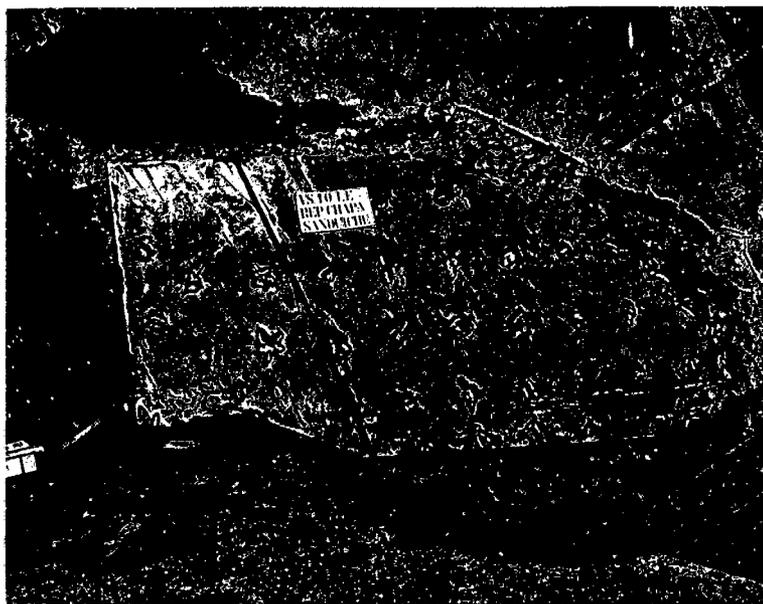
Dorso do dente dissipador do VS 9, notando-se a pintura executada com areia e resina epóxica, no ano de 1974, ainda intacta.

As providências para esse ano, já que as cavitações foram de pequenas proporções, consistiram em reparar a chapa danificada, preencher os locais cavitados utilizando-se novamente argamassa epóxica, pintar com tintas especiais as superfícies hidráulicas das chapas de aço comum, não pintada na época da sua colocação, além de injetar resina entre as chapas comum e inoxidável.

5.2 - REPARO DA CHAPA DE AÇO INÓX NO VS-10, LADO ESQUERDO.

O reparo constituiu em acomodar novamente uma chapa sobre a outra com a reconstituição dos pontos de solda rompidos e da emenda, ao longo da rachadura da chapa inóx, solidarizando a chapa de aço comum, conforme se vê na foto da folha seguinte.

Os eletrodos usados foram os mesmos especificados anteriormente quando da montagem.



Reparo do revestimento de aço inox danificado, através do reforço dos pontos de solda e emenda da rachadura.

Na lateral e meio da chapa, foram instalados canos para aplicação da resina epóxica Colma-Dur entre as duas chapas.

O acabamento da emenda da chapa e dos pontos de solda, foram feitos por esmerilhadeira e lixadeira pneumáticas.

Terminado esse trabalho, deu-se início aos serviços de injeção com resina epóxica.

5.2.1 - Injeção com resina epóxica entre as duas chapas.

5.2.1.1 - Determinação do traço.

Para melhor aplicabilidade da injeção com resina epóxica entre as duas chapas, visto que estas se achavam com suas faces encostadas uma a outra, dificuldade acentuada pela influência do calor, achou-se por bem, elaborar várias composições da resina, visando otimizar o tempo de pega e a fluidez.

Os traços foram dosados com resina Colma-Dur nas proporções: 1:5, 1:7, 1:9 e 1:10 (componentes B e A), numa temperatura ambiente constante de 26°C.

O traço escolhido foi 1:10 (catalizador e resina).

5.2.1.2 - Equipamento utilizado.

Como equipamento, contou-se com uma bomba pneumática para aplicação da resina, um pequeno reservatório de ar munido de registros e manômetro para controle da saída de ar para a bomba e misturador mecânico.

5.2.1.3 - Aplicação da resina.

Todos os equipamentos e materiais de injeção foram colocados sobre o flutuador posicionado próximo ao local da chapa.

Os componentes da resina foram pesados antecipadamente antes de serem levados para o local, com dosagem de 1kg de resina para 0,1kg de catalizador.

A mistura foi feita sobre o flutuador com a utilização do misturador mecânico e depois colocada na bomba pneumática posicionada mais acima, nas proximidades da chapa, para evitar mangueiras longas. Após o fechamento hermético do recipiente e dos cuidados de eliminação de ar ao longo da mangueira de condução da resina, esta foi ligada à chapa dando início à introdução da resina em seu interior.



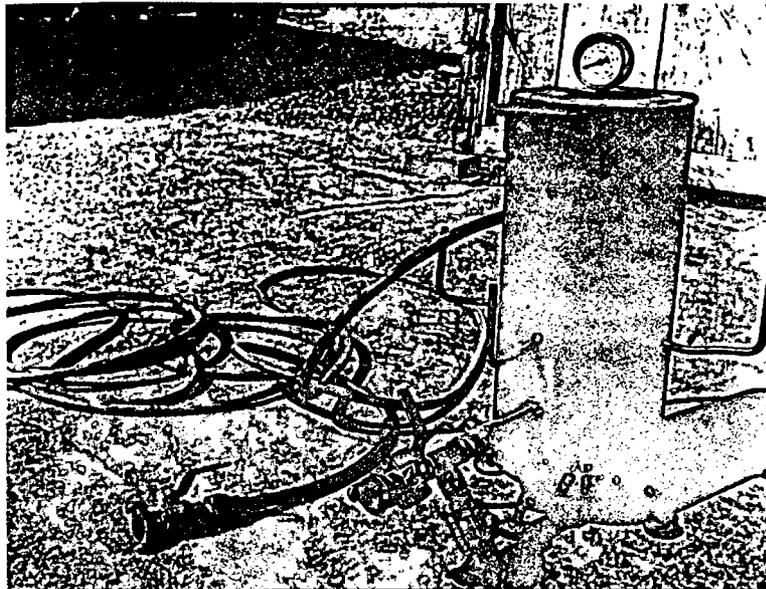
Mistura dos componentes A e B da resina epóxica



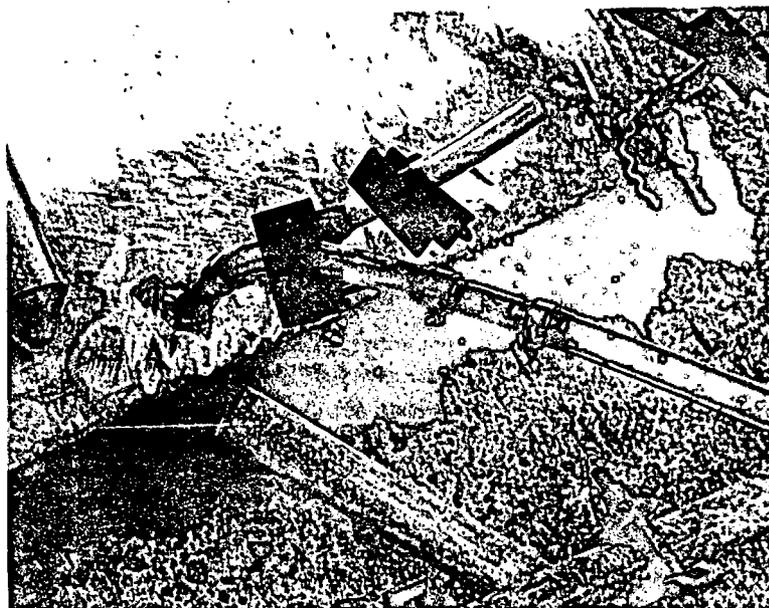
Mistura dos componentes A e B através de agitador mecânico.



Colocação da resina epóxica no interior do injetor pneumático.



Equipamento para depósito e controle da pressão do ar comprimido, ligado ao injetor pneumático de resina.



Detalhe da injeção de resina epóxica, vendo-se o estrangulador da mangueira.

Os demais canos de respiro da chapa foram sendo fechados à medida em que a resina os alcançava, ou então servindo de novo ponto de tomada de injeção, quando a pressão de trabalho atingisse 4kg/cm^2 . Foram usados protetores faciais, contra o risco dessa parte do corpo vir a ser afetada por resina, como pode ser visto na foto abaixo.



Injeção de resina sob a chapa de aço, vendo-se as mangueiras de polietileno para execução do serviço.

Depois de vinte e quatro horas da conclusão da injeção, os canos foram cortados e executou-se o acabamento final nos seus locais.

Além da comunicação da resina pelos canos de respiro, pôde-se constatar também a ausência de vazios entre as chapas, pelo simples ato de batida de martelo sobre a chapa, que acusou som característico de material uno e compacto.

5.3 - REPARO DAS CAVIDADES COM ARGAMASSA EPÓXICA.

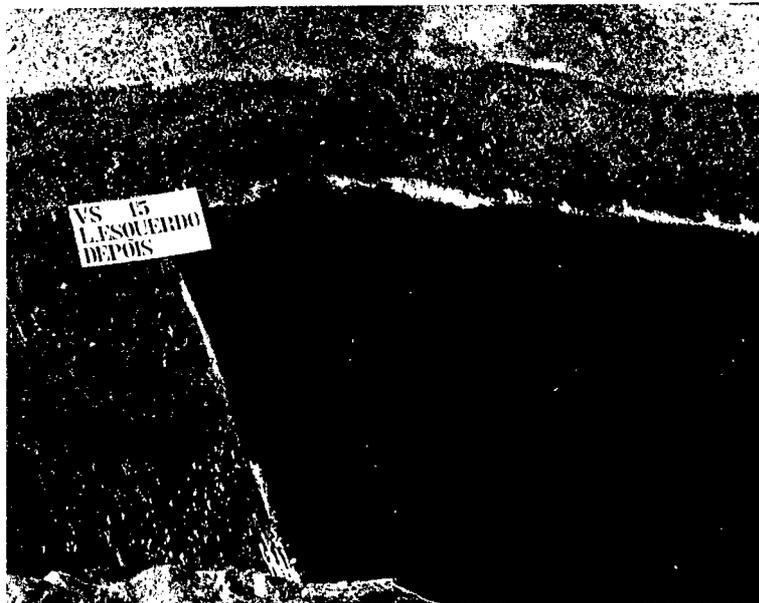
Os reparos nos vãos restantes foram preenchidos e acabados com argamassa epóxica, utilizando os mesmos materiais e procedimentos adotados no ano anterior.

5.4 - PINTURA DAS CHAPAS DE AÇO COMUM COLOCADAS NO VS-12 E VS-15,
LADO ESQUERDO.

5.4.1 - Pintura da chapa do VS-15, lado esquerdo.

Essa chapa foi pintada utilizando-se a seguinte seqüência e materiais:

- Limpeza da superfície, com emprego de jato-de-areia;
- Aplicação de duas demãos de tinta Friazinc, com intervalo de aplicação entre elas de 24 horas;
- Aplicação de duas demãos de tinta Inertol, com intervalo de aplicação de 48 horas.



Aspecto da pintura com o emprego de Friazinc R e inertol, nas chapas de aço comum do VS 12 e VS 15.

5.4.2 - Pintura da chapa do VS-12, lado esquerdo.

- Limpeza da superfície com a utilização de jato-de-areia;
- Aplicação de duas demãos de tinta epóxica betuminosa, com intervalo de aplicação, entre elas, de 48 horas.

Após decorridos 48 horas de cura, a chapa foi considerada pronta e liberada para escoamento.

6 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1980.

6.1 - OBSERVAÇÕES.

Em 1979/80 as vazões vertidas foram superiores às dos anos anteriores, conforme se vê na relação abaixo, que mostra as máximas vazões ocorridas desde o início de funcionamento dos vertedouros.

- Ano de 1973/74 - 9.000m³/s durante três dias;
- Ano de 1974/75 - 9.000m³/s durante seis dias;
- Ano de 1975/76 - 10.000m³/s durante quatro dias;
- Ano de 1976/77 - 14.000m³/s durante três dias;
- Ano de 1977/78 - 14.000m³/s durante três dias;
- Ano de 1978/79 - 11.000m³/s durante dois dias;
- Ano de 1979/80 - 16.000m³/s durante dois dias.

As profundidades máximas das cavitações foram:

VS	LADO DIREITO (cm)	LADO ESQUERDO (cm)
01	15	40
02	-	40
03	15	15
04	13	-
05	90	20
06	-	15
07	20	20
08	20	-
09	-	100
10	-	-

VS	LADO DIREITO (cm)	LADO ESQUERDO (cm)
11	60	-
12	-	80
13	20	20
14	60	37
15	20	-
16	30	-
17	-	-
18	-	20
19	20	-

O reparo do VS-04, lado direito, executado no ano de 1974, desta feita não resistiu às cheias deste ano.

Já os reparos da parte superior (dorso) do dente deste VS e do VS-09, permaneceram intactos.

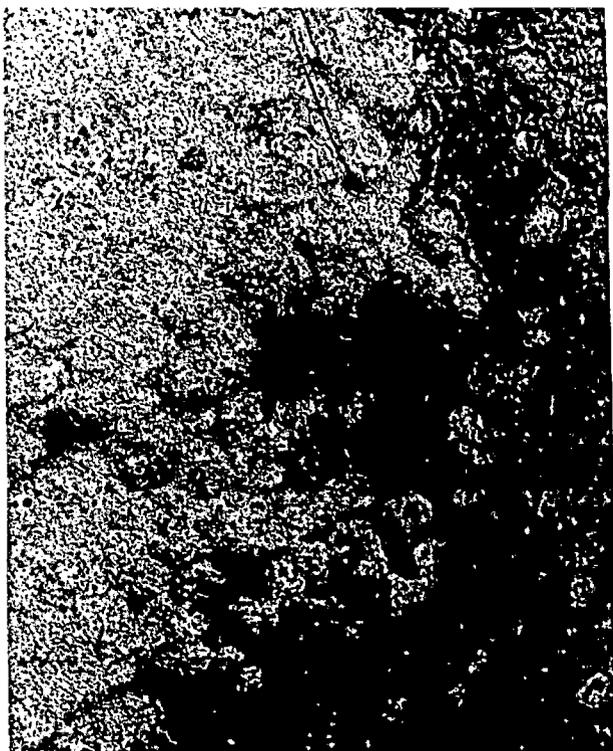
Todas as chapas de aço colocadas não sofreram problemas. Somente as pinturas das chapas de aço comum ficaram um pouco desgastadas, conforme fotos das folhas seguintes.



Reparo executado no ano de 1974, erodido.



Pintura desgastada sobre a chapa de aço
comum, com prolongamento da erosão a
jusante.



Detalhe ampliado do desgaste da pintura
sobre a chapa.



Início do desgaste da pintura sobre a chapa de aço comum,
vendo-se o início da cavitação a jusante.

A chapa de aço inóx tipo "Sanduíche", colocada no VS-10, lado esquerdo, reparada e injetada com resina epóxica no ano anterior, não apresentou problema.

Quanto às dimensões das chapas, estas sim, ficaram a desejar, pois o efeito da cavitação atingiu uma área bem maior do que aquelas atingidas anteriormente (ver fotos a seguir).



Cavitação fora da área da chapa de aço.



Início da cavitação fora da área da chapa.

O reparo do VS-15, lado direito, executado no ano de 1978, com o objetivo de se verificar melhor o problema de ancoragem dos reparos com concreto, resultou no que já era esperado, ou seja, os reparos são realmente instáveis por força da própria natureza da cavitação, e não por falta de melhores ancoragens para monolitização das duas partes. Este aspecto pode ser melhor observado na foto abaixo, onde a armadura se encontra exposta, presa ao restante do reparo aderente ao maciço.



Exposição de chumbadores e armadura de pele do reparo executado no ano de 1978.

Outra característica bem definida e típica da cavitação sobre os reparos de argamassa epóxica é notada nas fotos da folha seguinte.



Aspecto típico de cavitação sobre a argamassa epóxica.



Vista de outro aspecto de cavitação da mesma natureza.

Diante do exposto, ficou decidido que este ano seria feita apenas uma manutenção somente nos locais de cavitações mais profundas, que pudessem ser preenchidos com concreto comum. Os demais ficariam como estivessem até a obtenção de um futuro programa definitivo de reparos.

Em paralelo, além da ampliação da área da chapa colocada no VS-09, lado esquerdo, tida como provável solução definitiva, foram testados também mais dois tipos de materiais: o concreto fibroso e a argamassa epóxica fibrosa.

A argamassa epóxica fibrosa foi aplicada no VS-11, lado direito, e o concreto fibroso no VS-12, lado esquerdo, logo abaixo da chapa de aço comum, representando a sua continuação.

6.2 - EXECUÇÃO DOS REPAROS COM CONCRETO FIBROSO E ARGAMASSA EPÓXICA.

6.2.1 - Concreto fibroso.

6.2.1.1 - Determinação do traço.

O traço foi determinado no Laboratório de Concreto da Obra de Três Irmãos, apoiando-se em especificações da literatura técnica e estudos efetuados em Itaipu.

Devido ao tempo exíguo para conclusão dos reparos, dentro do prazo proposto pela Gerência de Operação para reabertura das comportas, os ensaios foram elaborados juntamente com os reparos em andamento.

Para composição do concreto fibroso, foi utilizado um traço de concreto comum bastante conhecido, que serviu de traço base para incorporação das fibras de aço.

Composição do traço base sem fibra:

- Cimento Portland	38,9 kg
- Pozolana	13,0 kg
- Incorporador de ar	0,0208kg
- Areia	93,3 kg

- Brita nº 01	68,2 kg
- Brita nº 02	67,4 kg
- Água	24,7 kg
- "Slump"	5 ± 1 cm

Depois de composto com as fibras, o traço passou a ser o seguinte:

- Cimento	38,9 kg
- Pozolana	13,0 kg
- Incorporador de ar	0,0208kg
Fibra de aço carbono Ø 0,4 x 25mm de comprimento, correspondente a 1% do volume do traço	10,1 kg
- Areia	93,4 kg
- Brita nº 01	65,1 kg
- Brita nº 02	64,6 kg
- Água	25,4 kg
- "Slump"	5 ± 1 cm

Para manutenção da mesma trabalhabilidade foi necessário fazer o ajuste do traço, reduzindo-se o peso dos agregados graúdos e aumentando-se a água.

Os resultados destes ensaios comparados aos do concreto comum e com os fornecidos pelas próprias literaturas não foram satisfatórios, pois as resistências não se elevaram mais que 10%, o que levou a crer que se tratou de deficiência na aderência entre as fibras de aço e a argamassa envoltória, pois o mesmo não ocorreu com relação à argamassa epóxica, na qual se observou melhores aderências e conseqüentemente melhores resultados com relação às resistências mecânicas, como se vê no item 6.2.2.1.

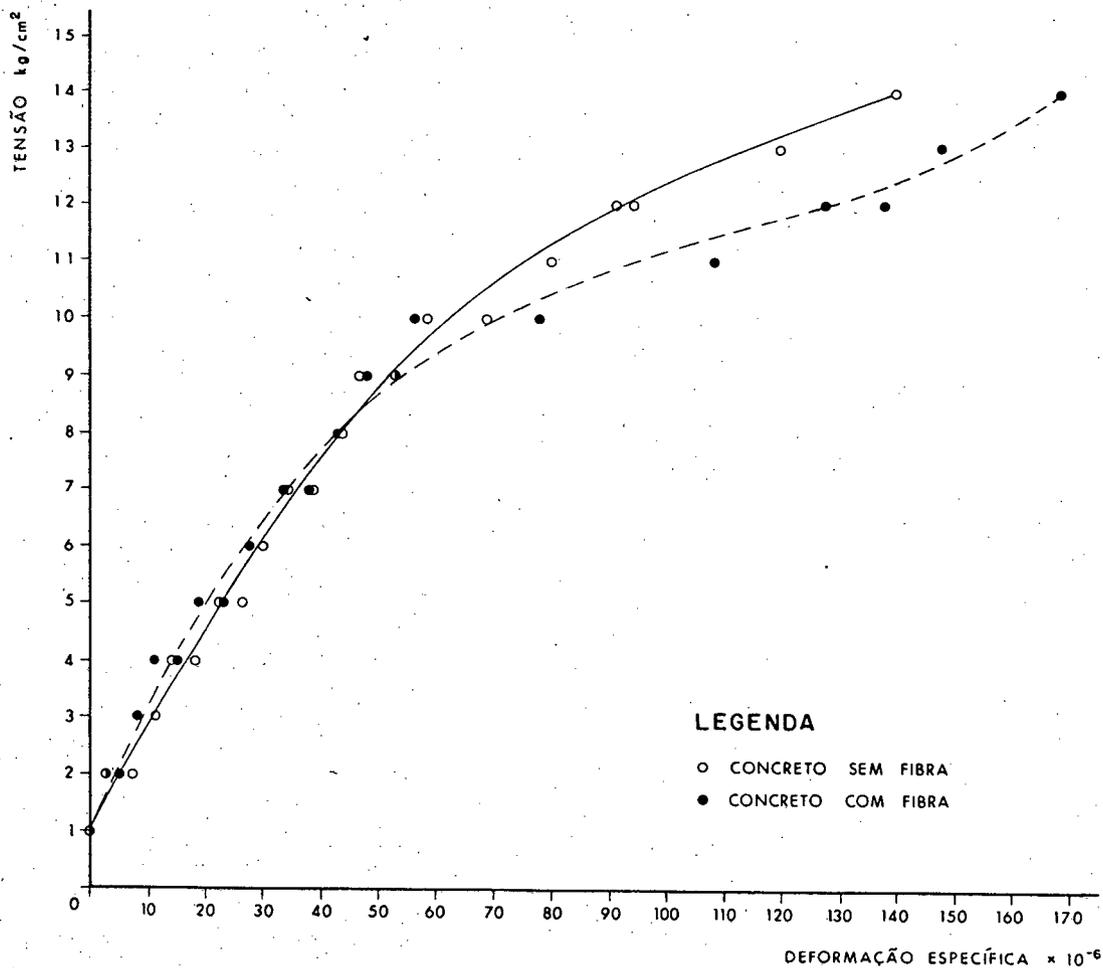
- Ensaios realizados:

- Resistência de compressão axial;
- Resistência de tração por flexão;
- Resistência por compressão diametral.

Os resultados se encontram na tabela e gráfico da folha seguinte.

Ensaio de Ruptura por Compressão

POSIÇÃO DA CARGA	TENSÃO (kg/cm ²)			
	CONCRETO SEM FIBRA	CONCRETO COM FIBRA	DIFERENÇA	(%)
AXIAL	352	394	42	12
DIAMETRAL	36,2	39,0	2,8	8



Tração por Flexão

6.2.1.2 - Preparo do local para lançamento do concreto.

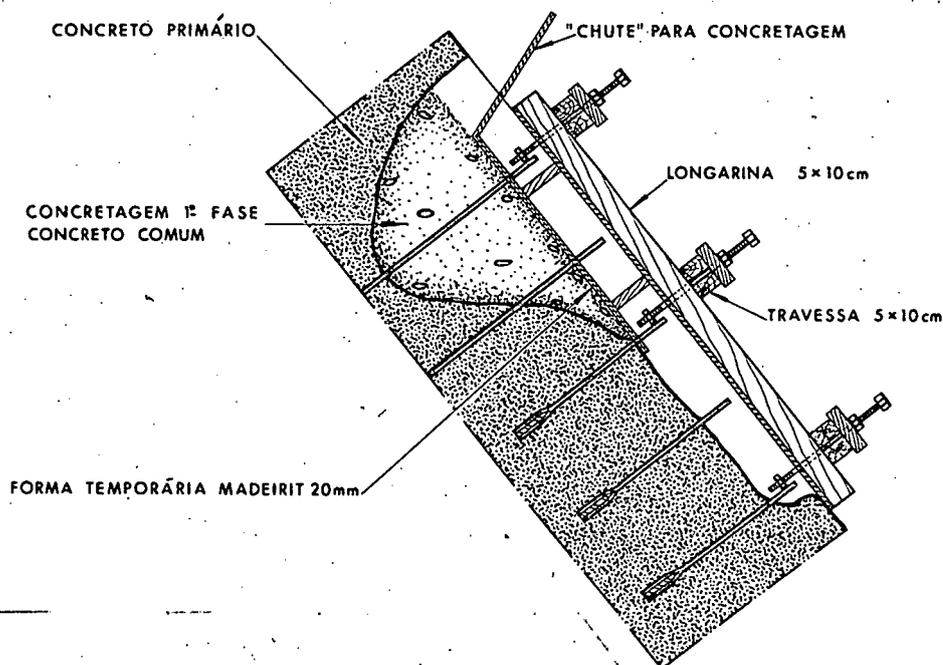
O preparo para o lançamento, seguiu basicamente os procedimentos usados para o concreto comum, ou seja, retirada do concreto poroso, delimitação da cavidade através de corte com disco e limpeza com jato de areia.

A ancoragem do concreto fibroso foi feita com chumbadores com \emptyset de 1", espaçados a cada 40cm.

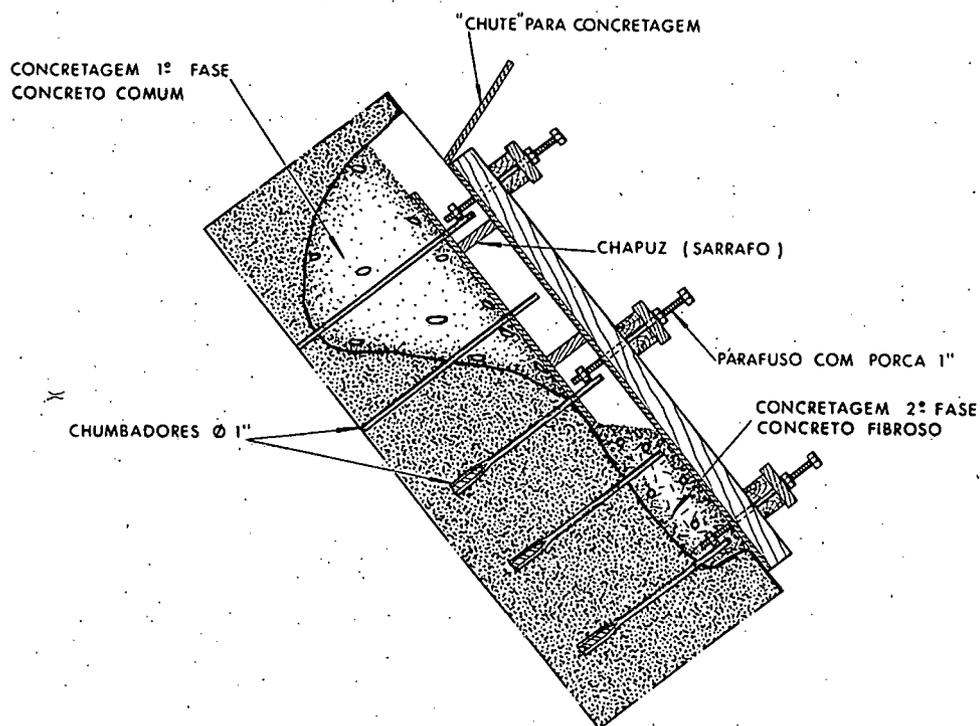
6.2.1.3 - Formas.

A forma foi construída utilizando o mesmo processo das formas de concreto comum. Por motivo de economia, foi determinado para o concreto fibroso a espessura máxima de aproximadamente 20cm. A parte excedente a esta espessura foi preenchida com concreto comum. Por outro lado a espessura mínima foi fixada em 10cm.

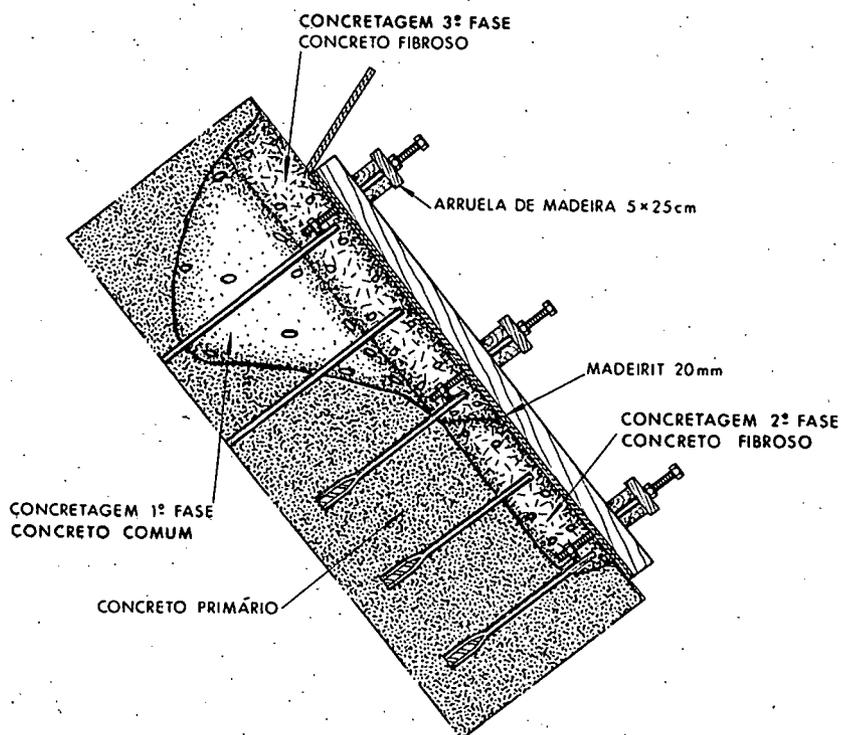
Para isso, foi necessário colocar um painel de Madeirit removível dentro da cavidade de maneira a separar o lançamento dos dois concretos, conforme mostramos nos desenhos a seguir.



1ª Fase



2ª Fase



3ª Fase

6.2.1.4 - Lançamento do concreto fibroso.

O concreto foi usinado na mesma betoneira utilizada na concretagem comum, instalada na margem esquerda.

O volume de cada traço foi de 130 litros, obedecendo a composição do traço determinado no item 6.2.1.1.

Para melhor facilidade na composição dos traços, as fibras foram pesadas antecipadamente e acondicionadas em sacos plásticos.

A ordem de introdução dos materiais na betoneira foi: água, agregados, aglomerantes e por último as fibras de aço.

As fibras foram colocadas gradualmente de forma manual, com o intuito de se evitar sua aglutinação dentro da betoneira, aproximadamente dois minutos depois de iniciada a mistura do concreto, (ver foto abaixo).

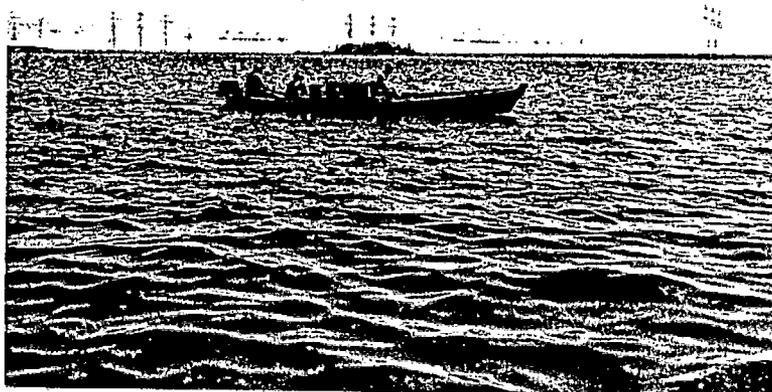


Usinagem do concreto fibroso, vendo-se o depósito de fibras ao lado.

O tempo total de mistura de cada traço foi de, aproximadamente, seis minutos sendo em seguida descarregado dentro de uma masseira e acondicionado em baldes para transporte até o local de lançamento (fotos abaixo).



Vista do concreto fibroso após a usinagem.



Transporte do concreto fibroso em baldes através de barcos

Daí em diante o esquema de lançamento foi idêntico ao do concreto comum sem fibra, utilizando-se, inclusive, os mesmos métodos de adensamento.

Depois de vinte e quatro horas, foi retirada a forma e dado o acabamento com lixadeira pneumática.

Não foi aplicada pintura com resina epóxica sobre a superfície acabada. Ver foto abaixo.



Aspecto do acabamento da superfície do concreto fibroso, sem pintura com resina epóxica.

6.2.2 - Argamassa epóxica fibrosa.

Essa composição também foi estudada no Laboratório de Concreto da Obra Três Irmãos, objetivando-se dar maior resistência às argamassas epóxicas estudadas anteriormente, as quais não estavam suportando as cavitações.

Este material (fibra de aço) é de aparição recente no mercado e portanto pouco pesquisado, principalmente adicionado à argamassa epóxica. Não setem conhecimento de aplicações de argamassa epóxica fibrosa em alguma outra obra.

6.2.2.1 - Ensaios de laboratório.

A composição da argamassa epóxica fibrosa foi obtida a partir dos estudos realizados anteriormente com argamassa sem fibra, conforme item 4.5.6.1.

Obteve-se o traço de argamassa epóxica com uma simples adequação dessa argamassa e a introdução das fibras de aço nesse meio, de maneira a se obter visualmente uma pasta homogênea com relação à dispersão das fibras, que apresentam a tendência de se aglutinarem.

O traço base (em peso) para introdução das fibras foi:

- Uma parte de resina (catalizador + cinco resina);
- Sete partes de areia.

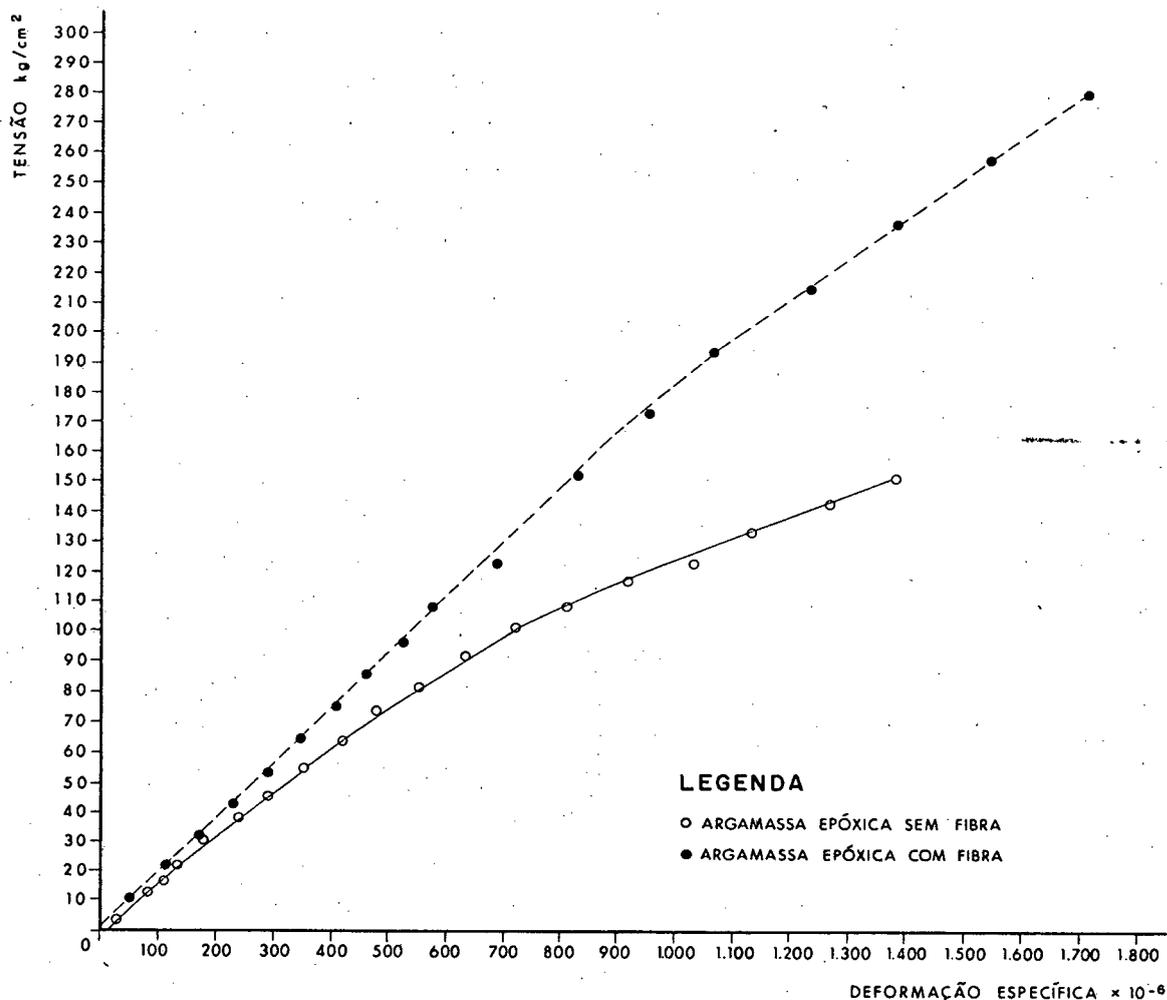
Com a introdução das fibras de aço o traço passou a ser o seguinte:

- Uma parte de resina;
- Seis partes e meia de areia;
- 2,7% de fibra de aço com relação ao volume total da argamassa.

A diminuição da areia com relação ao traço sem fibra foi necessária para a manutenção da mesma consistência.

Os resultados se encontram na tabela e gráfico a seguir, observando-se nesse caso considerável melhoria na resistência mecânica com a introdução das fibras.

Ensaio de Ruptura por Compressão Diametral			
TENSÃO (kg/cm ²).			
CONCRETO SEM FIBRA	CONCRETO COM FIBRA	DIFERENÇA	(%)
75	180	105	140



Tração por Flexão

6.2.2.2 - Preparo do local de aplicação.

O preparo do local de aplicação da argamassa epóxica fibrosa recebeu os mesmos tratamentos dados por ocasião da aplicação da argamassa epóxica sem fibra.

A espessura da aplicação da argamassa foi de 5cm e as partes mais profundas da cavitação foram preenchidas com concreto comum.

6.2.2.3 - Fabricação.

Para elaborar a argamassa epóxica fibrosa, procedeu-se da seguinte maneira, conforme mostra a seqüência fotográfica:

10) - Pesagem e mistura da areia com as fibras de aço;

- 29) - Acondicionamento da mistura das fibras de aço com areia, de cada traço, em sacos plásticos, conforme foto abaixo.



Acondicionamento dos traços da mistura de fibra de aço com areia, em sacos plásticos.

- 30) - Pesagem dos componentes resina e catalizador momentos antes da composição da argamassa, conforme foto abaixo.



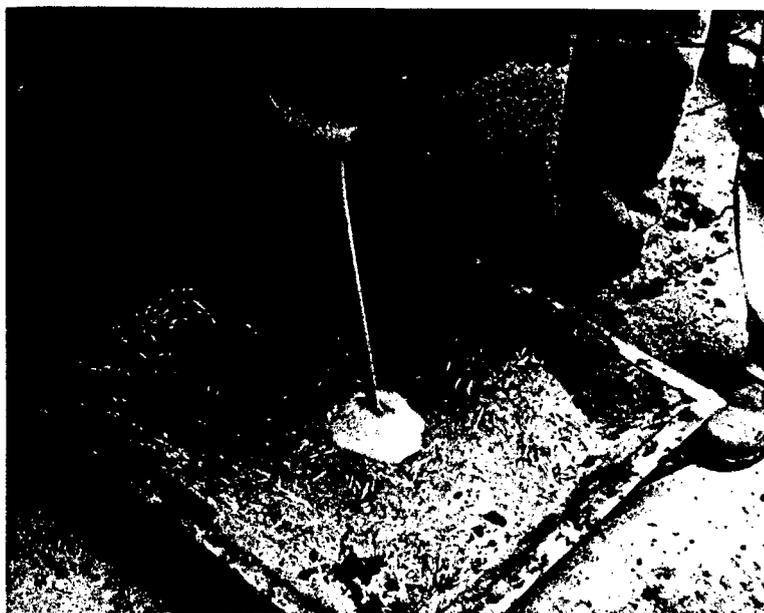
Componentes A e B da resina Sikadur 43, já dosados para aplicação

- 49) - Mistura dos componentes da resina por meio de um misturador mecânico motorizado;
- 59) - Colocação da areia com as fibras dentro da masseira;
- 69) - Homogeneização dessa mistura (areia + fibras) por meio de enxadas e colher de pedreiro (foto abaixo).



Homogeneização da mistura das fibras com areia, com auxílio de enxadas.

- 79) - Adição da resina na mistura de areia com fibras. (fotos a seguir).

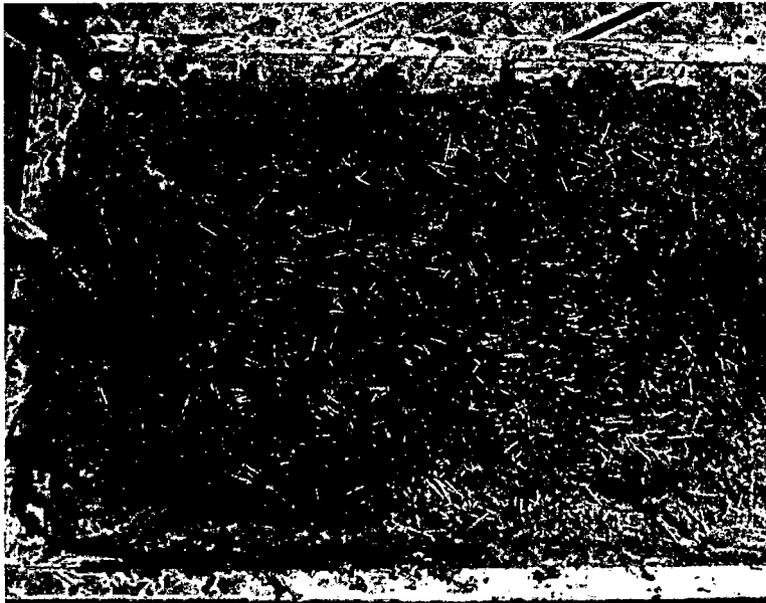


Adição da resina na mistura de areia com fibras de aço, após agitação dos componentes A e B.



Homogeneização dos componentes da argamassa fibrosa.

89) - Homogeneização de todos os componentes fazendo uso de enxadas e colheres de pau. Ver foto abaixo.



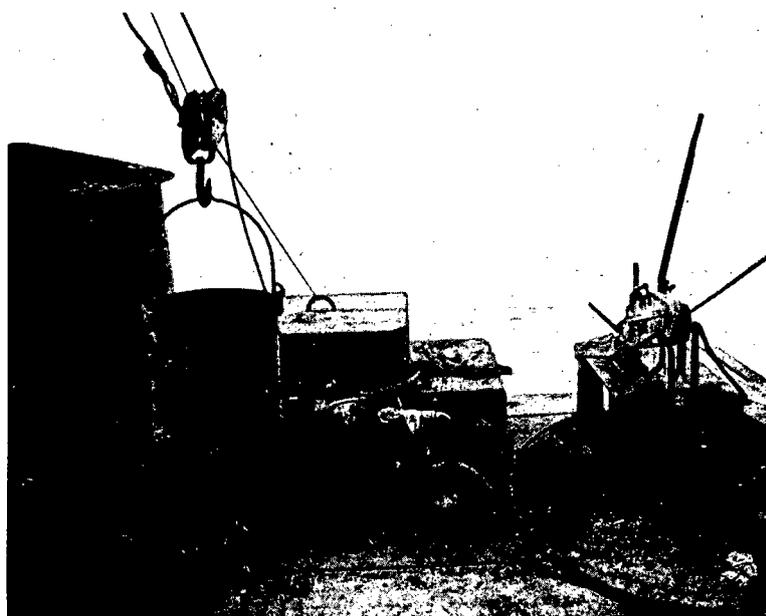
Argamassa fibrosa preparada para ser aplicada.

O peso de cada traço foi 9,835kg, equivalente a um volume de 4,065 litros, e se compunha das seguintes quantidades de materiais:

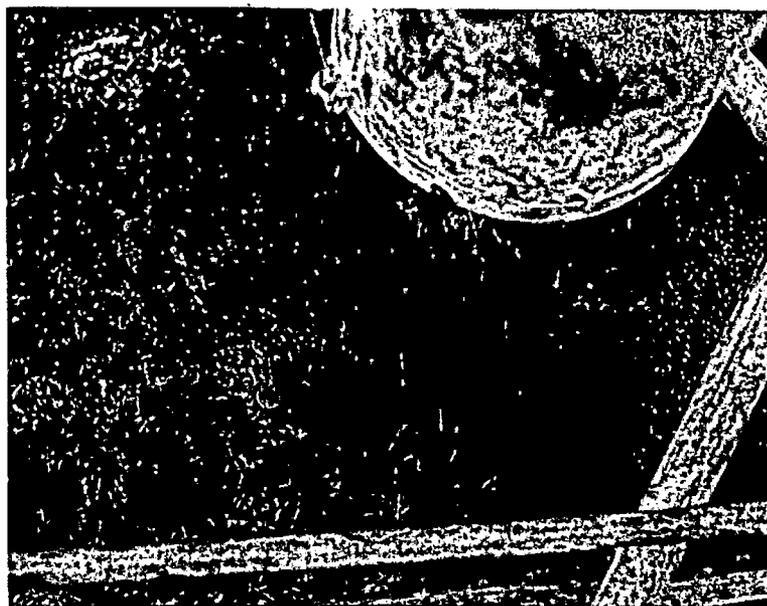
- 1,2kg de resina Colma Dur;
- 7,8kg de areia - peneira 16;
- 0,835kg de fibra de aço.

6.2.2.4 - Aplicação.

A argamassa foi acondicionada em baldes e transportada para o local de aplicação, por meio de um cabo aéreo tracionado por um guincho pneumático, despejada sobre o local do reparo, espalhada e aplicada de baixo para cima, fazendo concordância com o alinhamento do paramento através de régua de sarrafos, colher de pedreiro e desempenadeira de folha de aço. Antes, porém, da aplicação da argamassa epóxica foi feita uma pintura na superfície de contacto utilizando a própria resina para colagem das duas partes, conforme mostramos nas fotos a seguir.



Elevação dos materiais até o local do reparo, através de guincho pneumático e cabos de aço.

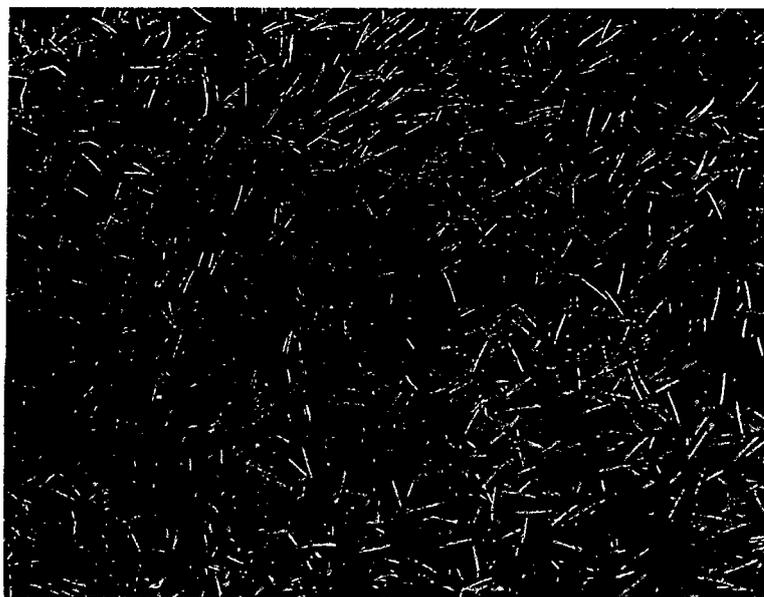


Lançamento da argamassa fibrosa em seu local aplicação,
após a pintura da superfície do concreto com resina
epóxica.



Apiloamento e alisamento da superfície da
argamassa epóxica fibrosa.

Durante a fase de alisamento e acabamento notou-se que as fibras da superfície não ficavam totalmente envolvidas na argamassa, sendo necessário seu corte com esmerilhadeira, após o endurecimento da resina.



Superfície acabada do reparo com argamassa epóxica fibrosa, antes do tratamento com esmerilhadeira e pintura final com resina epóxica.

Concluído o reparo, foram dadas duas demãos de resina epóxica sobre a superfície, para melhor acabamento e proteção das fibras.



Superfície do reparo com argamassa epóxica fibrosa, após o esmerilhamento e pintura com resina epóxica.

6.3 - AMPLIAÇÃO DA ÁREA DA CHAPA NO VS-09, LADO ESQUERDO.

Considerando o revestimento com a chapa de aço inóx uma das soluções viáveis e definitivas de combate às cavitações, decidiu-se fazer ampliação da chapa existente no VS-09 lado esquerdo. Ali, como se sabe, foi colocada uma chapa de aço inóx com 1" de espessura e 3,1m².

A chapa não sofreu nenhuma espécie de dano, mas o concreto situado logo abaixo dela, sofreu uma cavitação medindo aproximadamente cinco metros de comprimento por dois metros de largura e um metro de profundidade, (ver foto abaixo). Foi feita ampliação nessa área e na parte superior logo acima do dente de dissipação.



Cavitação fora da área da chapa de aço.

A área total da ampliação foi de 18m² perfazendo um total de revestimento com chapa inóx nesse local de 21,10m².

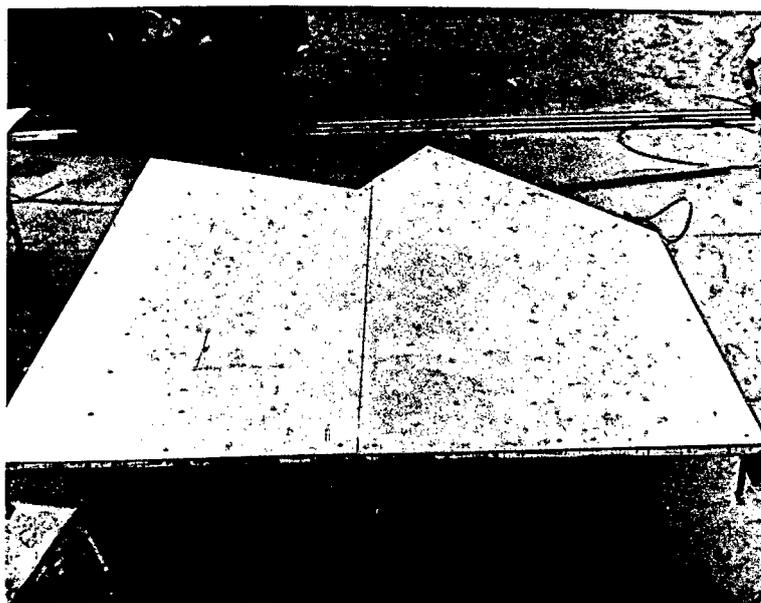
6.3.1 - Fabricação da chapa.

A chapa empregada foi a do tipo "sanduíche" proposta pela equipe da Residência Ilha Solteira e Três Irmãos, e que consistia na união de chapa de aço comum de espessura 3/4" com chapa de aço inóx de espessura 3/16" e tipo AISI-316. Essas chapas foram unidas por meio de pontos de solda, utilizando-se eletrodos inóx tipo OK-6785 Ø 1/8"; posteriormente injetou-se resina epóxica entre elas.

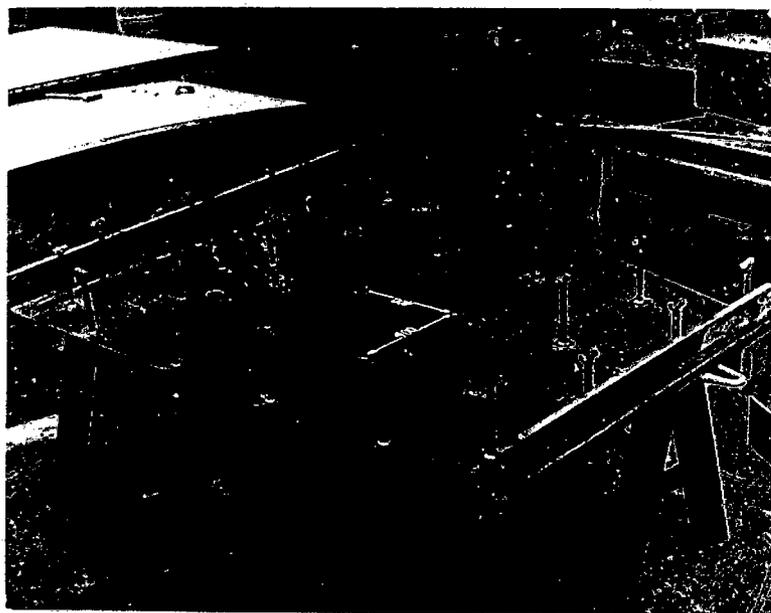
Essa injeção foi aplicada com o fim de se eliminar vazios e conseqüentemente possíveis vibrações, que poderiam danificar a chapa, como já ocorrera anteriormente.

A chapa da parte inferior foi dividida em três partes para facilitar o seu manuseio. Durante a montagem, em cada lado das emendas, foram colocados tubos galvanizados de 1/2" que serviram de tomada e respiros na aplicação da injeção com resina epóxica entre as chapas.

A fixação da chapa no concreto foi conseguida através de chumbadores soldados na parte inferior da chapa, intercalados com os chumbadores colocados no concreto.



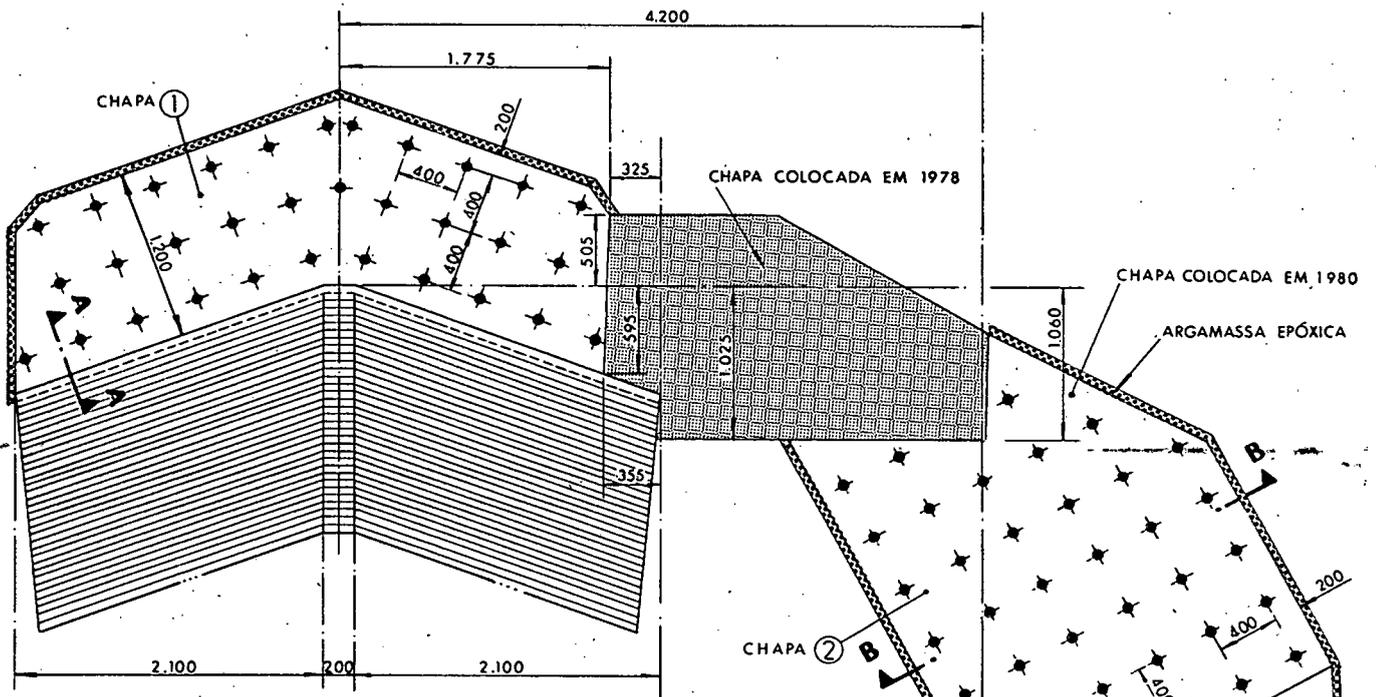
Face superior de uma das partes da chapa, notando-se a distribuição dos furos para soldagem de união entre as chapas de aço inóx e comum.



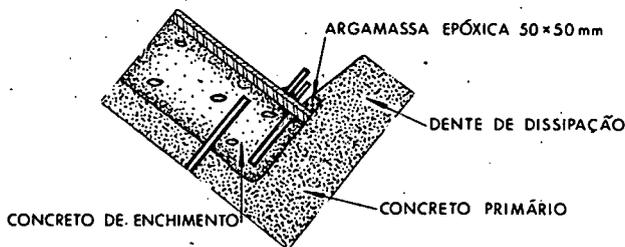
Face inferior de uma das partes da chapa, notando-se a distribuição dos chumbadores e as abas laterais.



Tubos para injeção de resina epóxica entre as chapas de aço comum e Inóx.

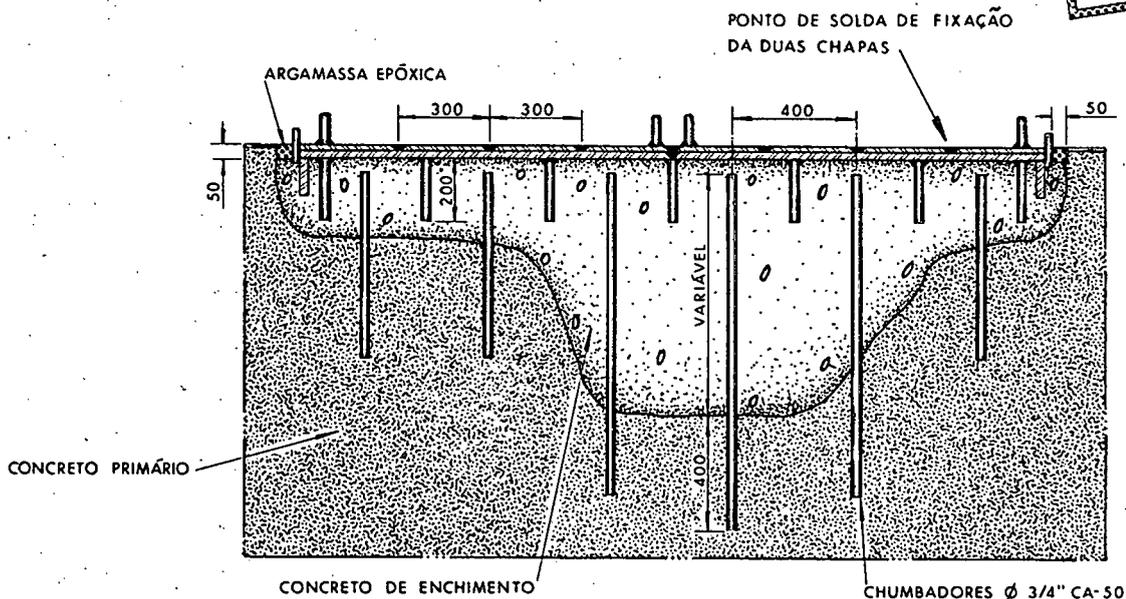


Planta das Chapas
medidas em mm

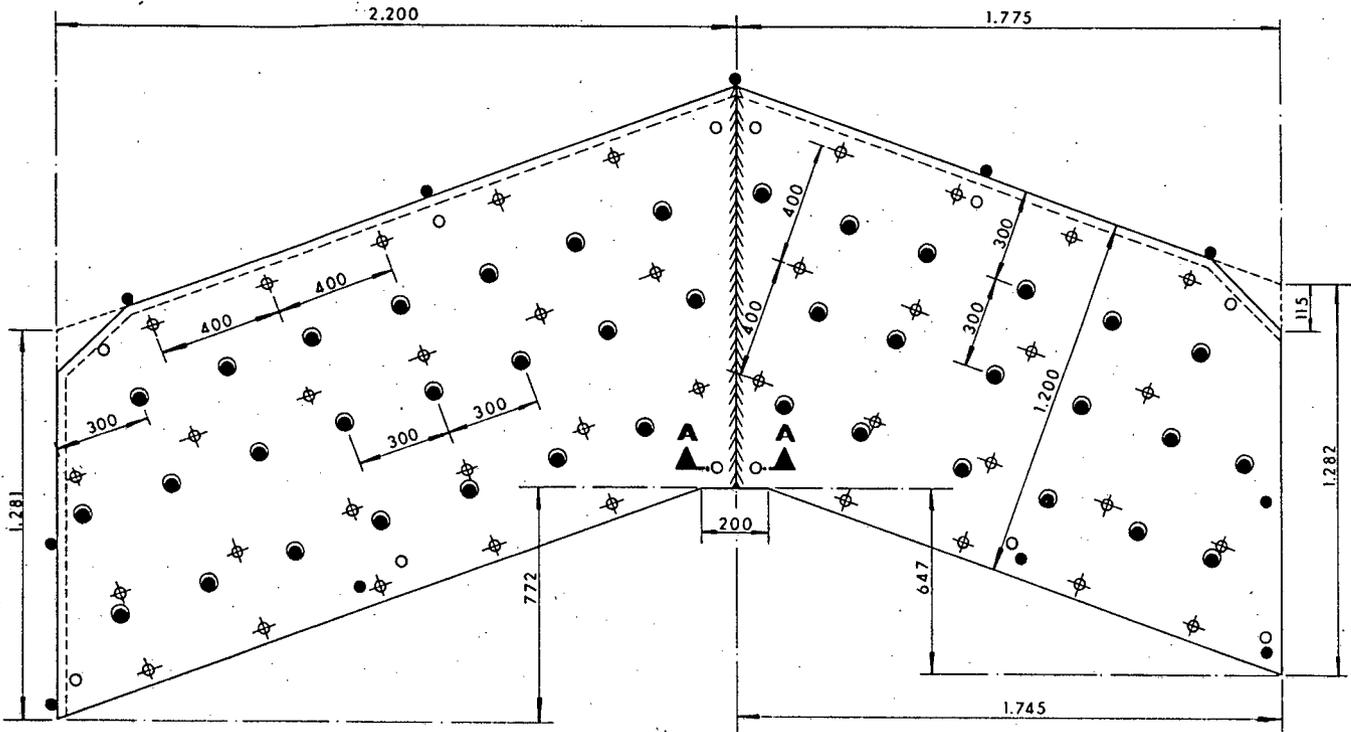


CHUMBADORES Ø 3/4" COLOCADOS NO
CONCRETO PRIMÁRIO

Corte A - A



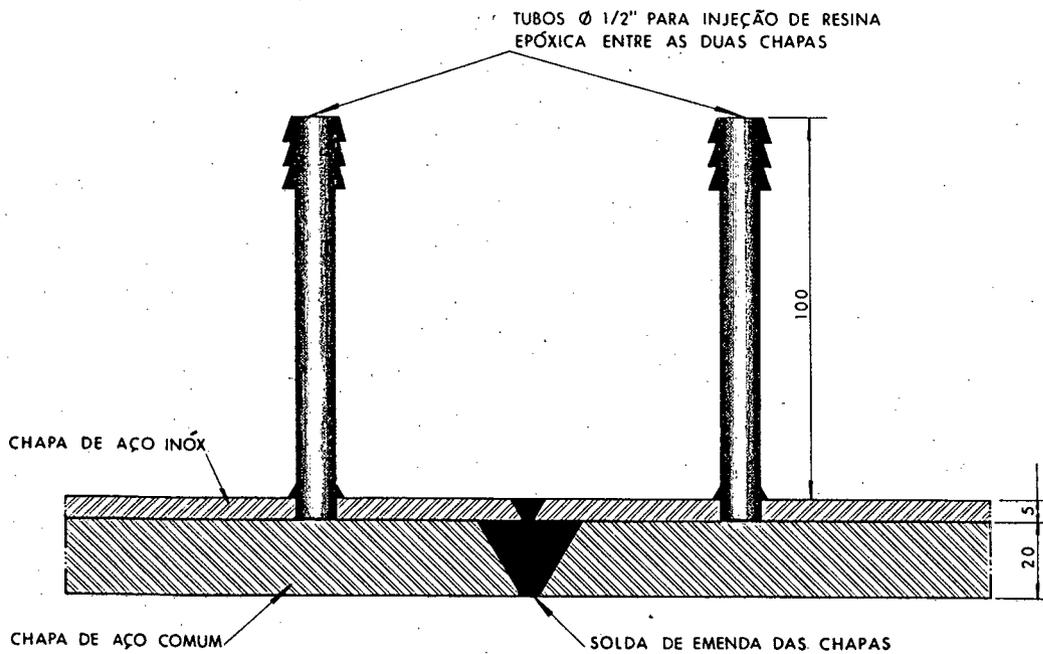
Corte B - B



LEGENDA

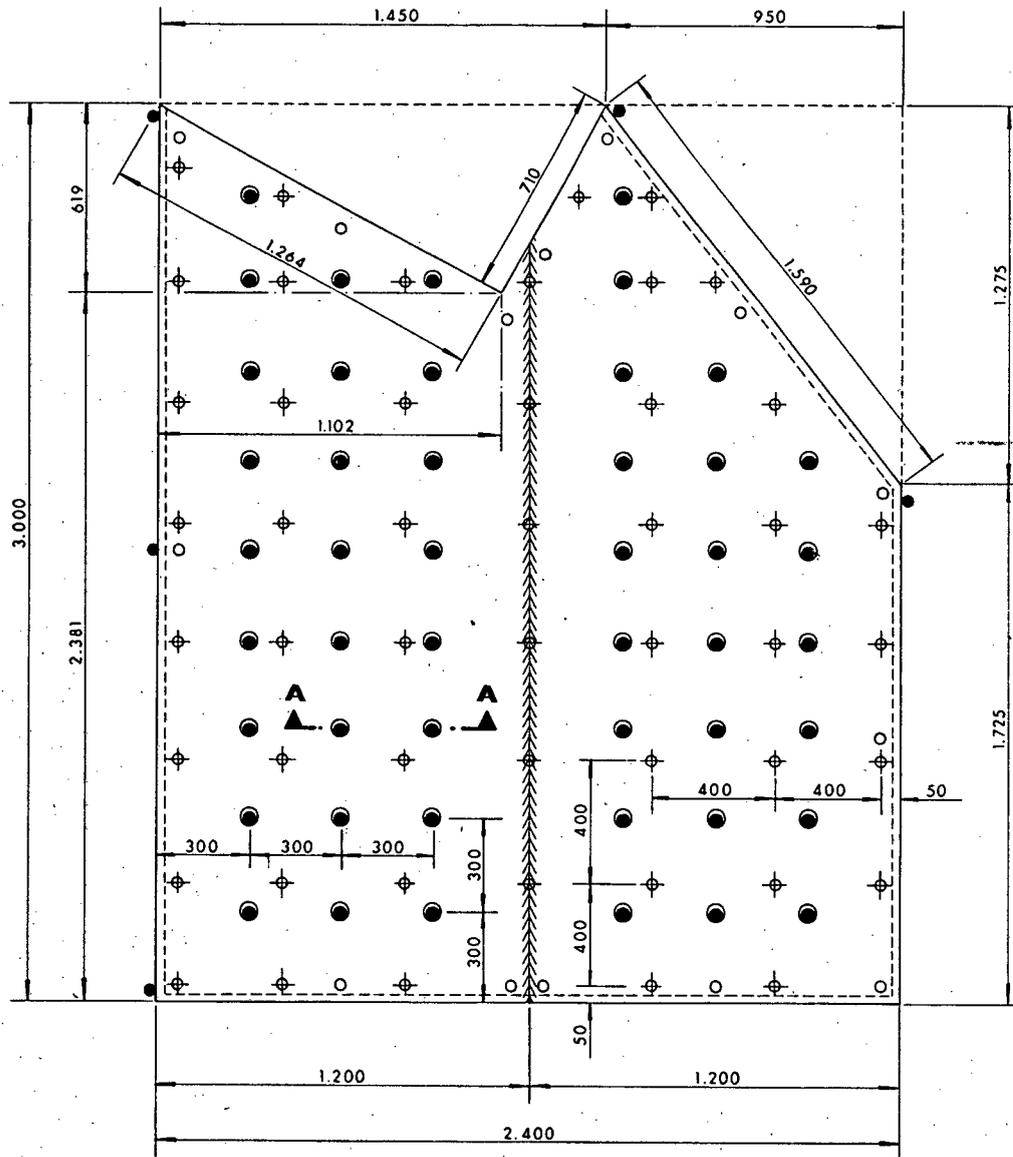
- ⊕ CHUMBADOR Ø 3/4" DE ANCORAGEM DA CHAPA NO CONCRETO DE ENCHIMENTO
- PONTO DE SOLDA DE FIXAÇÃO DAS DUAS CHAPAS.
- TUBO Ø 1/2" PARA INJEÇÃO DE RESINA EPÓXICA ENTRE AS DUAS CHAPAS.
- TUBO Ø 3/4" PARA INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO ENTRE O CIMENTO E A CHAPA.

Planta da Chapa 1



Corte A - A

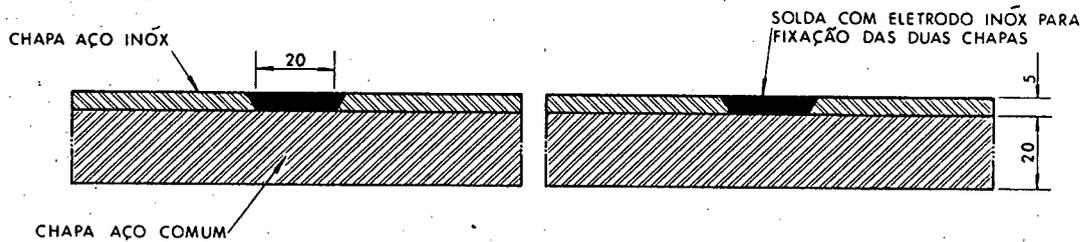
MEDIDAS EM MILÍMETROS



LEGENDA

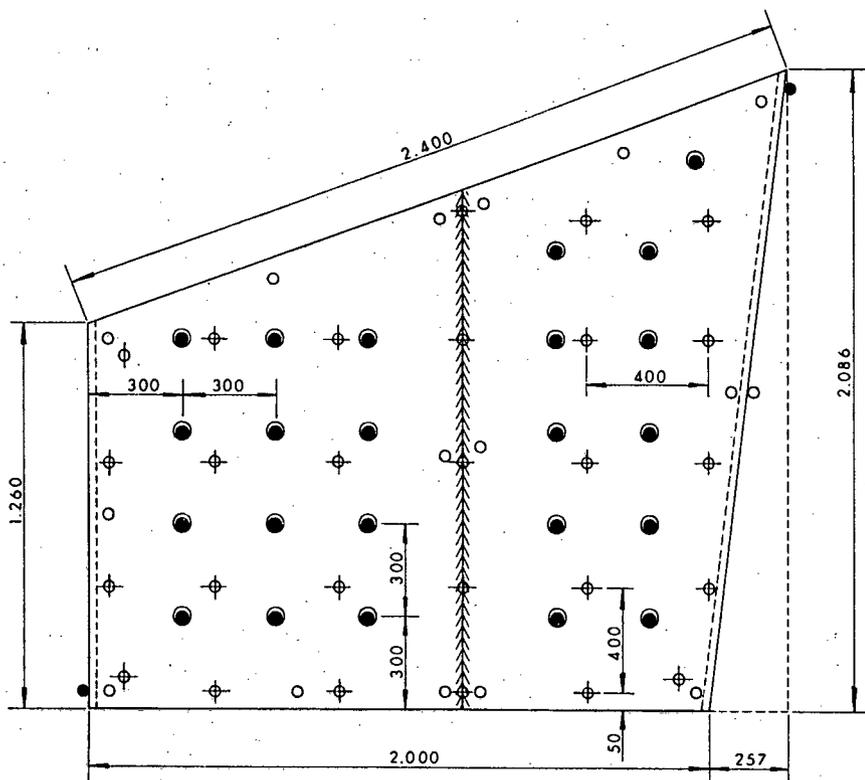
- ⊕ CHUMBADOR Ø 3/4" DE ANCORAGEM DA CHAPA NO CONCRETO, DE ENCHIMENTO
- PONTO DE SOLDA DE FIXAÇÃO DAS DUAS CHAPAS.
- TUBO Ø 1/2" PARA INJEÇÃO DE RESINA EPÓXICA ENTRE AS DUAS CHAPAS.
- TUBO Ø 3/4" PARA INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO ENTRE O CIMENTO E A CHAPA.

Planta da Chapa 2



Corte A - A

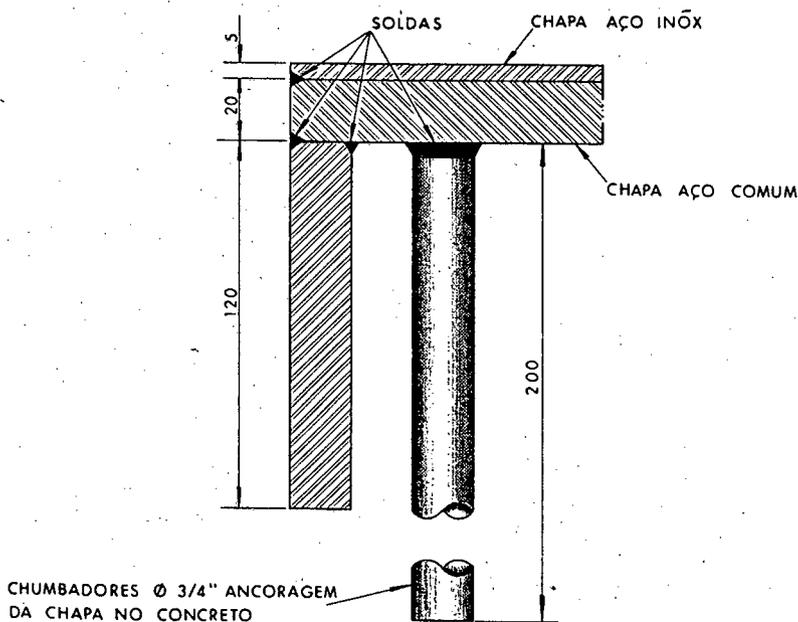
MEDIDAS EM MILÍMETROS



LEGENDA

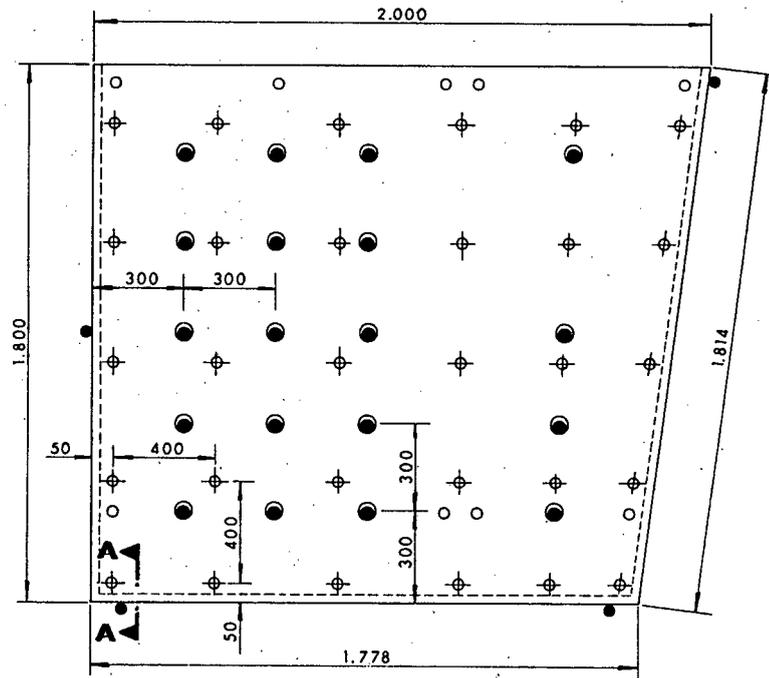
- ⊕ CHUMBADOR Ø 3/4" DE ANCORAGEM DA CHAPA NO CONCRETO DE ENCHIMENTO
- PONTO DE SOLDA DE FIXAÇÃO DAS DUAS CHAPAS.
- TUBO Ø 1/2" PARA INJEÇÃO DE RESINA EPÓXICA ENTRE AS DUAS CHAPAS.
- TUBO Ø 3/4" PARA INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO ENTRE O CIMENTO E A CHAPA.

Planta da Chapa 3



Corte A - A

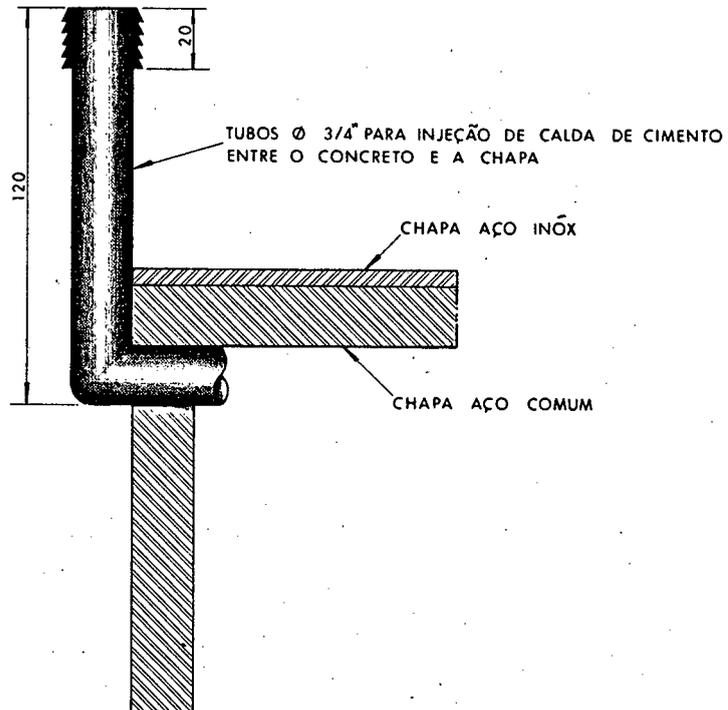
MEDIDAS EM MILÍMETROS



LEGENDA

- ⊕ CHUMBADOR Ø 3/4" DE ANCORAGEM DA CHAPA NO CONCRETO DE ÊNCHIMENTO
- PONTO DE SOLDA DE FIXAÇÃO DAS DUAS CHAPAS.
- TUBO Ø 1/2" PARA INJEÇÃO DE RESINA EPÓXICA ENTRE AS DUAS CHAPAS.
- TUBO Ø 3/4" PARA INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO ENTRE O CIMENTO E A CHAPA.

Planta da Chapa 4



Corte A - A

MEDIDAS EM MILÍMETROS

6.3.2 - Preparo do local de fixação da chapa.

O concreto do local de fixação da chapa foi cortado e preparado convenientemente, de acordo com a sua forma. A profundidade mínima da cavidade para ancoragem dos chumbadores da chapa no concreto foi de 0,30m. Esses rompimentos foram executados fazendo-se uso dos tradicionais equipamentos pneumáticos, tais como: rompedores, martelos, calafates e outros.

Na borda superior da cavidade, foram deixados nichos para permitir o lançamento de concreto depois da chapa montada.



Local preparado, notando-se os nichos na parte superior da cavidade para posterior colocação das tremonhas para o lançamento de concreto sob a chapa.

Os chumbadores tipo "rabo-de-andorinha" foram fixados no paramento com 40cm de profundidade, utilizando-se nata de cimento.

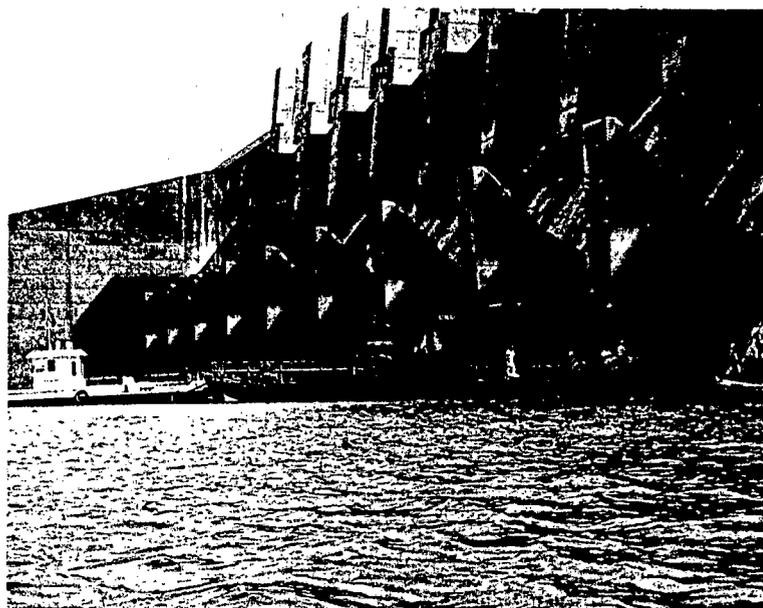
Os vergalhões utilizados para esse fim foram do tipo CA-50 com \varnothing 3/4", espaçados a cada 0,40m.

6.3.3 - Colocação da chapa.

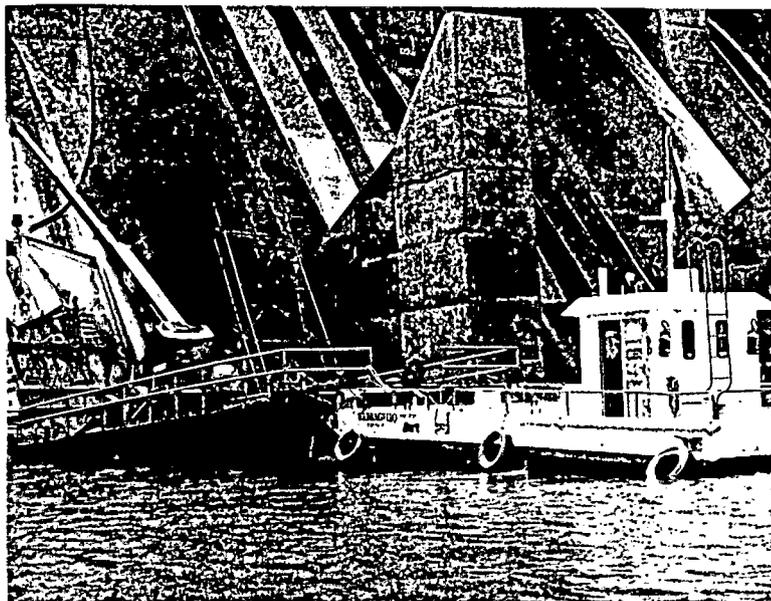
Para as operações de transporte no leito do rio utilizou-se um rebocador, uma barcaça e um Guindaste Galion.

A barcaça encostou de frente para o paramento e foi atracada com cabos de aço. O Guindaste Galion içou as peças e as levou para seus lugares uma de cada vez, de conformidade com o andamento da montagem e ancoragem dessas.

Feito o lançamento de todas as chapas, esses equipamentos foram dispensados, ficando somente os andaimes flutuantes e as pranchas colocadas sobre a chapa, que serviram de apoio para o pessoal de solda e lançamento do concreto sob a chapa. Terminados os serviços de soldagem, prosseguiu-se com os de forma e concretagem. Ver seqüência de fotos.



Vista da barcaça com guindaste Galion, sendo posicionada no paramento pelo Empurrador Fluvial.



Seqüência da operação.



Içamento da chapa para posicionamento no local do reparo.



Assentamento da chapa.



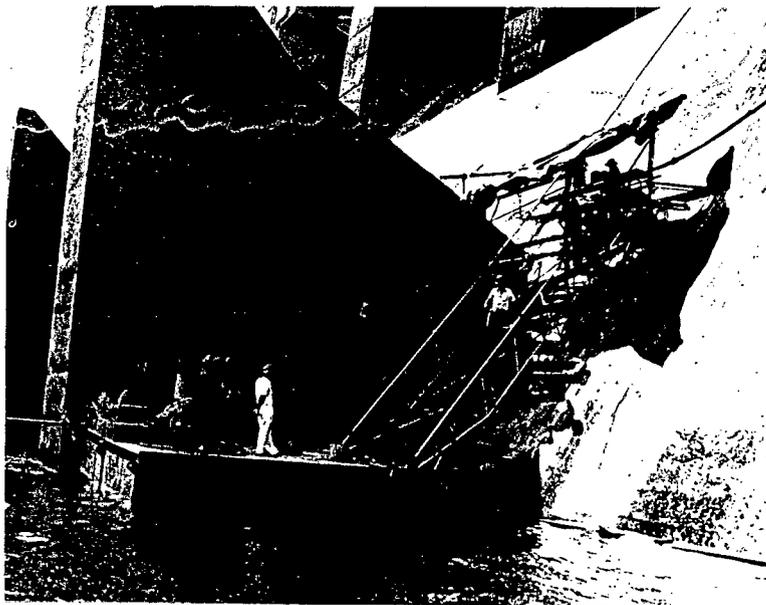
Assentamento da chapa no paramento, acima
do dente dissipador.

6.3.4 - Forma.

As formas foram montadas conforme mostra o desenho típico do item 4.5.1.4, com dispensa dos serviços de pré-montagem lá citados, visto que utilizou-se chumbadores para ancoragem do concreto novo ao velho, ao invés de colagem.

6.3.5 - Concretagem.

A concretagem foi executada utilizando-se os mesmos processos das chapas anteriores, conforme item 4.5.1.5. São que, desta feita, os baldes cheios de concreto transportados da plataforma do andaime flutuante até o local da chapa, foram levados com auxílio de um guincho pneumático (foto abaixo). Terminada a concretagem, prosseguiu-se com os serviços de acabamento e polimento da superfície da chapa.



Elevação dos baldes com o concreto ao local de lançamento através de guincho pneumático e cabo de aço.

6.3.6 - Acabamento e polimento da superfície da chapa.

Concluídos os serviços de concretagem, prosseguiu-se com o polimento da chapa. As soldas foram esmerilhadas e polidas com o uso de equipamentos pneumáticos tais como: esmerilhadeira, lixadeiras e outros.

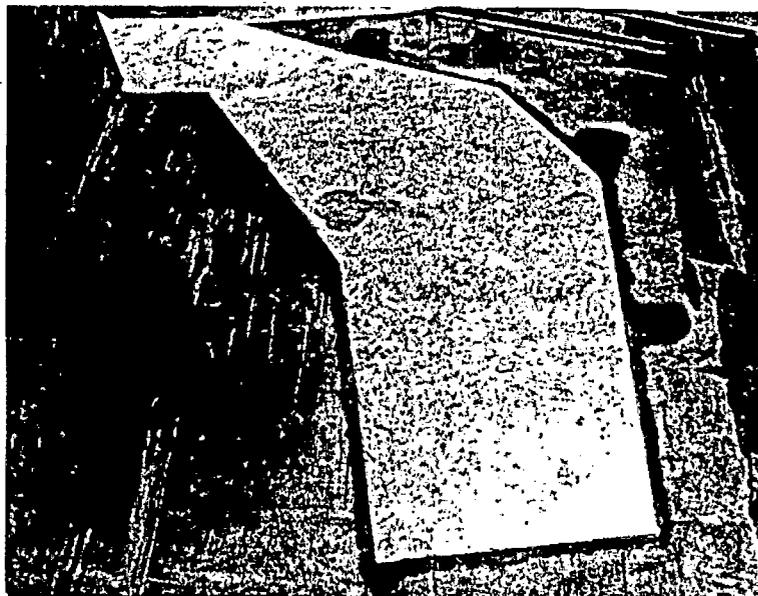
6.3.7 - Acabamento com argamassa epóxica nas laterais da chapa.

Nas laterais da chapa ficou uma ranhura de aproximadamente 5 x 5cm, que foi preenchida com argamassa epóxica, utilizando-se os mesmos processos empregados nos acabamentos das chapas anteriores, conforme item 4.5.1.6.

6.3.8 - Injeção com resina entre as duas chapas.

Através dos canos de 1/2" colocados nas laterais e meio da chapa, foi feita a injeção de resina epóxica entre as chapas. O sistema adotado foi o mesmo empregado na chapa de aço do VS-10, lado esquerdo, item 5.2.1.

Concluídos os serviços de injeção, fez-se a retirada dos canos e procedeu-se ao acabamento nesses locais. O aspecto final é visto nas fotos seguintes, nas condições em que foi liberada para receber escoamento de água.



Aspecto da chapa e reparo concluído.



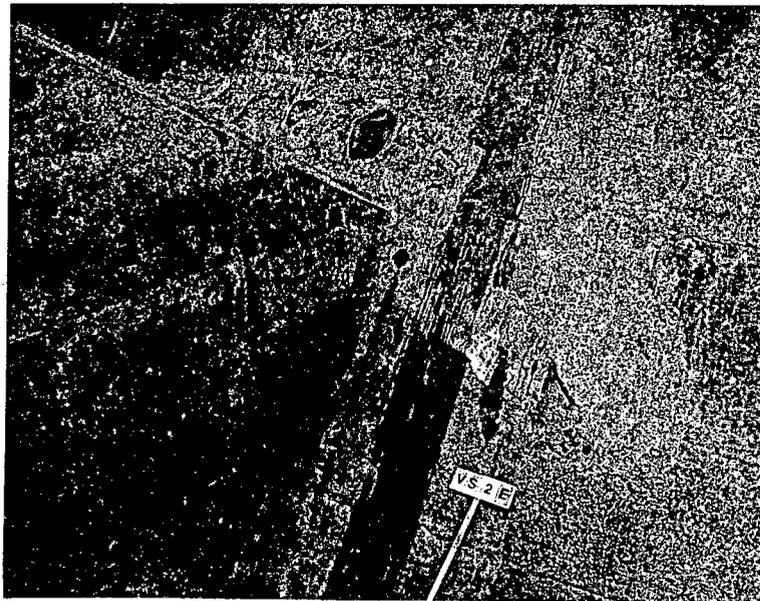
Segmento da chapa acima do dente dissipador já
concluído.

7 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1981.

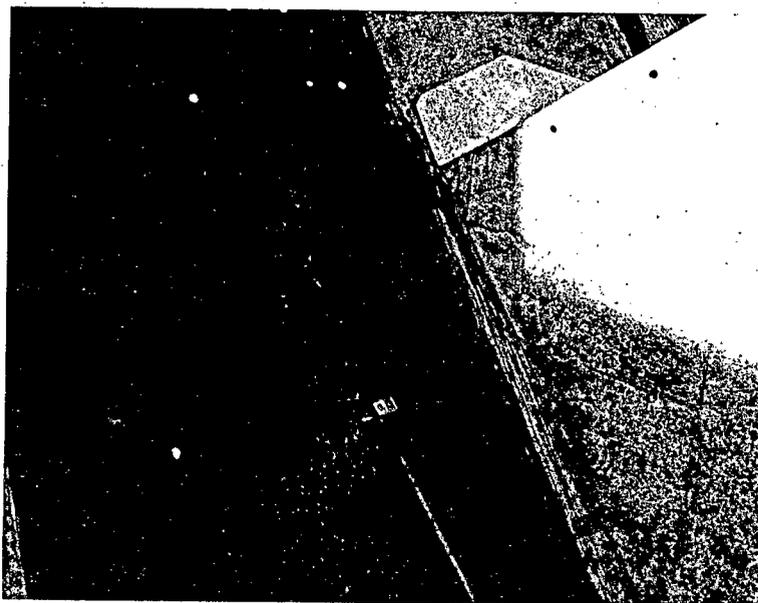
7.1 - OBSERVAÇÕES.

Em 1980/81 as cheias não foram tão intensas, por isso não se constatou cavitações com as mesmas proporções que dos anos anteriores, mesmo nos casos de reparos de manutenção com concreto de enchimento, aplicados nas cavidades maiores, no ano de 1980.

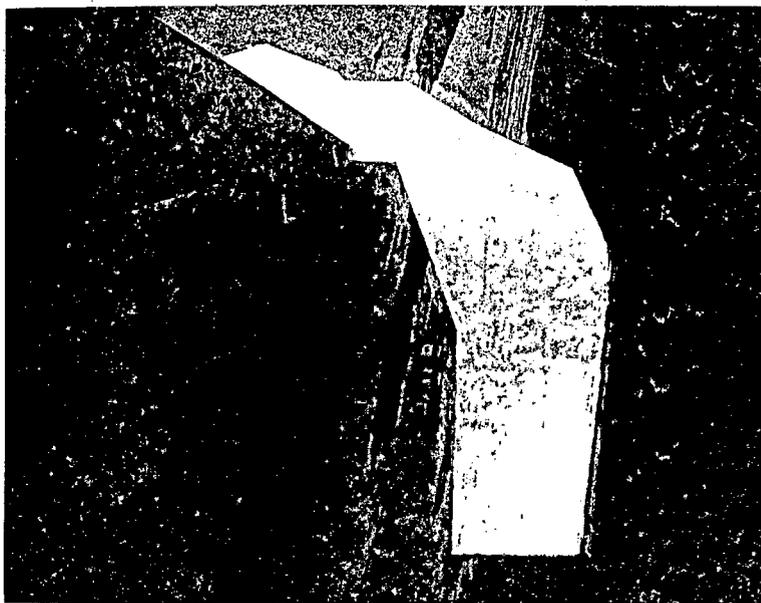
As chapas se mantiveram intactas. Mas o concreto fibroso, colocado abaixo da chapa de aço no VS-12, lado esquerdo, apresentou próximo a esta, certas irregularidades na superfície, caracterizando o início da cavitação. Já a argamassa epóxica fibrosa aplicada no VS-11, lado direito, se manteve intacta. Na parte superior apareceram algumas imperfeições, estando porém fora da área de abrangência da argamassa epóxica fibrosa.



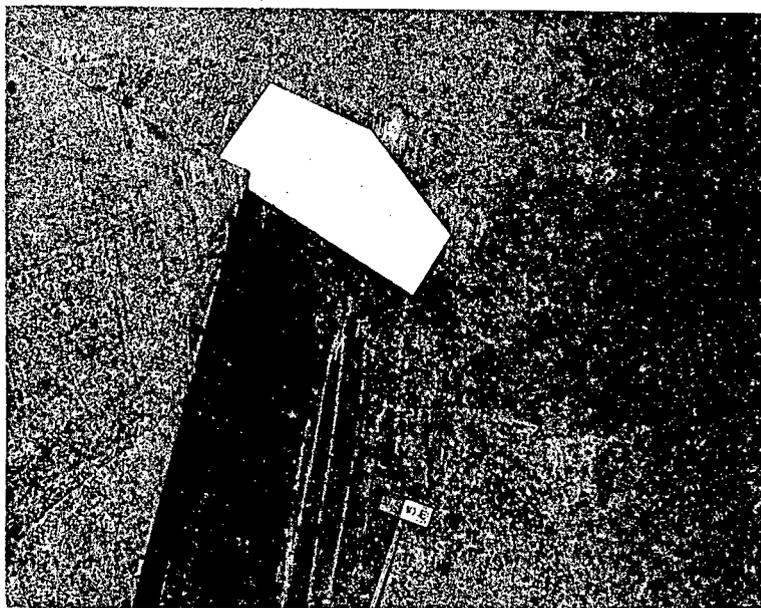
Situação típica dos reparos executados em 1980 com concreto usual, após as cheias de 1980/81.



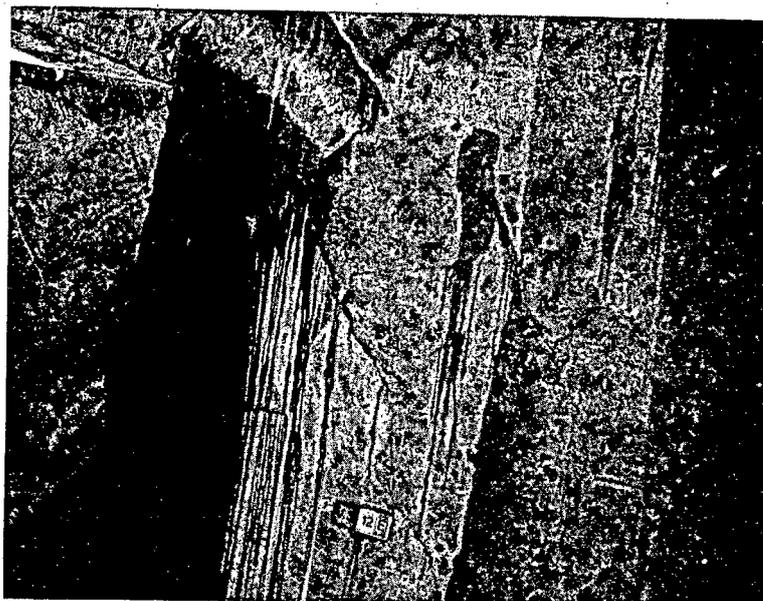
Chapa "sanduíche" do VS 9, lado esquerdo e acima do dente dissipador, mostrando-se em ótimas condições.



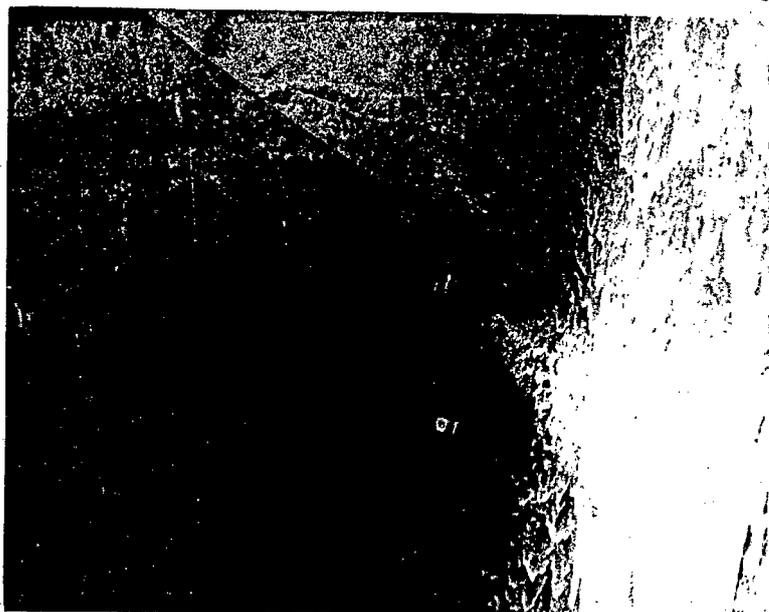
Chapa "sanduíche" do VS 9, colocada no paramento acima do dente dissipador, mostrando-se também em ótimas condições.



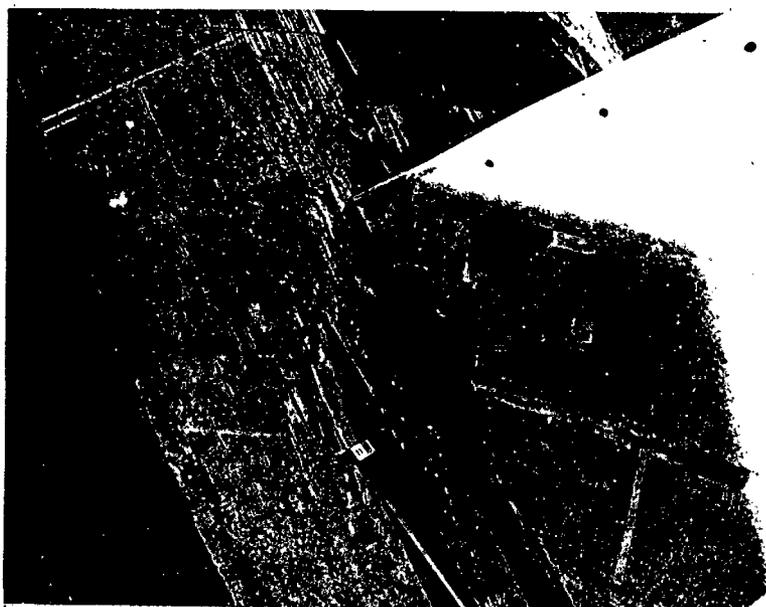
Chapa "sanduíche" do VS 10, intacta, apenas com erosões nas adjacências.



Chapa de aço comum com pintura desgastada e início do processo de erosão por cavitação no concreto fibroso aplicado no ano de 1980.



Chapa de aço comum do VS 15, intacta e início de cavitação do concreto nas imediações.



Reparo executado no VS 11, em 1980, com a argamassa fibrosa apresentando-se em perfeitas condições.

A esta altura, apenas dois tipos de reparos permaneciam ainda como prováveis soluções definitivas para o problema: blindagem de aço e argamassa epóxica com fibras de aço. Esta última, porém, com as cheias pouco intensas desse ano, não havia ainda sido devidamente testada, o que forçou o adiamento das decisões para o ano seguinte, quando se teria maior acervo de observações.

Decidiu-se então não executar nenhum reparo no ano de 1981 (nem mesmo reparo de manutenção com enchimento de concreto, pois os danos haviam sido pequenos). Preocupou-se apenas em desenvolver um projeto de uma chapa de aço definitiva, com área que abrangesse todas as cavitações ocorridas até o momento, o que foi feito superpondo-se num só desenho todas as áreas afetadas em cada dente.

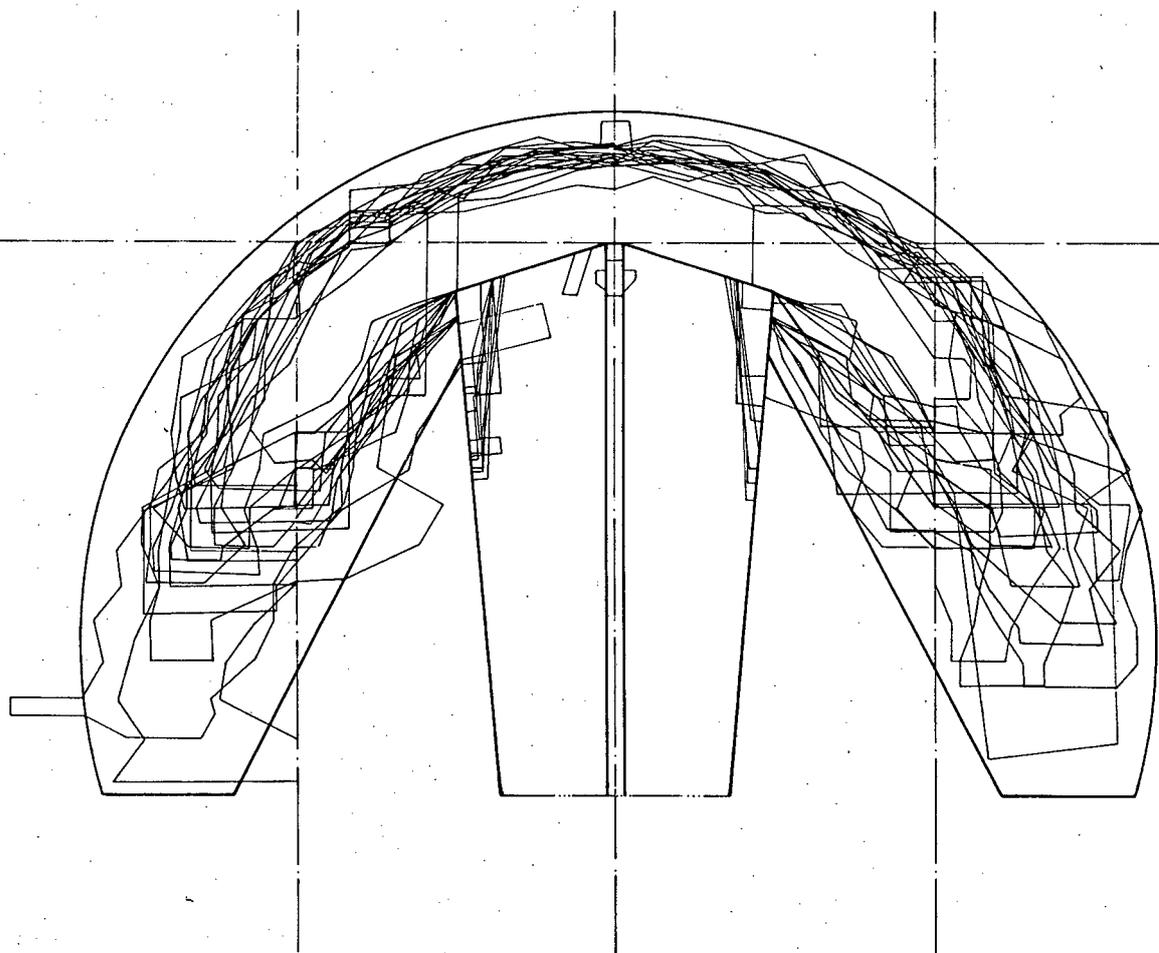
7.2 - PROJETO DA CHAPA DE AÇO.

7.2.1 - Determinação da geometria.

Para determinação da forma e área da chapa de aço foi feito um mapeamento das regiões cavitadas.

Estas foram desenhadas sobrepondo uma à outra, para determinação de uma área de chapa que abrangesse todas as erosões já ocorridas desde o início de funcionamento dos vertedouros.

No item 7.2.4 apresenta-se os mapeamentos por vertedouro, os quais, superpostos, deram origem ao desenho abaixo.



Áreas Cavitadas Superpostas

7.2.2 - Detalhamento do projeto e montagem da chapa.

Definida a forma e a área da chapa, passamos ao seu detalhamento.

O processo adotado para ancoragem da chapa ao concreto velho, visando reduzir ao mínimo o rompimento de concreto, e conseqüentemente a eliminação da concretagem do vazio formado, sofreria algumas mudanças em relação às chapas anteriores. Assim, o rompimento do concreto na área da chapa teria apenas cinco centímetros de profundidade, sendo dois centímetros e meio a ser ocupado pela espessura da chapa e o restante pela nata de cimento aplicada por meio de injeção. Eventuais regiões com erosões profundas (> 5cm) seriam preenchidas com concreto antes da montagem da chapa (nesses locais não haveria rompimento).

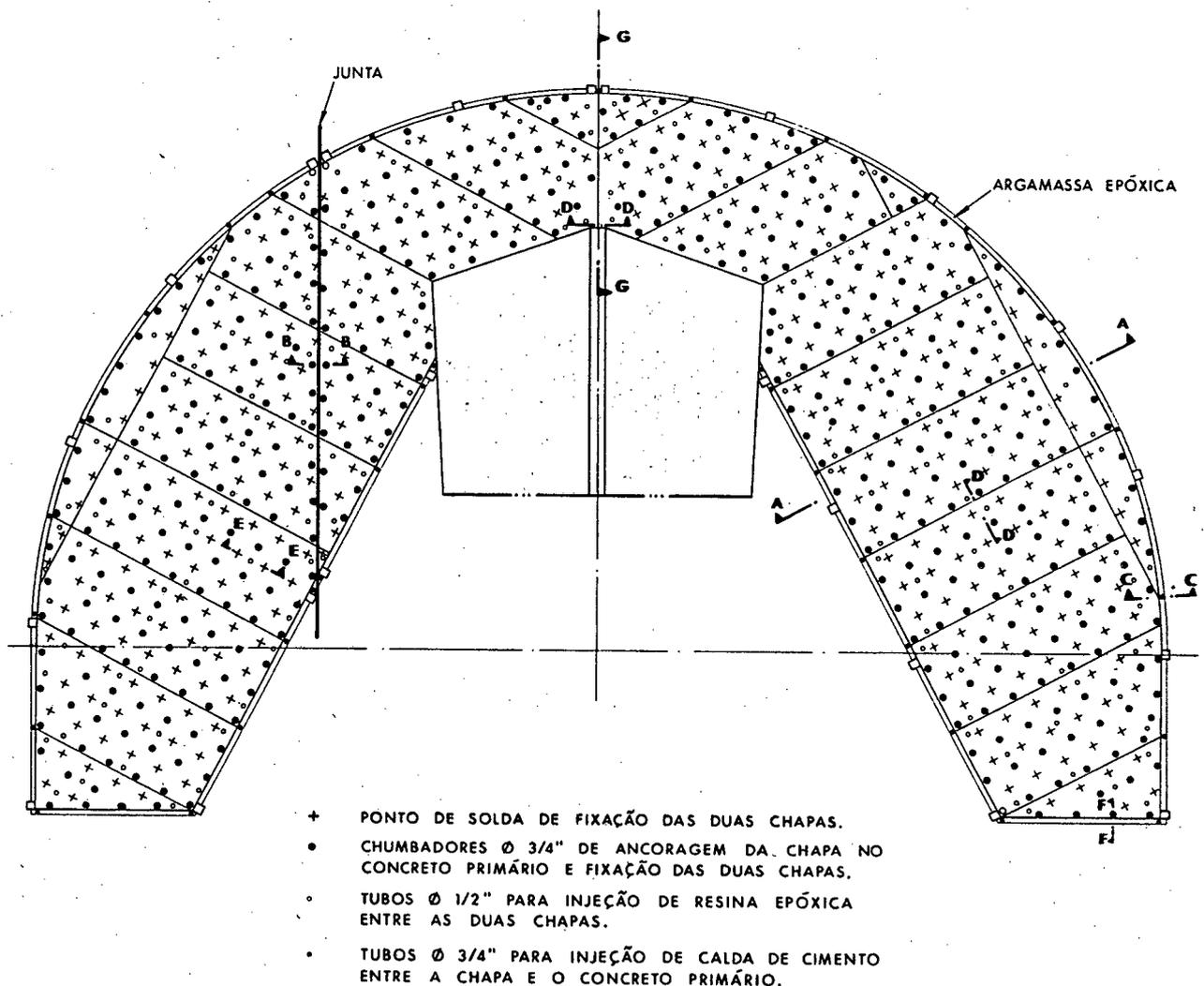
Para a montagem da chapa seria adotado o seguinte esquema:

- 1º) Perfuração da chapa de aço comum.
- 2º) Montagem da chapa de aço comum no local.
- 3º) Perfuração do concreto do maciço com a utilização de perfuratrizes pneumáticas, através dos furos deixados na chapa;
- 4º) Colocação da nata de cimento no interior dos furos executados no maciço;
- 5º) Introdução imediata dos chumbadores tipo "rabo-de-andorinha" no interior desses furos cheios de nata;
- 6º) Cravação dos chumbadores através de batidas de marreta e/ou equipamentos pneumáticos acoplados à cabeça dos chumbadores;
- 7º) Lavagem da superfície do concreto sob a chapa antes do endurecimento da nata de cimento extravazada dos furos;
- 8º) Corte das pontas dos chumbadores rente à chapa, de maneira a possibilitar os serviços de soldagem com a chapa;

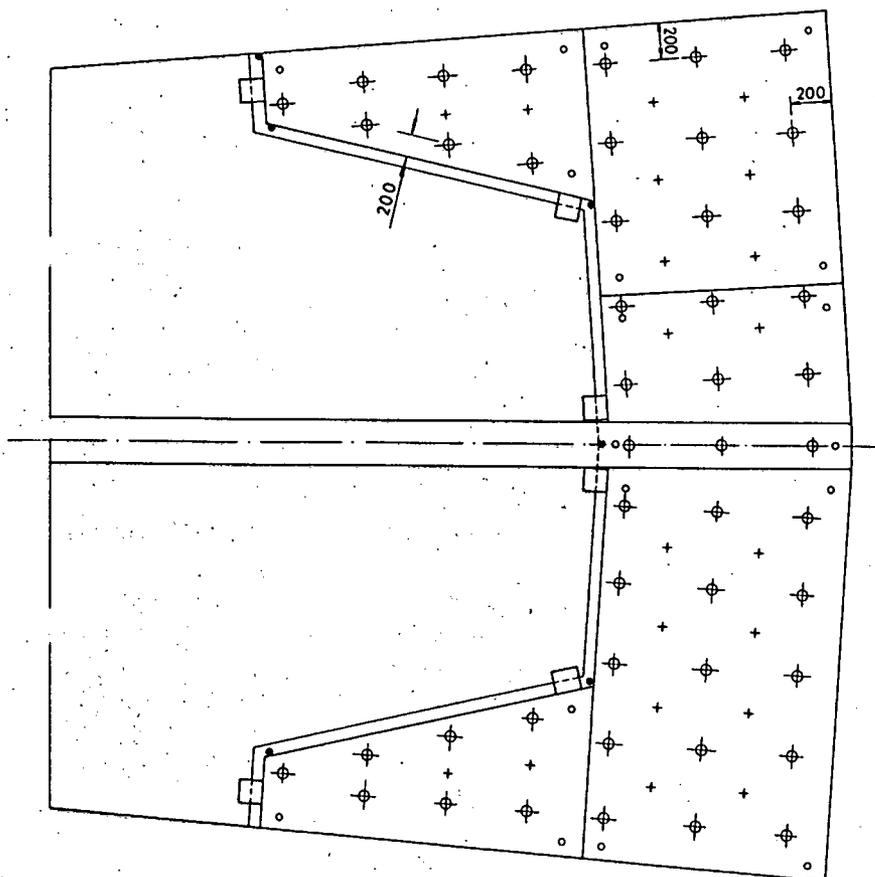
- 90) Soldagem e acabamento das pontas de solda dos chumbadores à chapa;
- 100) Colocação da chapa inóx e sua soldagem na chapa de aço comum;
- 110) Limpeza de superfície e aplicação da argamassa epóxica nas laterais da chapa;
- 120) Injeção de nata de cimento sob a chapa.

A chapa seria idealizada do tipo "sanduíche", ou seja, união de uma chapa de aço comum com uma chapa de aço inóx, e aplicação de resina epóxica entre ambas.

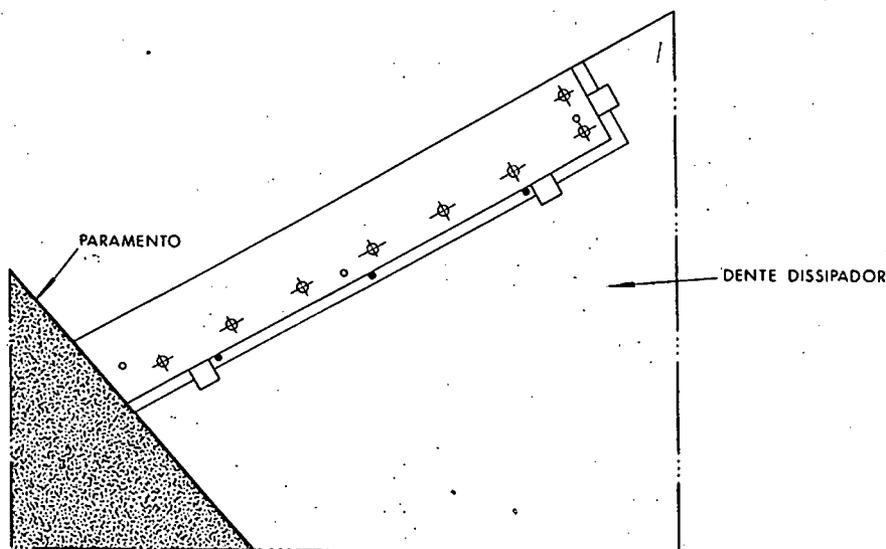
A argamassa epóxica a ser utilizada seria com a resina Sikadur 43, e para injeção entre as chapas seria utilizada a resina Sikadur 52.



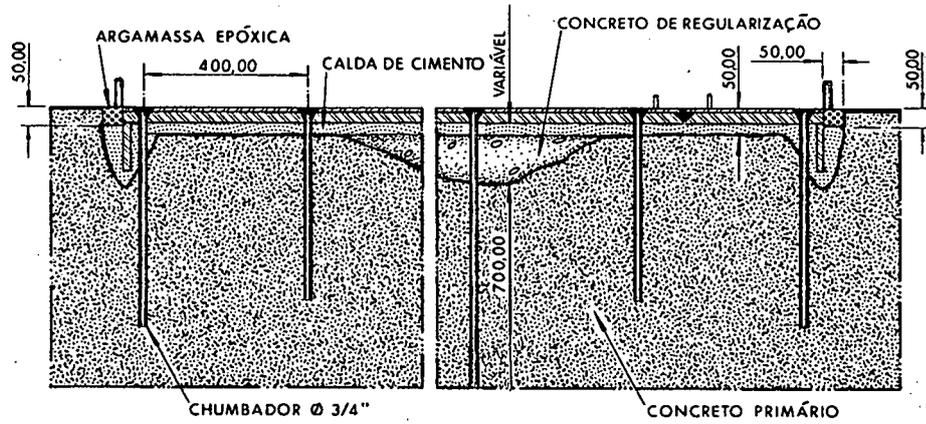
Localção das Furações da Chapa no Paramento



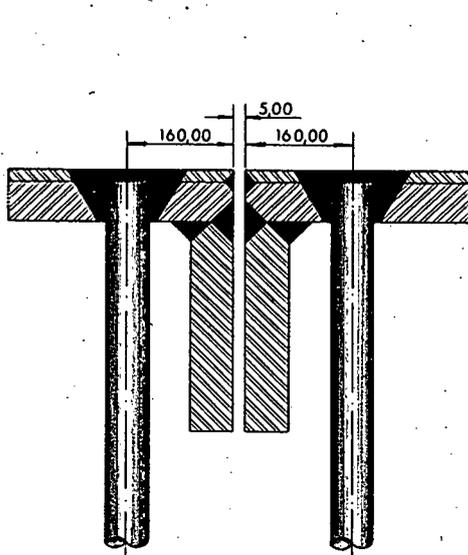
Planta do Dorso do Dente Dissipador



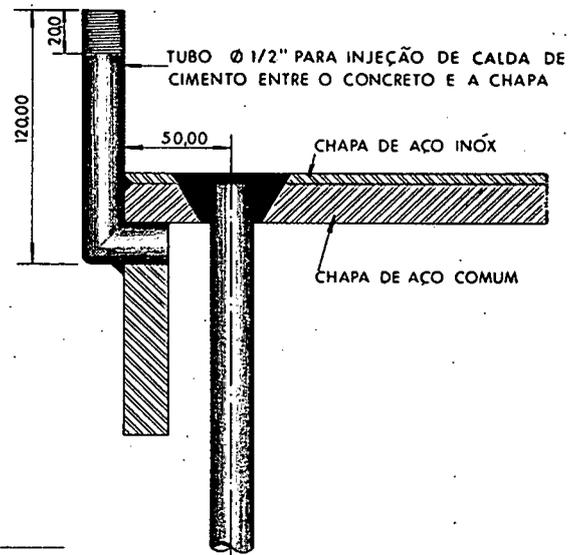
Vista Lateral do Dente Dissipador



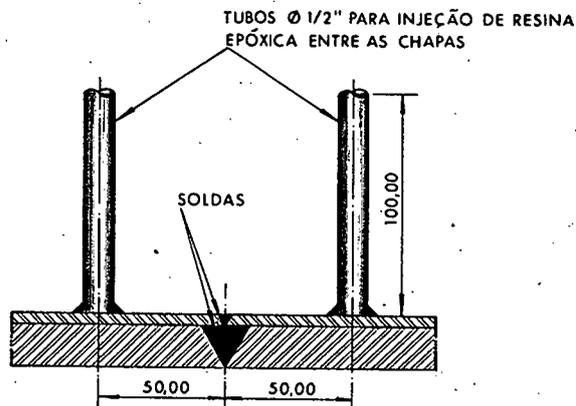
Corte A - A



Corte B - B

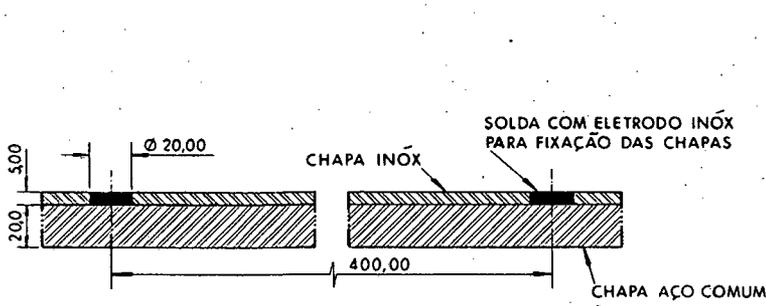


Corte C - C

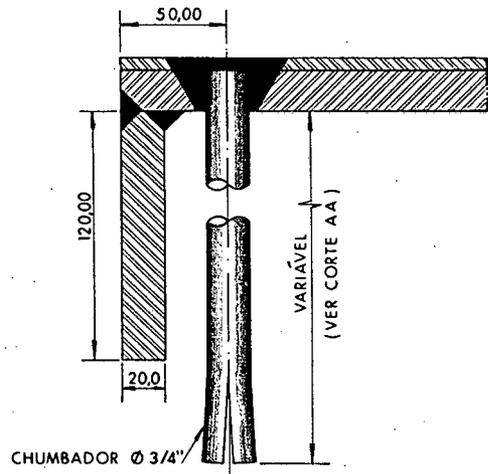


Corte D - D

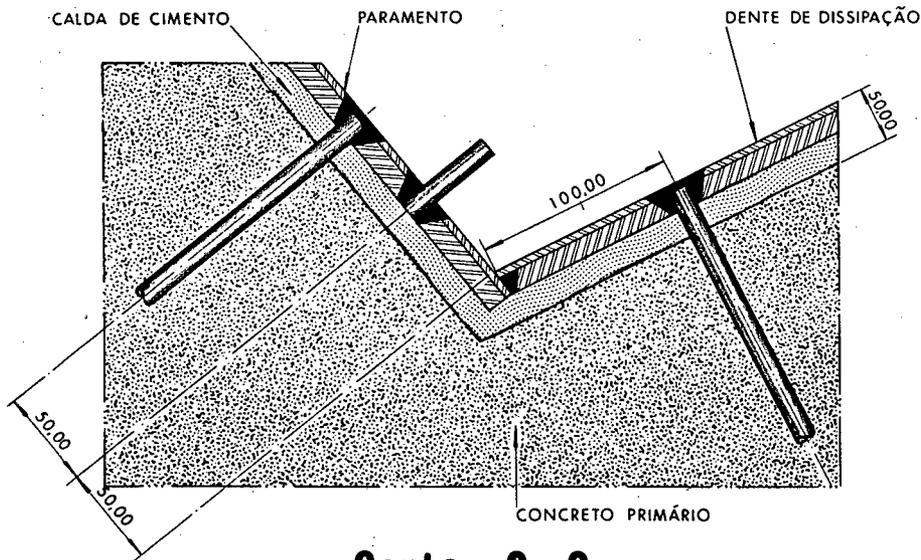
OBS: medidas em mm



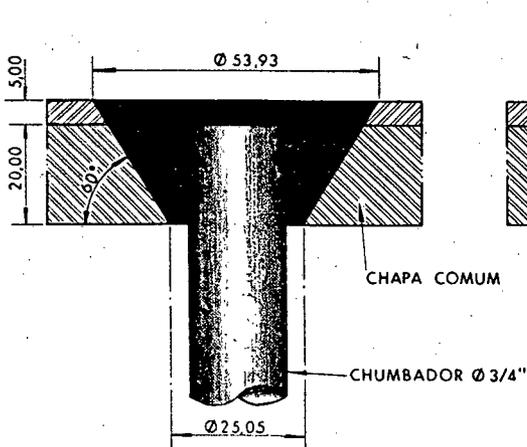
Corte E - E



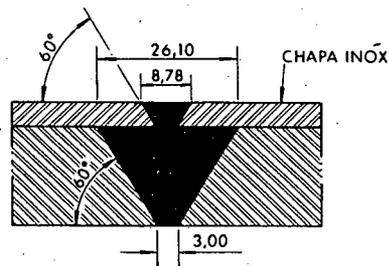
Corte F - F



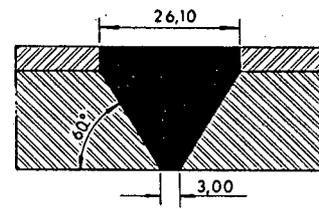
Corte G - G



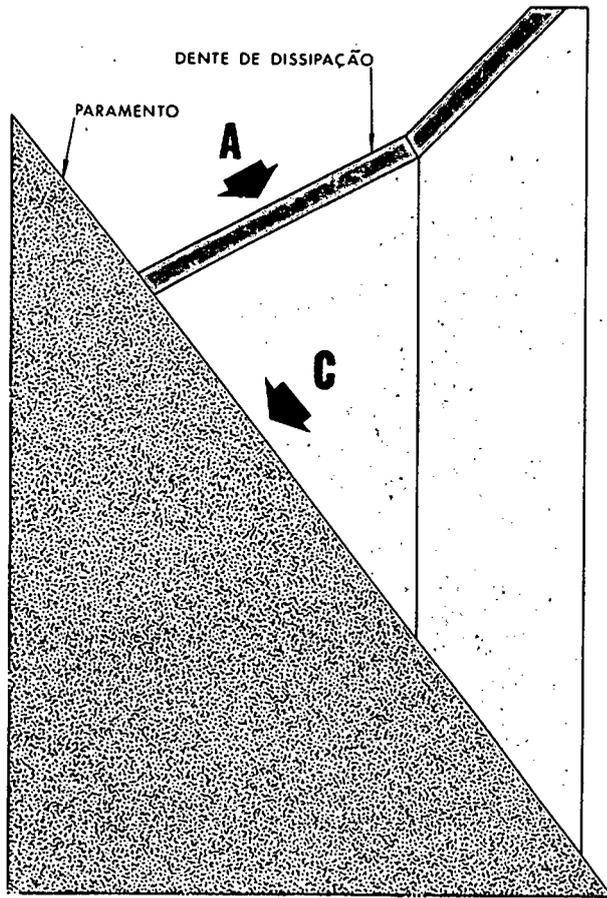
Detalhe L



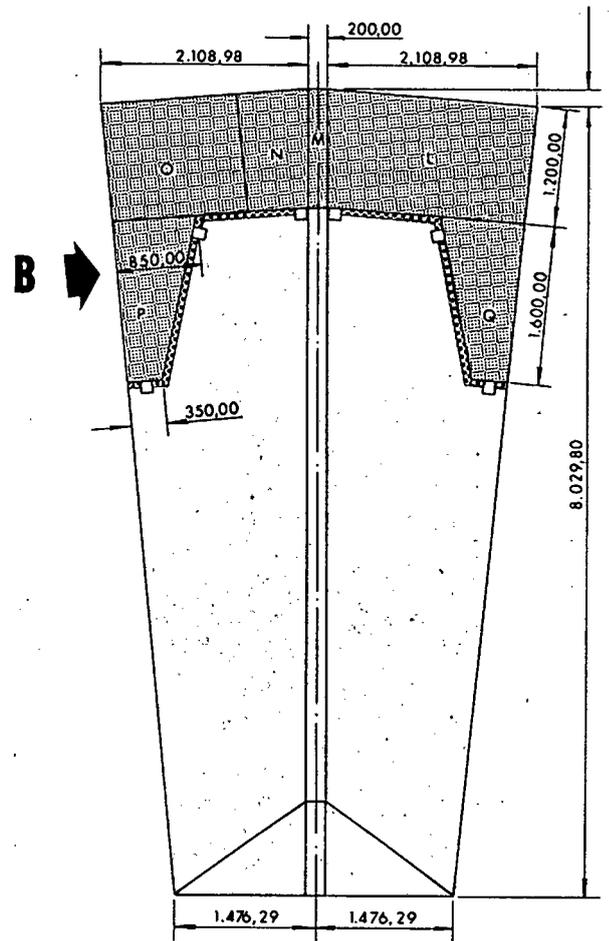
Detalhe M



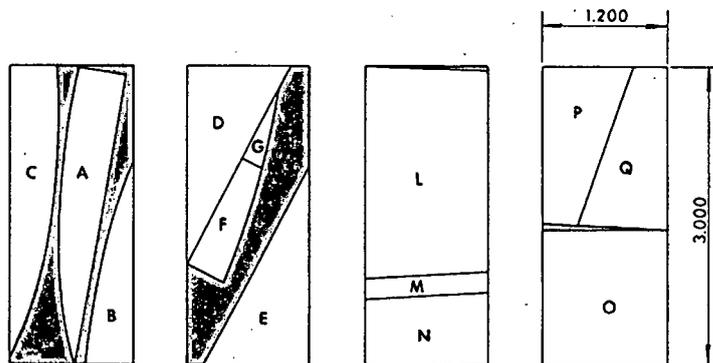
OBS: medidas em mm



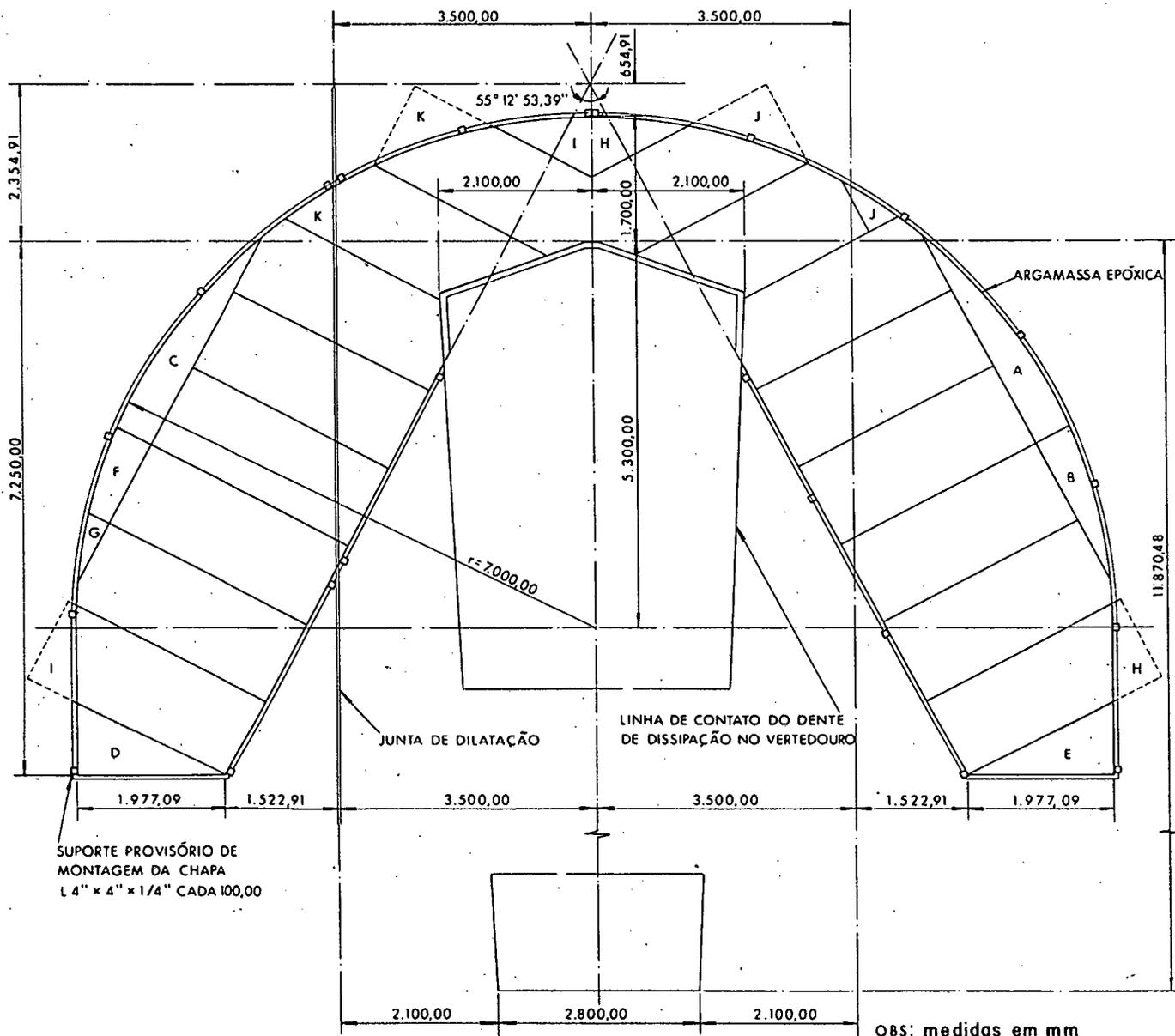
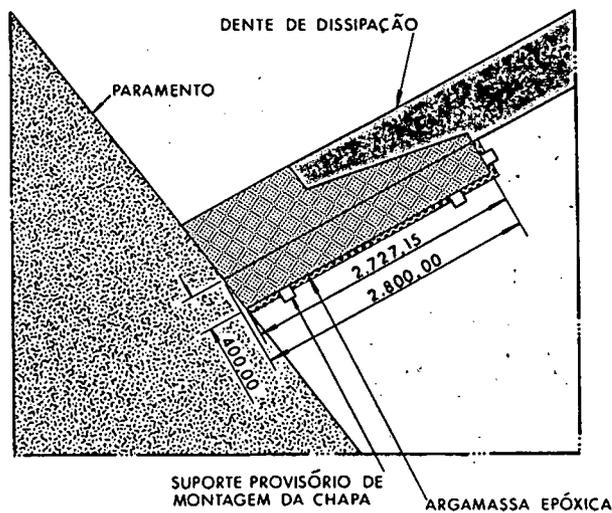
Corte Típico do VS



Vista A



Aproveitamento das Chapas



Vista C

7.2.3 - Relação de materiais.

Apresenta-se abaixo a relação de materiais necessários à execução desse projeto, como também a relação para a blindagem com aço comum, para um vão.

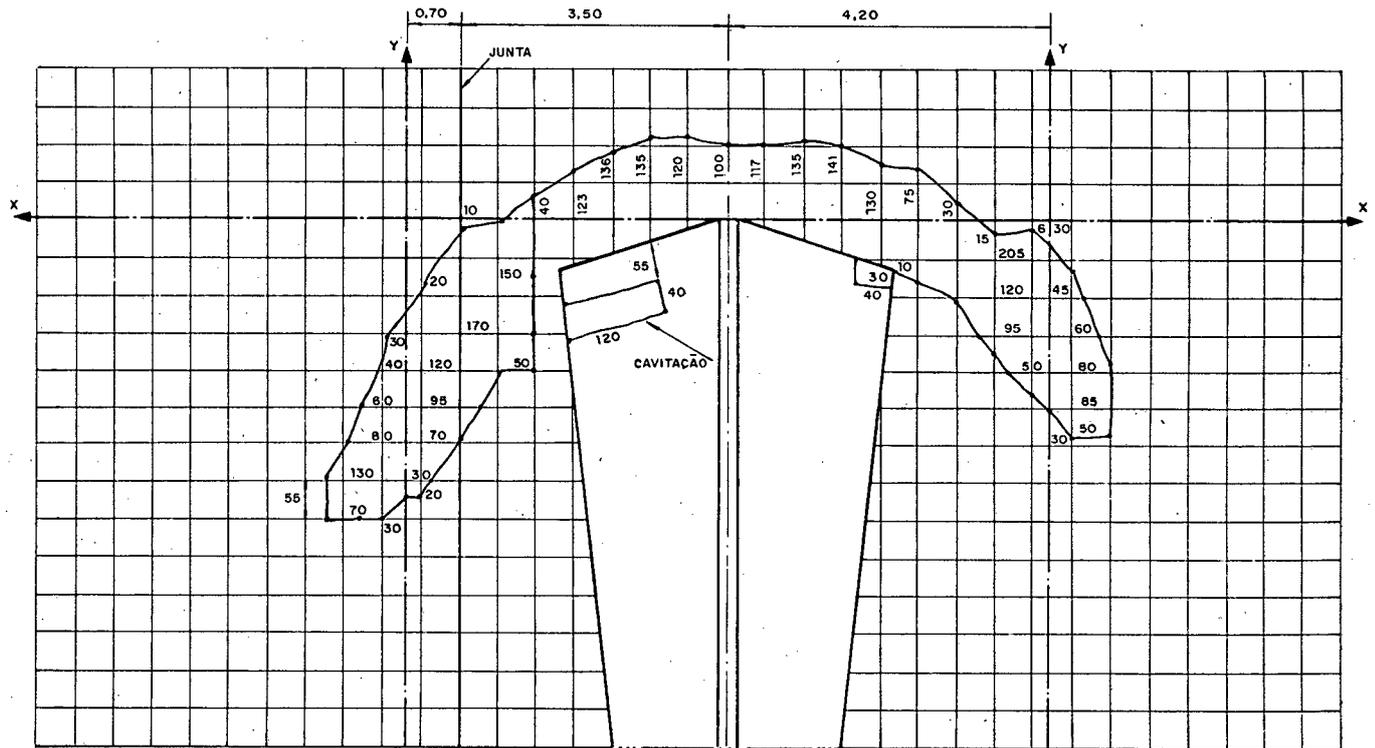
DISCRIMINAÇÃO DE MATERIAIS	UNIDADE	QUANTIDADE PARA CHAPAS	
		"SANDUÍCHE"	AÇO COMUM
Arruela lisa de 5/16"	un.	92	92
Arruela de pressão 5/16"	un.	20	20
Avental de couro	un.	06	06
Arame de aço mole	kg	25	25
Álcool	ℓ	36	24
Anel de borracha para engate rápido	un.	150	150
Adaptador PVC Ø 1 1/2" LR	un.	02	02
Acetileno	kg	10	10
Arame de aço galvanizado nº 12	kg	10	10
Barra conduíte Ø 1/2"	m	20	20
Barra chata 3/4" x 4" x 6,00m aço SAE 1010/1020	kg	1.830	1.830
Barra de aço carbono 3/4" SAE 1010/1020	kg	500	500
Barra de ferro Ø 1" - CA 50	kg	2.000	2.000
Barra de ferro chato 1" x 1/4"	kg	147	147
Barra de ferro chato 1" x 3/16"	kg	30	30
Broca com ponta de vídia nº 700 - 1729	un.	05	05
Broca com ponta de vídia para perfuratriz pneumática, Atlas Copco, modelo DKR - 22	un.	05	05
Broca com ponta de vídia para perfuratriz pneumática, Atlas Copco, modelo DKR - 22, tipo Sedam/Wasp	un.	05	05
Broca de aço 7/8" comprimento 80cm, sextavado com ponta de vídia Ø 34mm	un.	07	07
Broca de aço 3/4" comprimento 80cm, sextavado com ponta de vídia Ø 28mm	un.	02	02
Barra de ferro chato 1 1/4" x 1/4"	kg	25	25
Barra de tubo galvanizado Ø 1"	m	20	20
Barra de tubo galvanizado Ø 3/4"	m	20	20
Barra de tubo galvanizado Ø 1/2"	m	30	30
Barra laminada de aço Ø 1 1/4"	kg	100	100
Cabo flexível 3 x 12 AWG	m	50	50
Cabo de aço de 1/4"	m	30	30
Chave faca blindada tipo K - 634/200A	un.	01	01

DISCRIMINAÇÃO DE MATERIAIS	UNIDADE	QUANTIDADE PARA CHAPAS	
		"SANDUÍCHE"	AÇO COMUM
Chave faca trifásica com base para fusível	un.	01	01
Cabo flexível 2 x 14 ou 2 x 12 AWG	m	20	20
Cabo de aço de \varnothing 3/8"	m	54	54
Chapa de aço inóx 3/16" de 1,20 x 3,00m	un.	22	-
Chapa de aço comum 3/4" de 1,20 x 6,00m	kg	1.400	-
Chapa de aço comum 1" de 1,20 x 6,00m	kg	-	17.500
Cimento CP 320	kg	8.000	8.000
Cilindro de oxigênio	m ³	10	10
Cabo de aço \varnothing 5/8"	m	54	54
Caixa de fuzimek 1/2"	un.	01	01
Cabo de 4 x 8 AWG	m	100	100
Cabo de 4 x 4 AWG	m	41	41
Cabo de cobre extra flex para máquina de soldar 3/0 AWG	m	500	500
Cabo de cobre isolado 3 x 1/0 AWG	m	170	170
Cabo flexível 2 x 14 AWG	m	30	30
Corda de sisal 5/8"	kg	10	10
Disco de nylom 9 x 1/8" com furo de 7/8" para corte de concreto	un.	100	100
Disco de desbaste 180 BDA	un.	25	25
Engate rápido \varnothing 3/4" simples	un.	50	50
Enxada nº 2	un.	02	02
Escova de aço 2x 8cm	un.	10	10
Eletrodo de aço comum \varnothing 4mm OK 48,04 T	kg	400	400
Eletrodo de aço inóx \varnothing 1/8" referência All/States 309 MO	kg	150	-
Engate rápido \varnothing 1/2" simples	un.	12	12
Engate rápido \varnothing 1" com extensão	un.	65	65
Engate rápido com rosca externa de \varnothing 1"	un.	40	40
Engate rápido com rosca interna de \varnothing 1"	un.	15	15
Fita isolante para alta tensão	rl	03	03
Fusível tipo M-H retard 80A	un.	02	02
Fita isolante	rl	14	14
Friazinc R	kg	-	175

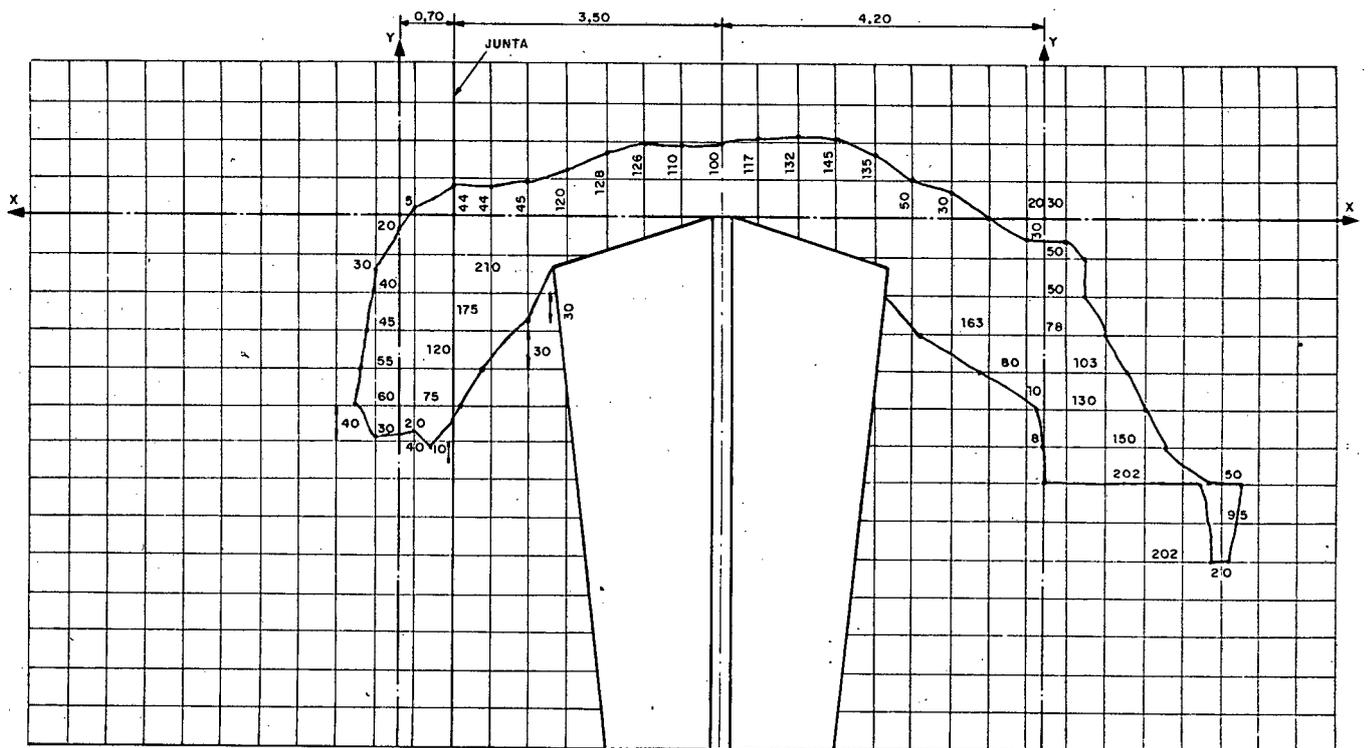
DISCRIMINAÇÃO DE MATERIAIS	UNIDADE	QUANTIDADE PARA CHAPAS	
		"SANDUÍCHE"	AÇO COMUM
Inertol poxitar	kg	-	140
Lâmpada incandescente 500W/240V - R=40	un.	09	09
Lonas 6/8	un.	02	02
Luvras de raspa	pr	20	20
Lona plástica preta 100m	rl	01	01
Lâmpada incandescente 1000W/240V - R=40	un.	04	04
Luva de couro para soldador	pr	10	10
Mangueira para acetileno	m	20	20
Manômetro de 0 a 7 kg	un.	01	01
Marreta de 3 kg	un.	01	01
Marreta de 7kg	un.	01	01
Mangote para ar comprimido Ø 1 1/2"	m	600	600
Mangueira plástica transparente Ø 3/4" parede 3mm	m	100	100
Mangueria plástica transparente Ø 1" parede 3mm	ml	40	40
Massa durepox em tablete	kg	10	10
Mangueira plástica preta de polietileno Ø 1 1/2" parede 5mm	m	100	-
Óculos de proteção	un.	12	12
Pano para limpeza	kg	20	20
Plug com isolamento de borracha 4 polos 30A	un.	01	01
Parafuso de aço galvanizado 5/16" x 3	un.	20	20
Plug blindado de 4 polos 100A	un.	02	02
Parafuso de aço galvanizado sextavado de 5/16" x 4"	un.	36	36
Porca de 5/16"	un.	36	36
Pã de bico nº 03	un.	02	02
Ponteiro para rompedor pneumático Gardner/Denver, tipo B - 87 Bl - B	un.	12	12
Ponteiro para rompedor pneumático Atlas Copco tipo Tex 30-modelo ECH 45	un.	12	12
Ponteiro para rompedor pneumático Brobrás tipo MQ 1 SR	un.	12	12
Ponteiro para rompedor pneumático Atlas Copco modelo KV 638	un.	12	12
Ponteiro para rebarbador pneumático Brobrás tipo MCP 1 SR	un.	12	12
Ponteiro pneumático, Atlas Copco modelo Tex 10	un.	12	12

DISCRIMINAÇÃO DE MATERIAIS	UNIDADE	QUANTIDADE PARA CHAPAS	
		"SANDUÍCHE"	AÇO COMUM
Plastiment BV 40	kg	220	220
Prego de 17 x 21	kg	8.000	8.000
Prego de 18 x 24	kg	05	05
Prego de 28 x 48	kg	05	05
Parafuso cabeça redonda de 1/4" x 1 1/2"	un.	20	20
Porca sextavada de 1/4"	un.	20	20
Palha de aço	kg	04	04
Parafuso de 1/4" x 2 1/2"	un.	200	200
Porca de 1/4"	un.	200	200
Plug peterco 500V/100A de 4 polos	un.	04	04
Pasta para solda	lt	01	01
Querosene	l	20	20
Registro esfera Ø 1"	un.	04	04
Regitro de gaveta 1 1/2"	un.	01	01
Refletor esmaltado tipo TSO	un.	03	03
Rompedores pneumáticos Atlas Copco, tipo Tex 10	un.	04	04
Rompedores pneumáticos Atlas Copco, tipo Tex 30	un.	04	04
Soquete para lâmpada R= 40	un.	05	05
Sacos plásticos transparentes 29 x 46cm	un.	100	100
Sikadur 43	kg	90	90
Sikadur 52	kg	230	-
Sika 2	kg	40	40
Soquete para lâmpada RE= 40	un.	01	01
Serra de aço rápido	un.	06	06
Terminal estanhado	un.	06	06
Trincha de 2"	un.	10	10
Terminal de aperto de bico para cabo 6 AWG	un.	15	15
Terminal de aperto de bico para cabo 4 AWG	un.	15	15
Terminal de aperto de bico para cabo 4/0 AWG	un.	22	22
Terminal estanhado de aperto de bico para 4 AWG	un.	06	06
Trilhos de sucata	kg	800	800
Thinner 2800	lt	04	04

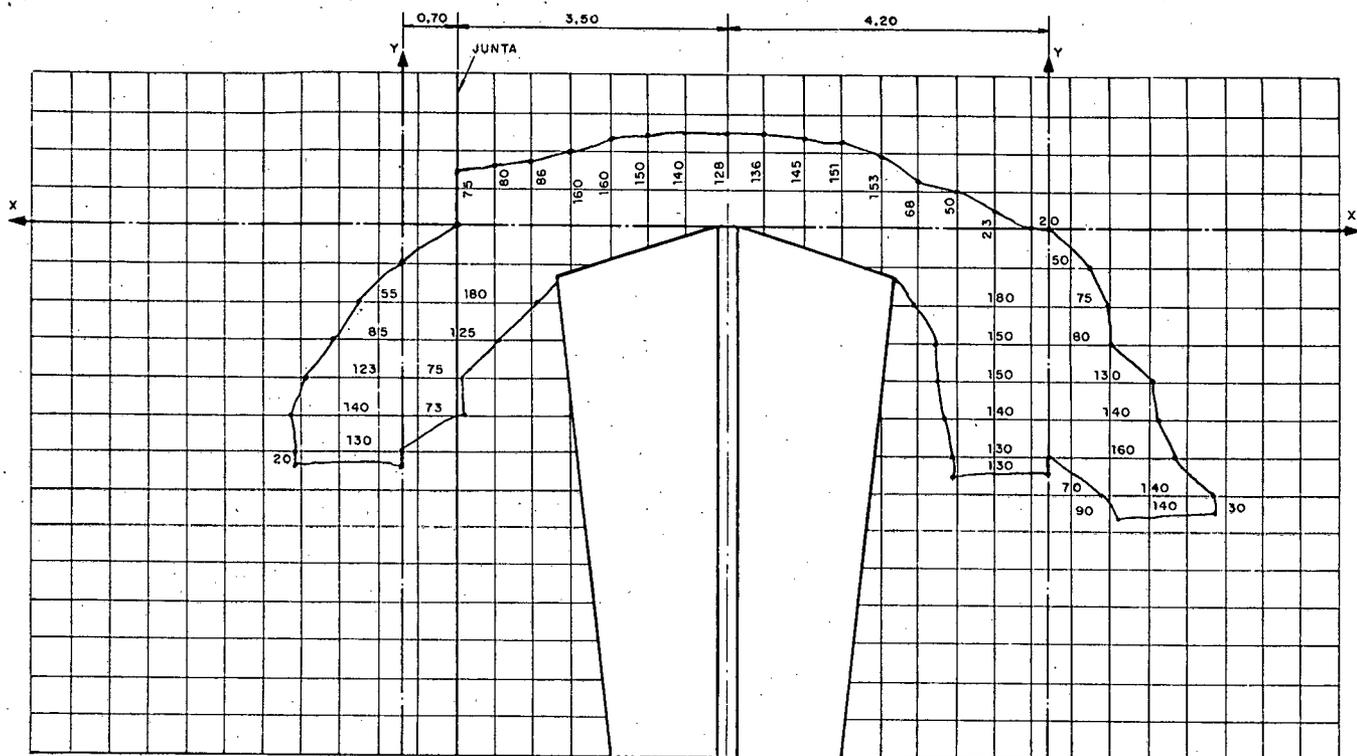
7.2.4 - Mapeamento dos efeitos da cavitação dos vertedouros



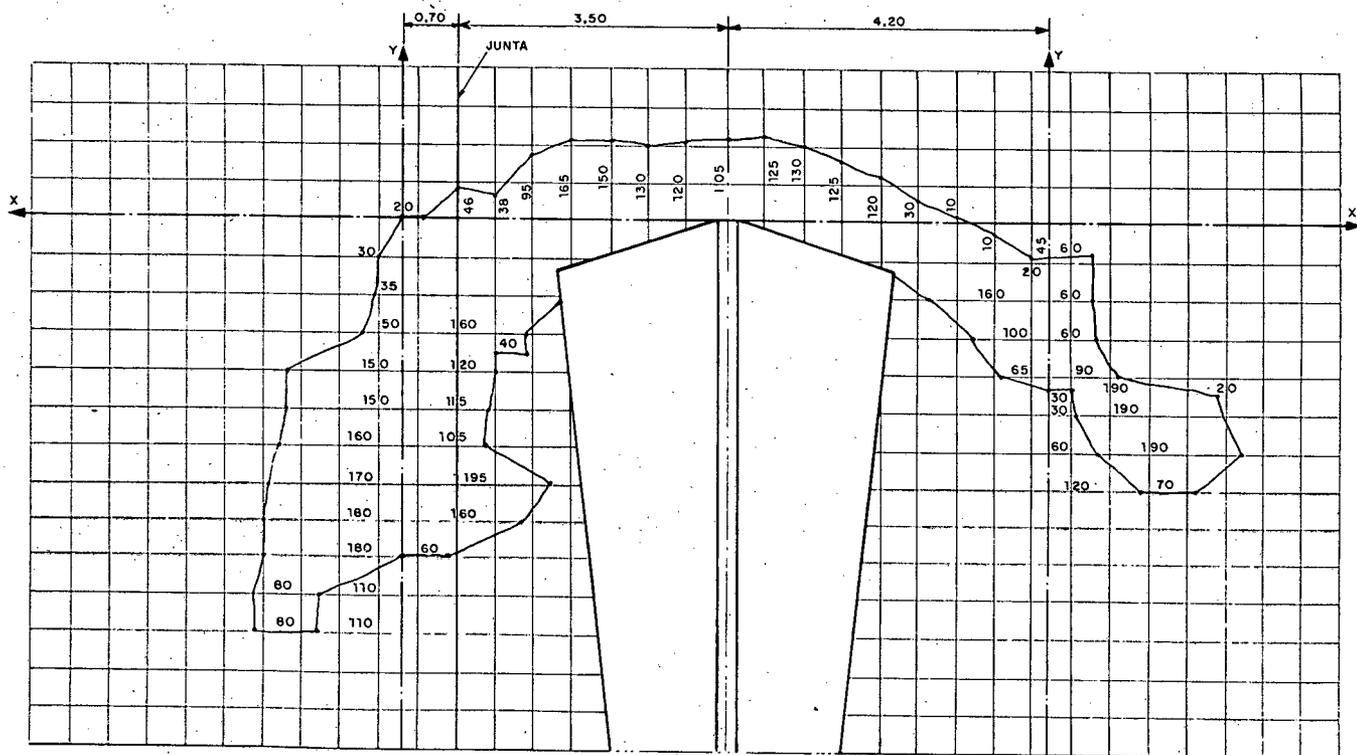
VS1



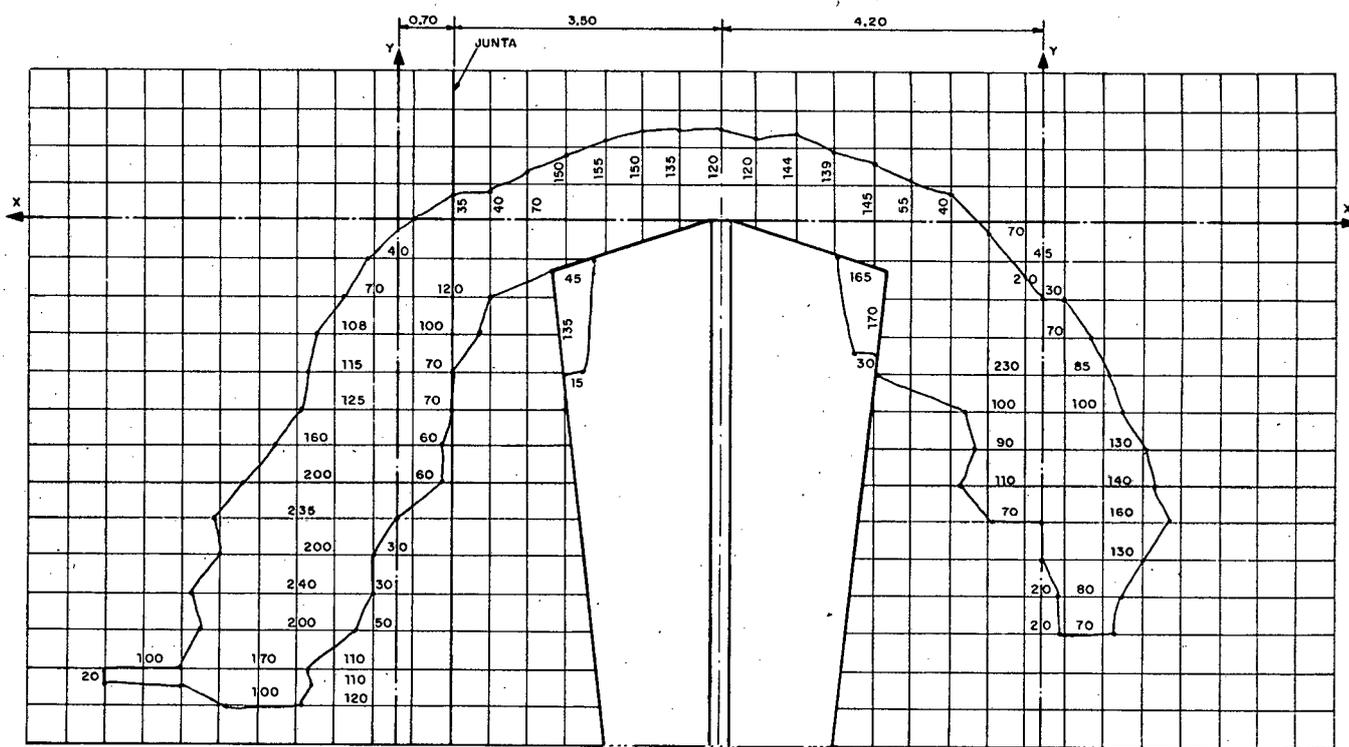
VS2



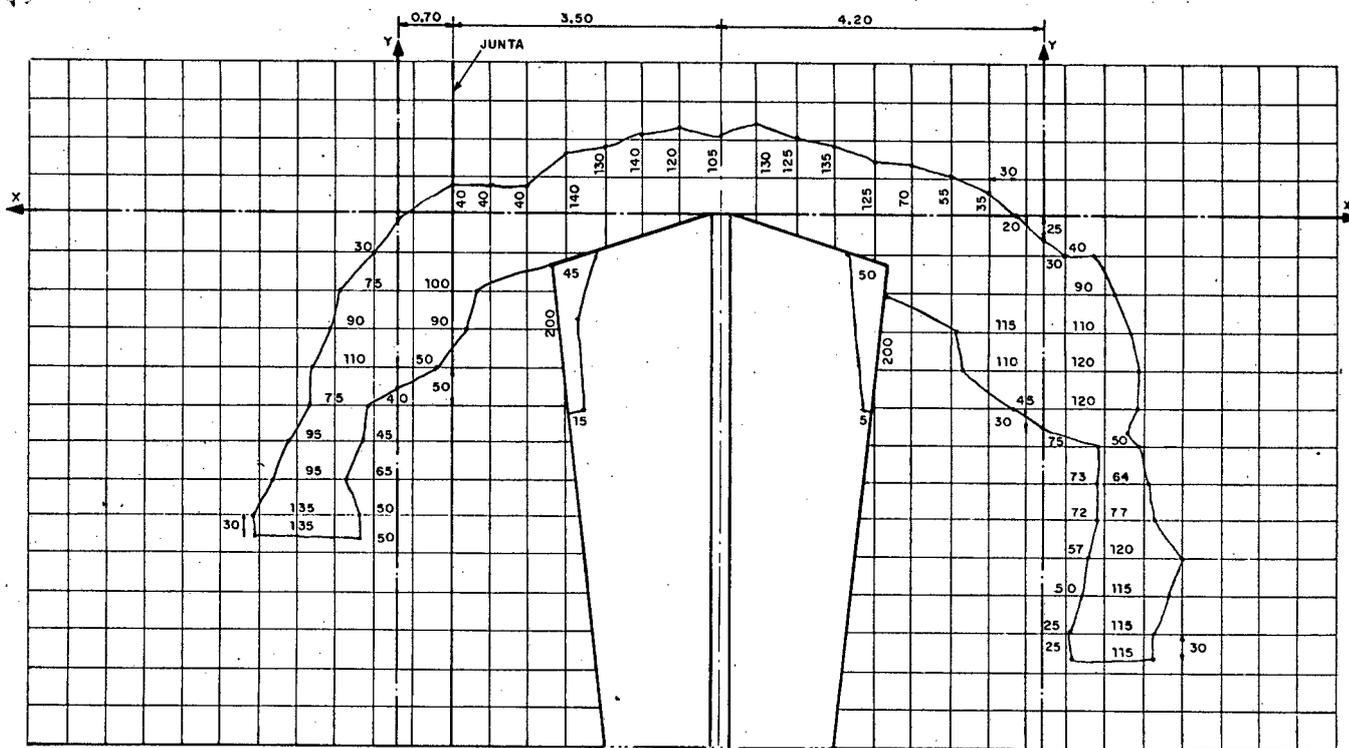
VS3



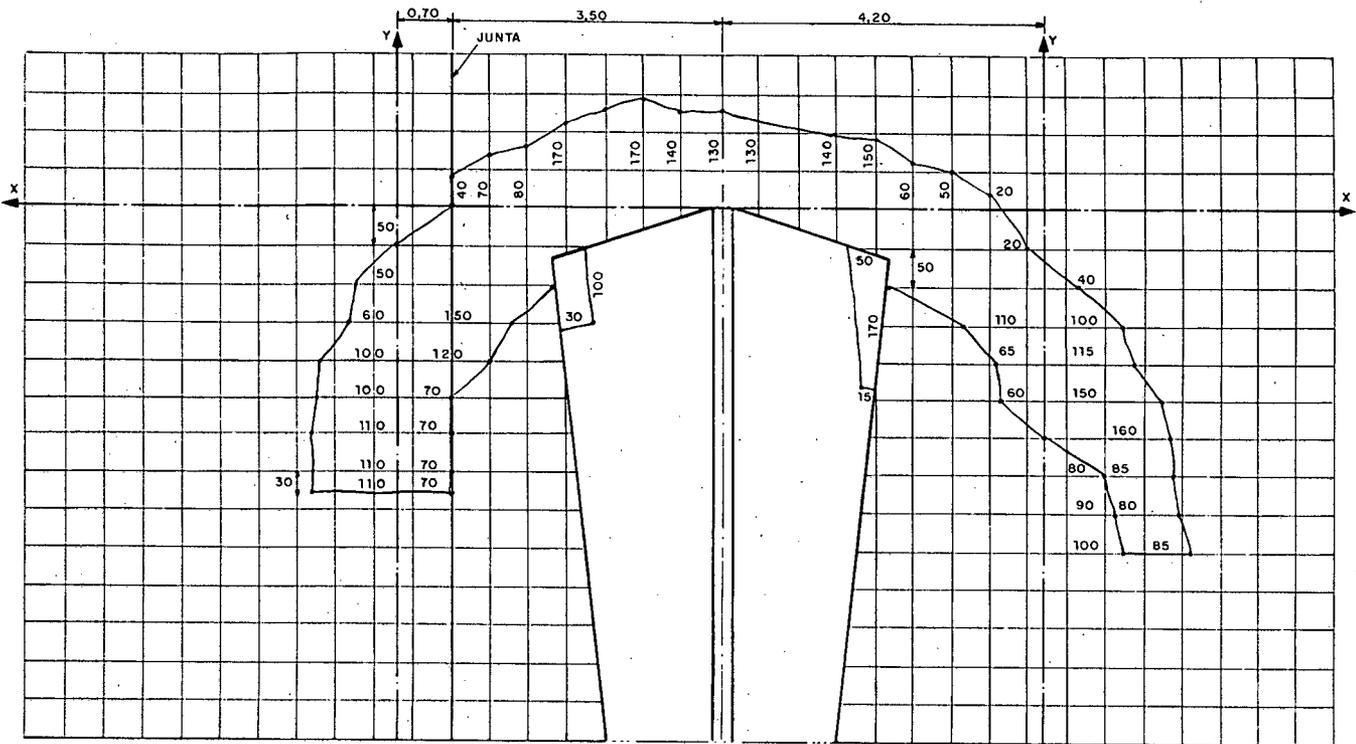
VS4



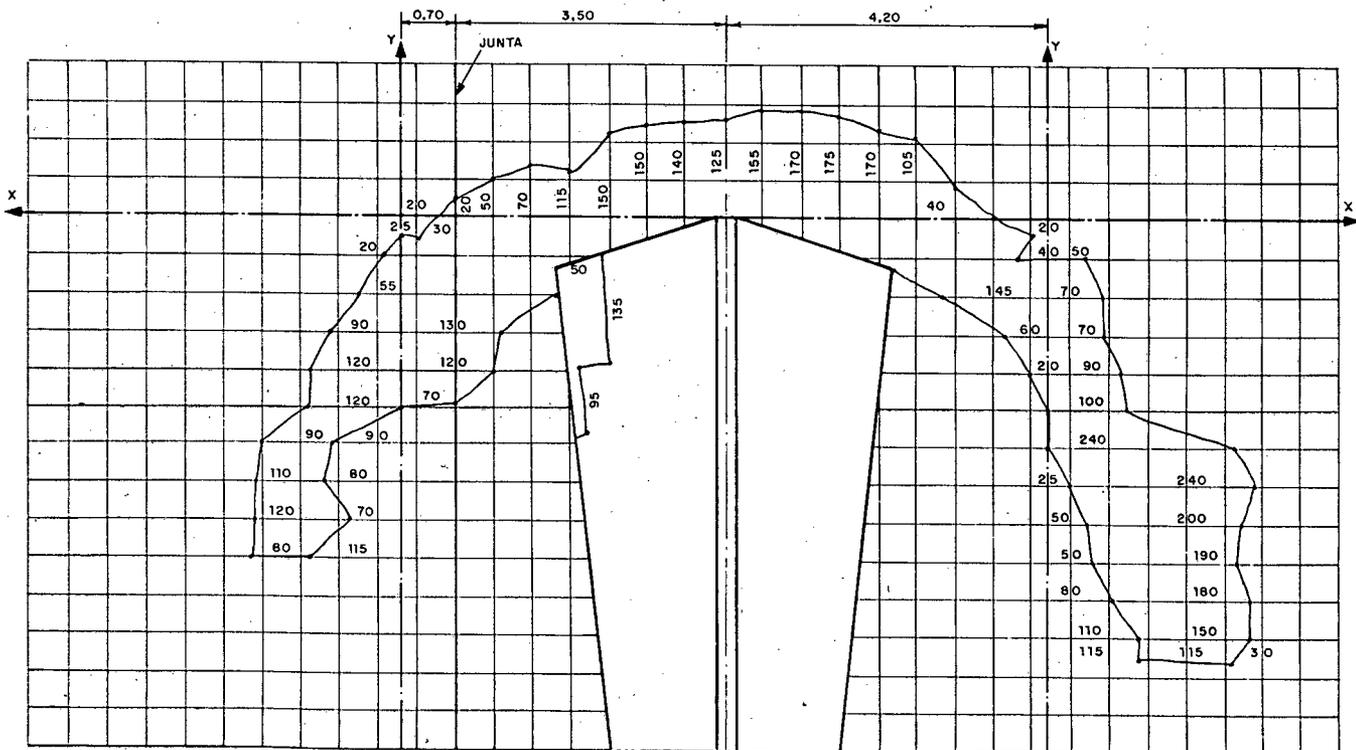
VS5



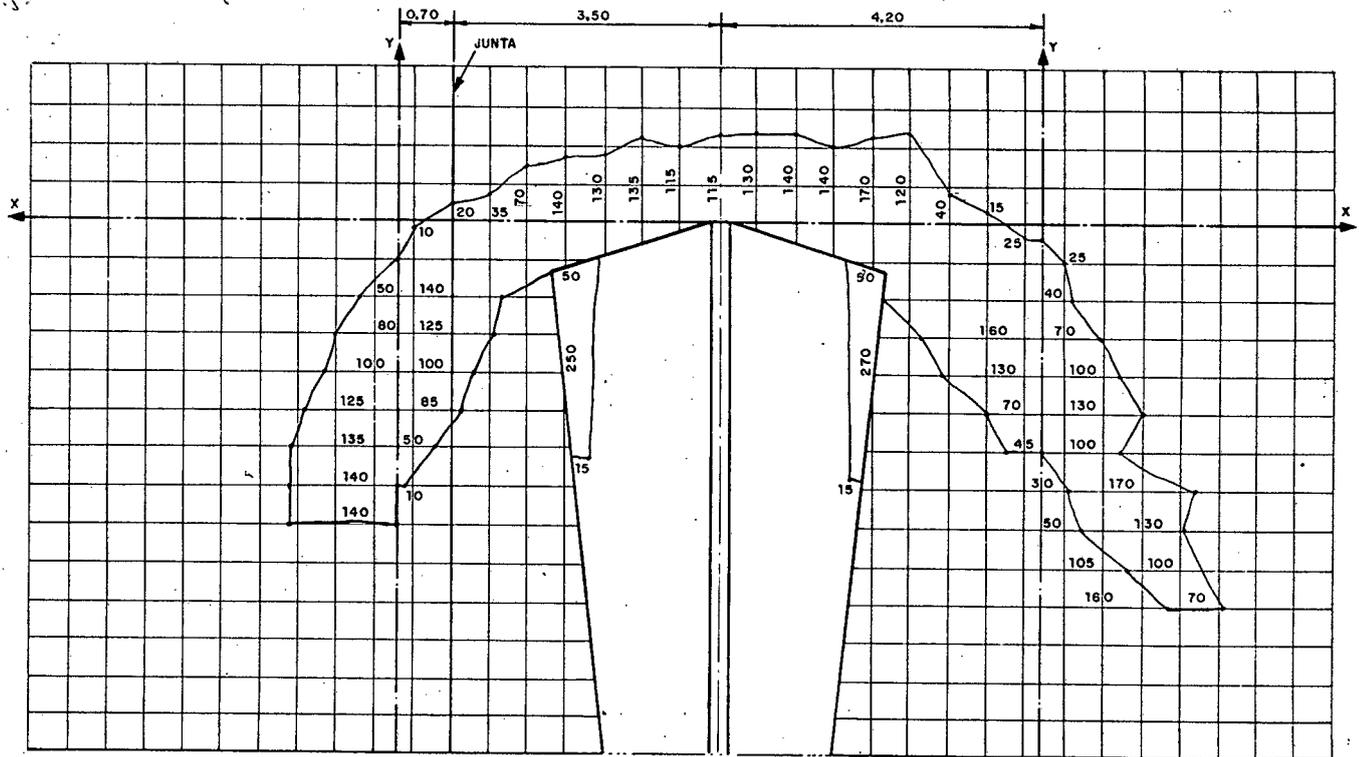
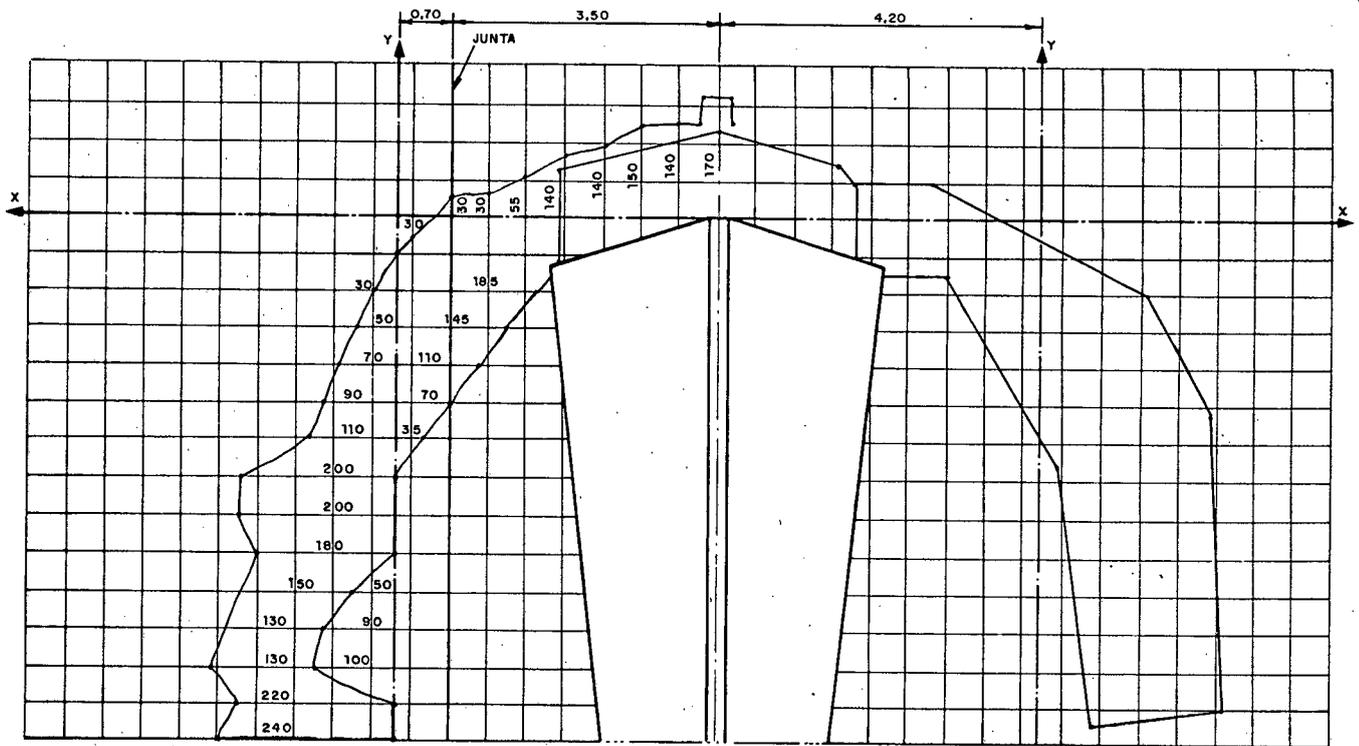
VS6

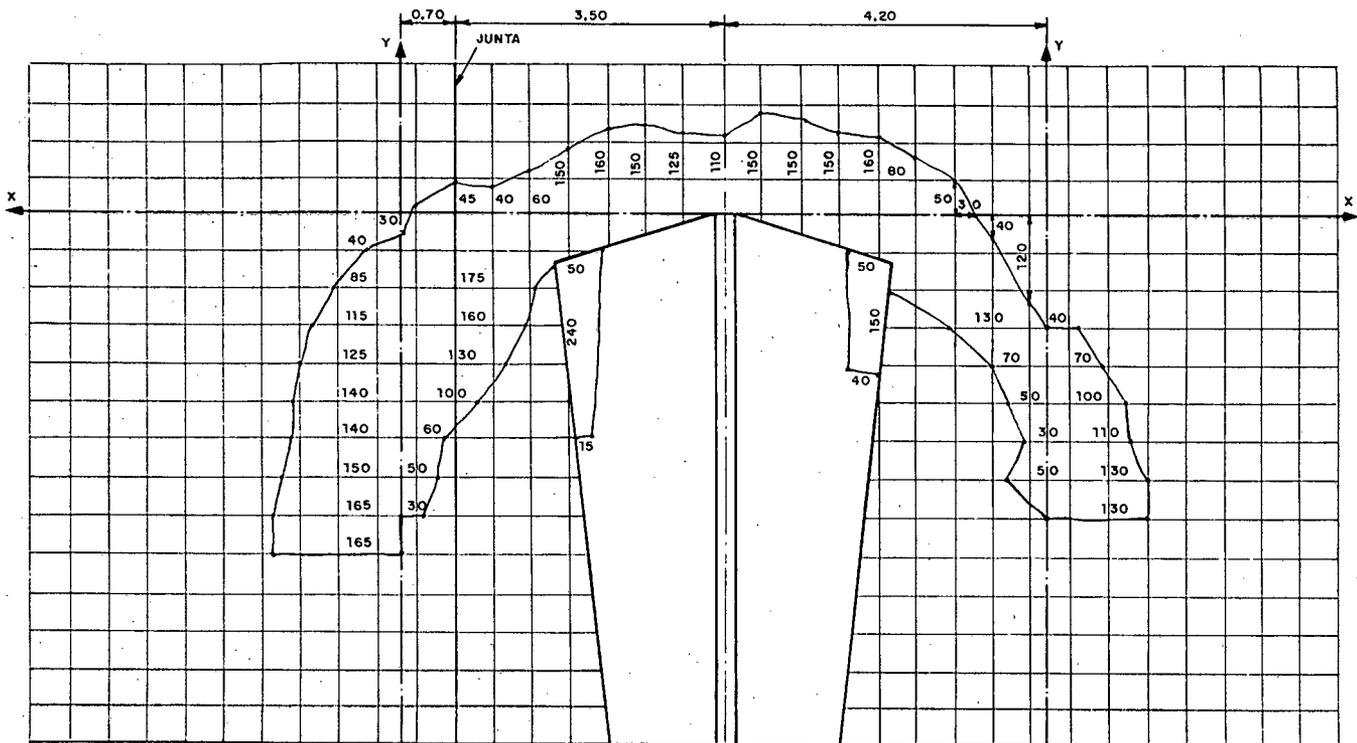


VS7

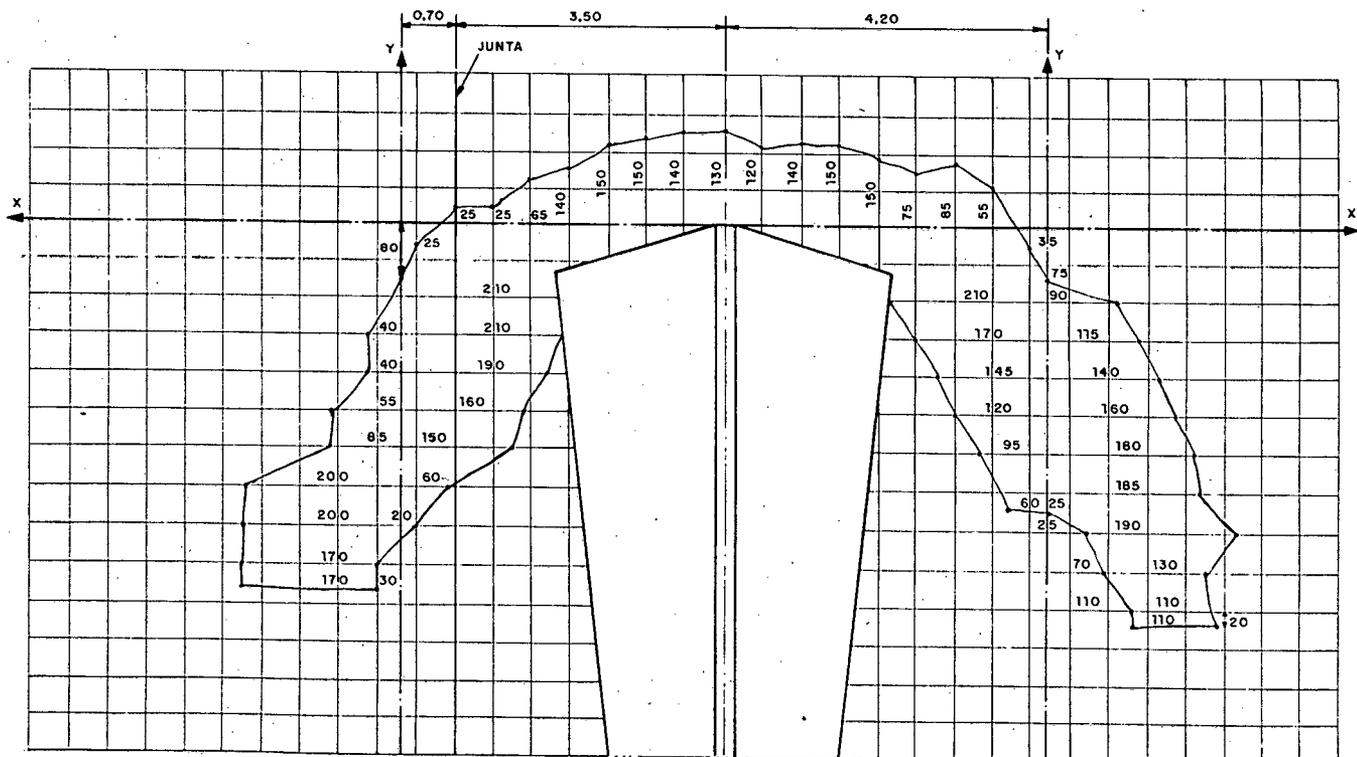


VS8

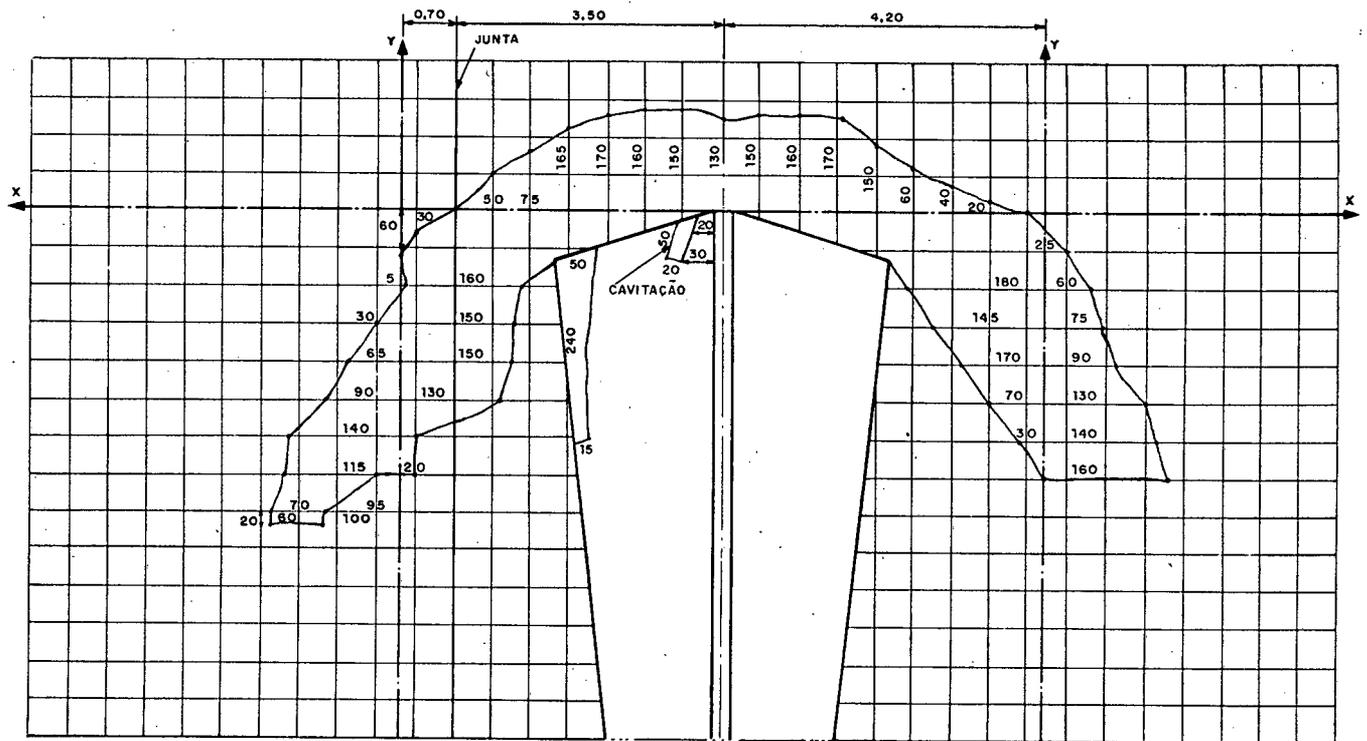




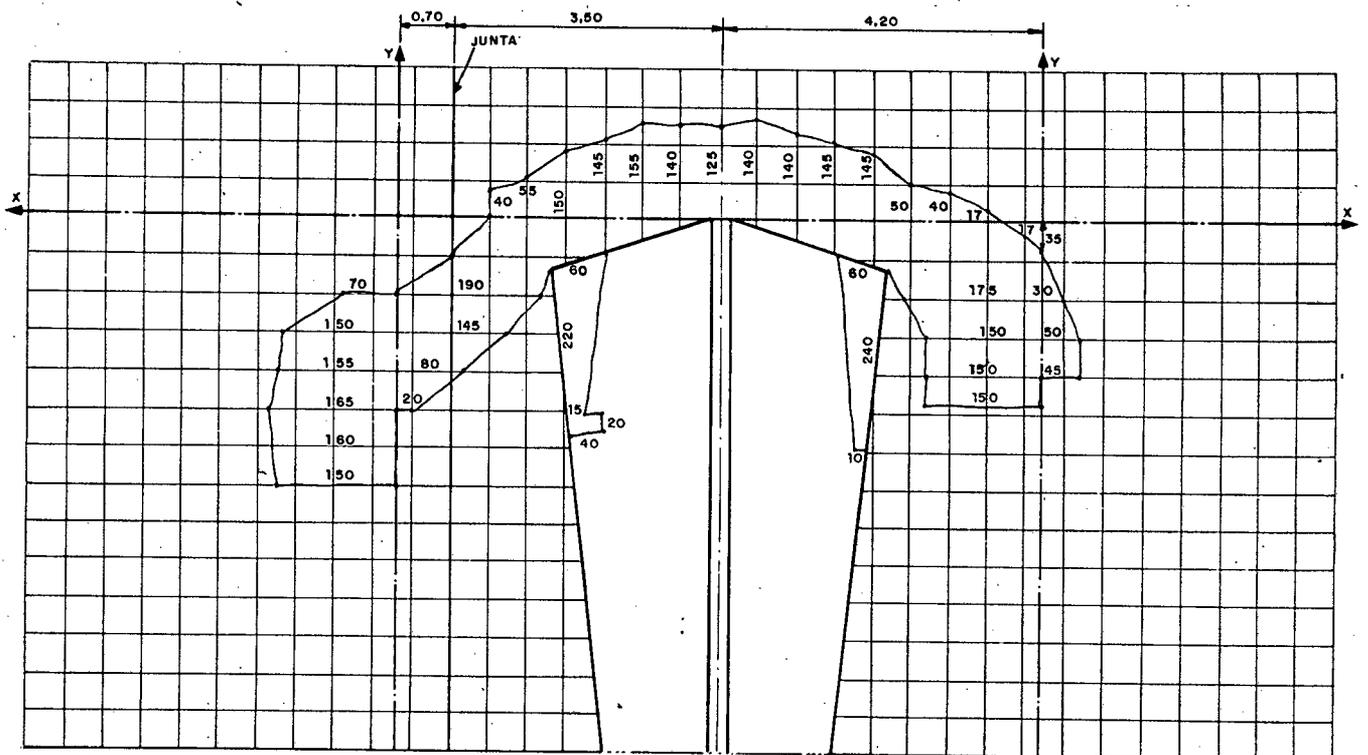
VS11



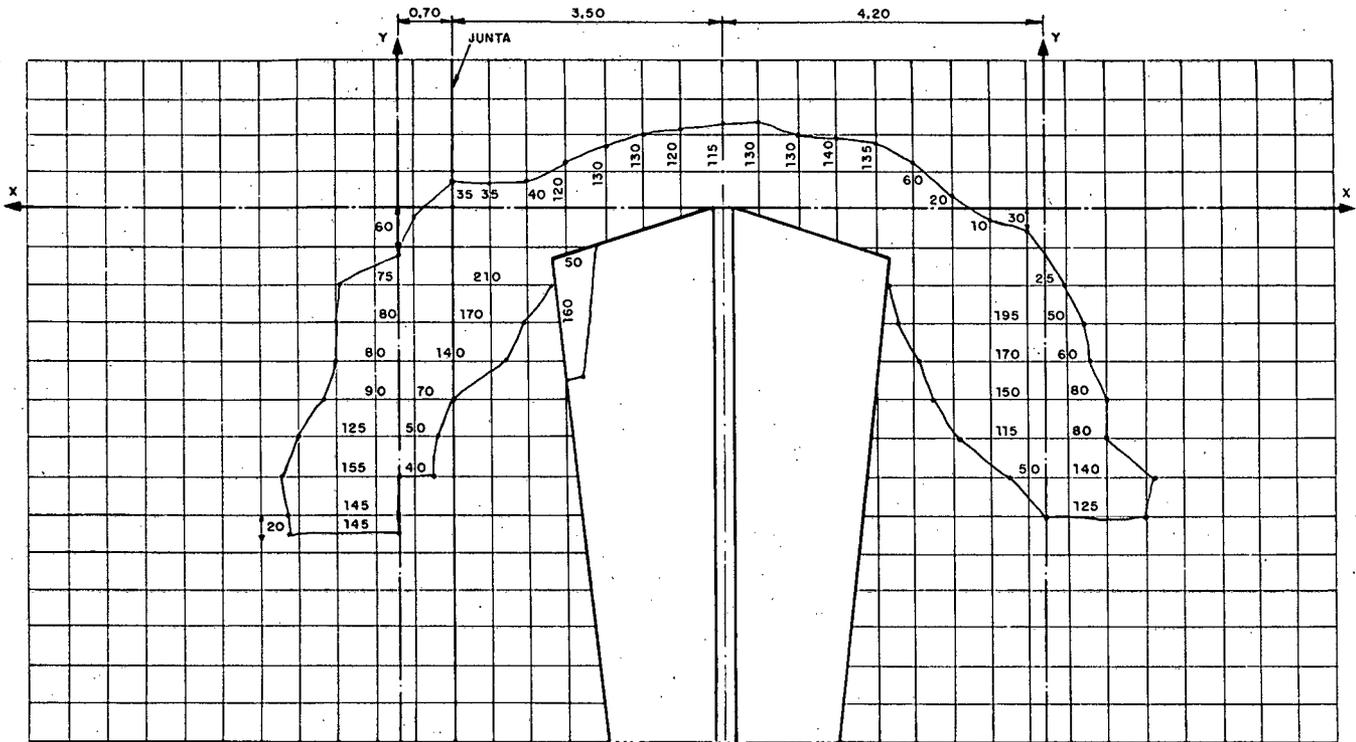
VS12



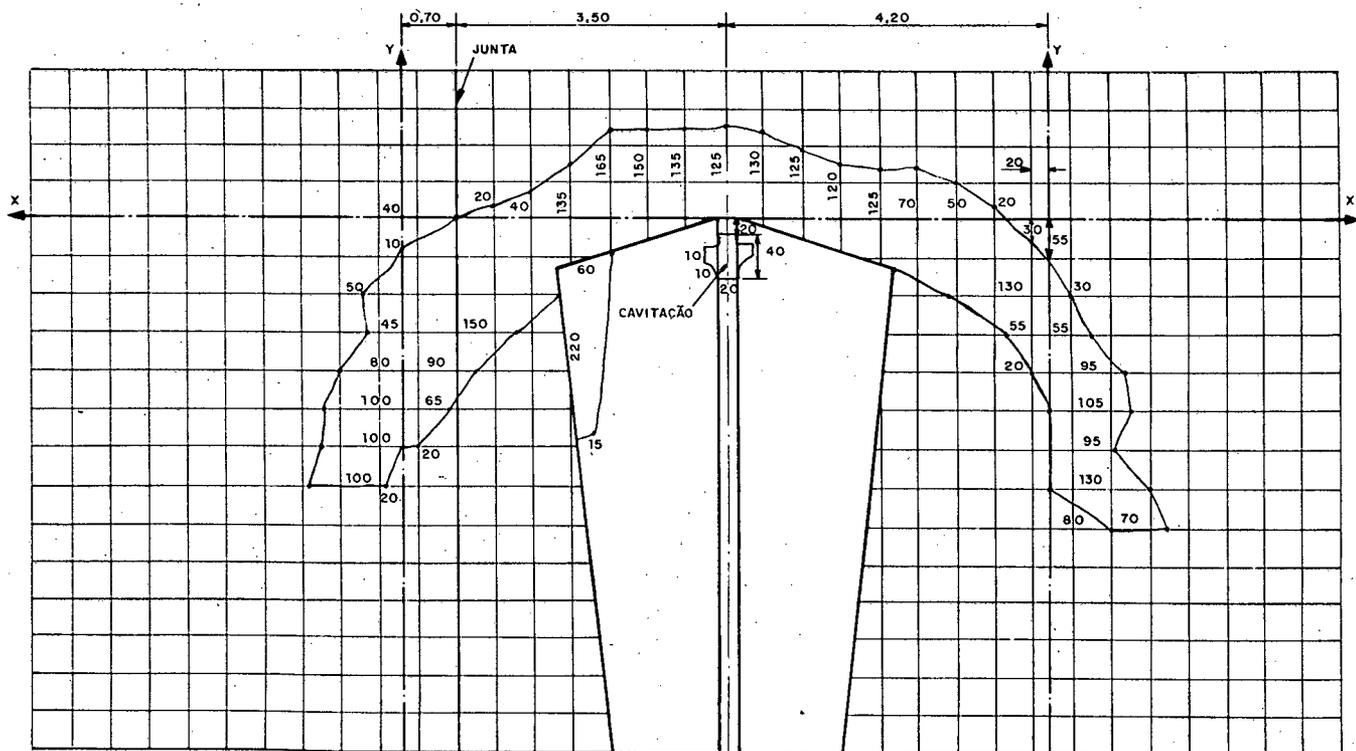
VS13



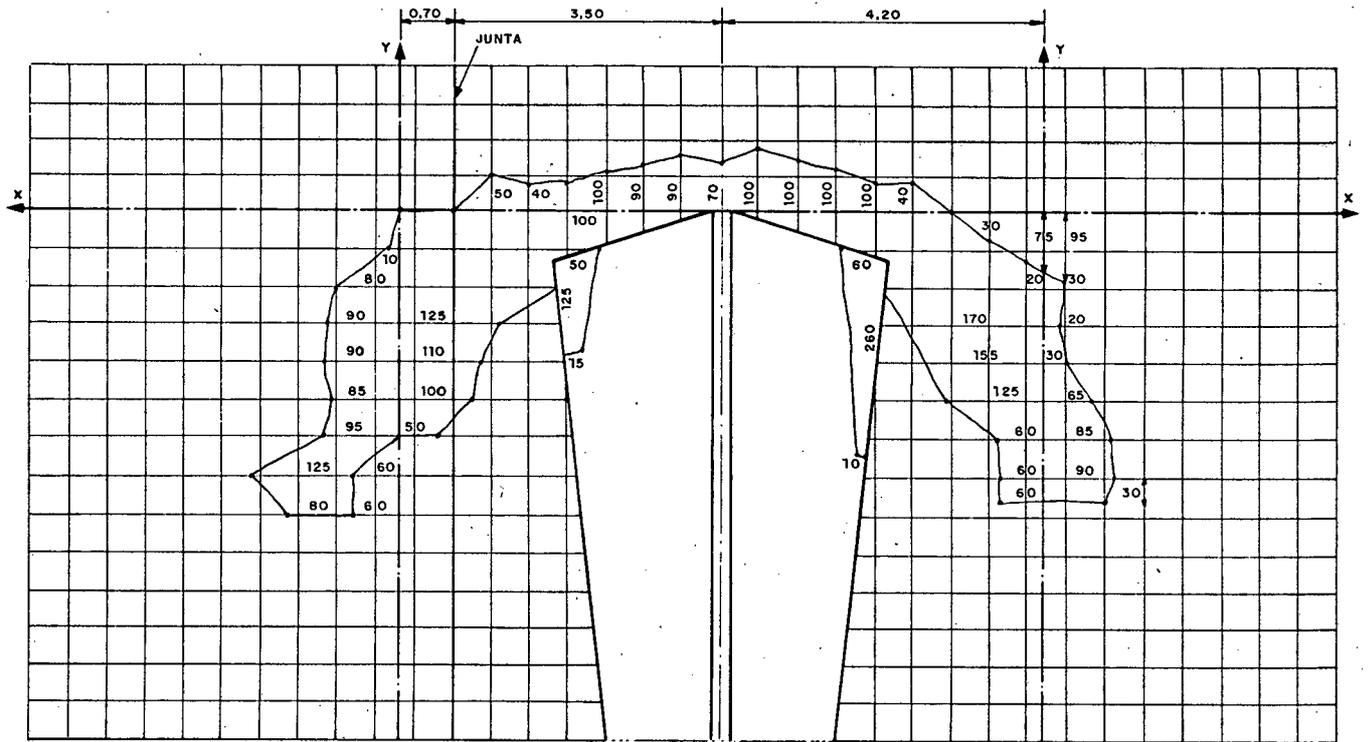
VS14



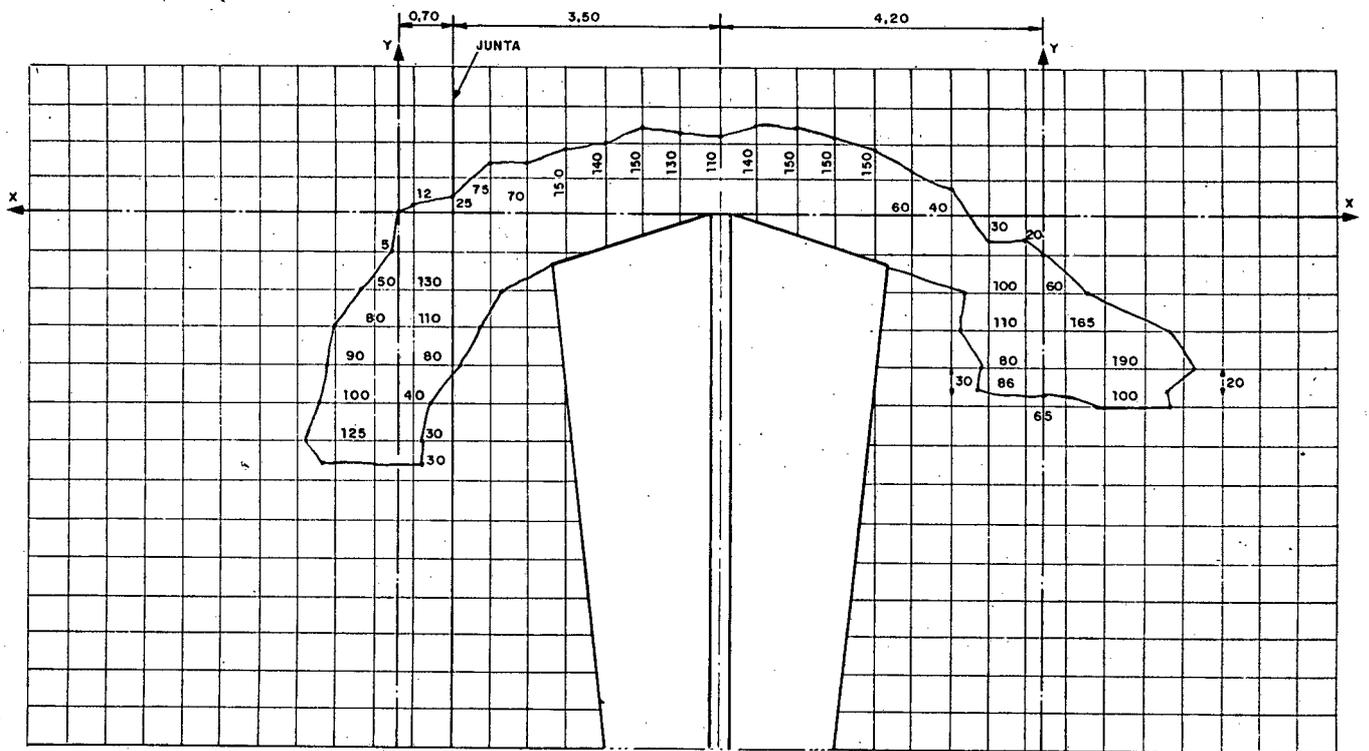
VS15



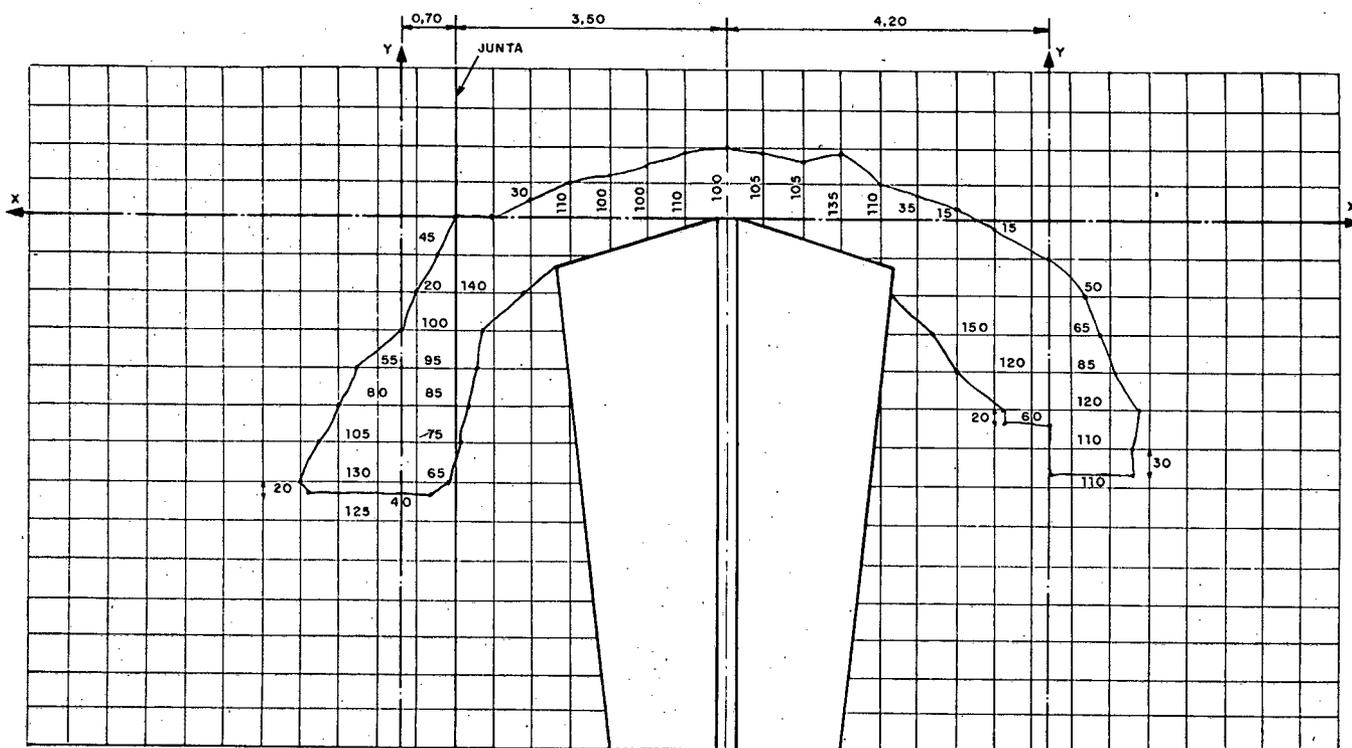
VS16



VS17



VS18

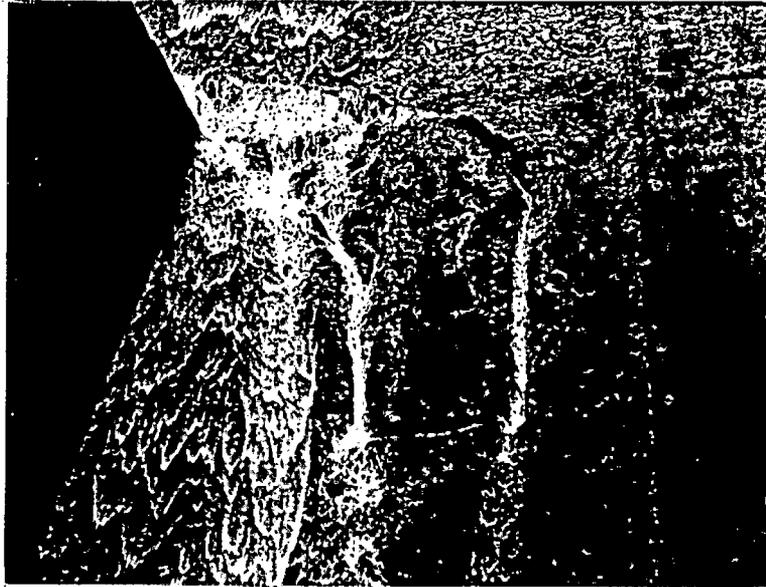


VS19

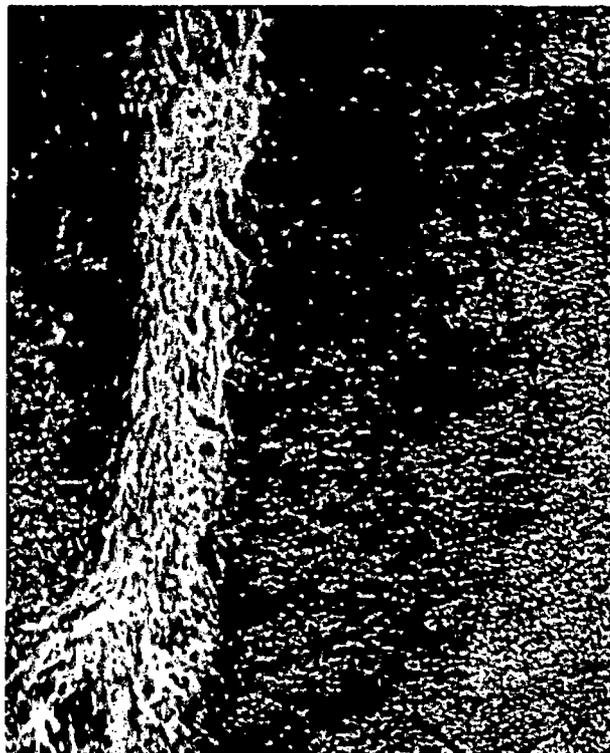
8 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS REPAROS EFETUADOS EM 1982.

8.1 - OBSERVAÇÕES.

A inspeção feita após as cheias 1981/82, que não foram tão intensas, mostrou um fato inesperado a esta altura: o arrancamento da chapa de aço inox colocada no VS-09 em 1978, bem como de sua posterior ampliação executada em 1980. Analisando o problema, concluiu-se que a causa que provocou o arrancamento foi a cavitação em regiões adjacentes à chapa e que propiciaram a entrada de água sob ela, forçando a ruptura da solda dos chumbadores de ligação da chapa de concreto velho. Ver fotos da folha seguinte.



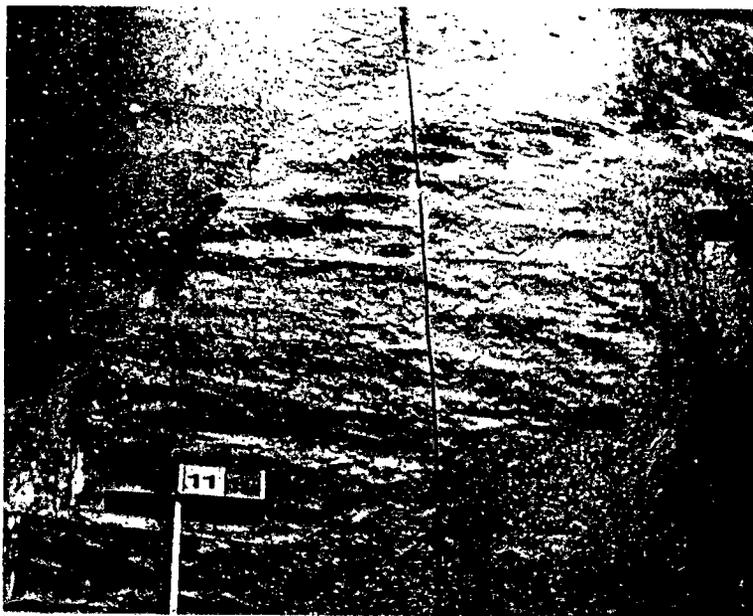
Reparo do VS 9, lado esquerdo onde foi arrancada a chapa de aço.



Reparo do VS 9 lado esquerdo, vendo-se os chumbadores de fixação, após o arrancamento da chapa.

Esse episódio veio reforçar a idéia de que a blindagem deva abranger toda a área possível de sofrer cavitação, conforme o projeto desenvolvido e narrado no item 7.

Outra constatação feita nessa inspeção, foi a de que o reparo com argamassa de resina epóxica e fibras de aço foi erodido, o que determinou a eliminação também dessa opção como solução definitiva, restando portanto apenas a solução com blindagem de aço.



Reparo com argamassa epóxica fibrosa, executado no ano de 1980.

Planejamos então a execução, no segundo semestre (20 de julho a 20 de outubro) de 1982, da blindagem com chapa tipo "sanduíche", em dois dentes dissipadores: VS-08 e VS-09.

8.2 - REPARO COM BLINDAGEM DE AÇO INÓX NOS VS-08 E VS-09.

A fabricação e montagem das chapas se deu conforme o plano desenvolvido e descrito no item 7.

8.2.1 - Testes dos elementos de ligação e ancoragem da chapa.

No sentido de se comprovar a eficiência do chumbamento entre a blindagem e o maciço, executou-se os testes abaixo:

- Teste de arrancamento, através de macaco hidráulico e viga de reação, em quatro chumbadores de 1", CA-50, fixados no concreto velho, conforme mostramos na foto da folha nº 207, cujos resultados foram:

CHUMBADOR Nº	CARGA MÁXIMA (kg)	TEMPO DE CURA (DIAS)	CALDA A/C
01	17.285	03	0,5
02	28.471	05	0,5
03	31.401	07	0,5
04	28.471	07	0,5

Considerando que a força necessária para escoar o vergalhão de \varnothing 1", CA-50, é de $F_e = \sqrt[4]{\sigma \times S_e} = 5000 \text{kg/cm}^2 \times 5,06 \text{cm}^2 = 25.300 \text{kg}$, nota-se que os resultados a partir de cinco dias de cura foram satisfatórios.

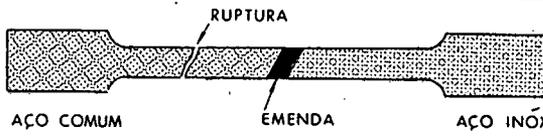
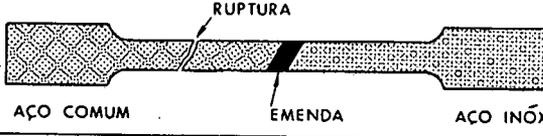
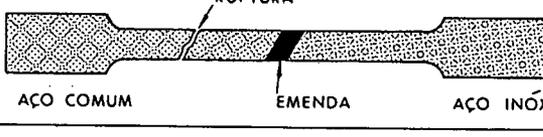
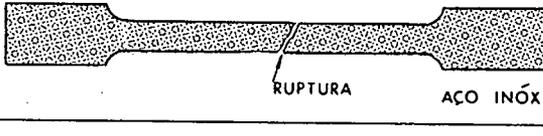
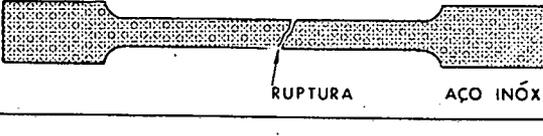
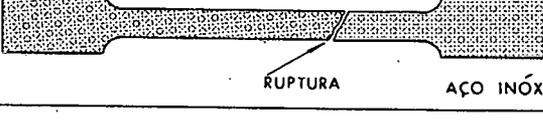
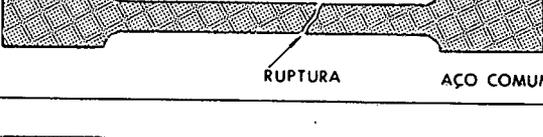
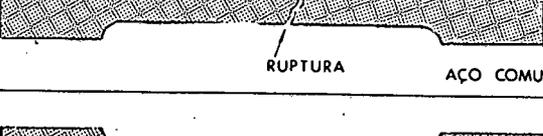
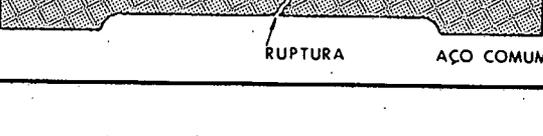
- Teste de tração na solda de fixação dos chumbadores \varnothing 1", CA-50, na chapa. Resultados de três amostras:

AMOSTRA	TENSÃO RUPTURA (kg/mm ²)	LOCAL DE RUPTURA
01	62,4	Na solda
02	64,8	Na solda
03	59,0	Na solda

Observa-se que os resultados foram satisfatórios pois as rupturas, apesar de ocorrerem na solda, se deram com tensões equivalentes às próprias tensões de ruptura do aço CA-50.

- Teste de eficiência na soldagem entre as chapas de aço comum e inóx.

Os resultados encontram-se na tabela abaixo:

AMOSTRA Nº	ENSAIOS MECÂNICOS			LOCAL DE RUPTURA
	TENSÃO (kg/mm ²)		ALONGAMENTO EM 10 DIAS (%)	
	ESCOAMENTO	RUPTURA		
01	23,1	36,9	19,0	 RUPTURA EMENDA AÇO COMUM AÇO INÓX
02	23,9	35,0	17,0	 RUPTURA EMENDA AÇO COMUM AÇO INÓX
03	23,8	35,3	17,5	 RUPTURA EMENDA AÇO COMUM AÇO INÓX
04	—	63,6	51,5	 RUPTURA AÇO INÓX
05	—	63,5	51,5	 RUPTURA AÇO INÓX
06	—	64,9	50,5	 RUPTURA AÇO INÓX
07	21,1	34,1	29,5	 RUPTURA AÇO COMUM
08	21,4	34,8	29,0	 RUPTURA AÇO COMUM
09	21,7	34,1	30,5	 RUPTURA AÇO COMUM

Observa-se que as rupturas ocorreram sempre fora da zona de solda, na região de aço comum, com tensões de escoamento acima de 21kg/mm^2 . Isso significa que o material utilizado na solda se comporta melhor que o aço da chapa comum.

8.2.2 - Comentários sobre o dimensionamento dos elementos de ligação e ancoragem da chapa.

Baseados nos resultados desses três testes e no projeto da blindagem desenvolvidos no item 7, com os espaçamentos fixados, entre chumbadores de 40cm, e entre pontos de ligação inter-chapas de 28cm, tem-se os seguintes esforços limites resistentes:

No cálculo para os chumbadores considerou-se os resultados do primeiro teste, em detrimento do segundo, a favor da segurança.

ESFORÇO RESISTENTE TIPO DE LIGAÇÃO	CARGA/UNIDADE DE LIGAÇÃO (t)	CARGA/m ² CHAPA (t)
CHUMBADOR/CONCRETO VELHO	*28	175
SOLDA DE LIGAÇÃO/INTER-CHAPAS	** 6,5	82

(*) Carga correspondente a cinco dias de cura de calda, antes do que não se admite solicitação do chumbador, mesmo em serviços de montagem e ajuste da chapa.

$$(**) Fr = A_{\text{solda}} \times \sigma_{e(\text{aço comum})} = \frac{\pi \cdot 20^2}{4} \times 21 = 6597\text{kg} \approx 6,5\text{t}$$

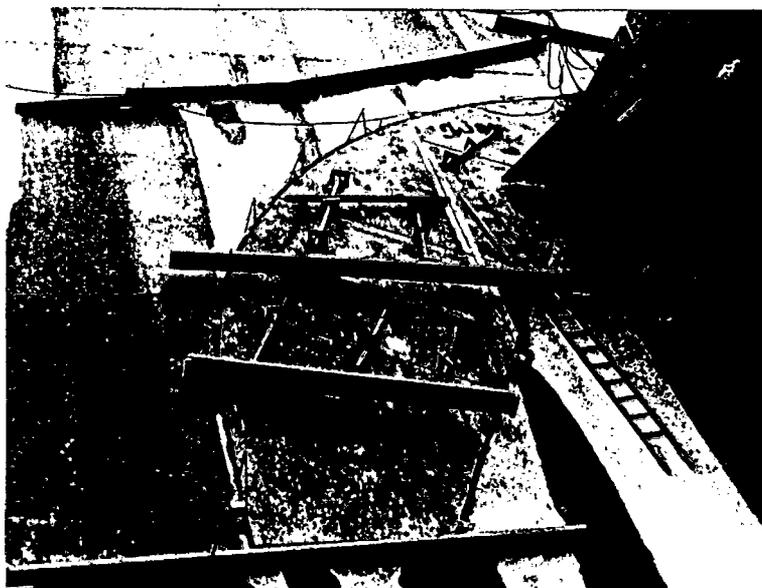
Não se considerou, também a favor da segurança, a ancoragem representada pelas abas no contorno das chapas, bem como a costura de solda entre os diversos módulos de chapas e os pontos de solda executados posteriormente a retirada dos canos de injeção de resina, o que elevaria ainda mais as cargas por metro quadrado de chapa.

Considerando, a favor da segurança, que toda a energia potencial da água, de 40m no caso presente, se transforme em energia cinética, haveria o esforço de arrancamento citado ($40t/m^2$) em caso de infiltração de água sob a chapa, pelo que se julgou suficiente os esforços limites advindos do dimensionamento dos chumbadores e pontos de solda. Note-se que esses esforços de arrancamento nada têm a ver com os provocados pela cavitação propriamente dita, que têm natureza pontual e são resistidas pela própria chapa no plano de sua superfície.

8.2.3 - Fabricação e montagem das chapas.

Esses serviços, bem como os referentes às chapas executadas anteriormente, foram desenvolvidas pelo Setor de Oficinas da Residência de Ilha Solteira e Três Irmãos, consistindo basicamente no corte, furação e soldagem dos módulos de chapas comum e inóx, utilizando gabaritos representando os eixos de projeto, a partir dos quais se locava os furos e se traçava a geometria dos vários módulos.

As peças eram posteriormente transportadas com auxílio de guindaste, caminhão e barcaça, sendo os serviços restantes completados no próprio local, como mostram as fotos das folhas seguintes.



Chapa de aço comum posicionada para o reparo.



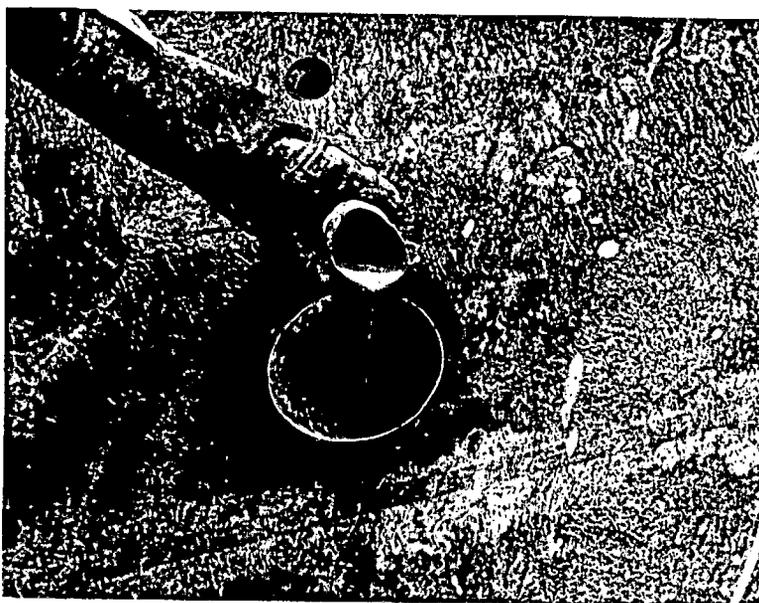
Haste de perfuração do concreto através dos furos da chapa, com 80cm de profundidade, para colocação dos chumbadores de ancoragem.



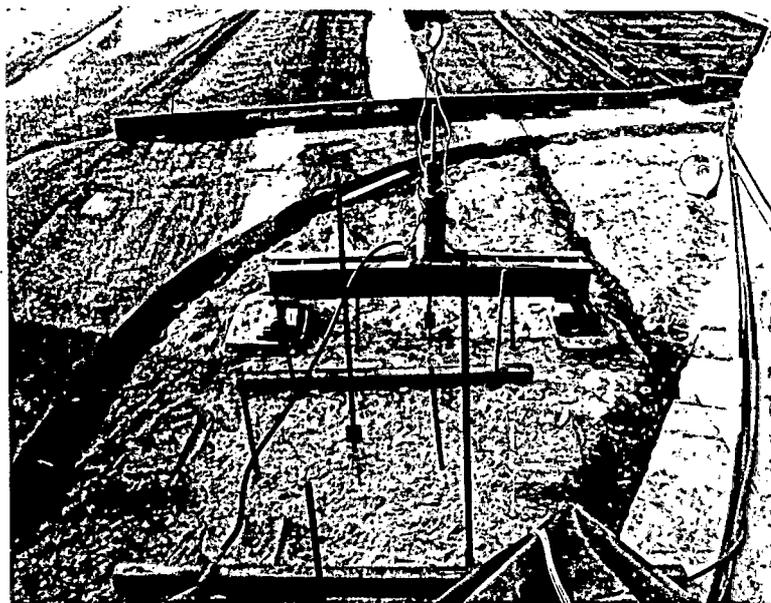
Vista da perfuração em andamento e furos da chapa espaçados de 40cm.

8.2.4 - Preparo do local.

Em paralelo à fabricação das chapas na Oficina, procedeu-se aos serviços de rompimento do concreto velho, com auxílio de gabarito e de acordo com o proposto no projeto do item 7, conforme fotos a seguir.



Aspecto da superfície rompida e preparada acima do dente dissipador, pronta para a colocação dos chumbadores e as chapas de aço.



Ensaio de arrancamento dos chumbadores, notando-se os serviços de rompimento para colocação da chapa já concluídos.

8.2.5 - Acabamento das ranhuras laterais da chapa.

Concluídos os serviços de montagem das chapas comum e inóx, prosseguiu-se com o acabamento de concreto e argamassa epóxica nas ranhuras laterais à aba da chapa. O preenchimento dessa ranhura serve também como confinamento para a injeção de calda de cimento.

A argamassa epóxica utilizada foi a mesma dos anos anteriores.

8.2.6 - Injeção de calda de cimento.

Executou-se a injeção sob a chapa do VS-09 através da bomba injetora mecânica instalada na margem do rio, ligada ao local da chapa por mangueiras de $\varnothing 1''$, sustentadas por tambores vazios na superfície da água.

Já no VS-08 procedeu-se à injeção aproveitando-se do desnível de 44m entre a crista dos vertedouros (cota 332,0m) e o local das chapas (cota 288,00m).

A pressão de trabalho, controlada através de manômetro, foi de no máximo 3kg/cm^2 .

As características da calda foram:

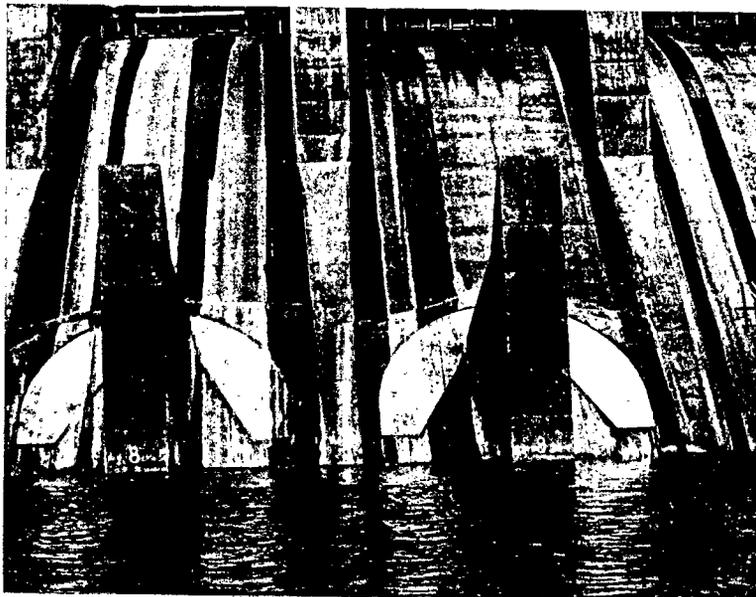
- Relação A/C	0,38
- Aditivo plastificante (BV-40 da Sika)	1 %
- Tempo de escoamento	9 s
- Sedimentação	1,25%
- FCK	440kgf/cm ²

O preenchimento sob a chapa iniciou-se de baixo para cima, observando-se sua progressão pelo transbordamento nos respiros.

Encheu-se primeiramente um lado do dente até a altura do início do dorso, passando-se então para o lado oposto. Completados os dois lados, preencheu-se a região do dorso e o paramento acima do mesmo.

8.2.7 - Injeção de resina epóxica.

Essa injeção foi executada entre as chapas comum e inóx para uni-las ainda mais. Utilizou-se a resina Sikadur 52, iniciando-se o preenchimento de baixo para cima em cada um dos módulos da chapa. O processo adotado foi o mesmo dos anos anteriores, já descritos. Apenas no tipo de resina empregado houve mudança, escolhendo-se nesse caso uma mais apropriada para esse serviço, com menor viscosidade e maior tempo de pega.



Vista do VS 8 e VS 9, com os serviços de reparos concluídos.

9 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS CHAPAS DE AÇO.

Em novembro de 1982 procedeu-se a uma visita in loco para inspeção dos reparos realizados até então, com ênfase para as chapas descritas no item anterior, com a presença do Consultor Eng^o Fernando de Oliveira Lemos e de Engenheiros da Divisão de Hidráulica da Cesp (ECH).

Considerou-se na ocasião que o reparo com blindagem de aço seria a única solução para resistir à cavitação que ocorre nos Vertedouros de Ilha Solteira.

Discutiu-se com o Consultor, nessa visita, a necessidade de uma área mais abrangente de chapa de aço, conforme as aplicadas nos VS-08 e VS-09 (item 8), até então intactas, talvez por terem recebido pouca solicitação.

Outro aspecto também discutido foi quanto ao tipo de aço a ser empregado na blindagem, tendo em vista o satisfatório desempenho das blindagens executadas com aço comum, em particular as dos VS-12 e VS-15, executadas em 1978.

A respeito desta visita, o Consultor Eng^o Fernando de Oliveira Lemos, através do relatório de 03/12/82, tece suas impressões, conforme abaixo descrito.

“ Têm sido utilizados materiais de vários tipos para efetuar os reparos nas zonas cavitadas do Vertedouro. Os principais foram argamassas e concreto incorporando epóxi, concreto fibroso e revestimentos metálicos.

O estudo da resistência à cavitação das argamassas e concretos foi apoiado por ensaios em laboratório.

Apesar de se terem aplicado os mais recomendados, mesmo assim acabam por sofrer cavitação, embora mais retardada que o concreto geral da obra.

Os materiais que melhor resistiram foram as chapas de aço tanto inóx como normal.

Analisado o comportamento, sugere-se o emprego de blindagem de aço normal em dois vãos, com configuração análoga às de aço inóx aplicadas em dois outros vãos.

Não é de abandonar a continuação do estudo de outras composições, as quais deverão ser aplicadas localmente a título experimental.

Dado o tipo de obstáculo que provoca a cavitação que não é irregularidade de superfície ou rugosidade excessiva, julga-se que a ranhura de aeração não é adequada, além de "agredir" demasiadamente a obra⁷.

Após as excepcionais cheias ocorridas a partir de novembro de 1982, as maiores e mais prolongadas até então registradas, procedeu-se em 19/08/83, à nova inspeção, também com a presença do Consultor Eng^o Fernando de Oliveira Lemos, às blindagens de VS-08 e VS-09.

Constatou-se então que a chapa do VS-09 fora arrancada por inteiro, permanecendo apenas os chumbadores de ancoragem no concreto velho, e parte da blindagem do dorso do dente, conforme fotos mostradas a seguir.



Vista do local da chapa arrancada do VS 9,
lado esquerdo.

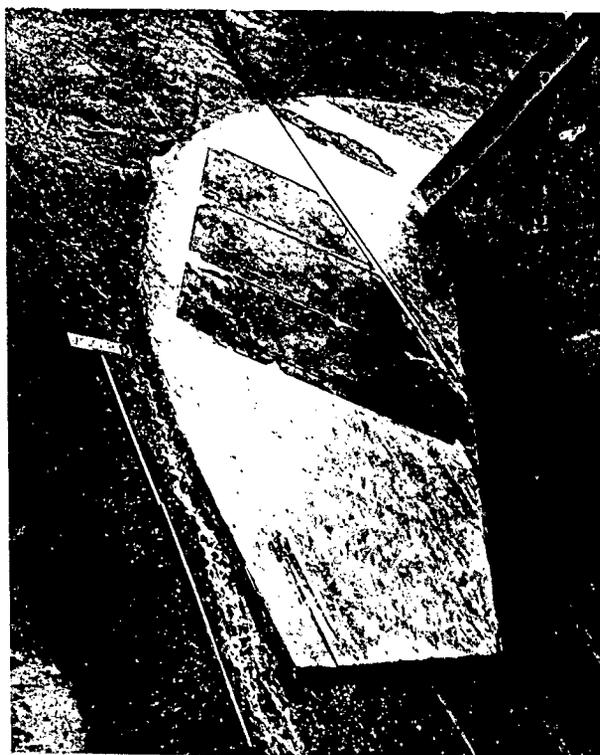


Vista do local da chapa arrancada do VS 9,
lado direito.

Quanto à chapa do VS-08, observou-se apenas solduras parciais do revestimento com chapa inóx, permanecendo porém a chapa comum em sua totalidade.



Soldura parcial do revestimento com chapa inóx, permanecendo porém, a chapa de aço comum, no VS 8, lado esquerdo do dente dissipador.



Soltura parcial do revestimento de inóx,
permanecendo porém a chapa de aço comum
no lado direito do dente dissipador.

Concluiu-se que uma possível causa do arrancamento seria o rompimento da ligação por solda entre as duas chapas, e entre os chumbadores e a chapa comum, por fadiga devida à vibração.

Observou-se ainda, em regiões inferiores às chapas, externamente, a cavitação em áreas nunca antes afetadas.

A respeito dessa nova visita o Consultor Engº Fernando de Oliveira Lemos fez novas considerações, transcritas a seguir:

☞ a) - Antecedentes

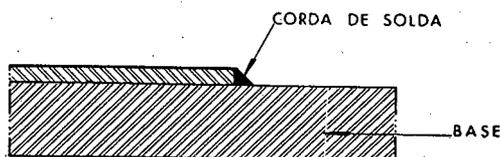
Os problemas de cavitação no vertedouro de Ilha Solteira surgiram logo após o início de exploração do aproveitamento;

- Em anteriores intervenções (fevereiro de 1978, agosto de 1978 e dezembro de 1982) foi sugerida uma metodologia para procurar controlar o fenômeno, o qual, devido as características particulares de concepção do vertedouro, pouco comuns, logo de início se reconheceu ser de solução bastante difícil;
- O Consultor, além de Ilha Solteira, conhece outro vertedouro de concepção análoga (o da Barragem de Cedilho, na Espanha) onde os problemas não assumem a importância que têm no caso em estudo, pelo fato de o elemento provocador da cavitação (bloco defletor) se situar bem mais próximo da crista e conseqüentemente, ser solicitado por velocidades bastante menores;
- Cabe referir que estes tipos de vertedouro permitem grande encurtamento da estrutura de dissipação, tornando-se consideravelmente econômica e recomendável em futuros projetos, uma vez resolvido o problema da cavitação;
- Como a intensidade da cavitação diminui com o emprego de materiais mais resistentes à erosão produzida pelo fenômeno, foram utilizados concretos de diversos tipos (incorporando epóxi, fibras de aço) e argamassa de ligação, previamente testados em laboratório, sem que se tivessem obtido resultados satisfatórios;
- Concomitantemente foi sugerido o emprego de uma blindagem metálica de aço inóx 17-4, com 25mm de espessura, a qual por ser de custo muito elevado, foi transformada numa blindagem "sanduíche" formada por uma base de 20mm de aço normal revestida por uma capa de 4mm de aço inóx, soldada por pontos. O espaçamento recomendado para as ancoragens foi de 250mm.
- Em experiências efetuadas pela CESP, com trechos de blindagem de aço normal e ancoragens mais espaçadas, foi verificado que o aço normal resistia bem à cavitação e que espaçamento de ancoragens da ordem de 400 a 500mm haviam suportado as solicitações atuantes.

- Orientados pelas experiências anteriores, os técnicos da CESP executaram duas blindagens "sanduíche", com ancoragens espaçadas dos valores acima indicados, que o Consultor observou já completadas em dezembro/82.
- As enchentes, sem precedentes, ocorridas nos primeiros meses de 1983, trouxeram como consequência o aumento generalizado das zonas erodidas por cavitação em torno dos defletores e o arrancamento total de uma das blindagens "sanduíche". Na outra blindagem, a base de aço normal ficou intacta, mas alguns poucos trechos da inóx foram arrancados.
- A explicação para o comportamento das blindagens é a rotura por fadiga devido a vibração. A melhor fixação da segunda blindagem poderá ser atribuída a melhor processo executivo, pois, segundo informações colhidas, houve problemas de injeção com a primeira blindagem.

b) - Sugestões

- Relativamente à blindagem cuja base se manteve, sugere-se:
 - Remover os trechos soltos do inóx;
 - Soldar em chanfro os contornos da capa inóx à base de aço normal;



- Aumentar a densidade dos pontos de soldadura do inóx à base, com novos pontos no centro da malha existente;
- Reforçar as ancoragens da base, com grampos de diâmetro 25mm munidos de porca, entre os grampos já existentes:
 - grampos existentes
 - grampos adicionais

As pontas das ancoragens devem ser cortadas à face superior das porcas e estas forradas com um pingo de solda. Os furos para colocação das novas ancoragens devem ser feitos com broca e, como a superfície fica lisa, é necessário torná-la rugosa ou pintar com epóxi para conveniente aderência e resistência do grampo ao arrancamento.

-Relativamente à blindagem arrancada, sugere-se:

- A sua substituição por blindagem de aço normal, fixada por ancoragem de diâmetro 32mm com porca, afastados 400mm, ou de diâmetro 38mm afastados 500mm. As pontas das ancoragens e as porcas devem ter o tratamento indicado no parágrafo anterior. Caso não seja possível a sua execução ainda antes da próxima estação chuvosa, recomenda-se o preenchimento das zonas erodidas, provisoriamente, com concreto fibroso.

-Relativamente as pequenas zonas de erosão no concreto exterior ao contorno das blindagens, sugere-se:

- A utilização de concreto fibroso colado com epóxi e os remates para ligação à superfície do concreto antigo executados com a argamassa de epóxi que se tem revelado eficiente;
- A utilização de argamassa de epóxi, ou argamassa com Sika colada com epóxi nos trechos de desgaste superficial.

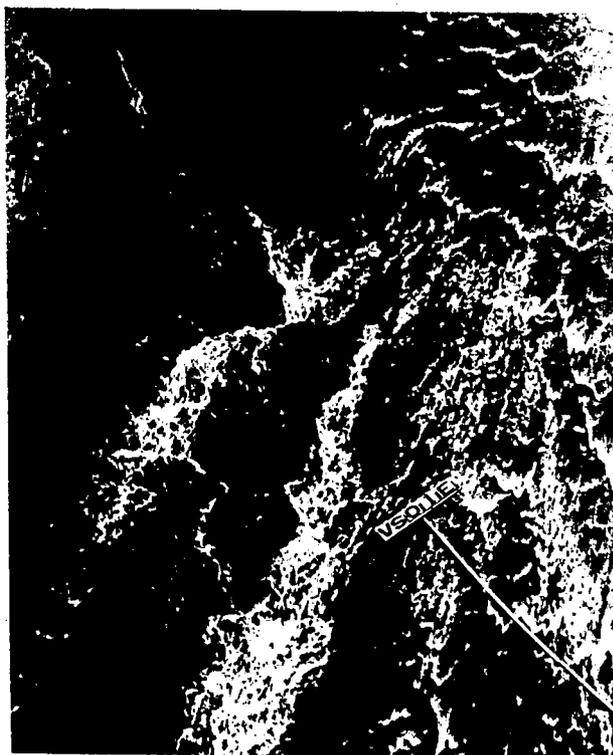
-Relativamente a outros tipos de solução, sugere-se:

- A realização de ensaios em modelo hidráulico para estudar o efeito de dispositivos de aeração do escoamento;
- Que os dispositivos de aeração não modifiquem o processo de dissipação de energia, porque ele é muito eficiente. ⁷

10 - REPAROS EXECUTADOS EM 1983.

Em virtude da impossibilidade de fechamento de todas as comportas em tempo integral, e do inesperado arrancamento da blindagem do VS-09, decidiu-se executar apenas um enchimento com concreto comum nas erosões mais profundas, de maneira a preservar a estabilidade dos dentes.

dissipadores, bem como reparar as chapas de aço do VS-08 e do dorso do VS-09, conforme recomendação do Engº Fernando de Oliveira Lemos. São mostrados fotos dos dentes mais afetados, antes e depois dos reparos de manutenção citados.



Aspecto da cavidade provocada por erosão no VS 1, lado esquerdo.



Aspecto da cavidade por erosão no VS 13, lado direito.



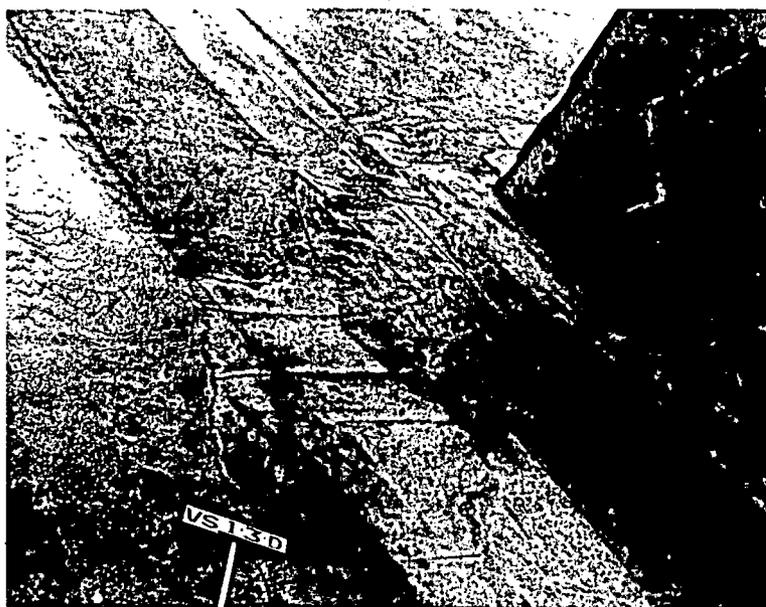
Aspecto da cavidade provocada por erosão
no VS 13, lado esquerdo.



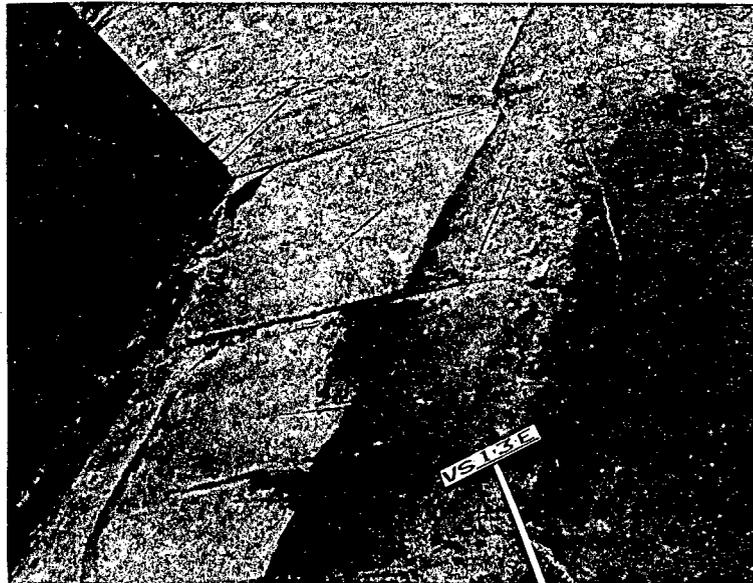
Aspecto da cavidade por erosão no VS 15,
lado esquerdo.



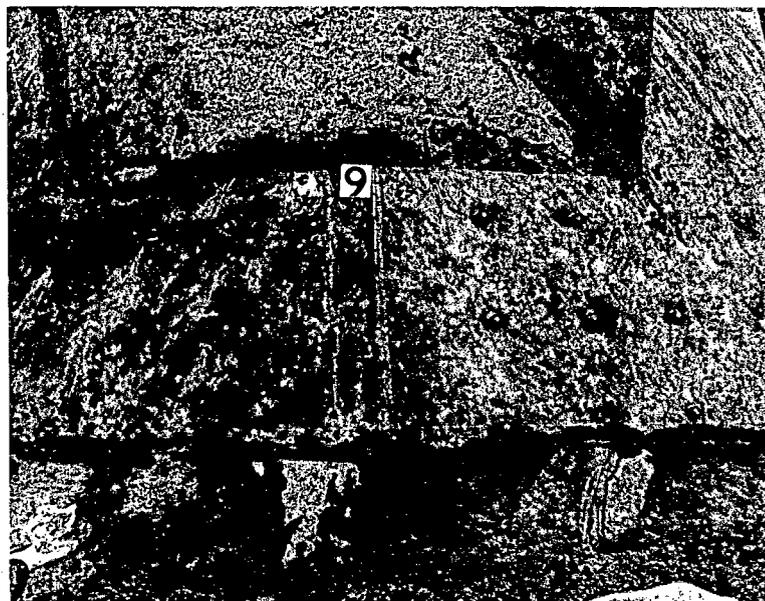
Aspecto da cavidade por erosão do VS 15,
lado direito.



Aspecto do reparo após o preenchimento com concreto no
VS 13, lado direito.



Aspecto do reparo após o preenchimento com concreto no VS 13, lado esquerdo.



Detalhe da chapa de aço do dorso do dente, reforçada com chumbadores e porcas no VS 9.



Aspecto da chapa de aço do VS 8, lado esquerdo, vendo-se o conjunto de chumbadores com porcas após o reparo de reforço.

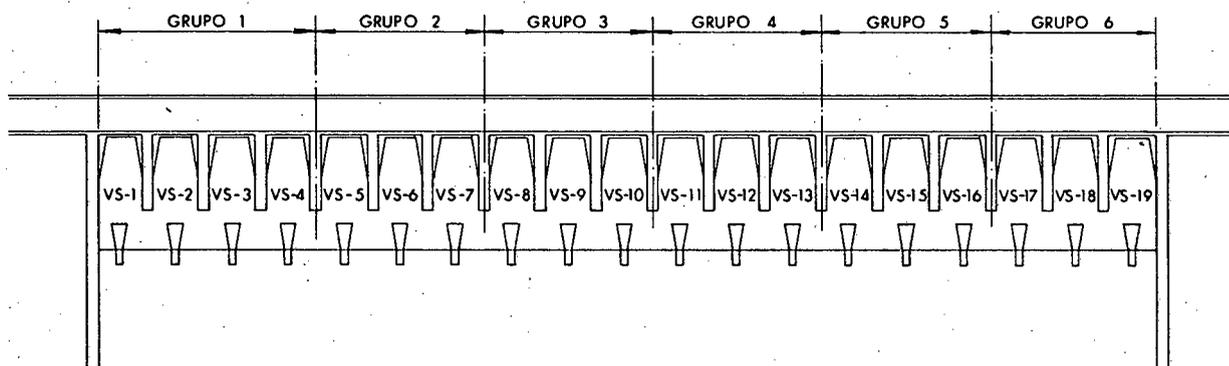


Vista análoga à anterior, do VS-08, lado direito.

11 - DADOS SOBRE A OPERAÇÃO DOS VERTEDOUROS.

A fim de se ter idéia da intensidade das cheias ocorridas de 1973 a 1983, apresenta-se, a seguir, tabelas da lei de manobra das comportas e gráficos com a posição de abertura destas neste intervalo de tempo, para eventuais correlações com as erosões ocorridas, mostradas nas fotos ao longo do relatório.

Constatou-se que, de maneira geral, as erosões se iniciaram a partir da posição nºII de abertura de comporta.



Lei de Manobra das Comportas

Tabelas da Lei de Manobra das Comportas

LEGENDA

- F** — POSIÇÃO CORRESPONDENTE AOS GRUPOS DE COMPORTAS TOTALMENTE FECHADAS.
I — POSIÇÃO CORRESPONDENTE A ABERTURA DE 1,09m NA VERTICAL.
II — POSIÇÃO CORRESPONDENTE A ABERTURA DE 2,118m NA VERTICAL.
IX — POSIÇÃO CORRESPONDENTE A ABERTURA DE 9,667m NA VERTICAL.
AT — POSIÇÃO CORRESPONDENTE A ABERTURA TOTAL NA VERTICAL.
G1 G2 G3 — AGRUPAMENTO DE COMPORTAS, CONTADAS DA MARGEM DIREITA PARA A MARGEM
G4 G5 G6 — ESQUERDA.

VAZÃO (m ³ /s)	POSIÇÃO DO GRUPO DE COMPORTAS											
	NÍVEL - 320						NÍVEL - 322					
	G4	G3	G5	G2	G6	G1	G4	G3	G5	G2	G6	G1
0	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
500	I	F	F	F	F	F	I	F	F	F	F	F
1.000	I	I	I	F	F	F	I	I	I	F	F	F
1.500	I	I	I	I	F	F	I	I	I	I	F	F
2.000	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	F
2.500	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
3.000	II	II	I	I	I	I	II	I	I	I	I	I
3.500	II	II	II	II	I	I	II	II	II	I	I	I
4.000	II	II	II	II	II	I	II	II	II	II	I	I
4.500	III	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	I
5.000	III	III	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
5.500	III	III	III	III	II	II	III	II	II	II	II	II
6.000	III	III	III	III	III	III	III	III	III	II	II	II
6.500	IV	III	III	III	III	III	III	III	III	III	II	II
7.000	IV	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III	III	II
7.500	IV	IV	IV	IV	IV	III	IV	III	III	III	III	III
8.000	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III	III	III	III
8.500	V	V	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III	III
9.000	V	V	V	V	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III
9.500	V	V	V	V	V	V	V	IV	IV	IV	IV	IV
10.000	-	-	-	-	-	-	V	V	V	IV	IV	IV
10.500	-	-	-	-	-	-	V	V	V	V	IV	IV
11.000	-	-	-	-	-	-	V	V	V	V	V	V
11.500	-	-	-	-	-	-	VI	V	V	V	V	V
12.000	-	-	-	-	-	-	VI	VI	VI	V	V	V
12.500	-	-	-	-	-	-	VI	VI	VI	VI	VI	V
13.000	-	-	-	-	-	-	VI	VI	VI	VI	VI	VI

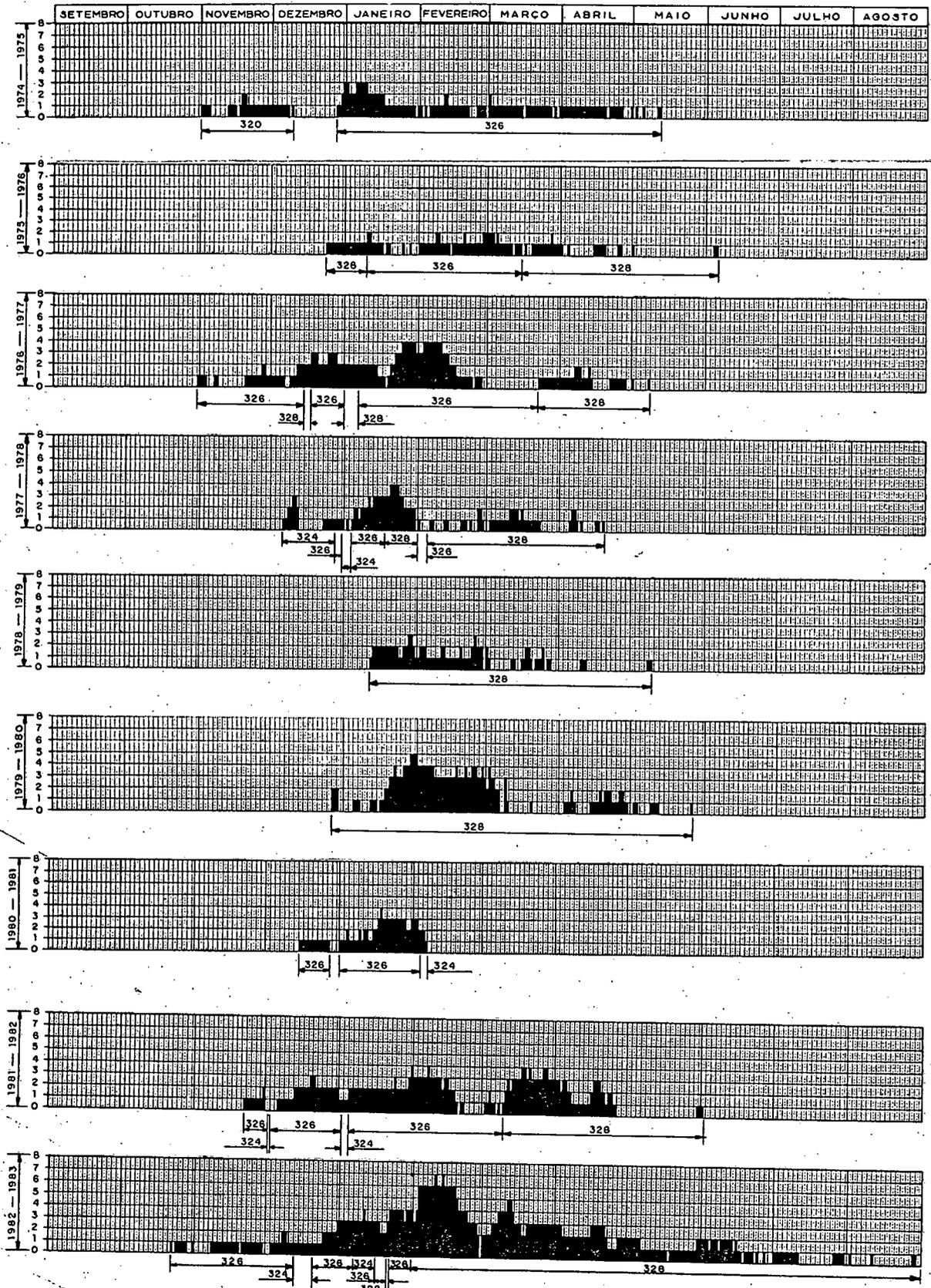
VAZÃO (m³/s)	POSIÇÃO DO GRUPO DE COMPORTAS											
	NÍVEL - 324						NÍVEL - 326					
	G4	G3	G5	G2	G6	G1	G4	G3	G5	G2	G6	G1
0	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
500	I	F	F	F	F	F	I	F	F	F	F	F
1.000	I	I	F	F	F	F	I	I	F	F	F	F
1.500	I	I	I	F	F	F	I	I	I	F	F	F
2.000	I	I	I	I	F	F	I	I	I	I	F	F
2.500	I	I	I	I	I	F	I	I	I	I	I	F
3.000	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
3.500	II	I	I	I	I	I	II	I	I	I	I	I
4.000	II	II	II	I	I	I	II	II	I	I	I	I
4.500	II	II	II	II	I	I	II	II	II	I	I	I
5.000	II	II	II	II	II	I	II	II	II	II	I	I
5.500	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	I
6.000	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
6.500	III	III	II	II	II	II	III	II	II	II	II	II
7.000	III	III	III	II	II	II	III	III	II	II	II	II
7.500	III	III	III	III	II	II	III	III	III	II	II	II
8.000	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	II	II
8.500	IV	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	II
9.000	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
9.500	IV	IV	IV	III	III	III	IV	III	III	III	III	III
10.000	IV	IV	IV	IV	IV	III	IV	IV	III	III	III	III
10.500	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III	III	III
11.000	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III
11.500	V	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
12.000	V	V	V	V	IV	IV	V	IV	IV	IV	IV	IV
12.500	V	V	V	V	V	IV	V	V	IV	IV	IV	IV
13.000	V	V	V	V	V	V	V	V	V	IV	IV	IV
13.500	VI	VI	V	V	V	V	V	V	V	V	IV	IV
14.000	VI	VI	VI	V	V	V	V	V	V	V	V	IV
14.500	VI	VI	VI	VI	V	V	V	V	V	V	V	V
15.000	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	V	V	V	V	V
15.500	VII	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	V	V	V
16.000	VII	VII	VII	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	V	V
16.500	VII	VII	VII	VII	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	V
17.000	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VI	VI	VI	VI	VI	VI
17.500	VIII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VI	VI	VI	VI
18.000	VIII	VIII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VI	VI	VI
18.500	VIII	VIII	VIII	VIII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VI	VI
19.000	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VI
19.500	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VII	VII	VII	VII	VII	VII
20.000	-	-	-	-	-	-	VIII	VIII	VII	VII	VII	VII
20.500	-	-	-	-	-	-	VIII	VIII	VIII	VII	VII	VII
21.000	-	-	-	-	-	-	VIII	VIII	VIII	VIII	VII	VII
21.500	-	-	-	-	-	-	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VII
22.000	-	-	-	-	-	-	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
22.500	-	-	-	-	-	-	IX	IX	VIII	VIII	VIII	VIII
23.000	-	-	-	-	-	-	IX	IX	IX	VIII	VIII	VIII
23.500	-	-	-	-	-	-	IX	IX	IX	IX	VIII	VIII
24.000	-	-	-	-	-	-	IX	IX	IX	IX	IX	VIII
24.500	-	-	-	-	-	-	IX	IX	IX	IX	IX	IX

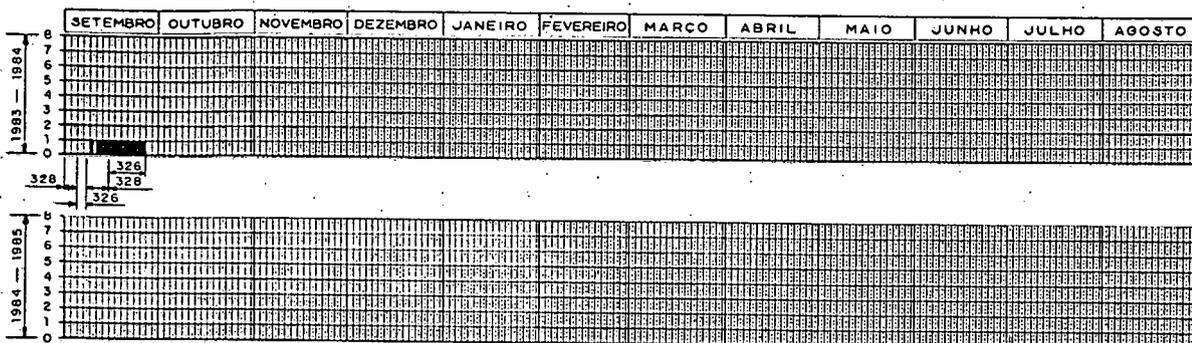
VAZÃO (m ³ /s)	POSIÇÃO DO GRUPO DE COMPORTAS					
	NÍVEL - 328					
	G4	G3	G5	G2	G6	G1
0	F	F	F	F	F	F
500	I	F	F	F	F	F
1.000	I	I	F	F	F	F
1.500	I	I	I	F	F	F
2.000	I	I	I	I	F	F
2.500	I	I	I	I	I	F
3.000	I	I	I	I	I	F
3.500	I	I	I	I	I	I
4.000	II	I	I	I	I	I
4.500	II	II	I	I	I	I
5.000	II	II	II	I	I	I
5.500	II	II	II	II	I	I
6.000	II	II	II	II	II	I
6.500	II	II	II	II	II	II
7.000	III	II	II	II	II	II
7.500	III	III	II	II	II	II
8.000	III	III	III	II	II	II
8.500	III	III	III	III	II	II
9.000	III	III	III	III	III	II
9.500	III	III	III	III	III	II
10.000	III	III	III	III	III	III
10.500	IV	III	III	III	III	III
11.000	IV	IV	III	III	III	III
11.500	IV	IV	IV	III	III	III
12.000	IV	IV	IV	IV	III	III
12.500	IV	IV	IV	IV	IV	III
13.000	IV	IV	IV	IV	IV	IV
13.500	V	IV	IV	IV	IV	IV
14.000	V	V	IV	IV	IV	IV
14.500	V	V	V	IV	IV	IV
15.000	V	V	V	V	IV	IV
15.500	V	V	V	V	V	IV
16.000	V	V	V	V	V	V
16.500	VI	VI	V	V	V	V

VAZÃO (m ³ /s)	POSIÇÃO DO GRUPO DE COMPORTAS					
	NÍVEL - 328					
	G4	G3	G5	G2	G6	G1
17.000	VI	VI	VI	V	V	V
17.500	VI	VI	VI	VI	V	V
18.000	VI	VI	VI	VI	VI	V
18.500	VI	VI	VI	VI	VI	VI
19.000	VII	VI	VI	VI	VI	VI
19.500	VII	VII	VI	VI	VI	VI
20.000	VII	VII	VII	VI	VI	VI
20.500	VII	VII	VII	VII	VI	VI
21.000	VII	VII	VII	VII	VII	VI
21.500	VII	VII	VII	VII	VII	VII
22.000	VII	VII	VII	VII	VII	VII
22.500	VIII	VIII	VIII	VII	VII	VII
23.000	VIII	VIII	VIII	VIII	VII	VII
23.500	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VII
24.000	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
24.500	IX	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
25.000	IX	IX	VIII	VIII	VIII	VIII
25.500	IX	IX	IX	IX	VIII	VIII
26.000	IX	IX	IX	IX	IX	VIII
26.500	IX	IX	IX	IX	IX	IX
27.000	IX	IX	IX	IX	IX	IX
27.500	AT	IX	IX	IX	IX	IX
28.000	AT	IX	IX	IX	IX	IX
28.500	AT	AT	IX	IX	IX	IX
29.000	AT	AT	IX	IX	IX	IX
29.500	AT	AT	IX	IX	IX	IX
30.000	AT	AT	AT	IX	IX	IX
30.500	AT	AT	AT	IX	IX	IX
31.000	AT	AT	AT	AT	IX	IX
31.500	AT	AT	AT	AT	IX	IX
32.000	AT	AT	AT	AT	IX	IX
32.500	AT	AT	AT	AT	AT	IX
33.000	AT	AT	AT	AT	AT	IX
33.500	AT	AT	AT	AT	AT	AT

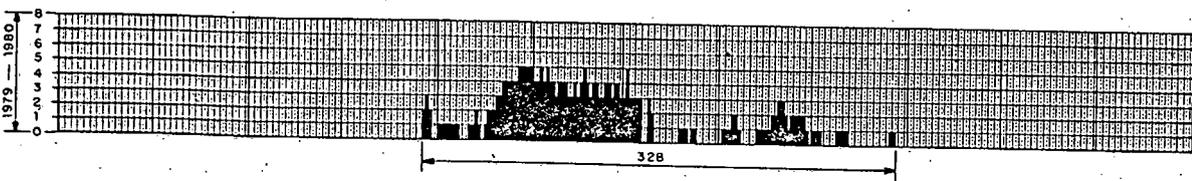
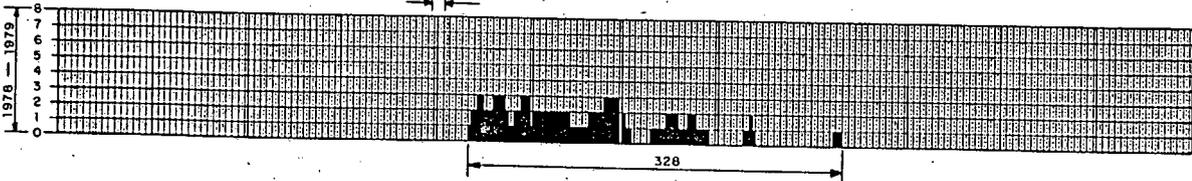
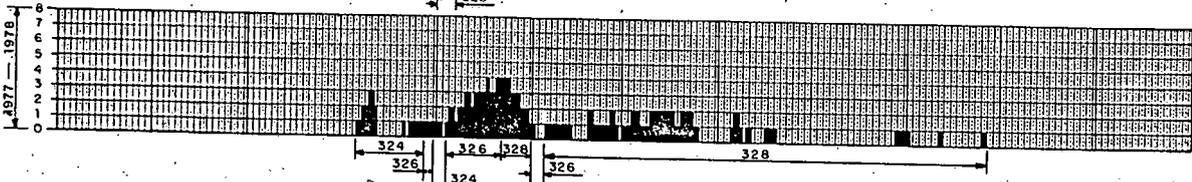
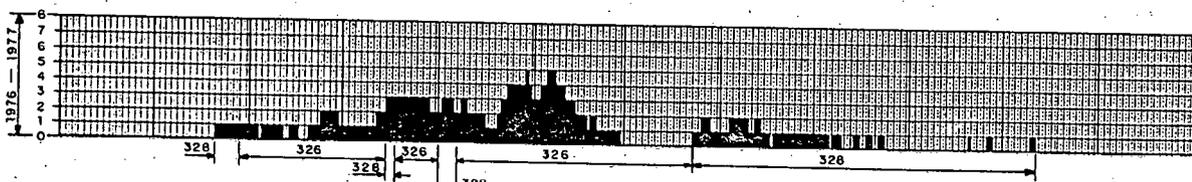
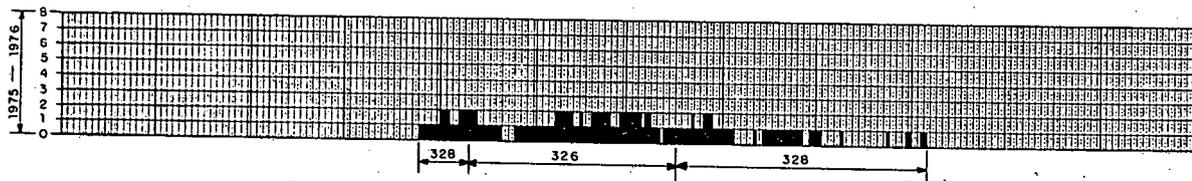
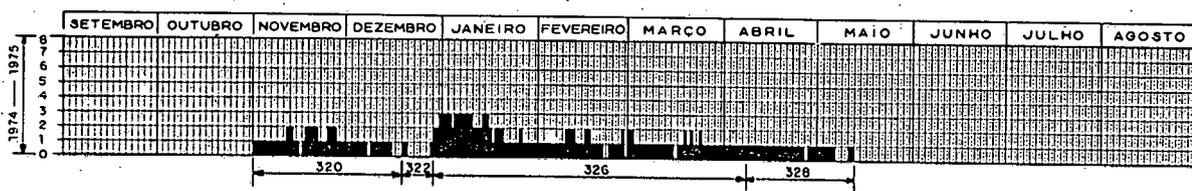
Gráficos da Posição de Abertura das Comportas

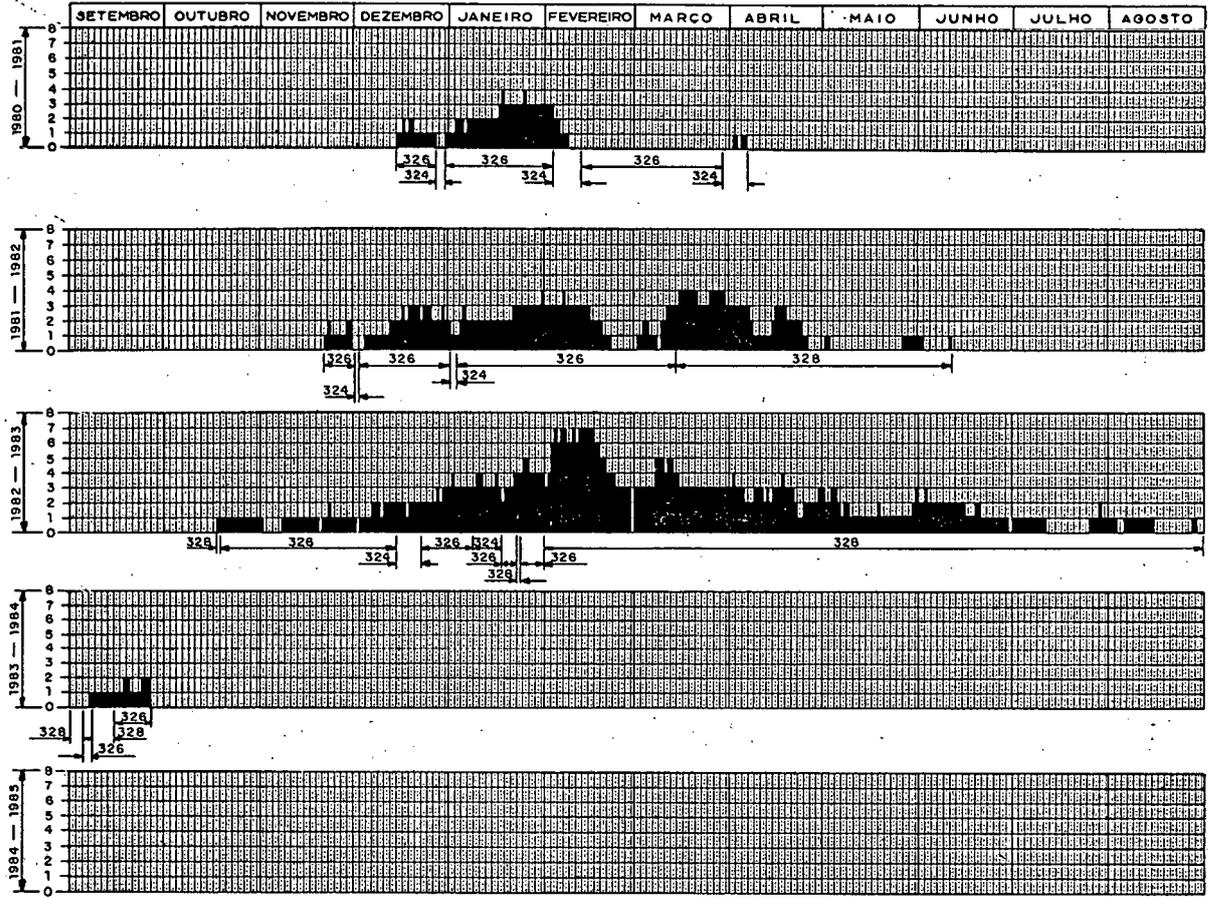
Grupo 1



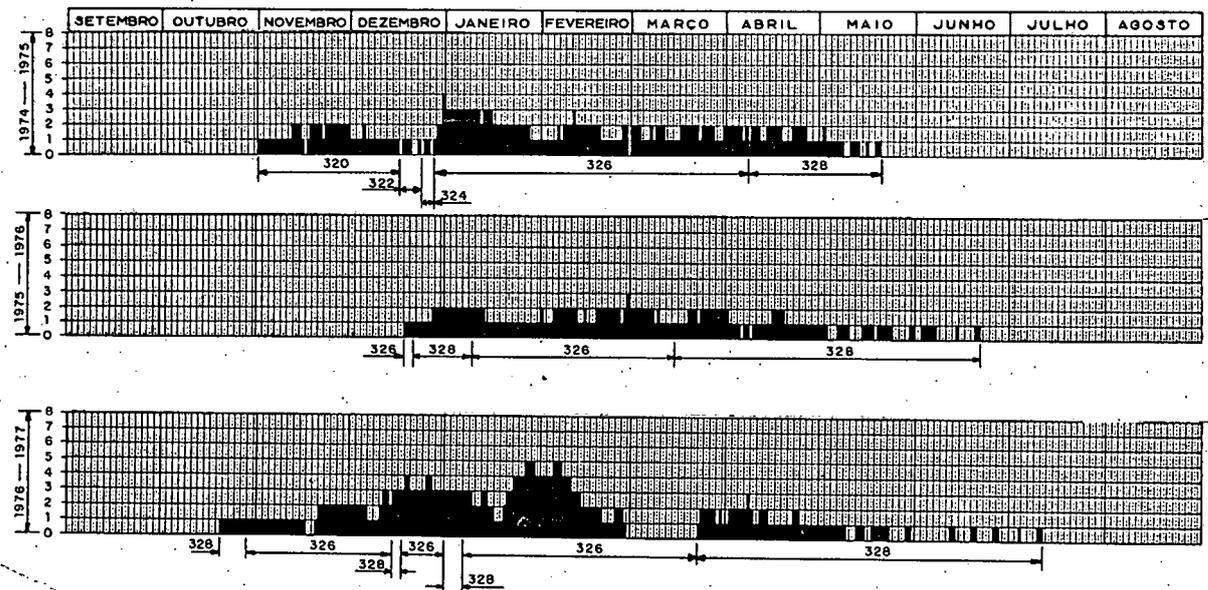


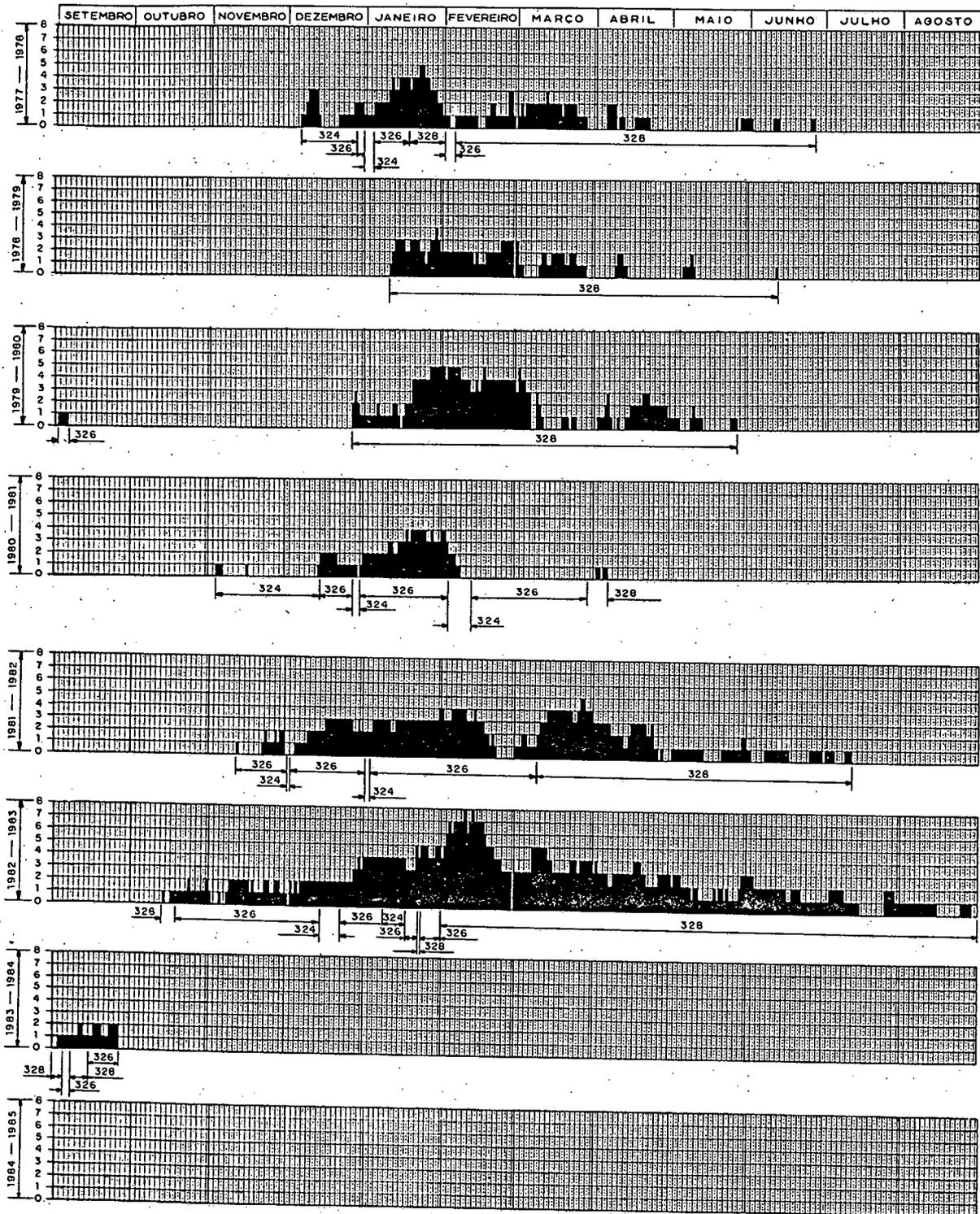
Grupo 2



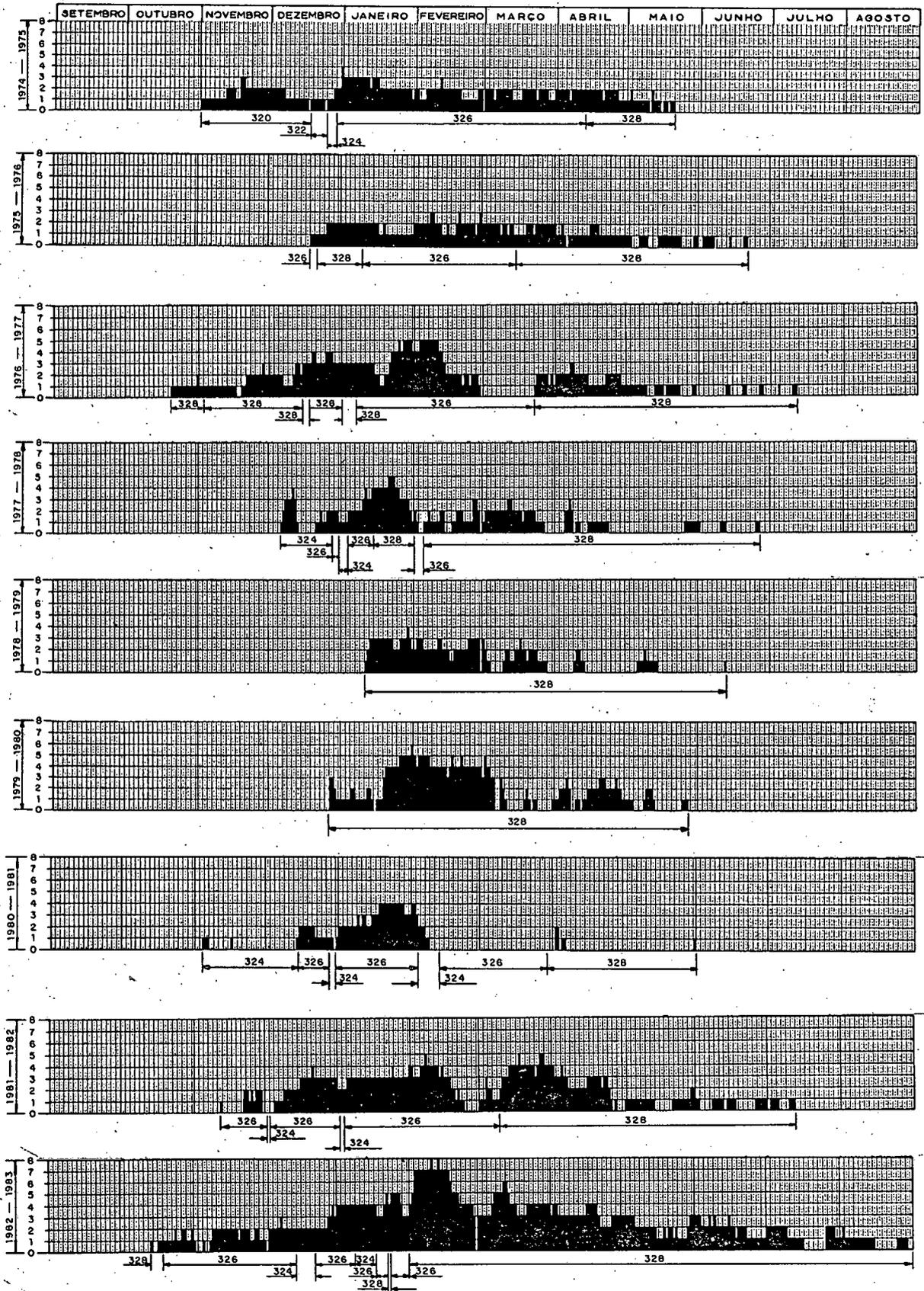


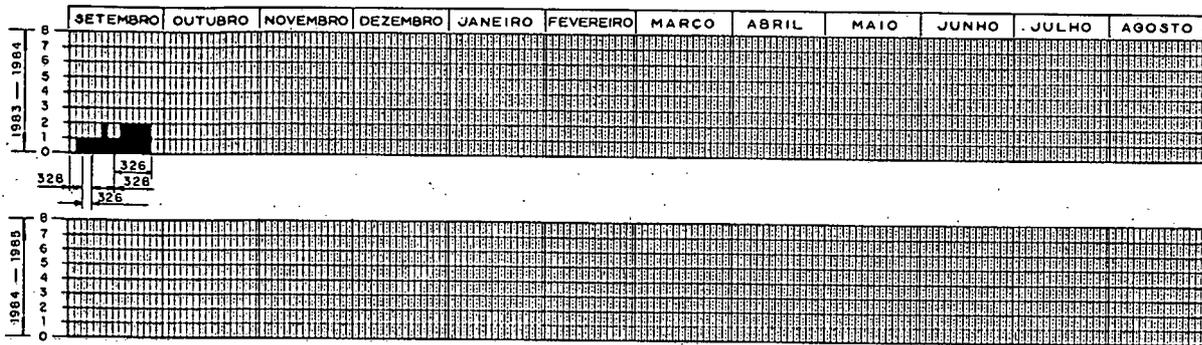
Grupo 3



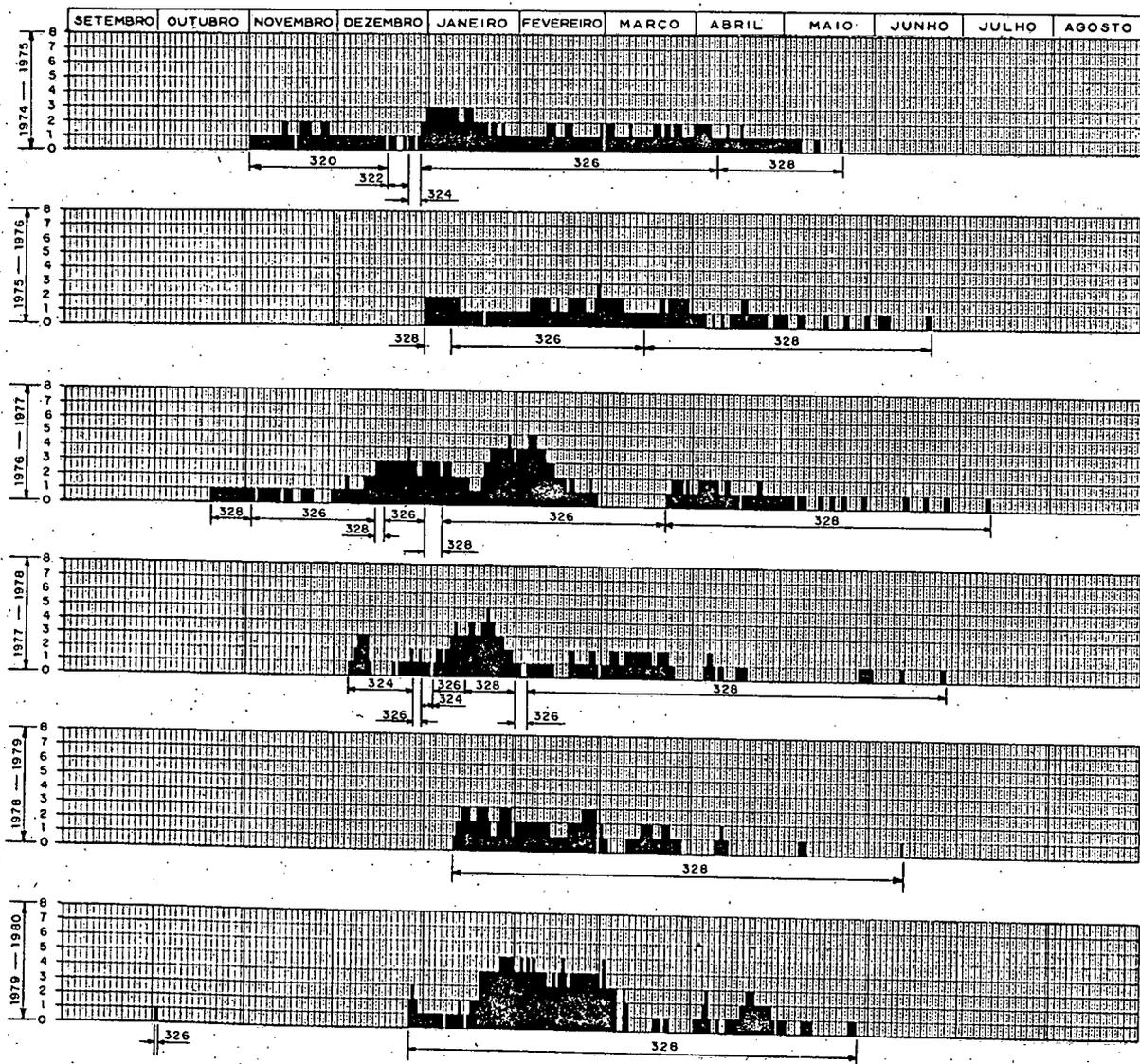


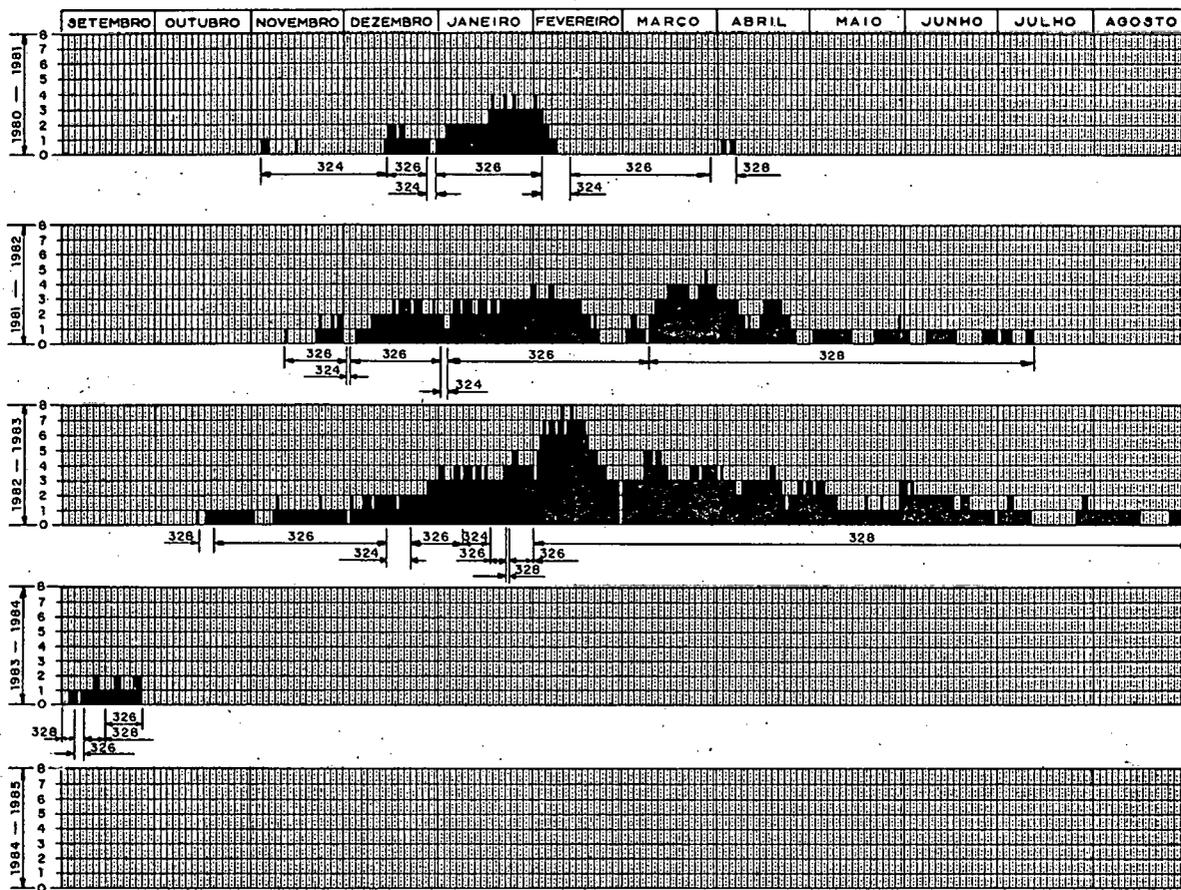
Grupo 4



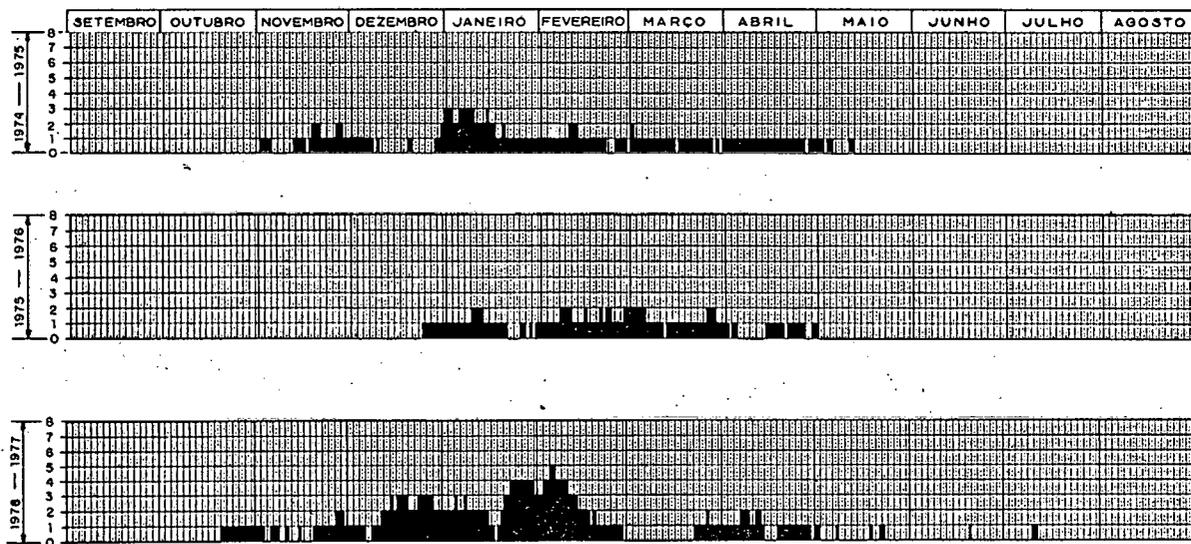


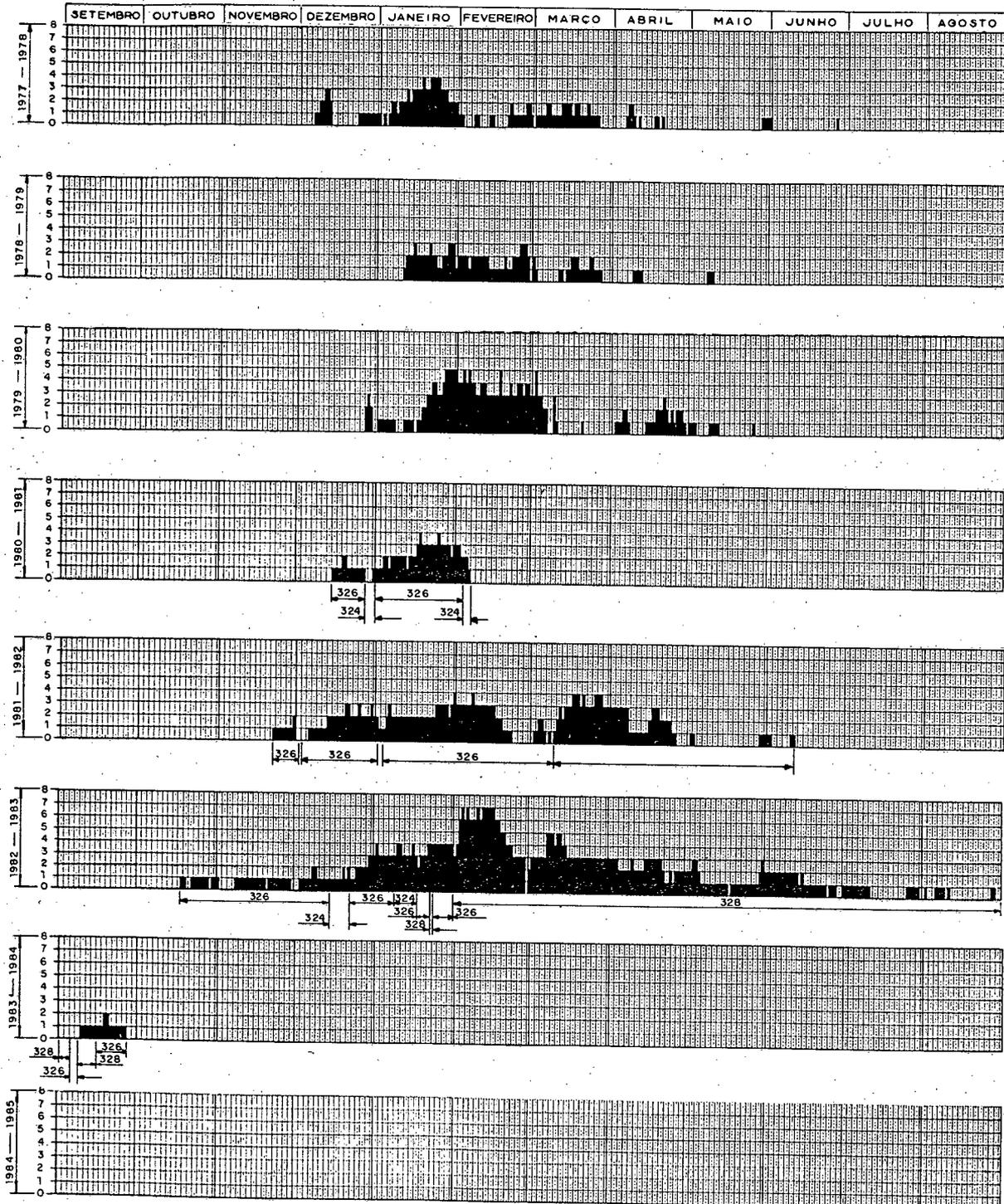
Grupo 5





Grupo 6





12 - CONCLUSÕES.

Diante das observações feitas ao longo desses anos (1974 a 1983), chegou-se às seguintes conclusões:

- Apenas a blindagem de aço resiste à cavitação, devendo porém ser melhorado o sistema de fixação entre a chapa e os chumbadores, com redução do espaçamento entre estes, e introdução do sistema de porcas conforme proposto pelo Engº Fernando de Oliveira Lemos;
- A blindagem poderá ser executada com aço maciço comum, vantajoso pela economia, rapidez dos serviços e eliminação do ponto falho representado pela ligação entre as chapas comum e inóx;
- Para aumentar a rigidez da chapa, julga-se recomendável a colocação de nervuras sob a chapa, tornando o conjunto mais monolítico e resistente a vibrações;
- Deverá ser reestudada a área de abrangência das chapas, em vista de as erosões ocorridas na última cheia terem superado as áreas previstas no projeto descrito no item 7, inclusive ficando submersas em alguns casos;
- Julga-se interessante executar um teste, em dois vãos, com chapas de aço comum maciça, com as precauções adicionais citadas nos itens anteriores, e observar seu comportamento antes de sistematizar esse procedimento;
- Enquanto não se estabelecer o sistema definitivo do processo de reparos, recomenda-se promover anualmente uma manutenção com enchimento das erosões com concreto comum;
- Deve-se estudar em modelo hidráulico uma eventual solução visando a aeração do fluxo d'água.

TRABALHARAM NA ELABORAÇÃO DESTE RELATÓRIO:

Engº Níveo Aurélio Villa

Engº Luiz Antonio Cal de Oliveira e Silva

Enc. Téc. Obras Roberto José da Silva

APRESENTAÇÃO GRÁFICA E ARTE FINAL:

Serviço de Tecnologia - Setor Técnico - EEI

IMPRESSÃO GRÁFICA :

Setor de Artes Gráficas São Paulo