

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS

OBRA: USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS

ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSAS

FOLHA

01

SETOR DE CONCRETO

**TESTES DE CONCRETAGEM E
INJEÇÃO SUBMERSA**

C - 05 - 13 - 17 - 061

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS**OBRA:** USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS**ASSUNTO:** TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA**FOLHA**

02

Í N D I C E

	PÁGINA
APRESENTAÇÃO	03
1 - OBJETIVO	04
2 - TÉCNICAS DE LANÇAMENTO	04
3 - ELABORAÇÃO DO TRAÇO DE CONCRETO	05
4 - REALIZAÇÃO DO TESTE DE CONCRETAGEM	06
4.1 - LANÇAMENTO DO CONCRETO	06
4.2 - INSPEÇÃO DO CONCRETO LANÇADO	09
5 - TESTES DE FIXAÇÃO DOS CHUMBADORES	11
5.1 - DETERMINAÇÃO DO TRAÇO DA CALDA	11
5.2 - APLICAÇÃO DA INJEÇÃO	13
5.3 - INSPEÇÃO DOS TESTES DE INJEÇÃO	14

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS	FOLHA 03
OBRA: USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS	
ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSAS	

A P R E S E N T A Ç Ã O

Este trabalho, elaborado pelos Engenheiros Luiz Carlos de Carvalho Matarazzo, Antonio Claret Migliorini e Alberto Ossamu Kawauchi, além do Encarregado Técnico de Obras Roberto José da Silva, descreve os testes realizados pela equipe do Setor de Concreto da Residência de Ilha Solteira e Três Irmãos, visando colher subsídios para os serviços de reconstituição da rocha de fundação do Muro de Separação a jusante dos Vertedouros de Superfície e Misto da Usina de Ibitinga, a qual se encontrava erodida. Apesar de posteriormente definir-se que os serviços seriam executados pela Residência de Nova Avanhandava, por sua maior proximidade de Ibitinga, julgamos oportuno divulgar os resultados obtidos nos testes por considerá-los de interesse geral.

NÍVEO AURÉLIO VILLA
ENGENHEIRO RESIDENTE

LUIZ ANTONIO CAL DE OLIVEIRA E SILVA
ENGENHEIRO SETOR DE CONCRETO

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS	FOLHA 04
OBRA: USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS	
ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA	

1 - OBJETIVO.

Tendo em vista a necessidade de se reconstituir a rocha erodida a jusante do Vertedouro de Superfície da Usina de Ibitinga, sem ensecar a área afetada, decidiu-se fazer um teste de concretagem submersa, visando a sua aplicação naquele local.

O teste foi realizado na Obra de Três Irmãos, no local da antiga Escavação Experimental, situada na Margem Direita do rio, que se encontrava inundada com 8m de coluna d'água, semelhante à situação existente nos locais de reconstituição da rocha. Além disso, o local permitia, também, que se fizesse esgotamento para inspeção visual do aspecto do concreto após ter sido lançado, conforme desenho da folha nº 17.

Nas especificações da reconstituição do leito erodido, previu-se também a colocação de chumbadores de Ø 1", cravados na rocha por meio de perfurações e fixação com injeção de resina. Diante disso, achou-se por bem realizar também esses testes, para verificação do aspecto do chumbamento e melhor metodização do esquema de trabalho.

2 - TÉCNICAS DE LANÇAMENTO.

O lançamento submerso não se deverá efetuar livremente em meio aquoso. O concreto deverá ser lançado no local de sua aplicação confinado em tubulação apropriada para esse fim, que fará sua liberação no ponto exato, considerado o ápice de sua aplicação. Essa tubulação deverá dispor de uma tremonha ou similar. Para isso, deverão ser criados dispositivos que impeçam a formação de coluna d'água no interior do tubo, quando este estiver imerso na água e devidamente posicionado

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS**OBRA:** USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS**ASSUNTO:** TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA**FOLHA**

05

no local do lançamento.

Uma vez obtida essa condição se iniciará o lançamento do primeiro traço, ficando a ponta do tubo imersa na massa de concreto para formação da coluna de concreto no interior do tubo, de maneira a vencer o empuxo d'água. Essa condição deverá ser mantida durante todo o tempo de lançamento naquele local.

Essa forma de lançamento cria uma espécie de bulbo de concreto na ponta do tubo, que vai crescendo de dentro para fora, na medida que se vai lançando o concreto, como se fosse uma bexiga. Concluído o lançamento nesse local, o tubo deverá ser mudado de lugar, tomando-se os mesmos cuidados iniciais. Essa mudança será repetida quantas vezes forem necessárias, conforme desenho da folha nº 18.

3 - ELABORAÇÃO DO TRAÇO DE CONCRETO.

Segundo a literatura que trata do assunto, o concreto considerado ideal para lançamento submerso deverá possuir alto Slump, ser bem argamassado e, conseqüentemente, ter alto teor de cimento, para que o concreto seja auto-adensável e não se altere a relação A/C.

Dentro desses requisitos foram elaborados vários traços para o concreto submerso, de maneira a ajustá-lo e adequá-lo ao nosso esquema de trabalho.

O primeiro traço foi elaborado com a utilização do aditivo super-plastificante Sikament, visando a redução da relação água/cimento (A/C).

Fazendo a utilização desse aditivo, o "Slump" do concreto normal passou de 5cm para 16,5cm no momento de sua adição. Mas isso não se manteve.

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS**OBRA:** USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS**ASSUNTO:** TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA**FOLHA**

06

Passados dez minutos, caiu para 10,50cm e, dez minutos após, para 8,5cm. Diante disso, esse traço foi descartado, não chegando nem a ser otimizado.

O segundo traço foi elaborado utilizando-se aditivos incorporador de ar Sika e retardador de pega Retard. O retardador de pega foi utilizado em todos os experimentos, pois o aumento no tempo de início de pega favorece as condições do lançamento.

COMPOSIÇÃO DO TRAÇO PARA 1m³:

- Cimento : 424 kg;
- Areia : 850 kg;
- Brita 1 : 961 kg;
- Água : 212 kg;
- Retard : 0,25 %;
- Sika AER : 0,04 %;
- Relação A/C : 0,5;
- Fck : 240kg/cm²;
- Slump : 19cm no momento do término da mistura.
Após 15 minutos caiu para 15cm;
- Ar incorporado: 12%.

Diante da grande quantidade de ar incorporado no concreto, foi eliminado o aditivo Sika AER, mantendo-se o restante da composição.

As características finais do traço passaram a ser as seguintes:

- Fck : 240kg/cm²;
- "Slump" no momento do lançamento: 17cm e após 15 minutos 11cm
- Ar incorporado : 5,2%

4 - REALIZAÇÃO DO TESTE DE CONCRETAGEM.**4.1 - LANÇAMENTO DO CONCRETO.**

O teste constituiu em fazer o lançamento do concreto através de uma tremonha, constituída

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS		FOLHA 07
OBRA:	USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS	
ASSUNTO:	TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA	

por um tubo de Ø 8" e comprimento de aproximadamente 9,00 metros, munido de chute na sua parte superior e uma "rolha" de madeira na sua extremidade inferior, para vedação de entrada d'água em seu interior, conforme desenhos das folhas nº 19 e 20.

Esse processo de vedação não atingiu os objetivos esperados. A "rolha" deveria fazer a vedação da boca do tubo, enquanto este estivesse imerso na água, aguardando a iniciação do lançamento do concreto, soltando-se dele, quando submetida à ação dessa carga. Mas isso não aconteceu. A "rolha" conseguiu fazer a vedação da boca do tubo, mas não conseguiu se soltar dele. Isso deveria acontecer quando ocorresse o içamento da tremonha cheia de concreto pelo Guindaste Austin. A tremonha foi erguida totalmente fora d'água, sem haver a liberação da rolha.

Foram tentados outros meios como, por exemplo, fazer a introdução de um vergalhão dentro do tubo, para transmissão de pressão e pancadas sobre a cabeça da "rolha". Contudo, nada foi conseguido. Assim sendo, decidiu-se dar por encerrado esse processo e lançou-se mão de outro. Desta feita, valeu-se de uma bola de papel de sacos de cimento molhados, que poderia ser melhor substituída por uma bola de borracha, colocada na parte superior do tubo, com este já imerso na água e sua extremidade inferior tocando a rocha no local do lançamento. Por cima dessa bola, foi lançado o concreto, que a fez descer comprimida entre o concreto e o empuxo da água até ser liberada pela extremidade, com um pequeno levantamento da tremonha.

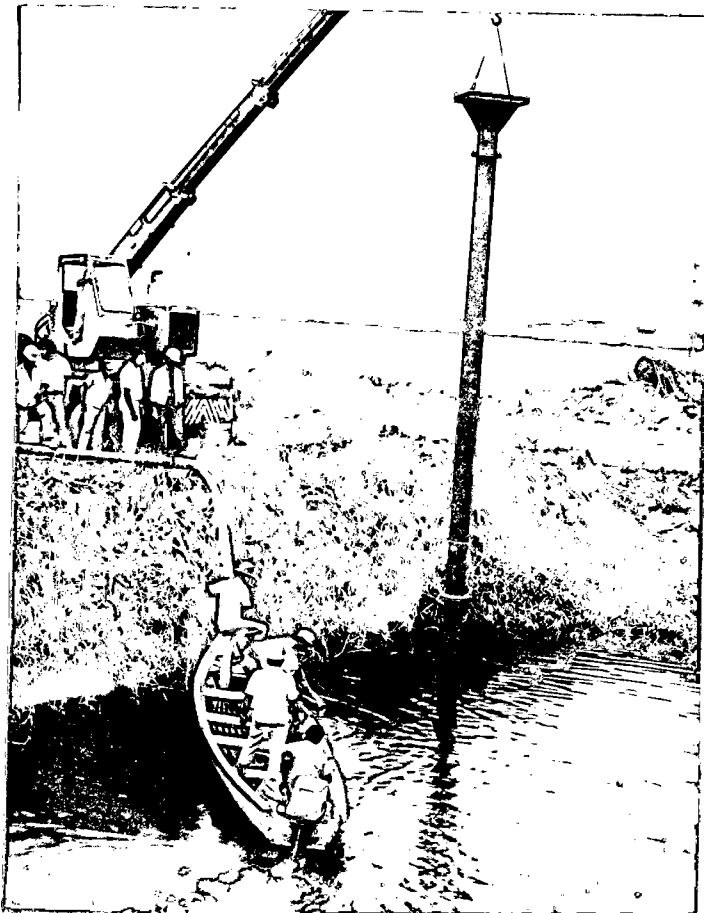
APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS**OBRA:** USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS**ASSUNTO:** TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA**FOLHA**

08

Depois dessa fase, o tubo permaneceu com a ponta imersa no concreto, tendo seu interior cheio durante todo o tempo do lançamento, sem que houvesse, portanto, contato direto do concreto com a água, enquanto durou o lançamento.

Para o lançamento do concreto na tremonha, foi utilizada uma bomba de concreto, conforme foto abaixo.

O volume total lançado foi de $6m^3$.



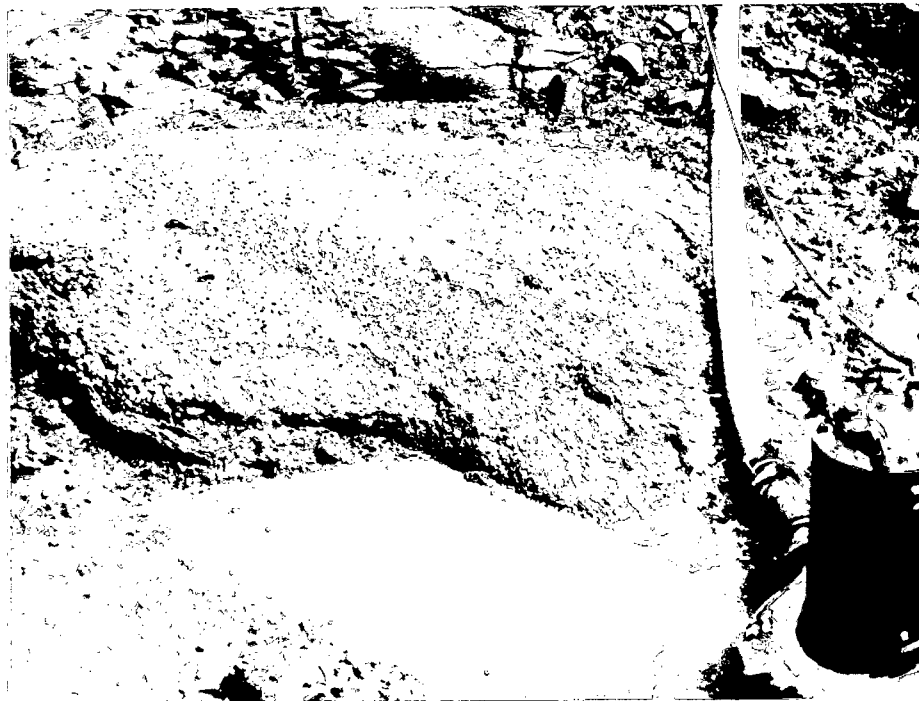
Posicionamento da tremonha com auxílio do Guindaste Austin. Ao lado encontra-se a tubulação da bomba de concreto.

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS**FOLHA****OBRA:** USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS**ASSUNTO:** TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA

09

4.2 - INSPEÇÃO DO CONCRETO LANÇADO.

Depois de três dias, a lagoa foi esgotada e foi inspecionado o bloco de concreto, quando pôde ser observada sua forma e algumas características da sua superfície. O concreto parecia bem adensado, apresentando uma superfície um pouco rugosa, mas não deixando transparecer que estivesse fraca ou lavada, conforme foto abaixo e da folha seguinte.



Vista do concreto após o esgotamento da lagoa.

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS**OBRA:** USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS**ASSUNTO:** TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA**FOLHA**

10



Vista em detalhe do concreto executado.

A única parte que assim pareceu foi a do local de introdução do tubo, devido à sua retirada no final da concretagem, onde se viu uma superfície de coloração um pouco diferente das demais. Ali, supõe-se que tenha havido uma pequena desagregação, provocada pela queda livre do concreto, ficando uma parte do cimento em suspensão na água que foi sedimentada posteriormente.

Quanto à forma do bloco, esta foi prejudicada pela existência de uma camada de lama sobre a rocha, que serviu de calço durante a formação do

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS	FOLHA 11
OBRA: USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS	
ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA	

talude do concreto. A extensão ocupada pelo concreto, em relação ao seu ponto de aplicação, foi de aproximadamente quatro metros, com altura máxima de cerca de meio metro. De uma maneira geral, a concretagem foi considerada boa. O que ficou pendente, foi o aprimoramento do sistema de vedação da extremidade inferior do tubo, assim como da utilização da bola de borracha, de maneira a facilitar o lançamento nessa fase que é considerada crítica.

5 - TESTES DE FIXAÇÃO DOS CHUMBADORES

5.1 - DETERMINAÇÃO DO TRAÇO DA CALDA.

Apesar da especificação ter indicado o uso de resina para injeção dos furos executados na rocha para fixação dos chumbadores, decidiu-se substituí-la pela calda de cimento. Para isso foram estudados três tipos de calda:

- Calda com acelerador de pega Sika-set;
- Calda com plastificante Plastiment BV-40;
- Calda sem aditivo.

Dentre esses três tipos, optou-se para serem usados no teste a calda com acelerador de pega e a calda sem aditivo.

Seus traços foram:

a) Calda com acelerador de pega.

- Relação A/C : 0,38;
- Acelerador de pega Sika-set: 1:6 com relação a água;
- Sedimentação : 1%;
- Fluidez com relação ao tempo de repouso:

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS**FOLHA****OBRA:** USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS

12

ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA

TEMPO DE REPOUSO (MINUTO)	FLUIDEZ (SEGUNDO)	TEMPERATURA AMBIENTE °C	TEMPERATURA CALDA °C
0	8,2	23,0	24,5
15	8,8	23,5	24,0
30	9,0	24,0	23,0
45	9,0	25,5	23,5
60	9,0	26,0	23,0

b.) Calda sem aditivo.

- Relação A/C : 0,38;
- Sedimentação : 1,25%;
- Fluidéz com relação ao tempo de repouso:

TEMPO DE REPOUSO (MINUTO)	FLUIDEZ (SEGUNDO)	TEMPERATURA AMBIENTE °C	TEMPERATURA CALDA °C
0	10,0	31,0	29,0
15	11,2	32,0	27,0
30	12,0	32,0	27,0
45	12,8	32,0	26,0
60	14,1	32,0	26,0

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS**OBRA:** USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS**ASSUNTO:** TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA**FOLHA**

13

5.2 - APLICAÇÃO DA INJEÇÃO.

Para a execução dos testes, foram preparados três tubos de PVC com diâmetro de 60mm, que foram imersos na água, com altura de seis metros, ficando com as suas extremidades superiores fora d'água.

Como a especificação previa comprimento de ancoragem dos chumbadores na rocha igual a dois metros, os tubos foram preparados de maneira a apresentar essa condição. Para isso, foram tamponadas suas extremidades inferiores e, na altura de 2,05 metros, foram abertas janelas para transbordamento da calda, servindo de limitador da altura desse chumbamento.

Um dos tubos foi utilizado para injeção com calda sem aditivo e posterior introdução do chumbador.

O segundo, usado para operação inversa, ou seja, injetar a calda depois do chumbador já posicionado em seu lugar.

O último foi usado para teste de injeção com a calda aditivada e com a colocação prévia do chumbador.

Para execução da injeção, utilizou-se de uma bomba manual munida de misturador e mangueira de \emptyset 1".

Para introdução da calda no interior dos tubos de PVC, já devidamente posicionados no lago, utilizou-se de um tubo de PVC de \emptyset 1/2", munido com um engate rápido em uma de suas pontas.

Esse tubo era manuseado em conformidade com a seqüência dos serviços descrita a seguir:

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS	FOLHA 14
OBRA: USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS	
ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA	

- a) Preparar a calda utilizando o próprio misturador de bomba;
- b) Engatar o cano de PVC de 1/2" na extremidade da mangueira da bomba;
- c) Encher a mangueira e o cano de calda, fazendo-a sair pela extremidade;
- d) Colocar uma rolha de cortiça na ponta livre do cano;
- e) Desengatar o cano da mangueira e colocar outra rolha nessa ponta;
- f) Levar o tubo de PVC no local da injeção e introduzi-lo no furo até o fundo;
- g) Retirar a rolha da extremidade superior;
- h) Engatar novamente a mangueira da bomba nesta ponta;
- i) Observar o volume da calda existente no misturador da bomba;
- j) Iniciar o serviço de enchimento do furo através da bomba manual, fazendo a expulsão da rolha da extremidade inferior com a pressão da própria calda;
- l) Parar o bombeamento quando atingido pelo menos 1,5 vezes o volume teórico do furo, através de medição da calda no misturador da bomba;
- m) Desengatar a mangueira do cano de PVC e retirá-lo lentamente do interior do furo, dando por encerrado o serviço de chumbamento.

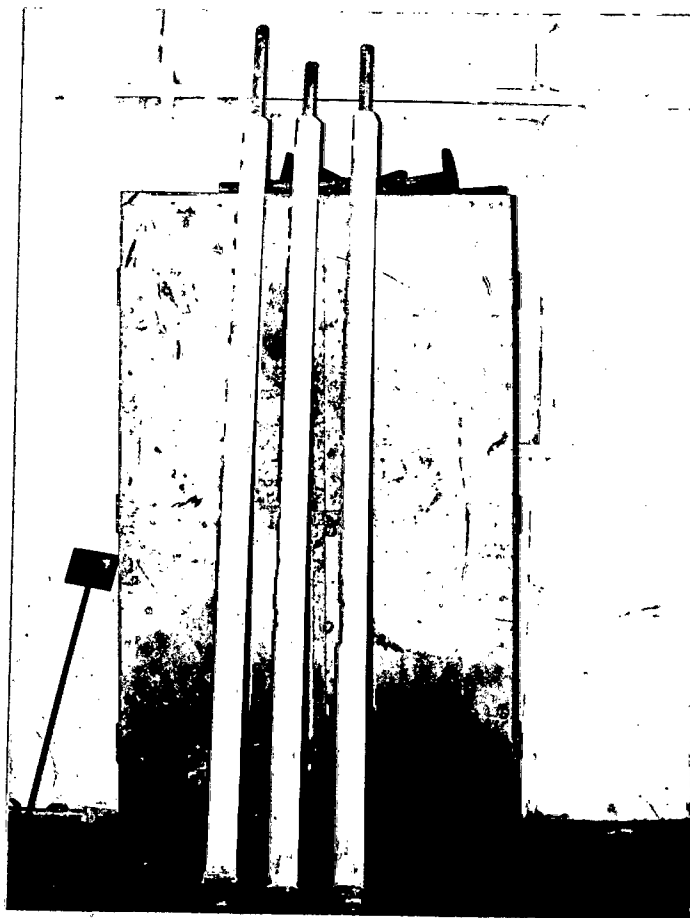
5.3 - INSPEÇÃO DOS TESTES DE INJEÇÃO.

A qualidade da injeção foi considerada perfeita

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS**OBRA:** USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS**ASSUNTO:** TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA**FOLHA**

15

nos três casos. A única anormalidade notada, foi a presença de fissuras ao longo do cilindro injetado com calda contendo aditivo acelerador de pega. Ver fotos abaixo. No mais atendeu-se requisitos desejados.



Vista dos três tubos injetados.

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS

OBRA: USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS

ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA

FOLHA

16



Vista em detalhe dos tubos injetados.

Nota-se o fissuramento ocorrido no tubo injetado com calda, contendo acelerador de pega.

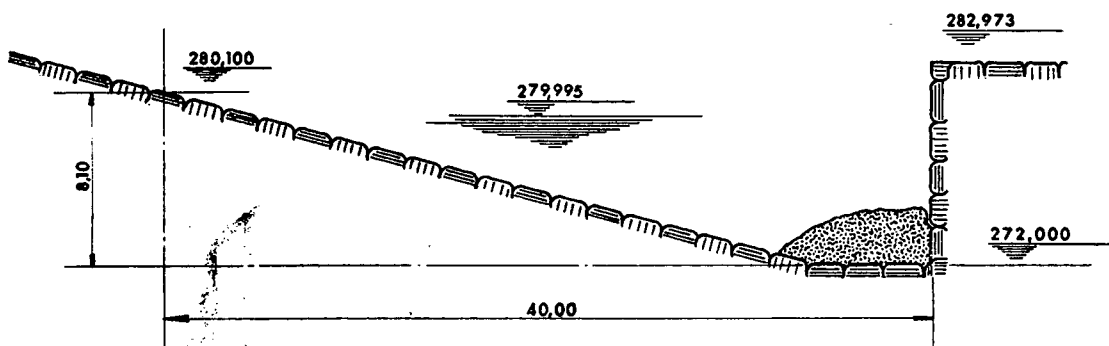
APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS

OBRA: USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS

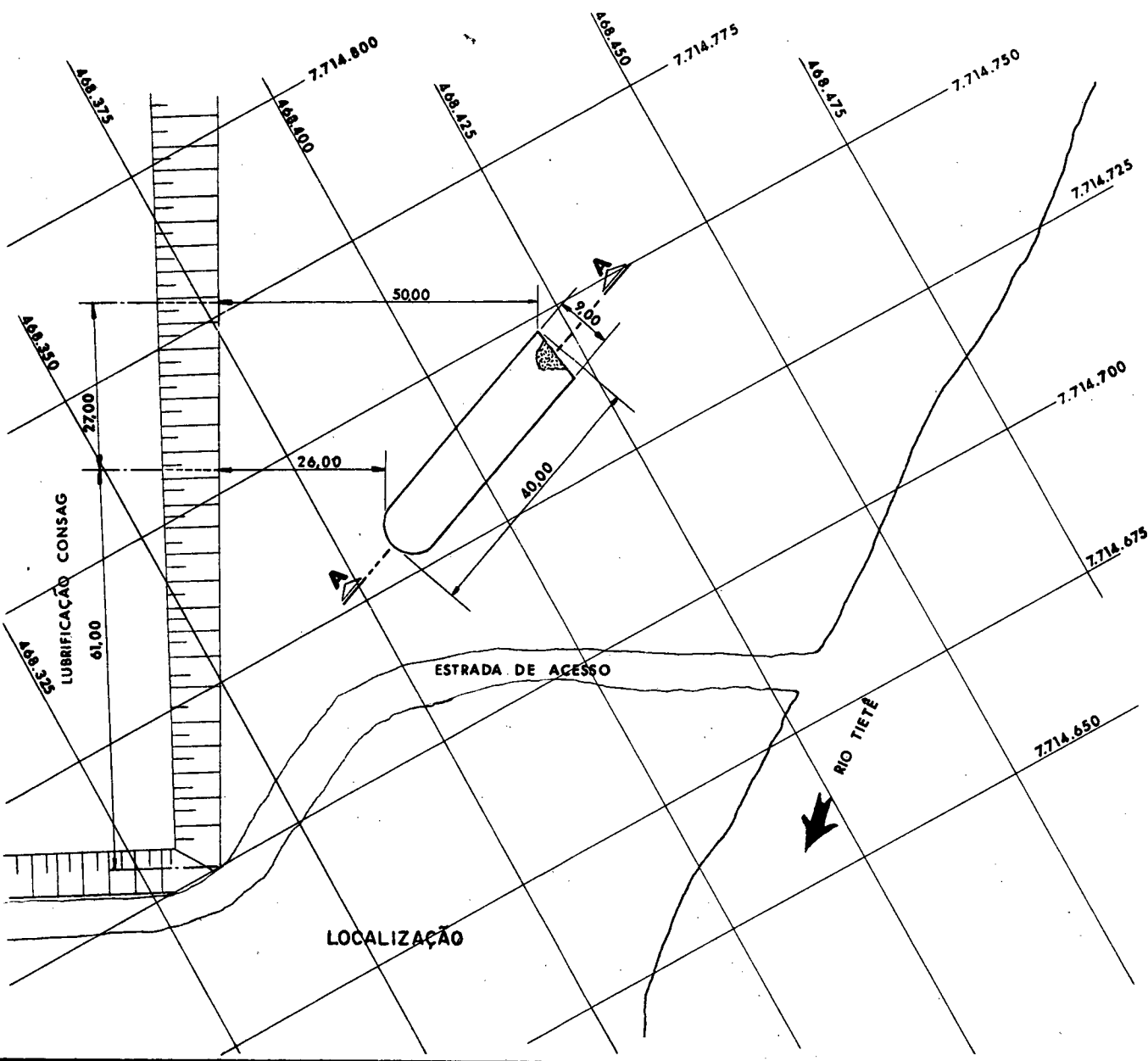
ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA

FOLHA

17



CORTE A-A



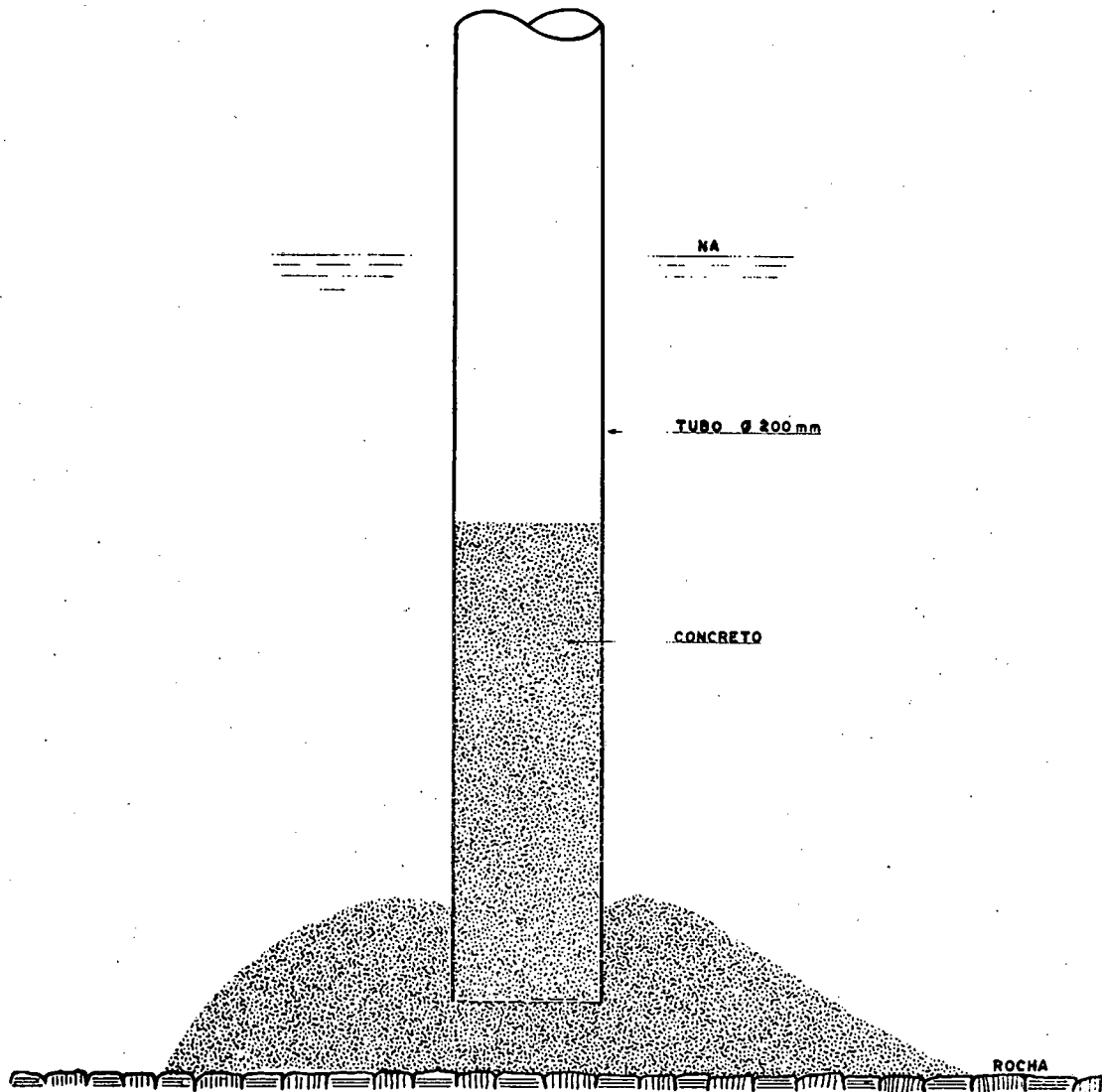
APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS

OBRA: USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS

ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA

FOLHA

18



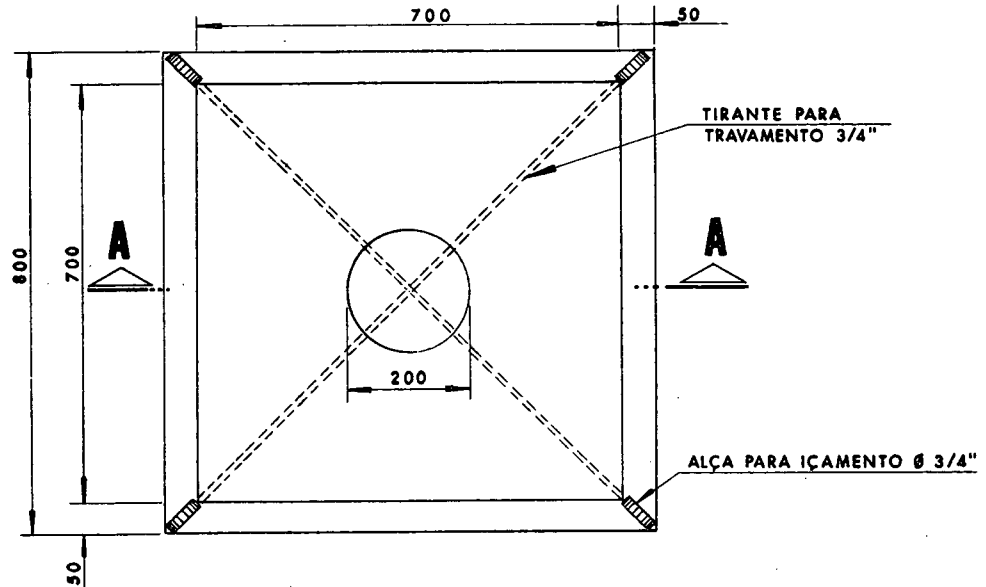
APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS

OBRA: USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS

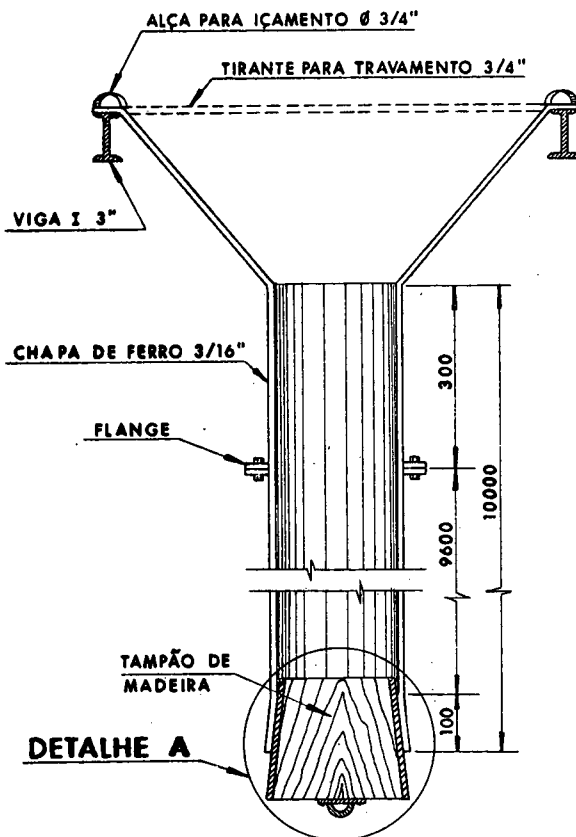
ASSUNTO: TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA

FOLHA

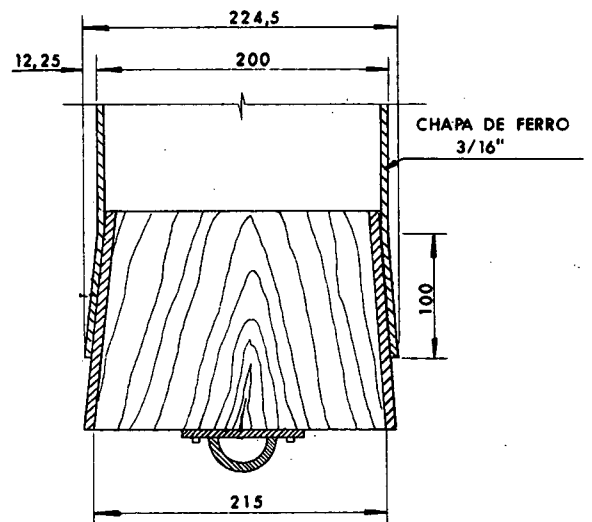
19



Planta



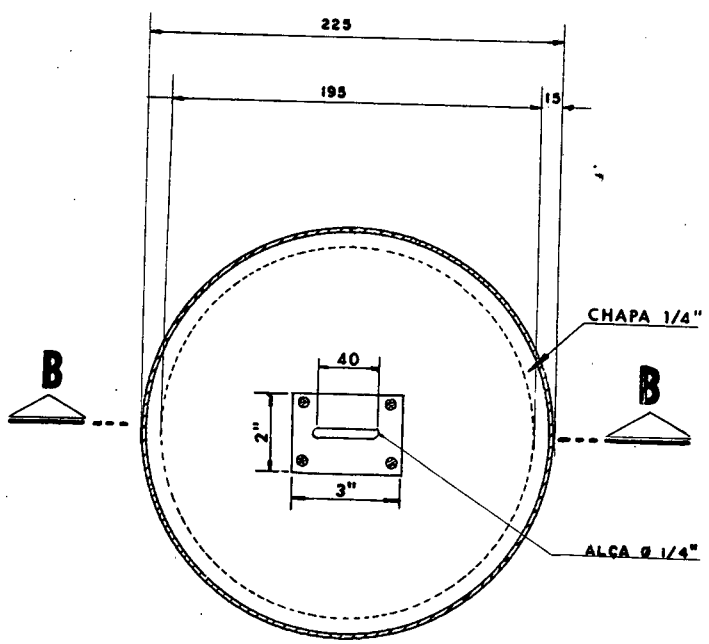
Corte A-A



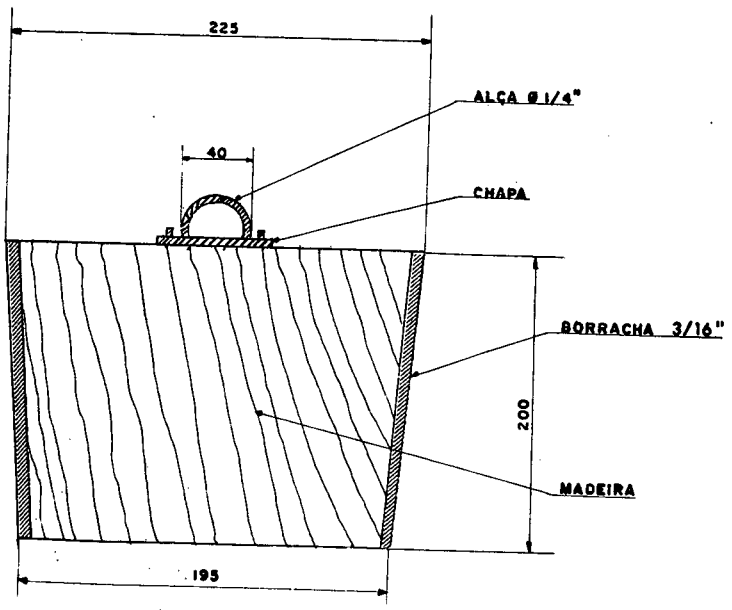
Detalhe A

Tremonha para Concretagem Submersa

APROVEITAMENTO MÚLTIPLO TRÊS IRMÃOS		FOLHA 20
OBRA:	USINA HIDROELÉTRICA TRÊS IRMÃOS	
ASSUNTO:	TESTES DE CONCRETAGEM E INJEÇÃO SUBMERSA	



Planta



Corte B-B