

**PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES
DO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE DE
ILHA SOLTEIRA**

**CENTRAIS ELÉTRICAS DE SÃO PAULO S.A.
DIRETORIA DE CONSTRUÇÕES**

JANEIRO / 75

ENG^o MÁRCIO H. G. PAGNANO
ENG^o FRANCISCO R. ANDRIOLO

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 2 de
	DES. Nº TC - 03	

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

Handwritten signature
20/06
75

1 - ÍNDICE

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL 3 de
	DES Nº	TC - 03

1 - ÍNDICE

1. ÍNDICE
2. SUMÁRIO
3. INTRODUÇÃO
4. DADOS INFORMATIVOS
5. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA
 - 5.1 - Generalidades
 - 5.2 - Detalhes de Construção e Locação dos Cabos
 - 5.2.1 - Cabos Verticais
 - 5.2.2 - Cabos Horizontais da viga de apoio do Munhão
 - 5.2.3 - Cabos Longitudinais de fixação da viga Munhão ao Pilar.
6. ESCOLHA DO SISTEMA
7. ESTUDOS PRELIMINARES
 - 7.1 - Generalidades
 - 7.2 - Famílias de Caldas
 - 7.2.1 - Fluidez
 - 7.2.2 - Estabilidade
 - 7.2.3 - Resistência a Compressão
 - 7.2.4 - Ausência de Agentes Agressivos
 - 7.2.5 - Tempo de Pega
 - 7.2.6 - Densidade
 - 7.2.7 - Viscosidade Plástica e Limite de Escoamento
 - 7.3 - Ensaio de Serviço Simulado
 - 7.4 - Escolha das Caldas
8. ACOMPANHAMENTOS
 - 8.1 - Cuidados durante a Concretagem
 - 8.1.1 - Fase anterior a Concretagem
 - 8.1.2 - Fase após a Concretagem
 - 8.1.3 - Fase após a Colocação dos Cabos
 - 8.1.4 - Fase após a Protensão dos Cabos
 - 8.2 - Tolerância na Locação dos Cabos
 - 8.2.1 - Cabos Verticais
 - 8.2.2 - Cabos Horizontais da Viga Munhão

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 4 de
	DES. Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

8.2.3 - Cabos Longitudinais

8.3 - Preparação dos Cabos

8.3.1 - Recepção e Controle do Aço

8.3.2 - Corte das Cordoalhas

8.3.3 - Montagem dos Cabos

8.4 - Controle da Protensão

8.4.1 - Considerações gerais sobre o Sistema Lo-singer

8.4.2 - Sequência de serviços para a execução da Protensão

8.4.2.1 - Enfição do Cabo

8.4.2.2 - Colocação do apoio do macaco

8.4.2.3 - Colocação do macaco e cabeçote de tração

8.4.2.4 - Fixação das cunhas de tração

8.4.2.5 - Fixação das cunhas na Ancoragem Passiva.

8.5 - Protensão

8.6 - Corte das Cordoalhas

8.7 - Controle do Concreto

8.8 - Controle da Injeção

8.8.1 - Recepção do cimento

8.8.2 - Recepção do Aditivo Expansor

8.8.3 - Execução da Injeção

9. PROBLEMAS OCORRIDOS E SOLUÇÕES ADOTADAS.

9.1 - Protensão

9.1.1 - Erro na medida do alongamento

9.1.2 - Escorregamento de Cordoalhas

9.1.3 - Causas possíveis dos escorregamentos ocorridos.

9.2 - Injeção

10. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

10.1 - Protensão

10.2 - Injeção

11. RESUMO DOS SERVIÇOS DE PROTENSÃO E INJEÇÃO

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 5 de
	DES. Nº TC - 03	

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

12. RECOMENDAÇÕES

12.1 - Armadura de Protensão

12.1.1 - Propriedades Mecânicas

12.1.2 - Fornecimento do Aço de Protensão

12.1.3 - Armazenamento do Aço de Protensão

12.1.4 - Oxidação dos Aços de Protensão

12.1.5 - Bainhas do Cabo de Protensão

12.2 - Confeção dos Cabos de Protensão

12.3 - Locação das Armaduras e cuidados antes da concretagem

12.4 - Precauções durante a Concretagem

12.5 - Escolha do Sistema de Protensão

12.6 - Operações de Protensão

12.7 - Corte dos Cabos

12.8 - Definição das Famílias de Caldas

12.8.1 - Generalidades

12.8.2 - Características

12.8.3 - Materiais

12.8.3.1 - Cimento

12.8.3.2 - Aditivo

12.8.3.3 - Água

12.8.4 - Equipamentos

12.9 - Operações de Injeção

12.9.1 - Precauções Preliminares

12.9.2 - Execução da Injeção

13. COMENTÁRIOS FINAIS

14. BIBLIOGRAFIA

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
	VER.:	FL. 6 de
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº TC - 03	

2 - S U M Á R I O

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL. 7 de
	DES. Nº TC - 03	

2 - SUMÁRIO

Este trabalho resume os serviços executados para a Protensão e Injeção das Estruturas do Vertedouro de Superfície da Usina de Ilha Solteira.

Aqui são apresentados os estudos levados a efeito - para a escolha do Sistema de Protensão adotado, Família de Caldas para Injeção. São também reportados os problemas encontrados bem como as soluções propostas nas diversas fases executivas.

Mostramos também o controle executado pelas equipes da CESP - OBRA, o que nos induziu a delinear algumas recomendações sobre Protensão e Injeção.

OBRA. SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL. 8 de
TÉDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES Nº	TC - 03

3 - INTRODUÇÃO

OBRA.	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
		VER.	FL. 9 de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03

3. INTRODUÇÃO

A protensão é efetuada quando dois materiais, em solicitação, são reunidos de tal maneira que a força atuante em um deles é balanceada por uma força do outro. Então, no concreto protendido uma tensão de tração aplicada à armadura de protensão, imersa no concreto, origina esforços de compressão no concreto. A razão da protensão no concreto é para permitir suportar os esforços de tração, para os quais o concreto não possui grande capacidade.

Em outras palavras:

"Uma peça é considerada de concreto protendido quando é submetida à ação de um sistema de forças especiais e permanentemente aplicadas, chamadas forças de protensão e tais que, quando a peça é submetida à ação desse sistema de forças das cargas permanentes, acidentais, e de outros agentes, seu concreto não seja solicitado à tração ou só o seja dentro dos limites admissíveis." - P.N.B. - 116 - Cálculo de execução de obras de concreto protendido - A.B. N.T..

Isto permite-nos utilizar estruturas, ou parte dessas, mais esbeltas, e logicamente mais leves. Permite também, aos projetistas, tirar melhor proveito dos aços de alta resistência.

Hã, basicamente, dois métodos para protensão do concreto; pré-tensão e pós-tensão.

Na protensão por pré-tensão a armadura é tensionada (tracionada) antes do lançamento do concreto. Após o concreto ter adquirido resistência desejável os elementos tensores são aliviados, transferindo-se os esforços ao concreto por meio da aderência concreto-aço.

Na protensão por pós-tensão, método usualmente empregado para construções "in-situ", deixam-se dutos embutidos no concreto. Após o concreto ter adquirido resistência desejável, os elementos tensores são introduzidos nos dutos, ancorados -

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL 10 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES Nº	TC - 03

e tensionados, colocando, desta maneira, o concreto sob compressão. Os dutos, normalmente chamados "bainhas", são posteriormente injetados. Essa injeção tem o propósito de proteger a armadura contra corrosão e fornecer aderência entre os tensores e o concreto.

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 11 de
	TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03

4 - DADOS INFORMATIVOS

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER:	FL. 12 de
	TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES Nº	TC - 03

4. DADOS INFORMATIVOS

O vertedouro é uma das estruturas da Usina de Ilha Solteira que possui os seguintes dados gerais:

- Barragem de Terra

= Margem Direita

comprimento - 3 460 m

cota de coroamento - 332.00 m

cota do pé - 278.00 m

tipo - homogênea

= Margem Esquerda

comprimento - 1 800 m

cota de coroamento - 332.00 m

cota do pé - 292.00 m

tipo-mista - enrocamento e terra compactada.

- Reservatório

Área da Bacia Hidrográfica - 337.340 km²

Área na Cota 329.00 m - 1.231 km²

Volume acumulado - 21.166 x 10⁶ m³

Volume útil - 12.860 x 10⁶ m³

Nível D'água - Montante

Máximo - 329.00 m

Normal - 328.00 m

Mínimo - 320.00 m

- Aproveitamento

Queda bruta normal - 47.00 m

Vazão média anual do rio - 5.380 m³/seg

Máxima enchente observada - 19.150 m³/seg

Descarga máxima do Vertedouro - 40.000 m³/seg

Comportas do Vertedouro - 19 do tipo Setor

- Tomada D'água e Casa de Fôrça

Altura das Tomadas d'água - 56.00 m

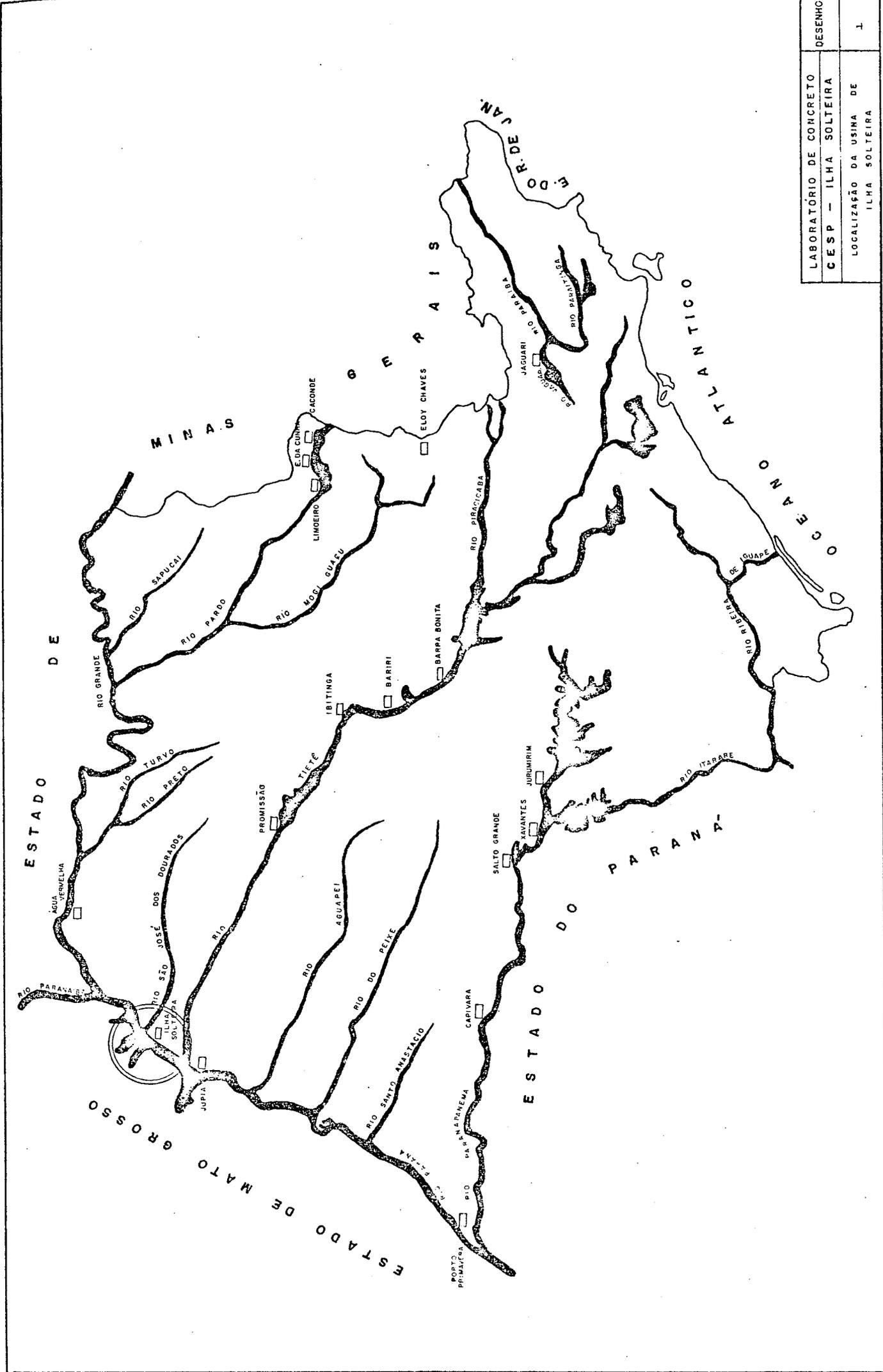
Comprimento - 628.00 m

Tipo - Gravidade

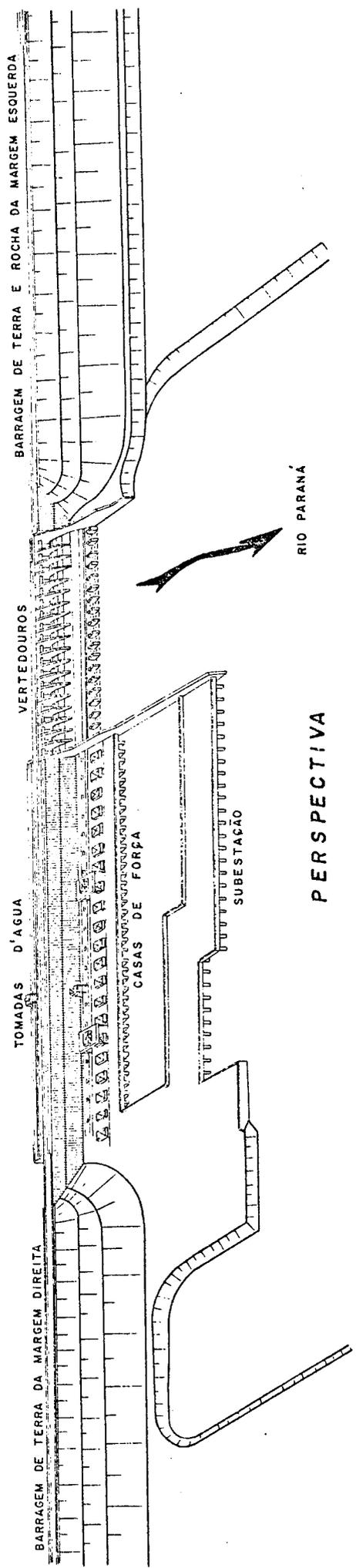
OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL. 14 de
		DES. Nº	TC - 03

- Fiscalização - CESP S/A.

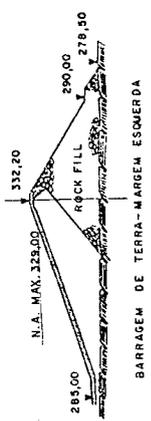
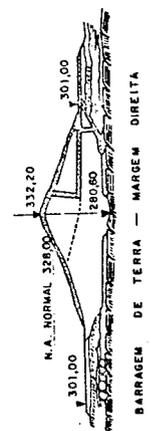
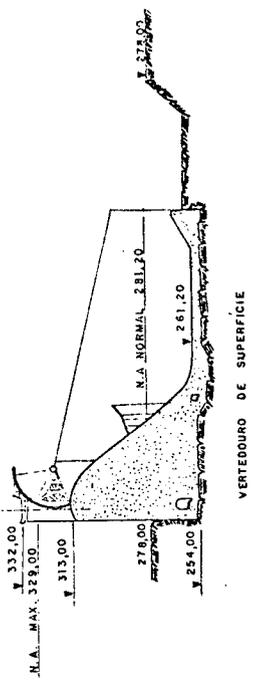
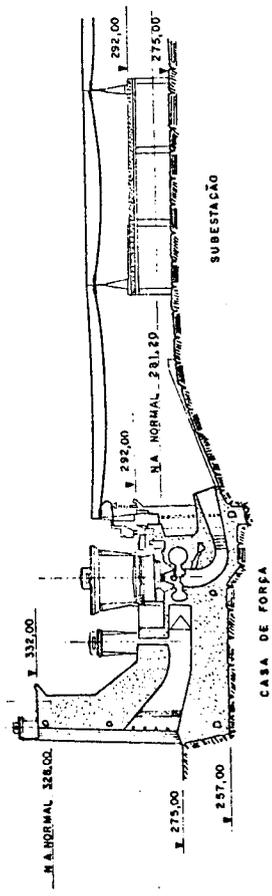
Os Desenhos 1 e 2 (folhas 15 e 16) mostram, respectivamente, a localização da Usina e as várias estruturas componentes.



LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA	
LOCALIZAÇÃO DA USINA DE ILHA SOLTEIRA	1



PERSPECTIVA



LABORATORIO DE CONCRETO	DESENHO
CE SP - ILHA SOLTEIRA	PERSPECTIVA E CORTES DA
	OBRA DE ILHA SOLTEIRA
	2

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 17 de
	DES. Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

5 - DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER	FL. 18 de
		DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

5. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

5.1 - GENERALIDADES

Como podemos observar pela fotografia 3 (folha 19) o Vertedouro de Ilha Solteira é de superfície e possui em seu perfil dentes dissipadores de energia, além de uma bacia, também, de dissipação.

No Desenho 4 apresentamos uma seção transversal, típica, do vertedouro com suas dimensões.

O Vertedouro de Superfície de Ilha Solteira, é constituído por vinte (20) pilares numerados de um a vinte (PV-1 a PV-20), formando dezenove (19) vãos, numerados de um a dezenove (VA-1 a VA-19). Como citado no item 4, possui dezenove comportas metálicas do tipo Setor, com 15 m de vão, podendo dar vazão à 40.000 m³/seg.

Os Munhões das comportas são assentados sobre uma viga de concreto armado e protendido.

Pelo Desenho 4 observamos que os esforços provenientes do carregamento hidráulico e os da comporta são lançados à viga Munhão. Esses esforços, através da Protensão Longitudinal (ou Principal, como também a denominaremos), são transferidos aos Pilares. Para um melhor trabalho da estrutura, os Pilares foram ancorados, por protensão, ao maciço propriamente dito.

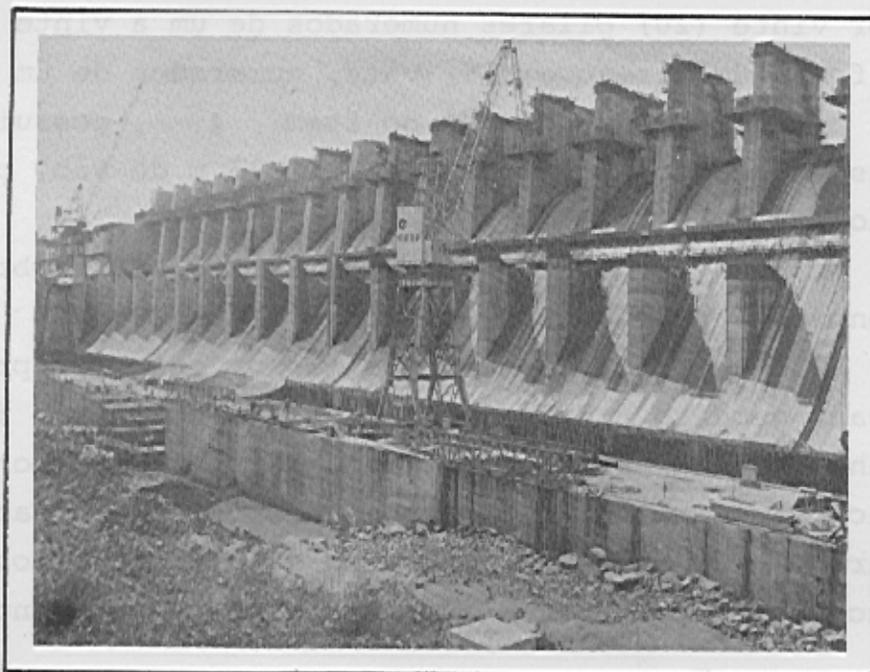
5.2 - DETALHES DE CONSTRUÇÃO E LOCAÇÃO DOS CABOS.

Pelos Desenhos 4 e 5, podemos notar, fundamentalmente, três tipos de cabos de protensão: Verticais, Horizontais da Viga de Apoio do Munhão e Longitudinais de Fixação da Viga Munhão.

5.2.1 - Cabos Verticais:

Os Cabos Verticais nos pilares externos (PV-1 e PV-20) são em número de 6 (seis) e nos pilares internos (PV-2 a PV-19) são em número de 10 (dez). São cabos verticais e retos, localizados na parte montante dos pilares. Nos PV-3, 4, 5

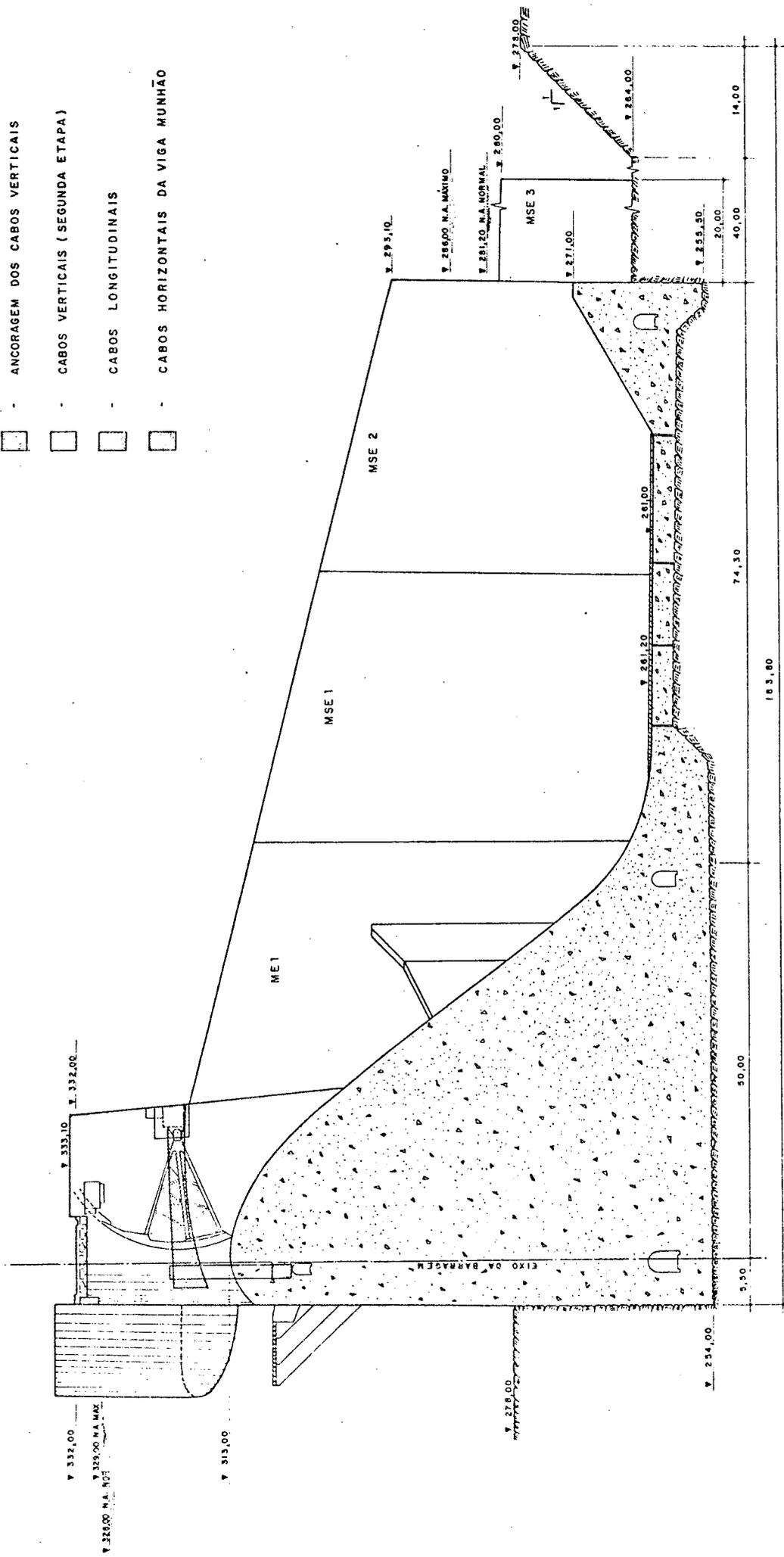
OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL. 19 de
	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 3 - Vista geral do Vertedouro.

Vendo-se: Pilares, Dentes Dissipadores e a Bacia.

- ▣ - ANCORAGEM DOS CABOS VERTICAIS
- ▣ - CABOS VERTICAIS (SEGUNDA ETAPA)
- ▣ - CABOS LONGITUDINAIS
- ▣ - CABOS HORIZONTAIS DA VIGA MUNHÃO



LABORATORIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA	
SECAO TÍPICA DO VERTEDEIRO	4

OBRA.	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES..	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER..	FL. 22 de
		DES. Nº	TC - 03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			

esses cabos vão da cota 305,50 à 328,90 m e nos PV-1, 2 e 6 a 20, vão da cota 305,50 à 325,75 m.

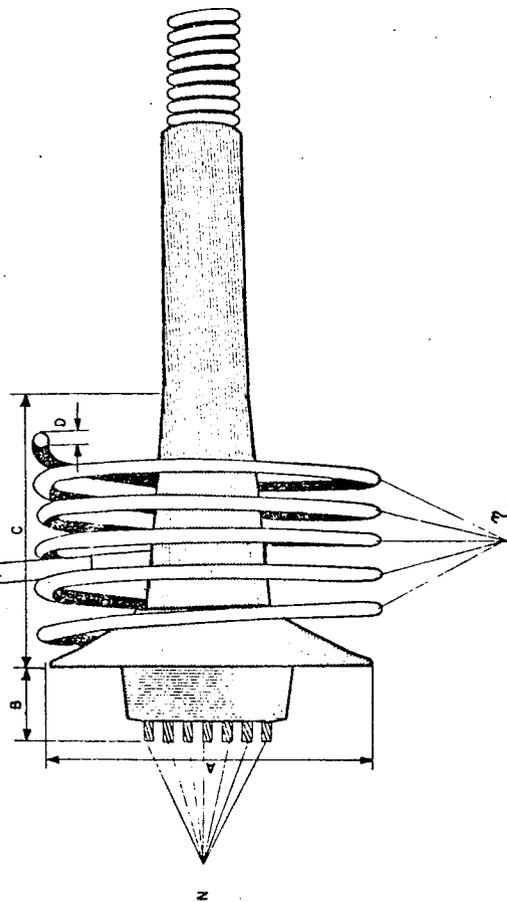
São constituídos por 19 (dezenove) cordoalhas de \varnothing (diâmetro) 12,7 mm cada. Esses cabos são ancorados por aderência através de um comprimento de ancoragem passivo situado entre as cotas 305,50 e 310,00 m. Para obter-se essa ancoragem fez-se uma injeção de calda no interior de um tubo-bainha (giro-tubo) de \varnothing (diâmetro) 7", deixado na massa do pilar. No comprimento de ancoragem por aderência as cordoalhas constituindo cada cabo dispõem de espaçadores a intervalos regulares (aproximadamente 90 cm) de maneira a impedir o agrupamento das cordoalhas e assim prejudicar a aderência. O "comprimento ativo" dos cabos está compreendido entre as cotas 310,00 e 328,90 ou 325,75 m. As ancoragens ativas Losinger VSL-E-5-19, cujas características e dimensões são mostradas no Desenho 6 (folha 23), estão colocadas nestas últimas cotas. São cabos com "Força Inicial de Protensão, NaOi", igual a 222,6 t, dando uma Tensão Inicial de Protensão (antes da cravação) de 126 kg/mm² em cada cordoalha.

5.2.2 - Cabos Horizontais da Viga de Apoio do Munhão.

Os Cabos Horizontais em cada viga Munhão são retos, horizontais, em número de 17 (dezessete), constituídos por 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm cada. São ancorados em ambas as extremidades por ancoragens VSL - E 5-12, sendo que uma delas representa a ancoragem passiva e a outra a ativa. As placas de apoio dos cabeçotes de ancoragem apoiam-se sobre as faces laterais da Viga Munhão. Os cabos dos pilares externos são mais curtos do que os dos pilares internos: 6,02 m e 7,92 m de "comprimento ativo" respectivamente. São cabos com "Força Inicial de Protensão - NaOi", igual a 145,1 t, dando uma Tensão Inicial de Protensão (antes da cravação) de 130 kg/mm² em cada cordoalha.

5.2.3 - Cabos Longitudinais de fixação da Viga Munhão ao Pilar.

TUBO PARA INJEÇÃO (OU PARA RESPIRO)



VSL	NÚMERO MÁXIMO DE CORDOALHAS N	A mm x mm	B mm	C mm	D mm	NÚMERO DE ESPIRAIS Z
E-5-1	1	80 x 80	90	-	-	-
E-5-3	3	130 x 130	90	100	8	4
E-5-7	7	190 x 190	90	140	12	5
E-5-12	12	240 x 270	90	270	16	5
E-5-19	19	310 x 310	105	280	18	5
E-5-22	22	350 x 350	115	350	18	5
E-5-31	31	400 x 400	130	360	18	5

ANCORAGEM MÓVEL VSL - TIPO E

LABORATÓRIO DE CONCRETO		DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA		
ANCORAGEM DO SISTEMA		6
LOSINGER		

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
		VER.	FL 24 de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES. Nº TC - 03	
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			

Os cabos longitudinais, nos pilares externos são em número de 12 (doze), e nos pilares internos em número de 16 (dezesesseis), todos constituídos por 27 (vinte e sete) - cordoalhas de \varnothing 12,7 mm como mostramos no Desenho 5 (folha 21), possuem inclinação e curvatura características. São ancorados em ambas as extremidades por ancoragens VSL-E-5-31, sendo que a ancoragem à montante (nicho do pilar) representa a ancoragem passiva e a de jusante (apoiada na face jusante da viga Munhão) representa a ativa. Devido a variação da inclinação e da curvatura, o "comprimento ativo" dos cabos principais é também variável. Na tabela do Desenho 7, apresentamos o comprimento desses cabos. A "Força Inicial de Protensão - NaOi" dos cabos longitudinais é de 320,2 t, dando-nos uma Tensão Inicial de Protensão de 127,5 kg/mm² em cada cordoalha de cada cabo.

Lembramos que ao usarmos as ancoragens VSL-E-5-31, com 27 cordoalhas, não utilizamos a capacidade máxima da ancoragem que é para 31 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, como mostra o Desenho 6 (folha 23).

Resumidamente apresentamos na tabela do Desenho 7 as diversas características de cada cabo.

CABO	PILAR	NÚMERO DE CABOS POR PILAR	COMPRIMENTO DO CABO (m)	ÁREA DO CABO (mm ²)	NÚMERO DE CORDOALHAS	ANCORAGEM TIPO V SL	FORÇA INICIAL DE PROTENSÃO N _{σ0i} (t)	TENSÃO INICIAL POR CORDOALHAS (Kg/mm ²)
VERTICAL	01 e 20	6	16,93	1.767	19	E-5-19	222,6	126
VERTICAL	03 - 04 - 05	10	20,08	1.767	19	E-5-19	222,6	126
VERTICAL	02 - 06 a 19	10	16,93	1.767	19	E-5-19	222,6	126
HORIZONTAL	01 e 20	17	6,02	1.116	12	E-5-12	145,1	130
HORIZONTAL	02 a 19	17	7,92	1.116	12	E-5-12	145,1	130
LONGITUDINAL	01	2 (17*-19)	24,83	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	01 - 20	1 (15)	23,23	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	01 - 20	2 (12-14)	25,23	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	01 e 20	1 (13)	24,93	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	01 e 20	2 (18-21)	24,63	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	20	1 (22)	25,86	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	20	1 (23)	25,81	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	01 e 20	1 (20)	23,13	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	01 e 20	1 (9)	25,53	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	01 e 20	1 (11)	25,33	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	01 e 20	1 (10)	23,73	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	02 a 19	2 (1-1')	25,33	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	02 a 19	2 (2-2')	23,38	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	02 a 19	2 (3-3')	25,03	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	02 a 19	2 (4-4')	24,83	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	02 a 19	2 (5-5')	22,93	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	02 a 19	2 (6-6')	24,73	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	02 a 19	2 (7-7')	24,53	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5
LONGITUDINAL	02 a 19	2 (8-8')	22,63	2.511	27	E-5-31	320,2	127,5

* - Identificação dos cabos.

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA	
CARACTERÍSTICAS DOS CABOS	7

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES..	ESC..
		VER..	FL. 27 ^{da}
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03

6. ESCOLHA DO SISTEMA:

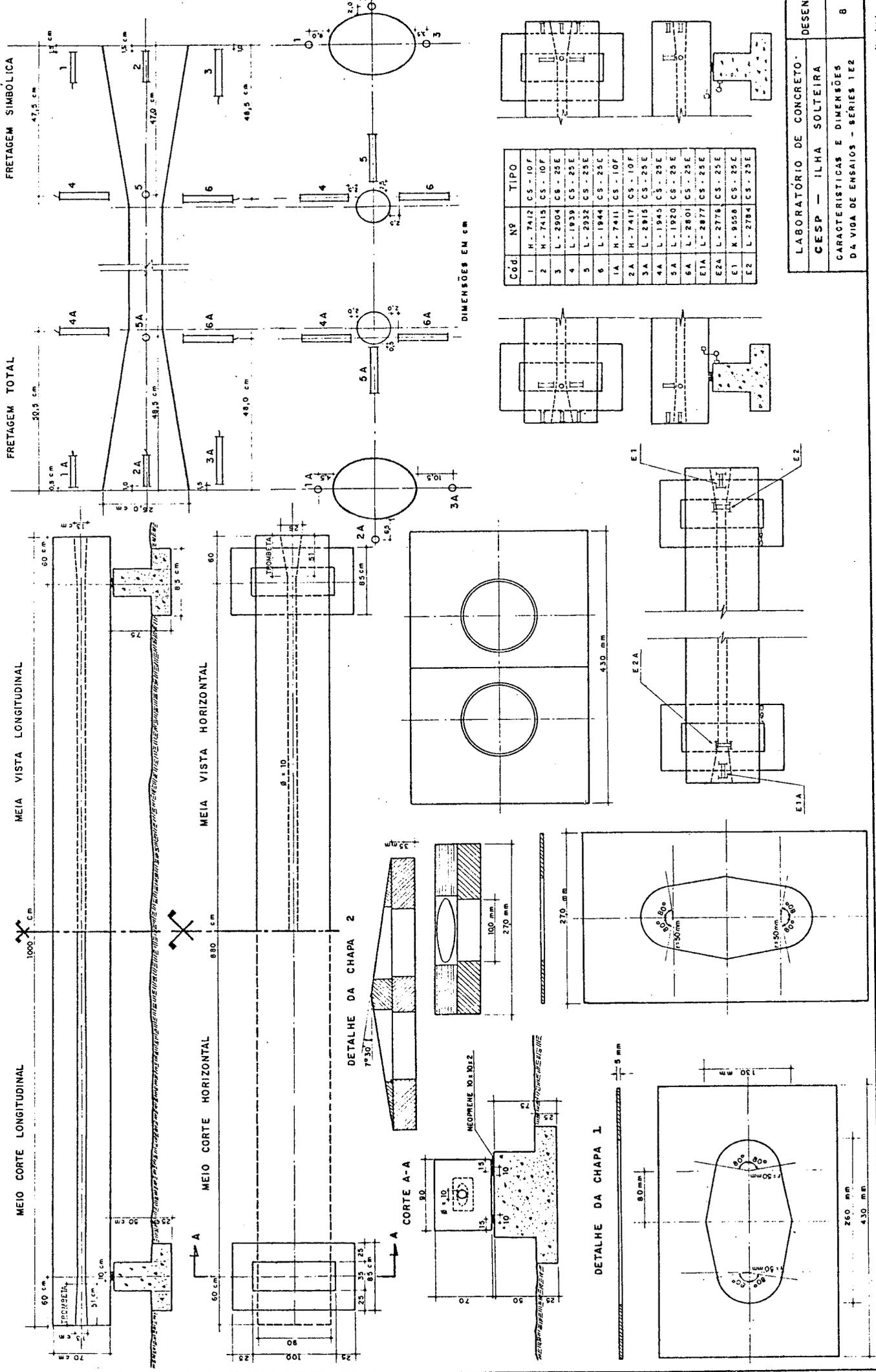
Pode-se observar pelo descrito em 5.2.3 , e também pela tabela resumo do Desenho 7 (folha 25), que necessitamos de uma "Força Inicial de Protensão - Na Oi" razoavelmente elevada, - 320,2 t. Houve então, a necessidade de se verificar o comportamento dos sistemas de Protensão quando solicitados - por tal carga.

Foram efetuados vários ensaios para se poder escolher o sistema mais adequado para as diversas Protensões no Vertedouro de Ilha Solteira. Neste ítem faremos um relato dos ensaios efetuados pelo Laboratório de Concreto da CESP, em Ilha Solteira.

O primeiro sistema a ser verificado foi o do Processo Freyssinet, utilizado através da STUP (Sociedade Técnica - para Utilização da Pré-Tensão S/A). Foram efetuadas duas séries de ensaios. A primeira com sete (7) ensaios e a segunda com nove (9) ensaios.

Para a Protensão com cargas superiores a 320 t a STUP sugeriu a utilização de um cabo constituído por 24 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm. Esse cabo , praticamente, seria duplo em relação ao convencionalmente adotado. Seria tracionado por dois macacos tipo S-6 (ver fotografia 14) para 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm cada um. Havia desta forma, a necessidade de utilização de uma bifurcação do cabo (composto por 24 cordoalhas) - na região da ancoragem, pois os macacos tracionariam 2 x 12 cordoalhas. Para resolução desse problema a STUP sugeriu a adoção de uma "Trombeta", posicionada faceando as ancoragens.

A primeira série de ensaios visava, inicialmente, verificar as deformações na região da transição entre a "Trombeta" e a Bainha (de diâmetro \varnothing = 100 mm) bem como no contato - entre a placa de apoio dos macacos e o concreto. Para isso, - moldamos a viga cujas dimensões e detalhes são vistos no Desenho 8 (folha 28). A peça foi moldada com uma bainha perdida com 100 mm de diâmetro. Essa bainha chegava até 51 cm das extremidades da viga. Nas extremidades estavam posicionadas - as "Trombetas", que serviriam para uma melhor distribuição -



Cód	Nº	TIPO
1	M-7412	CS - 10F
2	M-7415	CS - 10F
3	L-2904	CS - 25E
4	L-1939	CS - 25E
5	L-2932	CS - 25E
6	L-1944	CS - 25E
1A	M-7411	CS - 10F
2A	M-7417	CS - 10F
3A	L-2915	CS - 25E
4A	L-1945	CS - 25E
5A	L-1920	CS - 25E
6A	L-2801	CS - 25E
E1A	L-2877	CS - 25E
E2A	L-2776	CS - 25E
E1	M-9558	CS - 25C
E2	L-2784	CS - 25E

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA	
CARACTERÍSTICAS E DIMENSÕES DA VIGA DE ENSAIOS - SÉRIES 1 E 2	8

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER	FL 29 de
	DES Nº TC - 03	

dos cabos nos macacos. A "Trombêta" possuía na parte externa, - uma seção aproximadamente elíptica e a medida que se aproximava da bainha ia se tornando circular. Para a acomodação dos macacos usaram-se placas de apoio, que são mostradas no Desenho 8.

Afim de se determinar as deformações durante as várias fases dos ensaios foram colocados medidores de deformações interno e externamente à viga. No Desenho 8 (folha 28) são mostradas as posições dos medidores. As fotografias 9, 10, 11, 12 mostram-nos vários medidores tipo Carlson (Strain-Meters) colocados em diversos pontos da viga. A fotografia 13 (folha 32) - mostra um relógio comparador, posicionado externamente.

Na fotografia 14 é mostrada a situação do sistema para realização dos sete ensaios da primeira série.

Através dos três ensaios iniciais desta série, pudemos observar a necessidade de uma placa de apoio para assentamento dos macacos, afim de possibilitar uma distribuição das tensões. Essa placa deve, outrossim, ser colocada perpendicularmente ao eixo dos cabos, ou seja, de carregamento.

Durante o terceiro ensaio ao elevarmos as cargas observamos que ao se atingir 348,0 t (ou seja: para o cabo com 24 - cordoalhas de \varnothing 12,7 uma tensão no aço igual a 155,0 kg/mm²) - ocorreram várias rupturas de fios das cordoalhas. Este fato chamou-nos atenção, pois a tensão de ruptura observada estava - muito aquém da especificada para as cordoalhas tipo CP-160/180, que segundo o fabricante (Bema - Belgo Mineira) estaria além - de 180 kg/mm². Retiramos as cordoalhas rompidas e observamos - que na região de transição da Trombêta para a bainha, formaram-se sulcos pelo estiramento dos fios das cordoalhas.

Esse comportamento anormal alterou as diretrizes dos ensaios e passamos a verificar as rupturas dos cabos. Realizamos então (notas 1 e 2):

- Ensaio - 4.1 -

Colocamos um cabo composto por 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm de modo a não tocar na bainha e nem na Trombêta. Processamos o carregamento e observamos que à carga de 165,0 t (tensão no aço igual a 147,0kg/mm²)

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

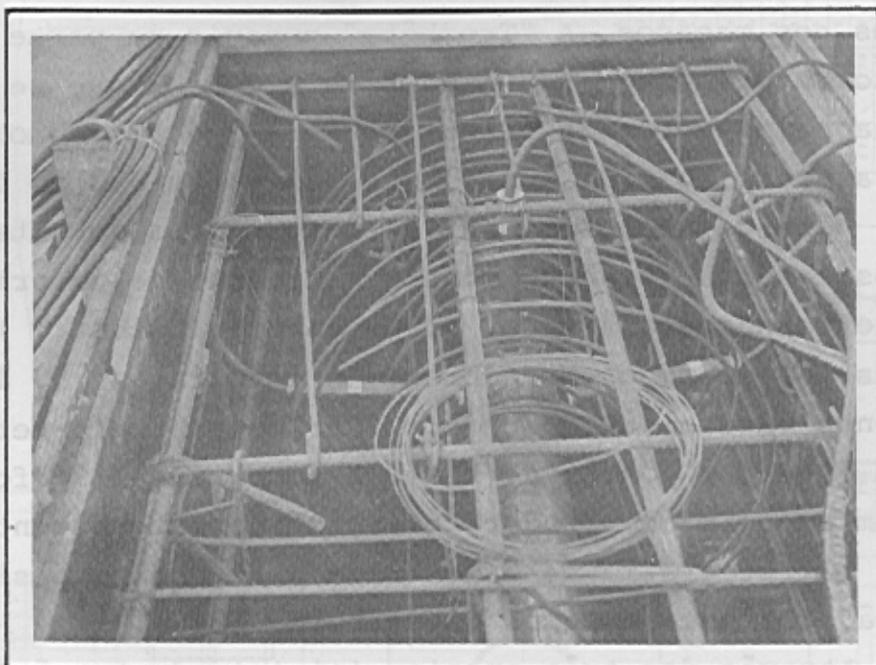
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

VER.:

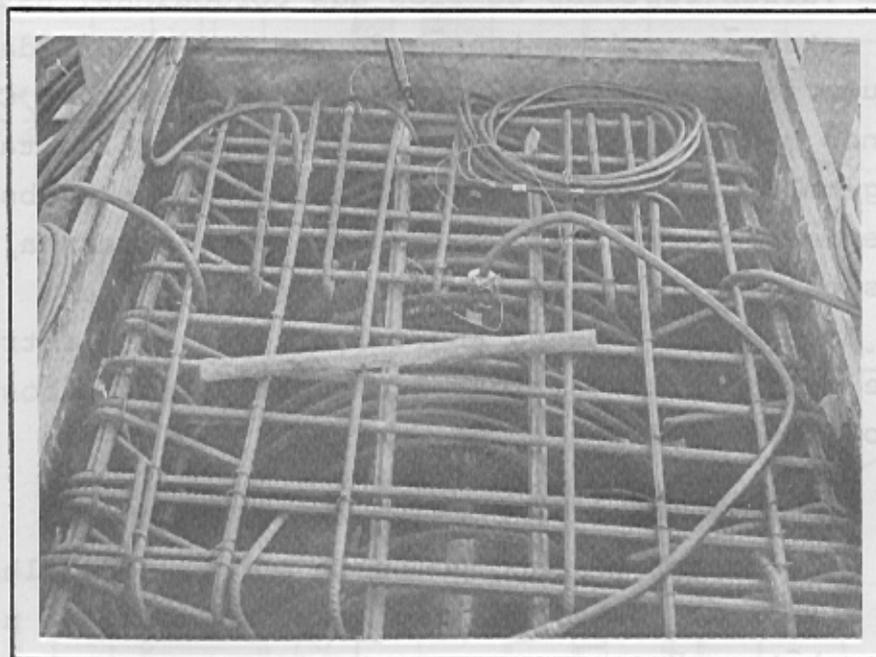
FL.30 de

DES Nº TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 9 - Vista da fretagem da viga para ensaio, com os medidores tipo Carlson.



Fotografia 10 - idem fotografia 9.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

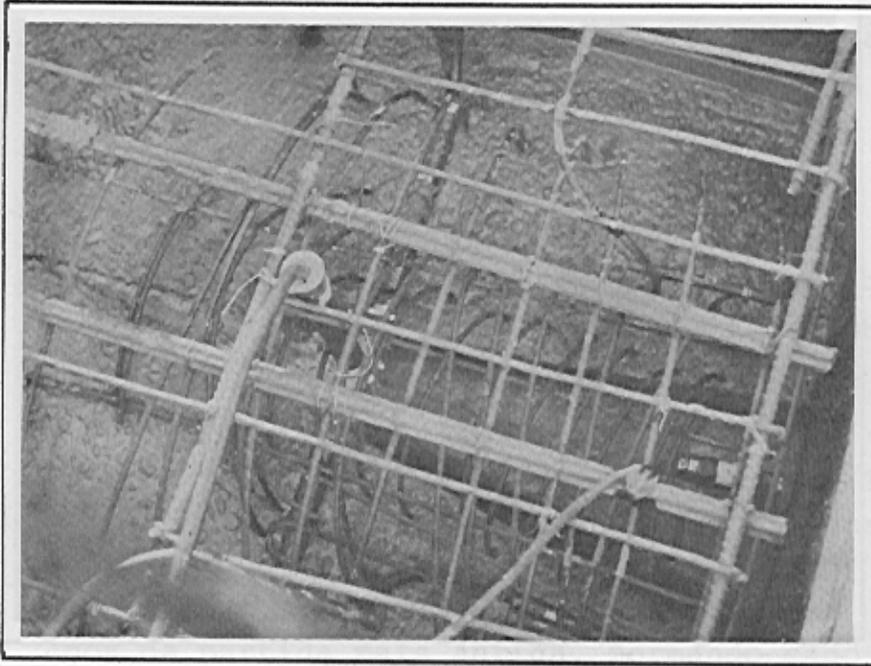
VER.:

FL31 de

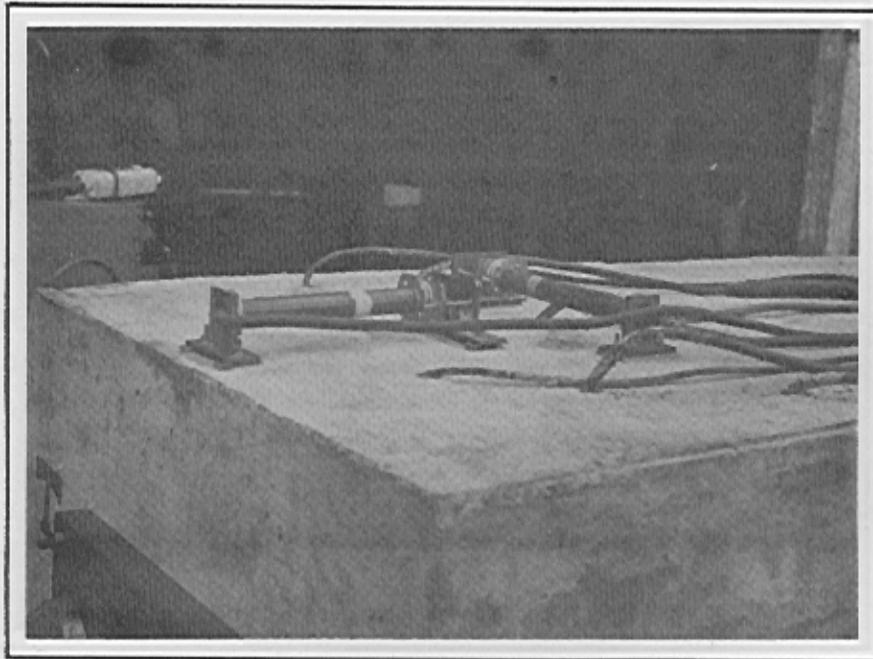
DES. Nº

TC - 03

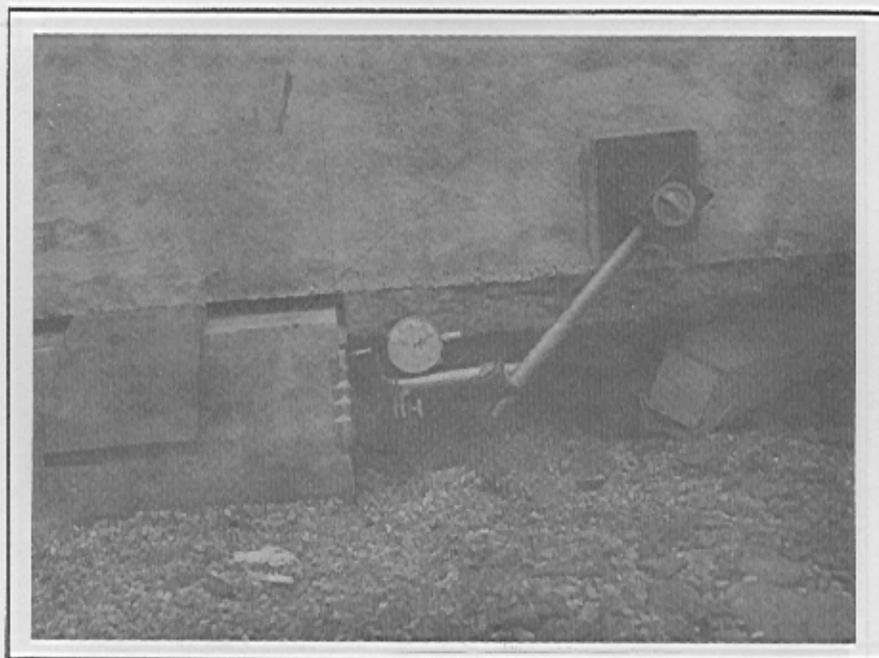
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 11 - Concretagem da viga

Fotografia 12 - Medidores Carlson - Externos
à viga.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL. 32 de
	DES. Nº TC - 03	



Fotografia 13 - Relógio Comparador posiciona
do externamente.



Fotografia 14 - Vista do sistema de ensaio.

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC.
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER	FL 33 de
		DES Nº	TC - 03

para 12 \varnothing 12,7-mm) ocorreu uma primeira ruptura. Continuamos o carregamento, atingindo-se um máximo de 180,0 t (160,3 kg/mm² para o aço, com 12 \varnothing 12,7 mm), ocorrendo várias rupturas na ancoragem.

- Ensaio - 5.1

Mesmo procedimento do ensaio 4.1, somente que o aço usado era de outra partida, mais antiga. Observamos a primeira ruptura, na ancoragem, à carga de 174,0 t (tensão de 155,0 kg/mm² para 12 \varnothing 12,7 mm). A carga máxima foi de 186,0 t (tensão de 165,7 kg/mm² no aço), ocorrendo rupturas nas garras do macaco.

- Ensaio - 6.1

Aços da partida mais antiga, formando cabo com 12 \varnothing 12,7 mm, não se utilizando "cone-macho". Observamos uma carga máxima de 192,0 t (tensão de 171,0 kg/mm² no aço) com as rupturas ocorrendo nas garras do macaco.

- Ensaio - 7.1

Semelhante ao ensaio 6.1, somente que, com aço de partida mais recente. Observamos uma carga máxima de 186,0 t (tensão de 165,7 kg/mm² nas cordoalhas), com rupturas nas garras do macaco.

Verificando-se os valores obtidos observamos que o sistema em questão propiciava a ruptura prematura de fios das cordoalhas. Para uma reanálise, elaborou-se uma segunda série de ensaios, com o Sistema STUP. Desta feita introduzimos mais uma variável; os cones macho e fêmea foram alterados.

A fotografia 15 (folha 35) nos mostra os três tipos de cones-macho utilizados, identificados por:

- I - Importado (fabricação Francesa)
- N-1 - Nacional - Forjado
- N-2 - Nacional - Fresado,

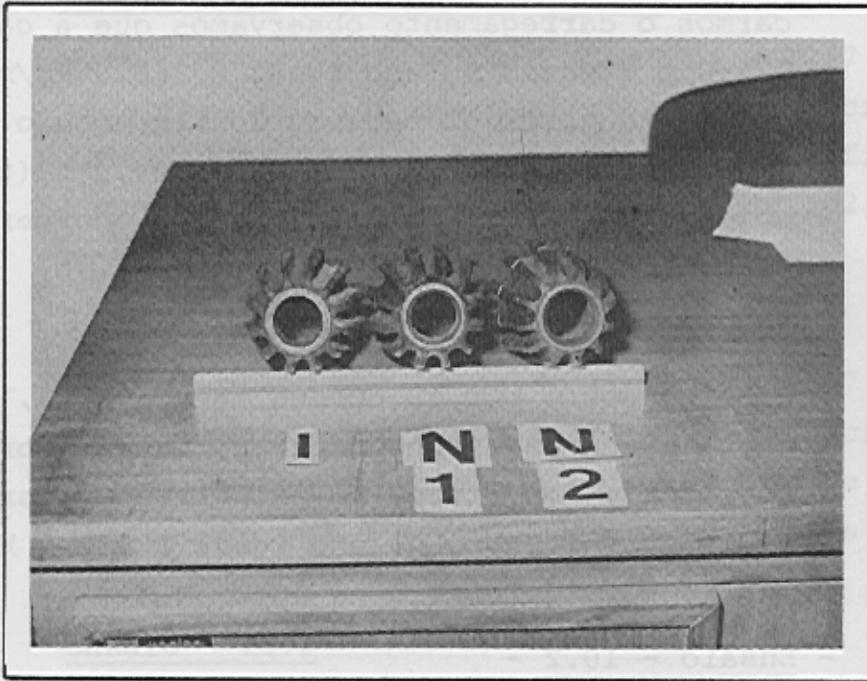
Pela fotografia 15 pode-se observar que a peça N-2 não

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
		VER	FL 34 de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES Nº	TC - 03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			

NOTA-1 : Estes ensaios foram efetuados pelo Laboratório de Concreto da CESP, em Ilha Solteira, no período fevereiro-março/1972. Os aços de partida recente, desta maneira, haviam sido recepcionados nesse período. Os de partida antiga, referiam-se a um período anterior - aproximadamente 5 meses.

NOTA-2 : As cordoalhas usadas eram fornecidas pela Companhia Siderurgica Belgo Mineira, denominadas - Cordoalha de 7 - fios, aliviada de tensões, para concreto protendido - CP - 160/180.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL35 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº TC - 03	



Fotografia 15 - Vista dos cones macho usados na segunda série de ensaios - Sistema STUP.

[Handwritten signature]

[Handwritten mark]

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL 36 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES Nº	TC - 03

se apresentava com superfícies concordantes como as demais.

Utilizando-se a mesma viga dos ensaios anteriores, efetuamos a segunda série de ensaios da seguinte maneira:

- Ensaio - 8.2 -

Utilizamos um cabo composto por 24 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de aço de partida antiga. Os cones macho e fêmea usados eram de procedência francesa. Ao aplicarmos o carregamento observamos que à carga de 372,0 t (tensão no aço igual a 166,0 kg/mm²) rompeu um fio na garra do macaco. Continuamos o carregamento até atingirmos um máximo de 384,0 t (tensão no aço igual a 171,4 kg/mm²), quando ocorreram rupturas na ancoragem.

- Ensaio - 9.2-

Cabo composto por 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de partida antiga e cone macho nacional (forjado) com cone fêmea importado. Ao atingirmos a carga máxima de 195,0 t (tensão no aço igual a 172,1 kg/mm²) ocorreu ruptura de um fio na ancoragem.

- Ensaio - 10.2 -

Cabo composto por 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de partida antiga, com cones macho e fêmea importados.- Ao atingirmos a carga máxima de 186,0 t (tensão no aço igual a 161,9 kg/mm²), ocorreu a ruptura, sucessiva, de 3 fios na ancoragem.

- Ensaio - 11.2 -

Cabo composto por 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm de partida antiga, com cone fêmea importado e cone macho nacional forjado. Ao atingirmos a carga máxima de 192,0 t (tensão de 168,7 kg/mm² no aço) romperam-se dois fios na ancoragem.

- Ensaio - 12.2 -

Cabo composto por 24 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de par

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC.
		VER	FL 37 de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VEP	DES Nº	TC - 03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			

tida recente, com cones macho e fêmea nacionais forjados. Ao atingirmos a carga de 336,0 t (tensão de 150,1 kg/mm²) ocorreu a ruptura de 1 fio na ancoragem. Continuamos o carregamento e ao chegarmos ao máximo de 348,0 t (tensão no aço igual a 155,5 kg/mm², para 24 cordoalhas) romperam-se mais dois fios, também na ancoragem.

- Ensaio 13.2 -

Cabo composto por 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de partida recente, com cones macho e fêmea nacionais fresados. Ocorreu a ruptura sucessiva de 3 fios na ancoragem ao se atingir a carga máxima de 162,0 t (tensão no aço igual a 142,1 kg/mm²).

- Ensaio 14.2 -

Cabo composto por 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de partida recente, com cones macho e fêmea nacionais forjados. Quando atingimos a carga máxima de 186,0 t - (tensão de 163,0 kg/mm², nos aços) 4 fios romperam-se sucessivamente, na ancoragem.

- Ensaio - 15.2 -

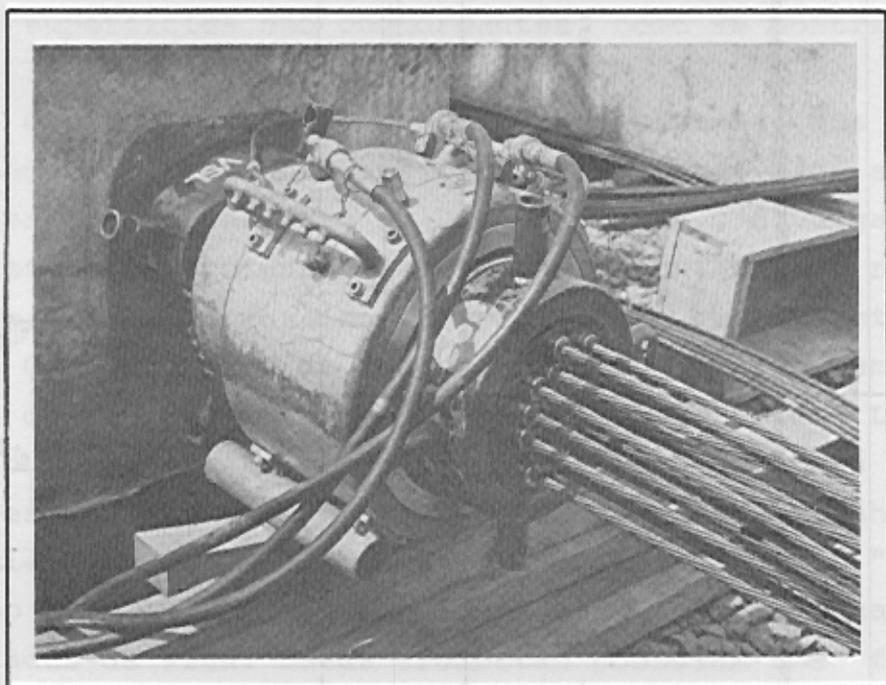
Cabo composto por 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de partida recente, com cones macho e fêmea importados. Ao efetuarmos o carregamento à carga de 180,0 t (tensão no aço igual a 158,2 kg/mm²) houve a ruptura de um fio na ancoragem. Continuamos o carregamento e ao atingirmos a carga máxima de 186,0 t (tensão no aço igual a 163,0 kg/mm²) romperam-se 5 fios na ancoragem e 2 fios na garra do macaco.

- Ensaio - 16.2

Cabo composto por 12 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de partida recente, com cones macho e fêmea importados. Ao atingirmos a carga máxima de 186,0 t (tensão no aço igual a 163,0 kg/mm²) observamos a ruptura de 3 fios na ancoragem.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL38 de
		DES Nº	TC - 03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			
<p>Os valores e observações obtidas nas duas séries de ensaios nos mostraram que o sistema proposto ocasionou rupturas de fios, à tensões relativamente baixas, deixando-se pequena faixa de segurança além da "região de proporcionalidade do aço". Ainda, como era de se esperar, ao utilizarmos o cone macho nacional, fresado, obtivemos a menor tensão (142,1 kg/mm² - ensaio 13.2) dentre os ensaios, isto tendo-se em vista as superfícies não concordantes, como se mostra na fotografia - 15 (folha 35).</p> <p>Com intuito de se encontrar um sistema que permitisse uma segurança quanto a aplicação das cargas foi solicitado a Engenharia Brasileira de Protensão S/A., divulgadores do VSL - Sistema de Protensão Losinger - Suíça, para a realização de uma série de ensaios de verificação desse Sistema.</p> <p>O Laboratório de Concreto efetuou, então, uma terceira série de três ensaios, desta feita com o Sistema Losinger. Para isso moldamos a viga cujas dimensões e detalhes são vistas no Desenho - 16. A peça foi moldada com uma bainha, perdida de diâmetro 100 mm. Essa bainha acoplava-se às "Trombetas" tipo E-5-31 (ver Desenho 6 - folha 23) posicionadas nas extremidades da viga. Essas Trombetas possuíam uma forma tronco-cônica, com sua menor seção acoplando-se à bainha e sua maior seção soldada a uma chapa metálica para servir de apoio à ancoragem e à cabeça do macaco. Na fotografia 17, podemos observar a chapa metálica bem como o macaco tipo Z PE - 31, para cargas até 400,0 t.</p> <p>Realizamos então (Nota 3):</p> <p>- <u>Ensaio - 1.L</u> -</p> <p>Cabo composto por 22 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de partida recente. As cargas foram aplicadas conforme se observa na fotografia 17. Ao atingirmos a carga de 378,8 t (correspondendo a uma tensão de 182,1 kg/mm² nas 22 cordoalhas) observamos uma primeira ruptura. - Prossequimos o carregamento e pudemos atingir a carga máxima de 382,3 t (tensão de 183,8 kg/mm²) quando</p>			

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
		VER.:	FL. 40 de
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 17 - Sistema de ensaio para a terceira série - sistema V.S Lo singer.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL41 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES Nº	TC - 03

então, ocorreram várias rupturas sucessivas.

- Ensaio - 2.L -

Cabo composto por 31 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de partida recente. O carregamento processou-se até atingirmos 403,2 t (capacidade do macaco) dando-nos, para esse caso, uma tensão no aço igual a 137,5 kg/mm², não se observando rupturas.

- Ensaio - 3.L

Cabo composto por 22 cordoalhas de \varnothing 12,7 mm, de partida recente. Ao atingirmos a carga de 385,8 t (tensão de 185,4 kg/mm² para 22 cordoalhas) notamos algumas rupturas.

Pelos valores obtidos conclui-se que o emprego do Sistema Losinger nos permitia aplicar uma carga de protensão alta, com relativa segurança, pois as tensões de ruptura observadas estavam dentro dos valores previstos e normalmente obtidos.

Tendo-se em vista essas séries de ensaios optou-se pela utilização do VSL - Sistema de Protensão Losinger nas estruturas do Vertedouro de Superfície de Ilha Solteira. E a projetista optou, para o caso da maior carga de protensão - NaOi = 320,2 t - Cabos Longitudinais (ver item 5.2.3, folha 24) pela utilização de ancoragens E-5.31, com cabo composto por 27 cordoalhas, prevendo-se então uma tensão de 127,5 kg/mm², que seria aproximadamente 70% da tensão, normalmente obtida, de ruptura nas cordoalhas CP 160/180, ou seja 180 kg/mm².

NOTA 3 - Estes ensaios foram realizados em abril/1.972.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 42 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03

7 - ESTUDOS PRELIMINARES

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL43 de
		DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

7. ESTUDOS PRELIMINARES

7.1 - GENERALIDADES:

Com o intuito de orientar as injeções dos cabos pretendidos, do Vertedouro, a Projetista elaborou as "Especificações de Injeção" inspirando-se nas Recomendações Alemãs e Francesas vigentes na época. Essas especificações sofreram algumas alterações, propostas pela CESP, afim de se adaptar, objetivamente, às condições locais de trabalho. As "Especificações de Injeção" visaram execução da injeção através de caldas consideradas como de boa injetabilidade, tais como:

- Fluidez adequada
- Estabilidade - dando uma expansão sólida entre 3 e 5%
- Resistência mínima de 240 kg/cm² na ancoragem por aderência (na época da protensão dos cabos verticais) e 280 kg/cm² aos 28 dias, nas demais injeções.
- Ausência de Agentes Agressivos
- Para atender a Estabilidade (dando uma expansão sólida entre 3 e 5%) a Projetista recomendou a utilização do Aditivo Expansor - Intracrete, da Sika Chemical Corporation, dos Estados Unidos. Isto tendo-se em vista que algumas literaturas existentes fazem conjecturas sobre a liberação ou não de hidrogênio, pelos aditivos expansores durante a reação que propicia a expansão da calda, influir ou propiciar um processo de corrosão no aço de protensão. Este assunto ainda permanece no terreno das hipóteses, havendo muita controvérsia sobre a validade ou não do fenômeno. Observando-se que o assunto ainda é bastante controvertido a CESP procurou utilizar o aditivo recomendado pela Projetista, o Intracrete, que durante a produção da expansão liberaria gases de nitrogênio e não de hidrogênio.

De acôrdo com essa filosofia o Laboratório de Concreto -

OBRA.	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL 44 de
		DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

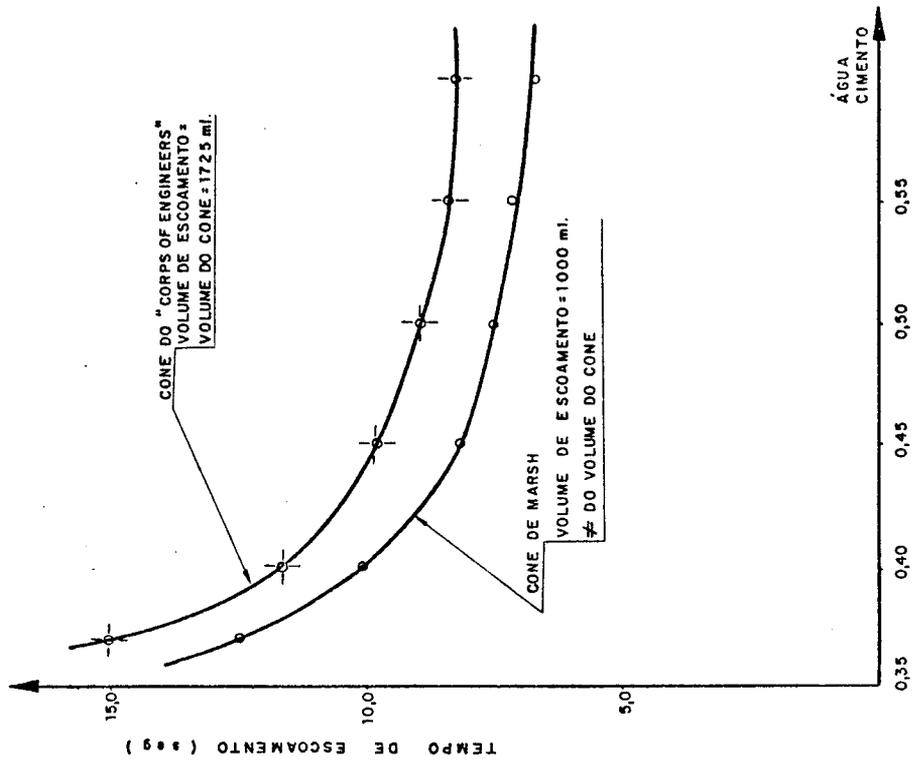
realizou mais uma série de ensaios, desta feita em caldas, afim de definir uma família de caldas para as injeções. Faremos a seguir uma descrição, rápida, dos vários ensaios efetuados em Laboratório. Essa descrição torna-se necessária neste trabalho, pois no ítem 12 sugerimos algumas recomendações, onde incluímos ensaios, que serão melhor compreendidas através desta descrição.

7.2 - FAMÍLIAS DE CALDAS:

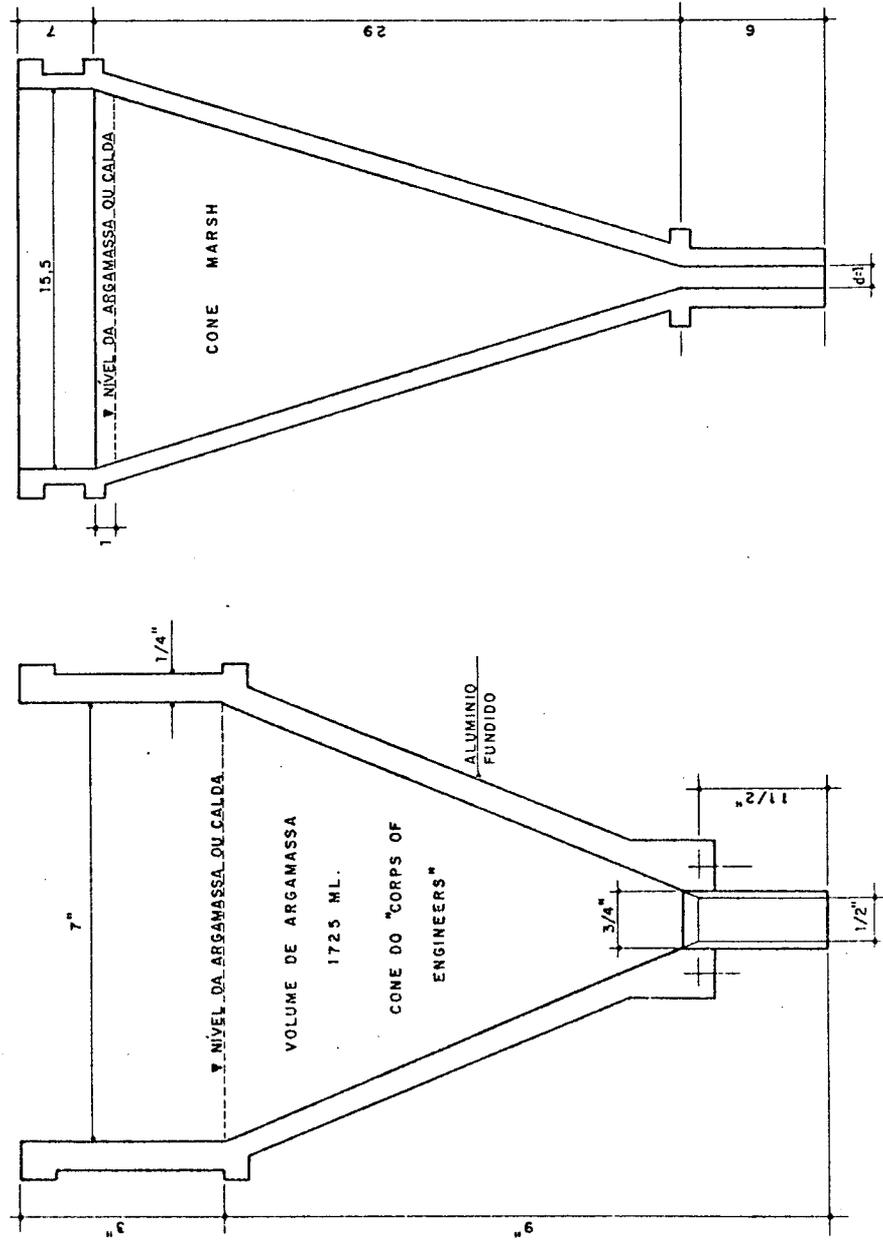
7.2.1 - A fluidez, basicamente, é controlada através de "Cones de Escoamento". O Laboratório desde 1970 vem usando em ensaios para determinação do "Tempo de Escoamento" de caldas ou argamasas (estas normalmente usadas para PREPACKED-Concreto com Agregado Pré-Colocado), o cone preconizado pelo "Corps of Engineers" através do Método CRD-C 79-58. Porém, como já dissemos, as "Especificações de Injeção" da Projetista foram fundamentadas em normas Francesas e Alemãs. Fizemos ensaios comparativos com o "Tempo de Escoamento" determinado pelo "Cone de Marsh" normalmente usado na Europa. A correlação entre as duas determinações é apresentada no Desenho 18 (folha 45).

O tempo de escoamento é definido como o tempo necessário para escoar um volume de material, por um cone padronizado.

O cone CRD - (Corps of Engineers) nos parece ser mais prático, pois requer apenas o cone e um cronômetro, ao passo que o cone Marsh requer ainda um frasco com volume conhecido (1000 ml), pois mede-se o tempo de escoamento de 1000 ml e não do volume todo do cone. Por esta razão já vinhamos utilizando o Cone-CRD e os valores observados neste trabalho refe-



OBSERVAÇÃO - MARSH - ÁGUA = 6,0 seg
 CRD - ÁGUA = 7,2 seg



DIMENSÕES DO CONE DE MARSH = cm

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA	
VALORES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS CONES MARSH - CRD	18

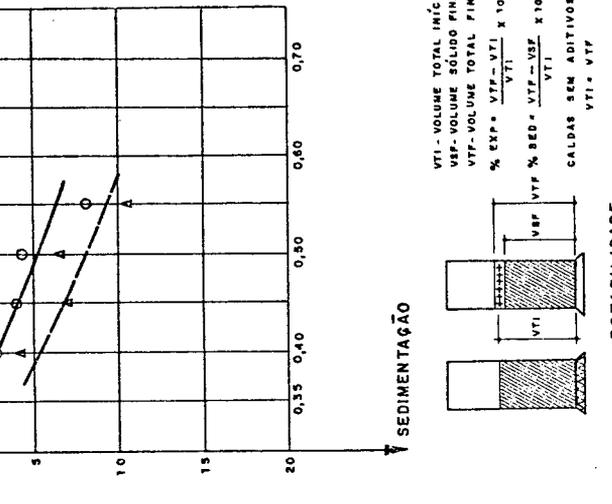
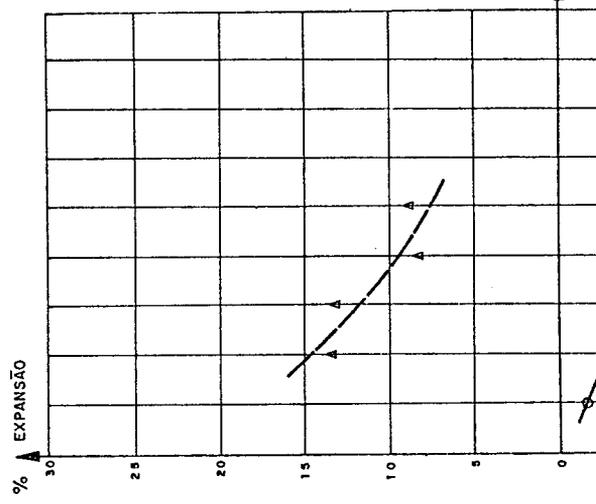
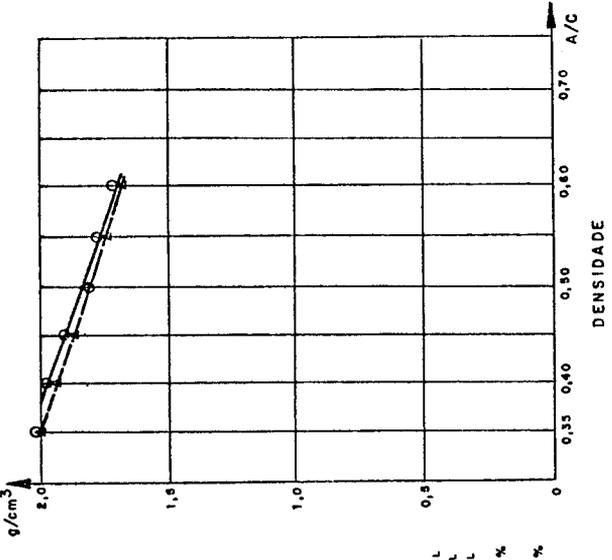
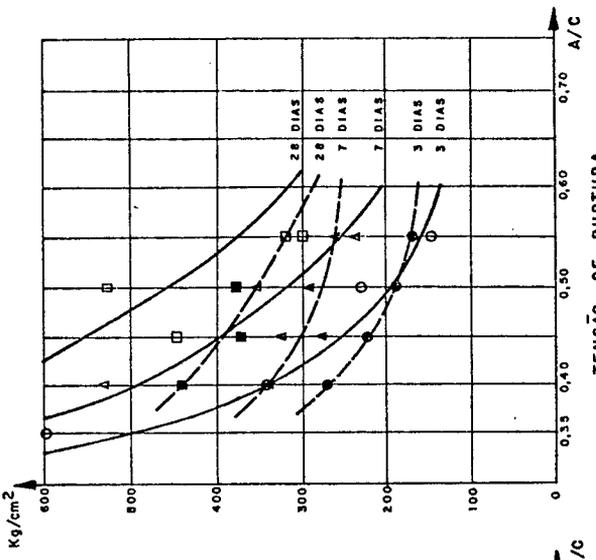
OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL46 de
	TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES Nº	TC - 03

rem-se a esse aparelho. O "Tempo de Escoamento" está intimamente ligado ao fator A/C - (água/cimento) da calda. Isto pode ser observado pelas curvas do Desenho 18 e também no Desenho 19 (folha 47). Nota-se que a medida que aumentamos o fator A/C o Tempo de Escoamento tende assintoticamente ao valor - do Tempo de Escoamento da água (~ 7,2 seg - CRD e 6,0 seg - Marsh). Além do fator A/C, outras características também alteram o Tempo de Escoamento, dentre essas podemos citar:

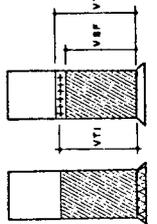
- Finura do cimento
- Tipo e Velocidade do Misturador
- Utilização ou não de aditivos
- Temperatura

7.2.2 - A estabilidade mostra o grau de segregação que a calda possui. Normalmente é verificada - através da Expansão (ou sedimentação) de um volume de calda em um frasco graduado. Através deste ensaio podemos dosar a quantidade de Aditivo Expansor, para nos dar, em determinada A/C, certa Expansão. Há um outro ensaio que mostra um valor semelhante ao obtido nos ensaios para a determinação da "Água de Exsudação" (Bleeding) nos concretos convencionais, mostrando então uma determinada estabilidade. É o ensaio de "Retentividade da água". Neste ensaio determina-se o tempo necessário para se retirar, através de um sistema a vácuo , certa quantidade de água. A aparelhagem para esse ensaio pode ser vista na fotografia 20 (folha 48).

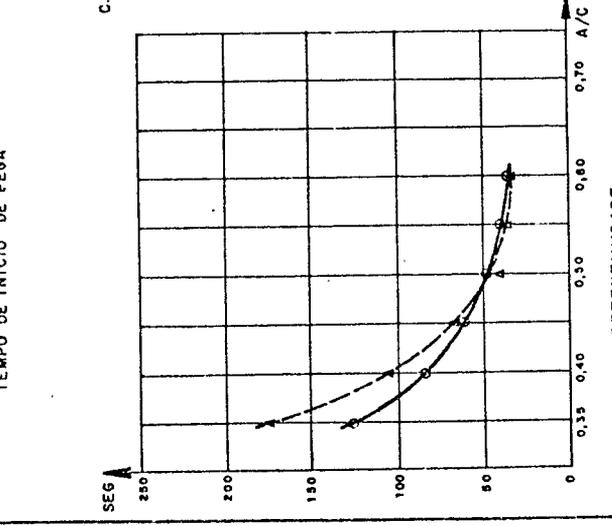
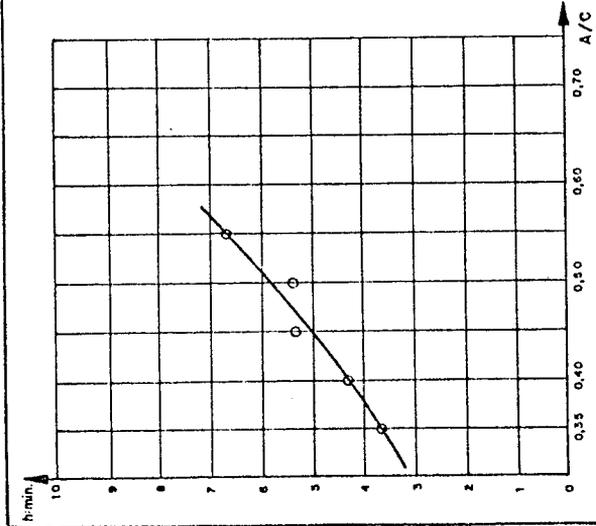
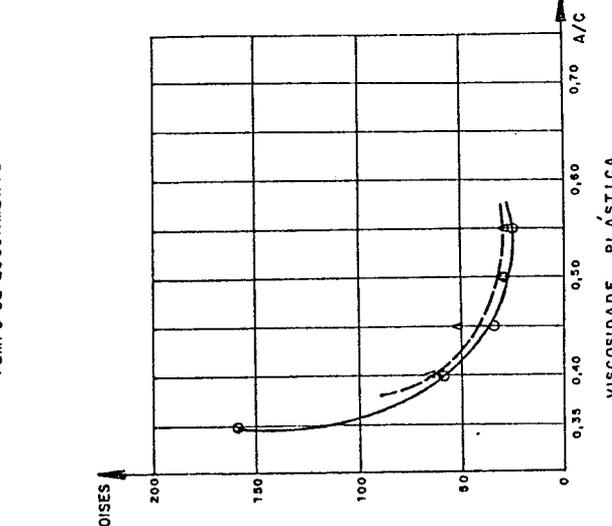
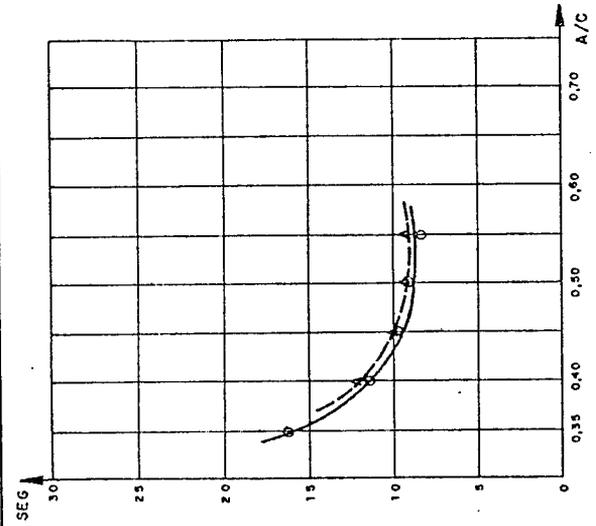
A estabilidade é também afetada pelos fatores citados anteriormente.



VTI - VOLUME TOTAL INICIAL
VSP - VOLUME SÓLIDO FINAL
VVF - VOLUME TOTAL FINAL
% EXP = $\frac{VVF - VTI}{VTI} \times 100\%$
VTI = $\frac{VVF - VVF \times VTI}{VTI}$
VVF = $\frac{VVF - VVF \times VTI}{VTI} \times 100\%$
Caldas sem aditivos
VTI = VTF



ESTABILIDADE



LEGENDA

— PADRÃO (SEM EXPANSOR)
- - - USOU-SE 1% DE EXPANSOR INTRACRETE,
CONFORME INDICADO PELO FABRICANTE.

OBSERVAÇÃO:
OBSERVAR AS VARIAÇÕES ENCONTRADAS
NAS RESISTÊNCIAS, MESMO EM LABORATÓRIO,
CONFORME COMENTA-SE NO ITEM 8.83 (FOLHA 93)

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA	
FAMÍLIAS DE CALDAS	19

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

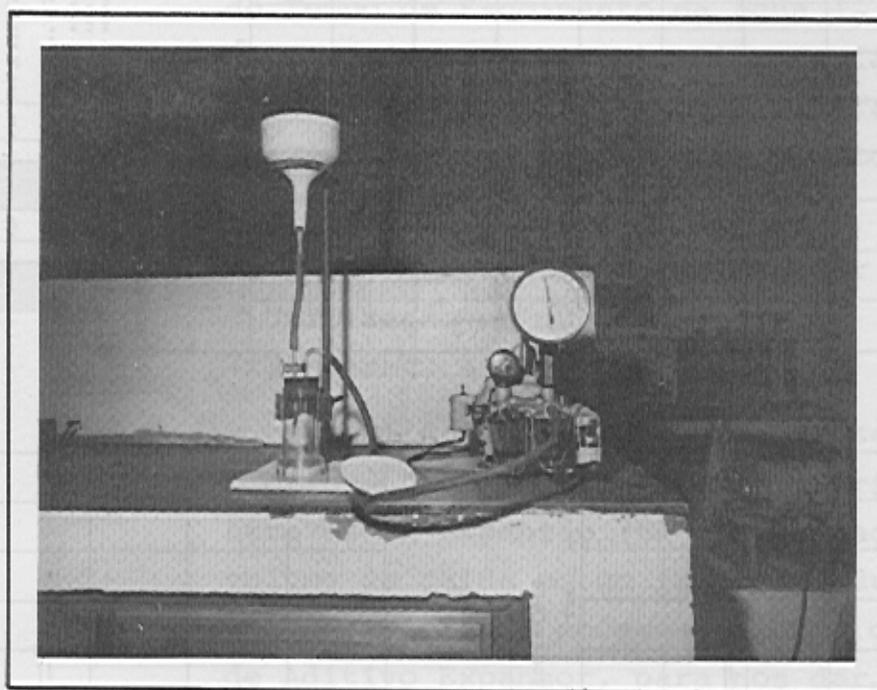
VER.:

FL. 48 de

DES. Nº

TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 20 - Aparelho medidor da "Retentividade D'água" - para caldas e argamassas.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
		VER.	FL49 de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES Nº	TC - 03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			

7.2.3 - A Resistência a Compressão, axial simples, é normalmente verificada através de corpos de prova, cilíndricos 5 x 10 cm, rompidos axialmente. Cuidados adicionais foram tomados quando da moldagem dos espécimes com caldas dosadas com expansor, pois há necessidade de confinamento da calda para não permitir que a expansão origine a formação de uma camada porosa no topo do corpo de prova.

7.2.4 - A ausência de agentes agressivos, foi verificada através de um peagâmetro, obtendo-se caldas razoavelmente básicas com pH ao redor de 12.

Foram ainda efetuados outros ensaios, que caracterizaram as caldas mais intimamente, permitindo-nos aquilatar e contornar problemas durante a produção na obra.

7.2.5 - Tempo de Pega-

É o ensaio efetuado de maneira convencional, através do aparelho de Vicat. Efetuamos a determinação do "Tempo de Início de Pega", somente sobre as caldas-padrão, pois caldas com aditivos expansores, e sem confinamento, provocam a formação de uma camada porosa na superfície, como já comentamos. Este fato poderia falsear os resultados. O valor do "Tempo de Início de Pega" nos orienta quanto ao tempo que deveremos manter os engates (ou registros) conectados para manter a injeção em confinamento.

7.2.6 - Densidade-

Determinada de forma bastante convencional através da pesagem da calda em um volume conheci

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
		VER.	FL50 de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VERTEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES Nº	TC - 03

do, permitindo-nos aquilatar as pressões para injeções ascendentes em cabos verticais. Essas pressões tornam-se importantes para a verificação do equipamento ideal para injeção.

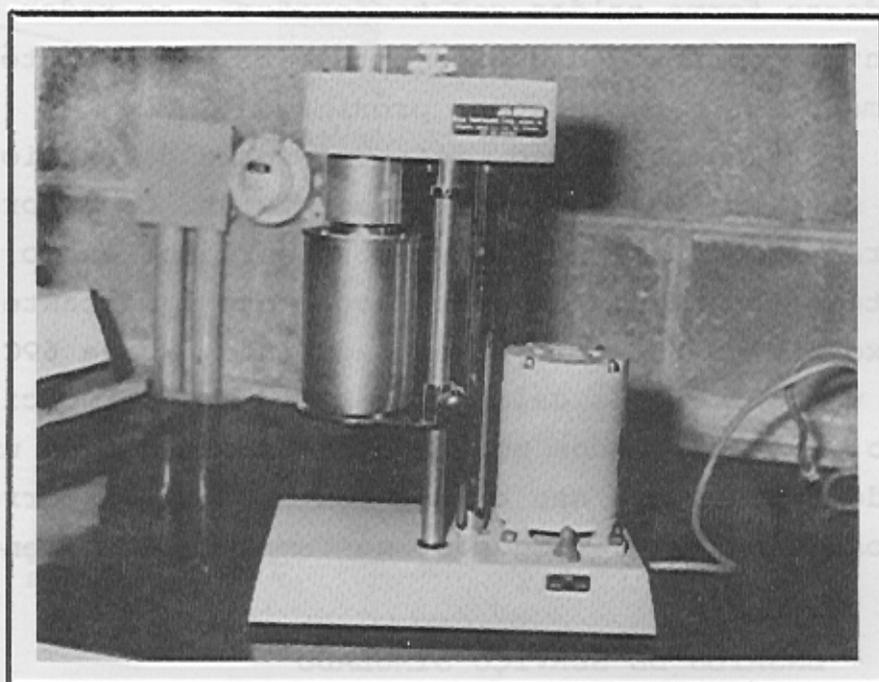
7.2.7 - Viscosidade Plástica e Limite de Escoamento.

Estas duas propriedades podem ser determinadas através do Viscosímetro de Cilindros Coaxiais, que é visto na fotografia 21 (folha 51). A Viscosidade Plástica é também um indicador da fluidez da calda. O Limite de Escoamento determina um valor indicativo da injetabilidade da calda, pois sendo a calda um material do tipo fluido de Bingham (fluido plástico) e não Newtoniano (como é o caso da água quando em regime laminar tem gradiente de velocidade - proporcional ao esforço aplicado) há necessidade de uma pequena pressão para produzir o escoamento. O Viscosímetro de Cilindros Coaxiais permite determinar a mínima pressão para escoamento do fluido. Essa mínima pressão é denominada "Limite de Escoamento".

Após a determinação da "Família de Caldas" mostrada no Desenho 19 (folha 47), realizamos algumas injeções simulando as condições da obra, afim de verificar o desempenho dos possíveis equipamentos de injeção que poderiam ser empregados. Através desses estudos optou-se pela utilização de bombas de pistões (tipo Triplex) para a injeção dos cabos que requeressem maiores pressões (segunda etapa dos cabos verticais e os cabos longitudinais).

Após a opção pelos equipamentos de injeção e a escolha das caldas, as operações de injeção foram iniciadas (por volta do dia 05/X/72). As primeiras injeções foram efetuadas no PV-3 (Pilar 3 do vertedouro). As injeções da ancoragem, segunda etapa dos cabos verticais, dos cabos horizontais do Munhão não apresentaram anormalidades. Porém ao injetarmos os cabos princi

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL51 de
		DES. Nº	TC - 03



Fotografia 21 - Viscosímetro de cilindros coaxiais para determinação da - Viscosidade Plástica e Limite de Escoamento.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER	FL 52 **
	TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES Nº	TC - 03

país de posição 1 e 2 (ver desenho 5 - folha 21) houve entupimento (este problema está detalhado no item 9.2 , folha 104)

Observamos que a calda proposta para essa injeção ($A/C = 0,37$) apresentava-se mais viscosa que a estudada em Laboratório. Observamos ainda que a água usada no preparo dessa calda atingia, nessa época do ano, temperatura ao redor de 38°C (a água era fornecida através de tubulação exposta ao Sol) produzindo dessa forma caldas com temperaturas ao redor de 40°C , bem diferentes portanto, daquelas estudadas em Laboratório, com sala climatizada à temperatura próxima de 24°C .

Efetuamos, então, mais uma série de ensaios em laboratório, sobre caldas à várias temperaturas. Os valores obtidos encontram-se no Desenho 22, sendo observado, então, que o efeito da temperatura no Tempo de Escoamento é marcante nas caldas de baixo fator A/C , pois aproximadamente a cada 6°C de elevação da temperatura de caldas com $A/C \approx 0,40$ propiciava-se um aumento de 1,5 segundos no Tempo de Escoamento e um mesmo aumento de temperatura nas caldas com $A/C \approx 0,45$ correspondia a aumentos de 0,6 a 0,7 segundos no Tempo de Escoamento.

7.3 - ENSAIOS DE SERVIÇO SIMULADO

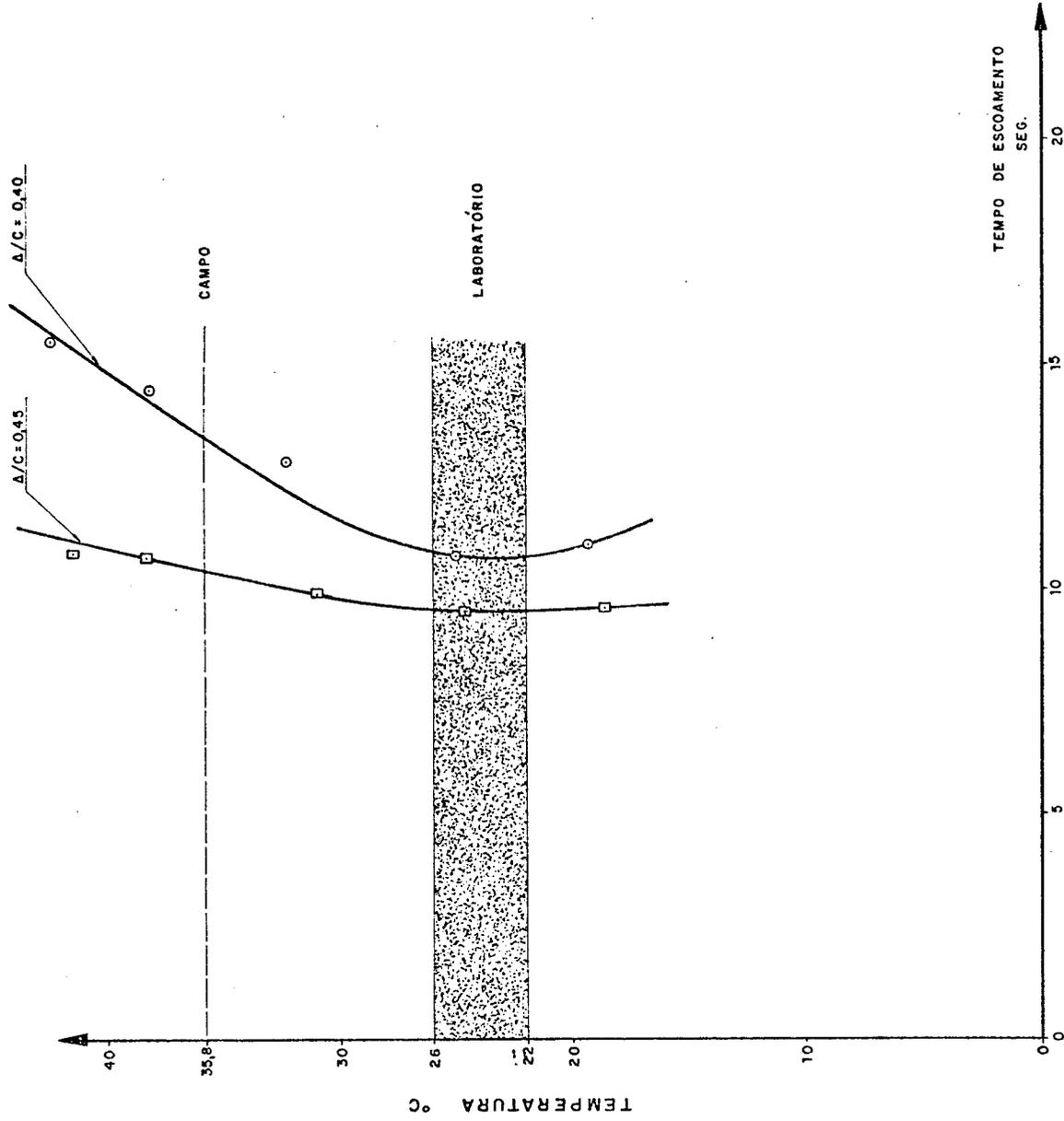
Paralelamente aos ensaios de Laboratório realizamos, em dezembro de 1.972, verificações no "Campo" sobre injeção em modelo tamanho real, dos cabos longitudinais, ou seja, uma simulação de serviços. Montou-se uma estrutura tubular - contendo bainhas e cabos, nas posições extremas. Na fotografia 23 (folha 54) podem ser vistos os quatro cabos (dois inclinados - posição 1 e 1' e dois horizontais - posição 7 e 7'.

Para a confecção das caldas a água foi aquecida à temperatura de 40°C , dando-nos caldas à temperatura de 37°C . Foram produzidas caldas com $A/C = 0,37, 0,42$ e $0,45$, com várias porcentagens de aditivo expensor - Intracrete.

As fotografias 25, 26, 27 (folhas 55 e 56 respectivamente) mostram algumas situações do ensaio de serviço simulado.

CALDA - ÁGUA / CIMENTO = 0,40				
CIMENTO	TEMPERATURAS (°C)			TEMPO DE ESCOAMENTO seg
	AMBIENTE	ÁGUA	CALDA	
27,0	24,5	9,9	19,2	11,0
25,7	25,3	19,8	24,8	10,8
26,0	25,7	30,2	32,0	12,8
26,3	26,0	40,2	38,1	14,4
25,2	26,1	49,4	42,3	15,6

CALDA - ÁGUA / CIMENTO = 0,45				
CIMENTO	TEMPERATURAS (°C)			TEMPO DE ESCOAMENTO seg
	AMBIENTE	ÁGUA	CALDA	
27,2	25,3	9,2	18,6	9,6
26,0	25,5	19,7	24,6	9,6
26,2	25,9	29,6	30,9	10,0
26,2	26,1	40,3	38,2	10,8
26,1	26,2	48,8	41,5	10,8



LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA	22
EFEITO DA TEMPERATURA	

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

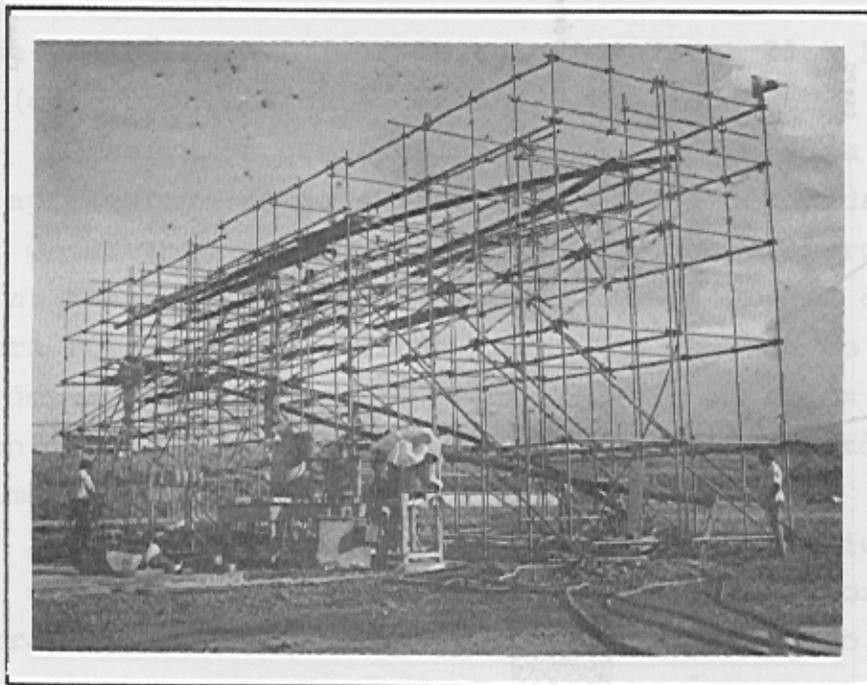
VER.:

FL 54 de

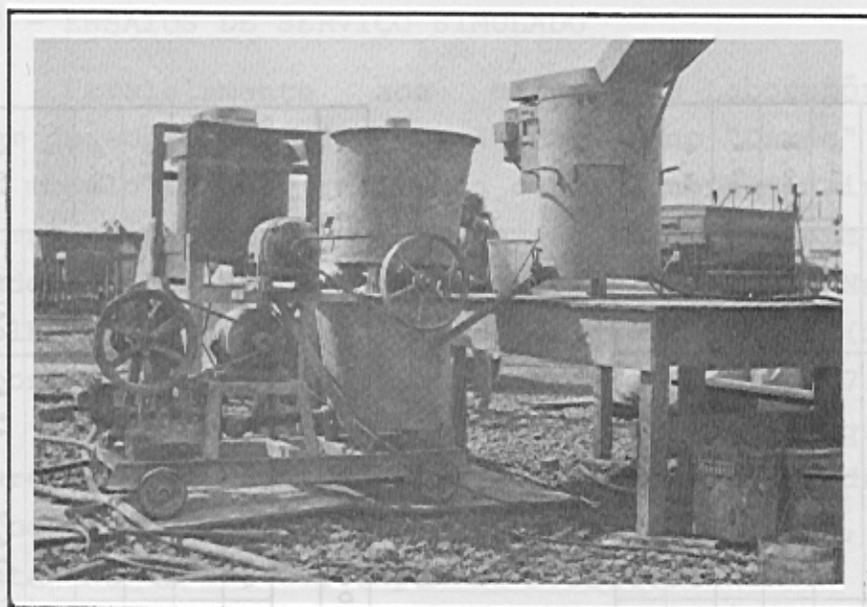
DES. Nº

TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 23 - Vista do esquema montado para o ensaio de serviço simulado de injeção - cabos inclinados - posições 1 e 1' cabos horizontais - posições 7 e 7'



Fotografia 24 - Conjunto - Misturador - Agitador e Bomba Injetora Triplex.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

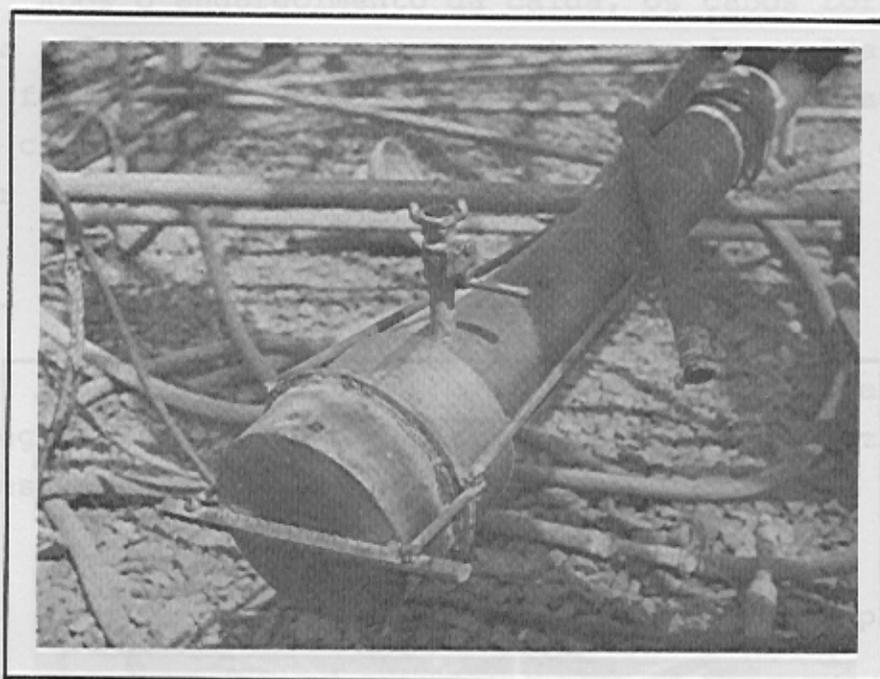
VER.:

FL. 55de

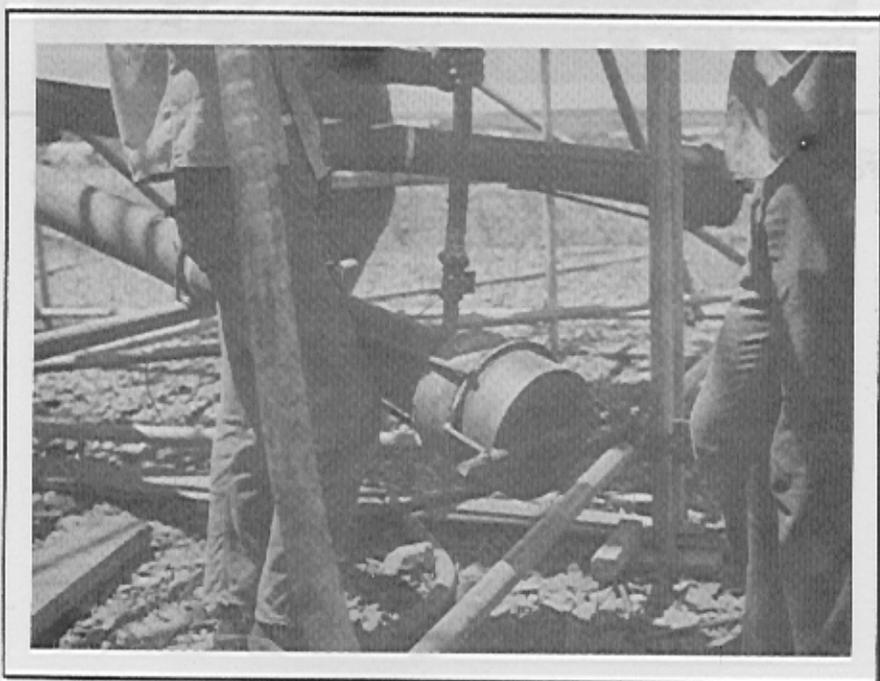
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

DES. Nº

TC - 03



Fotografia 25 - Engate posicionado e "panela" de vedação.



Fotografia 26 - Mangueira conectada, para proceder a injeção ascendente.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

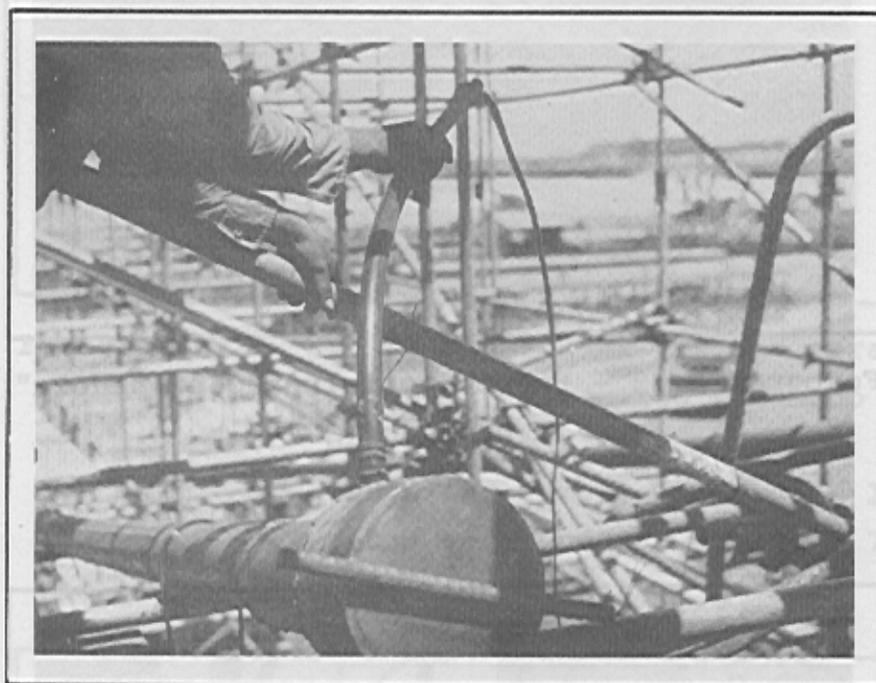
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

VER.:

FL56 de

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

DES. Nº TC - 03



Fotografia 27 - Respiro apresentando a saída da calda.

Fotografia 27 - Respiro apresentando a saída da calda.

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL 57 de
		DES. Nº	TC - 03

Após o endurecimento da calda, os cabos foram cortados para podermos analisar o comportamento das caldas injetadas. As fotografias 28 a 32 (folhas 58 a 60) mostram 5 seções do cabo de posição 7, injetados com A/C = 0,42 e aditivo expensor = 0,8% em relação ao peso de cimento.

7.4 - ESCOLHA DAS CALDAS:

Tendo-se em vista os equipamentos disponíveis, o clima da região e os dados obtidos, optamos pela utilização das seguintes caldas:

Cabos Verticais

- Ancoragem = Água/cimento \leq 0,40, sem expensor (nota 4).
- Segunda etapa = Água/cimento \leq 0,45, com 0,8% de Aditivo Intracrete, em relação ao peso de cimento.

Cabos Horizontais do Munhão

- Água/cimento \leq 0,40 com 0,8% de Intracrete

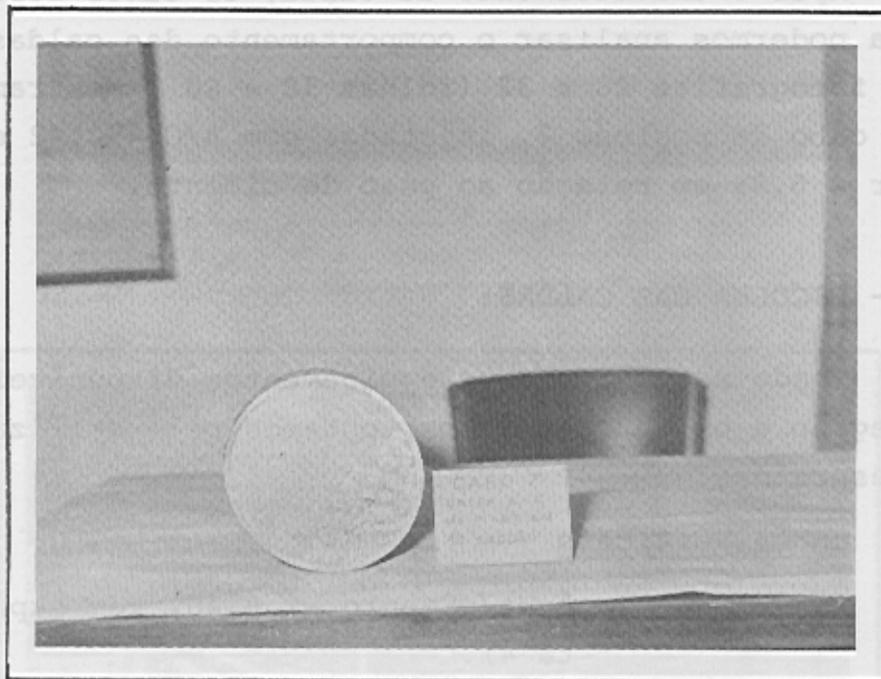
Cabos Longitudinais

- Água/cimento \leq 0,42 com 0,8% de Intracrete -

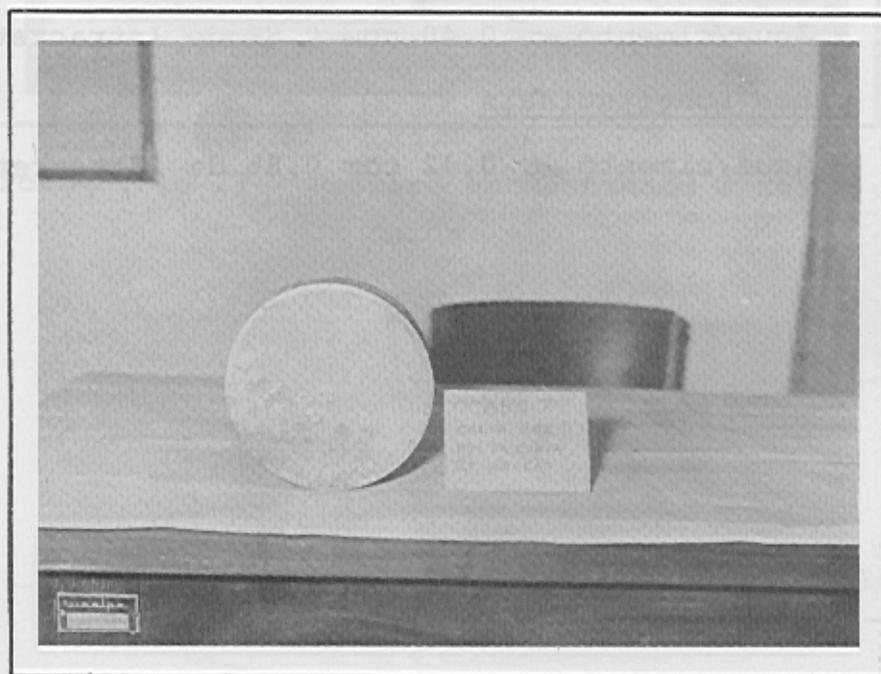
NOTA 4 - Todas dosagens são em peso.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 58de
	DES Nº	TC- 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 28 - Corte da 1ª seção.



Fotografia 29 - Corte da 2ª seção.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

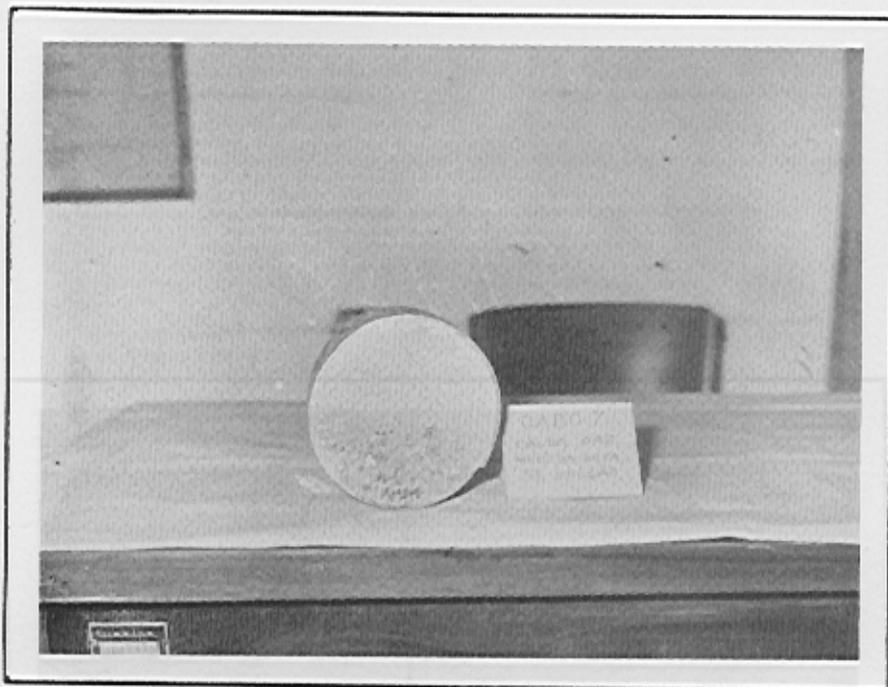
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

VER.:

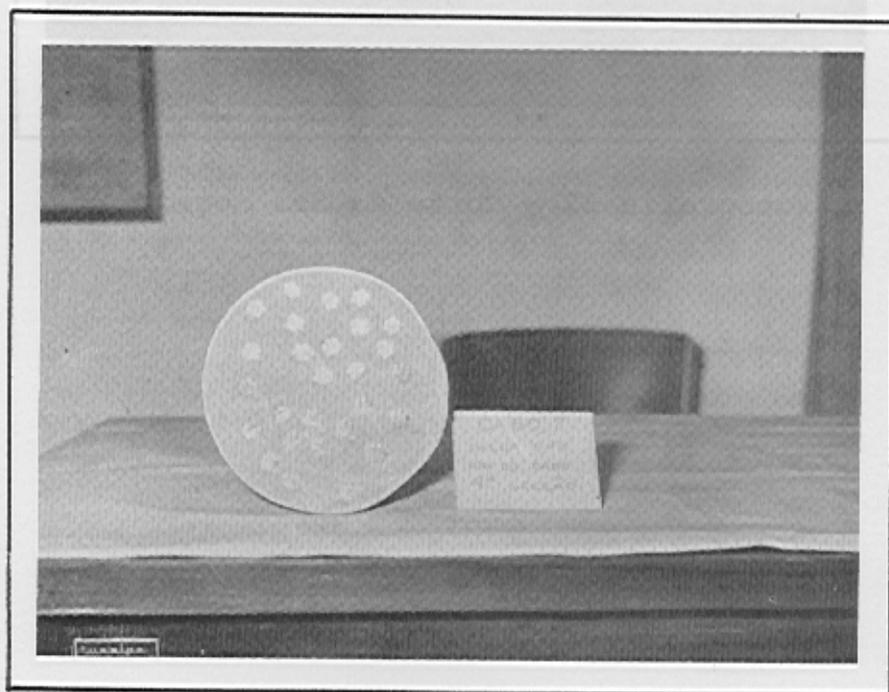
FL. 59 de

DES. Nº TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

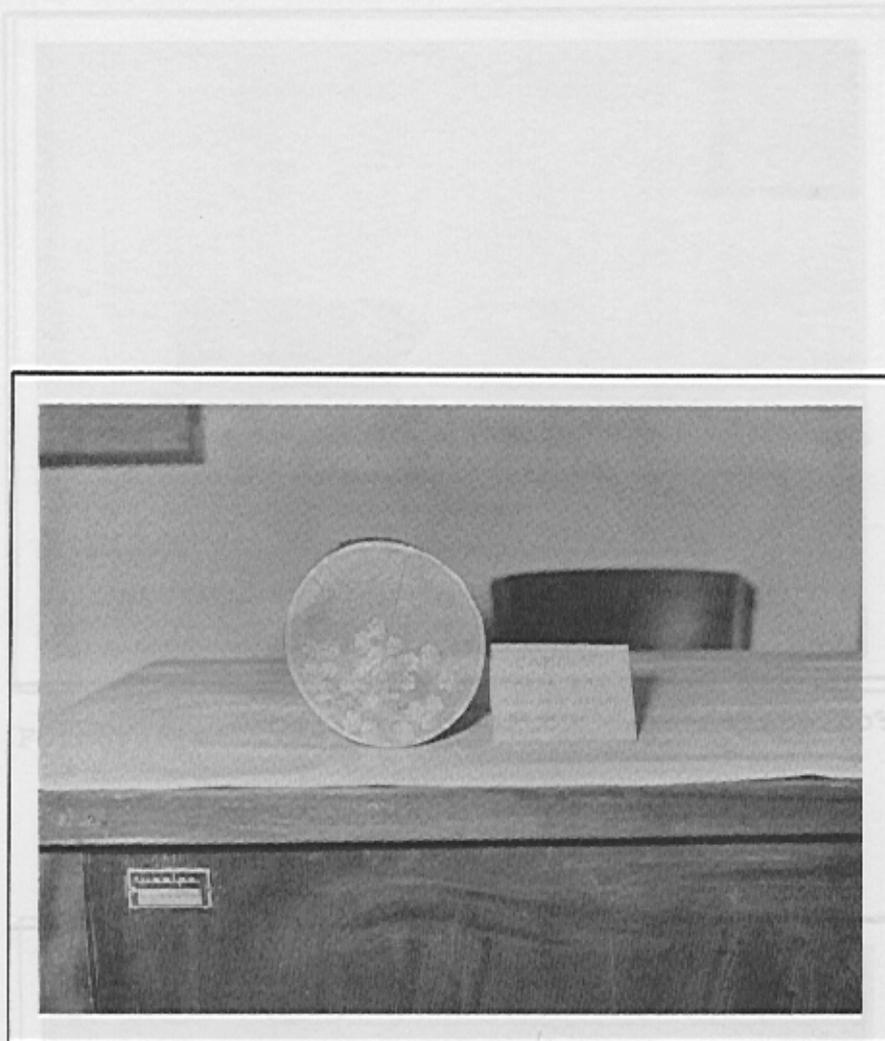


Fotografia 30 - Corte da 3a. seção.



Fotografia 31 - Corte da 4a. seção.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL. 60 ^{de}
	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 32 - Corte da 5a. seção.

OBRA.	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC.
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL 61 de
	TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES Nº	TC - 03

8 - ACOMPANHAMENTOS

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL 62 de
		DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

8. ACOMPANHAMENTOS:

8.1 - CUIDADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO

Durante a fase de construção vários cuidados foram tomados com intuito de minimizar os imprevistos durante a protensão. Entre os cuidados podemos enumerar:

8.1.1 - Fase Anterior a Concretagem

Precaução contra os seguintes danos das bainhas:

- Separação de junções
- Perfurações na colocação de ferragem
- Perfurações devido à queda de barras de aço
- Perfurações devido a respingos de soldas
- Danos causados por operários andando ou colocando equipamento sobre a bainha.
- Lançamento de concreto sobre a bainha
- Danos causados por vibração durante o adensamento do concreto.

Para evitar esses problemas foram tomadas providências, ou seja, antes das concretagens faziam-se verificações minuciosas quanto a estanqueidade dos dutos, juntas etc..., afim de impedir a entrada de nata ou argamassa do concreto. Na junção do tubo bainha com a ancoragem tomou-se cuidado suplementar, pois era um ponto muito vulnerável. Evitou-se lançamento de concreto diretamente sobre as bainhas. Lançou-se concretos com diâmetro máximo, do agregado, compatível com a armadura e dimensões das peças. O adensamento foi executado com vibradores pequenos. Os tubos de injeção e respiros ficaram tamponados e protegidos até a data de injeção.

8.1.2 - Fase após a Concretagem

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
		VER	FL 63 de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES. Nº	TC - 03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			

Após a concretagem as bainhas foram tamponadas para evitar a entrada de materiais estranhos em seu interior. Cuidados adicionais foram tomados por ocasião do preparo da junta de concretagem de modo a impedir que a areia de jateamento não entrasse nos dutos.

8.1.3 - Fase após a Colocação dos Cabos:

Um dos maiores perigos, após a colocação dos cabos de protensão, é a solda. Um pingo de solda, imperceptível às vezes, pode danificar um cabo. Como é imperceptível esse problema somente é observado quando se tensiona o cabo. Esse problema foi evitado protegendo-se os cabos e orientando os soldadores para que fossem tomados cuidados adicionais.

8.1.4 - Fase após a Protensão dos Cabos

Após o tensionamento dos cabos procurou-se reduzir o tempo entre protensão e injeção de maneira a proteger o cabo o mais rapidamente. As ancoragens foram, também, protegidas após a protensão, pelo "chapiscamento" de argamassa, sobre sua superfície. Esses procedimentos foram conseguidos através de, uma programação de serviço e dimensionamento da equipe. As fotografias 33 a 36 mostram algumas situações onde cuidados aqui citados, foram tomados.

8.2 - TOLERÂNCIA NA LOCAÇÃO DOS CABOS

Os serviços de protensão eram iniciados logo quando o "bloco" (região de serviço) estava sendo preparado para lançamento do concreto.

Além dos cuidados normalmente observados durante a concretagem, eram efetuadas verificações quanto a locação das

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

VER.:

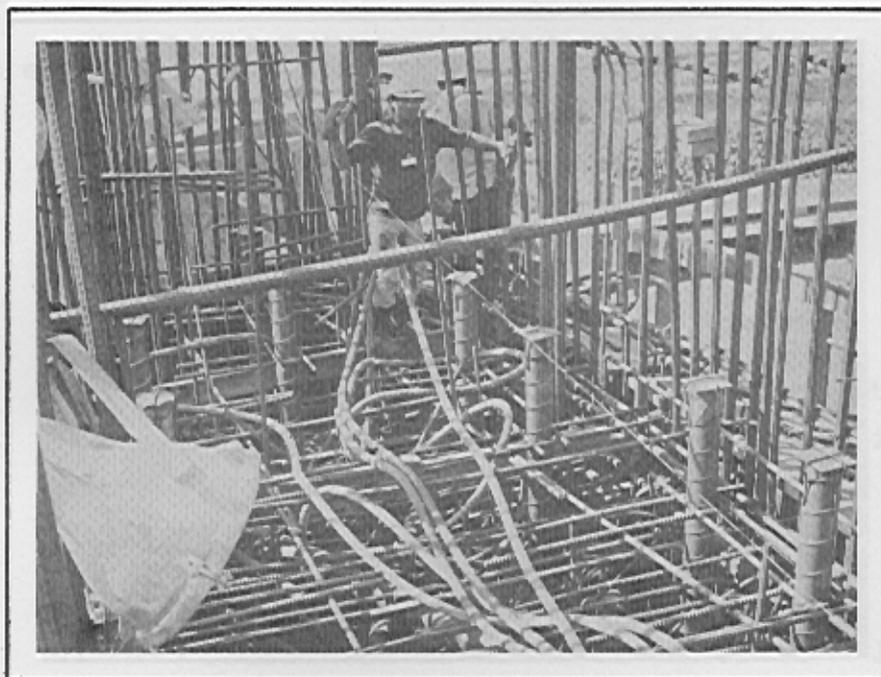
FL64 de

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

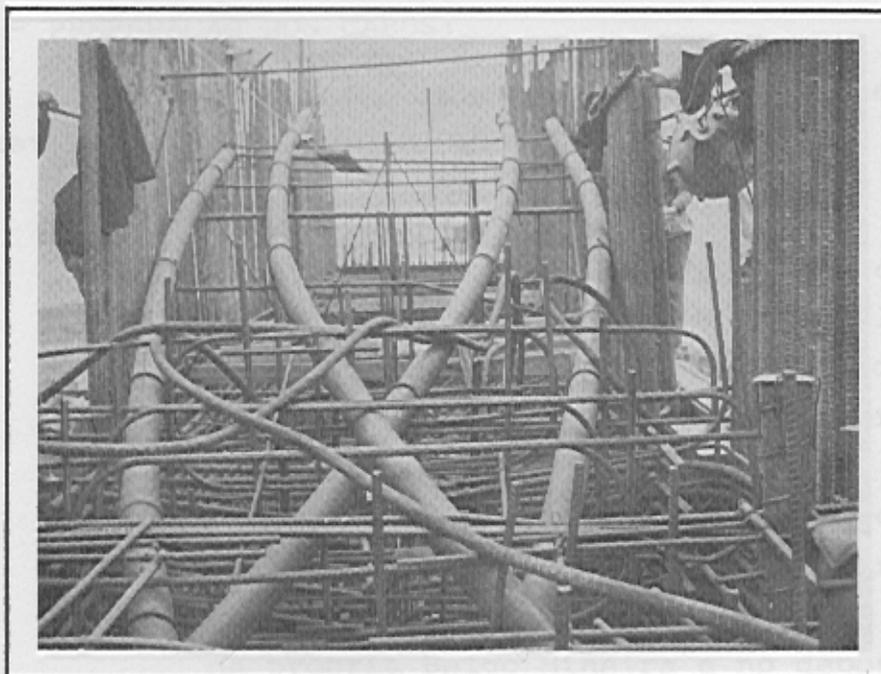
DES. Nº

TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

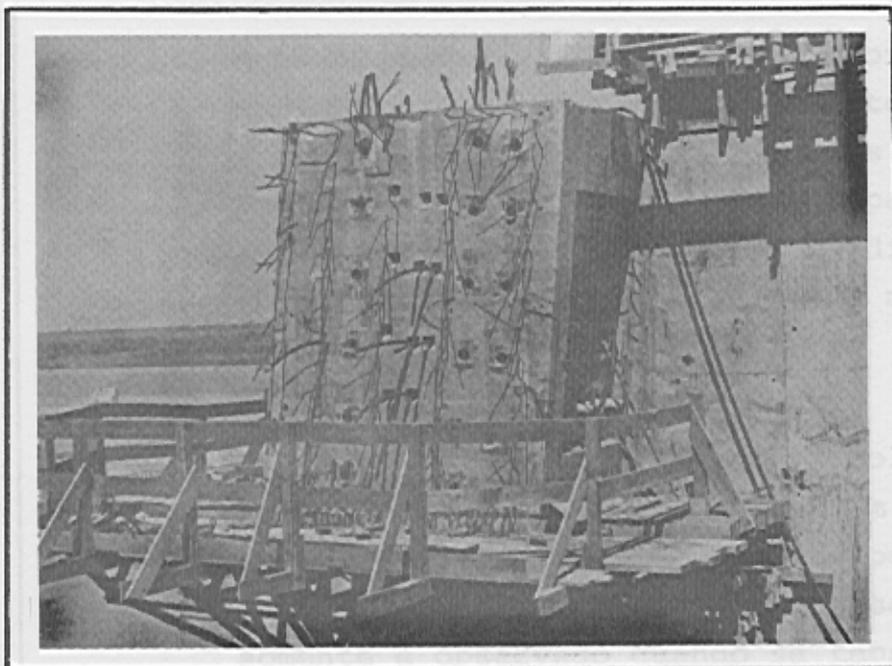


Fotografia 33 - Vista das bainhas dos cabos verticais. Observa-se o tamponamento para impedir a entrada de materiais estranhos.

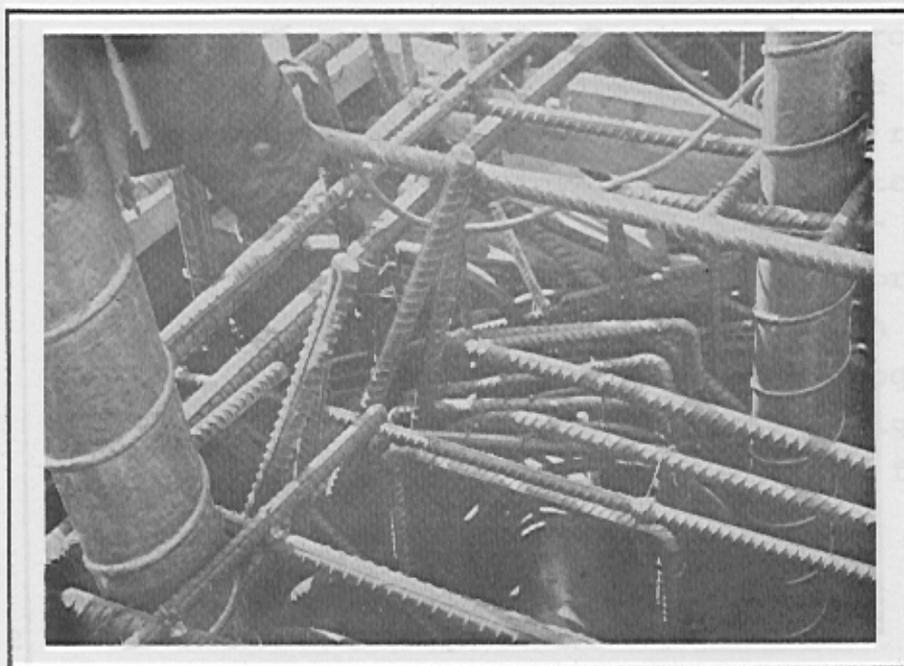


Fotografia 34 - Vista das bainhas de alguns cabos longitudinais. Observam-se as presilhas para fixação das bainhas.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER- TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL.65 de
	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 35 - Vista lateral de uma Viga Mu-nhão, já concretada, podendo-se notar os orifícios das bainhas e os tubos de injeção saindo na face do concreto.



Fotografia 36 - Detalhe da fretagem da região de ancoragem passiva de um cabo longitudinal. Nota-se a necessidade de se usar "concretos finos" (\varnothing max do agregado ≤ 38 mm).

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL66 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES Nº	TC - 03

bainhas e que obedeciam as seguintes tolerâncias:

8.2.1 - Cabos Verticais:

Tolerância = 10 mm

8.2.2 - Cabos Horizontais da Viga Munhão:

Estes cabos, por serem relativamente curtos, dispensavam tolerância pois obedeciam facilmente a posição teórica.

8.2.3 - Cabos Longitudinais:

Tolerância no nicho de montante = 10 mm

Tolerância na parte reta do cabo ~ posição teórica.

Tolerância na parte curva do cabo = 30 mm em três pontos de conferência.

8.3 - PREPARAÇÃO DOS CABOS:

A preparação dos cabos era feita em um pateo especial e constava de:

8.3.1 - Recepção e Controle do Aço:

Como já citado, anteriormente, as cordoalhas de \varnothing 12,7 mm da categoria CP. 160/180 eram fornecidas pela BEMA (Companhia Siderurgica Belgo Mineira) à Empreiteira da Obra de Ilha Solteira.

A Projetista mostrando um interesse maior sobre a qualidade das cordoalhas, através de um engenheiro, procurou examinar as cordoalhas na própria Belgo Mineira e no depósito da Empreiteira. Através de um critério visual a Projetista permitia a remessa, para Ilha Solteira, somente das cordoalhas que satisfizessem seu critério.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL 67 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES. Nº	TC - 03

Na Obra o aço era recebido em rolos ou bobinas. Tais bobinas ou rolos vinham acompanhados pelos respectivos Boletins de Ensaio - emitidos pelo fornecedor. Durante o preparo para a formação dos cabos retirávamos uma a mostra a cada 3,3 t (segundo EB - 233). Os valores obtidos nos ensaios efetuados no Laboratório de Concreto da CESP em Ilha Solteira encontram-se no Desenho 37 (folha 68).

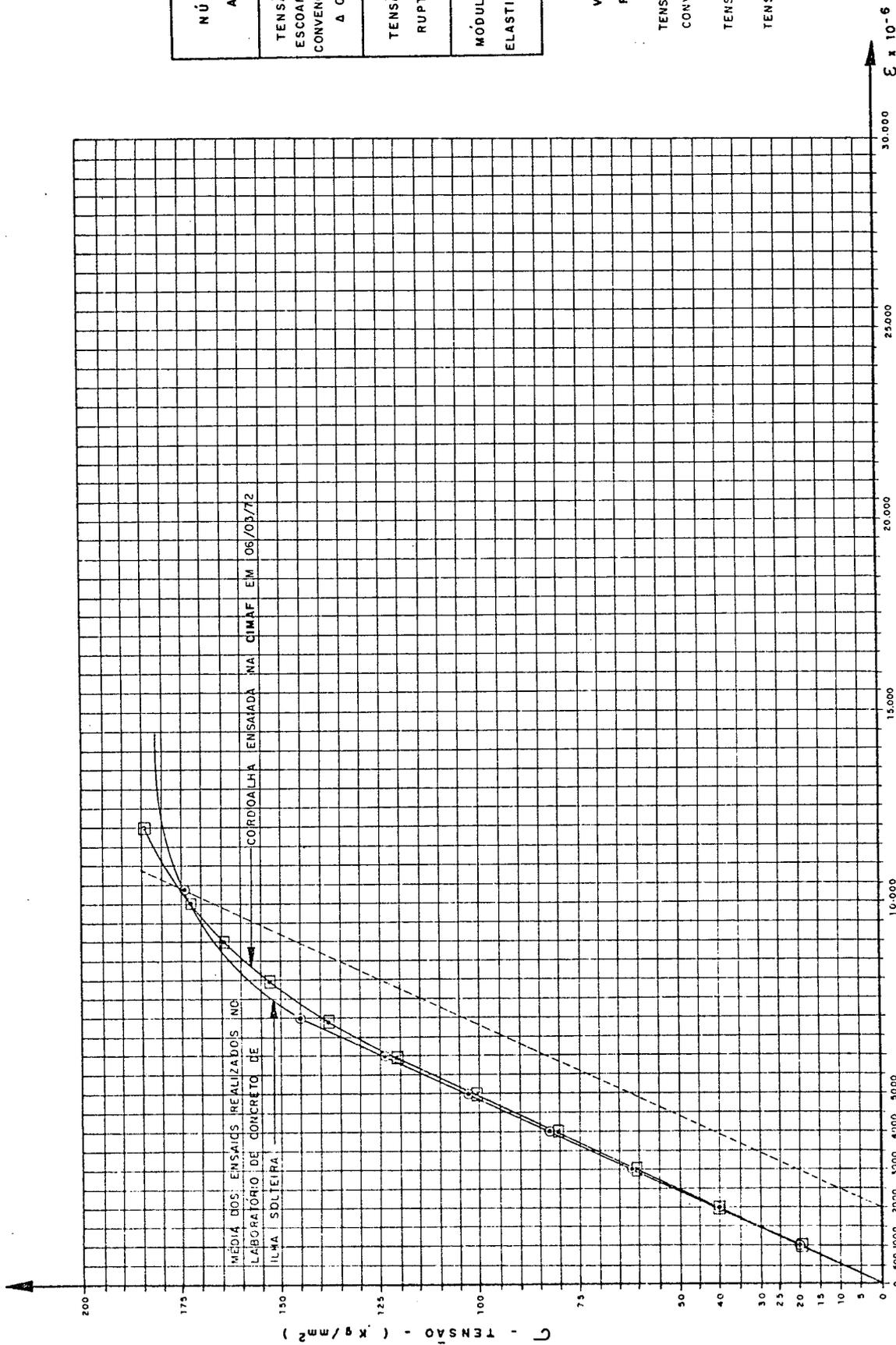
8.3.2 - Corte das Cordoalhas:

Os rolos ou bobinas eram posicionados sobre plataformas, permitindo um desenrolamento fa cil . Através da "enfição" por um espaçador, em uma bancada, as cordoalhas eram cortadas, já no comprimento dos cabos. O corte era fei to com disco, acoplado a uma máquina pneumática, e não com maçarico, pois poderia alterar as qualidades do aço na região do corte.

8.3.3 - Montagem dos Cabos:

Os cabos eram montados no pátio, já com o cabeçote de ancoragem ativa, juntamente com uma chapa perfurada. Esta chapa perfurada, - através de parafusos, impedia que as cunhas de ancoragem se soltassem durante o manuseio do cabo. Após estes procedimentos os cabos - eram enviados até as proximidades da estru tu ra afim de aguardar o posicionamento definitivo.

Para o posicionamento do cabo em sua bainha, passava-se um cabo entre as cordoalhas e o ca beçote, formando-se uma alça para que a "ma-ni lha" do guindaste pudesse pegar o cabo pa ra içá-lo. A ponta do cabo oposta a da anco ragem, era colocada na bainha permitindo-se



NÚMERO DE AMOSTRAS		80
TENSÃO DE ESCOAMENTO CONVENCIONAL Δ 0,2 %	MÉDIA Kg/mm ²	174,6
	C.V. (%)	3,6
TENSÃO DE RUPTURA	MÉDIA Kg/mm ²	182,2
	C.V. (%)	5,7
MÓDULO DE ELASTICIDADE	MÉDIA Kg/mm ²	2.074.043
	COEFICIENTE DE VARIACÃO %	3,8

VALORES OBTIDOS NO ENSAIO REALIZADO NA CIMAF.

TENSÃO DE ESCOAMENTO CONVENCIONAL A 0,2% = 176,0 Kg/mm²
 TENSÃO DE RUPTURA = 190,2 Kg/mm²
 TENSÃO A 1% = 172,0 Kg/mm²

DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA	
VALORES MÉDIOS DO CONTROLE DAS CORDOALHAS	37

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL 69 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES Nº	TC - 03

então, a introdução do cabo com o auxílio do guindaste. Esta operação é mostrada na fotografia 38 (folha 70).

Os cabos longitudinais, por seu grande comprimento e peso, necessitavam para posicionamento, de cuidados adicionais. Passava-se um fio de aço pelo interior da bainha, que prendíamos à extremidade livre do cabo. Através de um guincho posicionado à montante puxava-se o cabo. Na fotografia 39 (folha 70) podemos observar a plataforma de posicionamento do guincho.

8.4 - CONTRÔLE DA PROTENSÃO

8.4.1 - Considerações Gerais sobre o Sistema Losinger:

O sistema de protensão V.S.L., que vem sendo desenvolvido pela empresa suíça Losinger, é um sistema com aderência posterior, no qual, os cabos de protensão são formados por cordoalhas, e os elementos tensores, no seu todo, pelos cabos bainhas e respectivas ancoragens.

A protensão se faz mediante macacos hidráulicos e a fixação dos cabos mediante um dos tipos de ancoragem V.S.L., ou ancoragem por aderência.

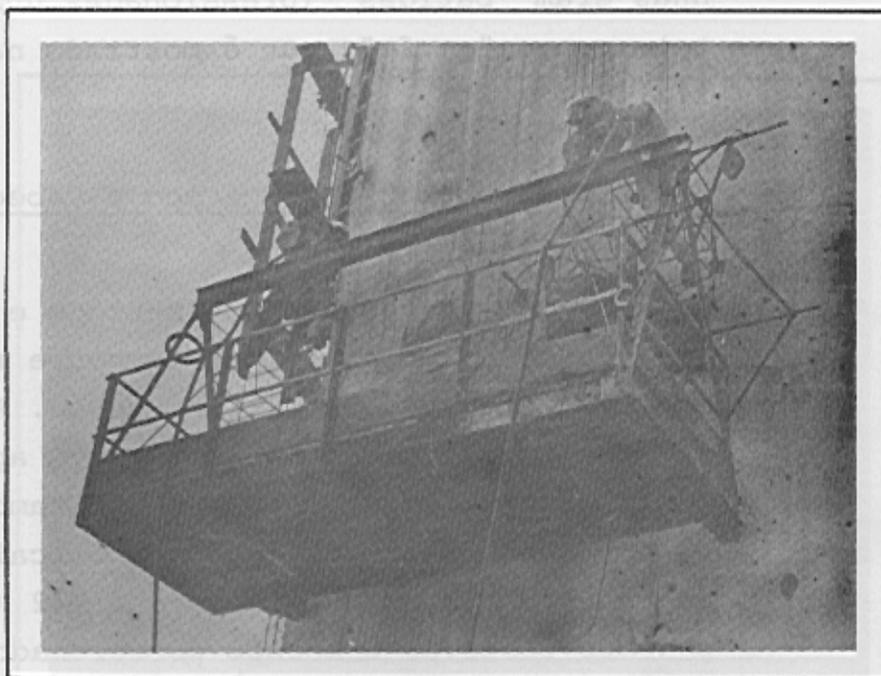
Todas as cordoalhas de um mesmo cabo sofrem tração por igual. Suas ancoragens são individuais, isto é, cada cordoalha é fixada ao cabeçote de ancoragem em orifício tronco cônico próprio, mediante cunhas metálicas adequadas.

8.4.2 - Sequência de Serviços para Execução da Protensão em um cabo:

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL.70 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES. Nº	TC - 03



Fotografia 38 - Colocação do cabo longitudinal com auxílio do guindaste.



Fotografia 39 - Plataforma móvel utilizada para colocação do guincho no nicho. Essa plataforma auxiliou também na concretagem (secundária) do nicho.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 71 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº TC - 03	

Como exemplo citaremos a protensão de um cabo longitudinal.

8.4.2.1 - Enfição do Cabo:

Esta operação já foi detalhada anteriormente no item 8.3.3 (folha 67). Na fotografia 39 (folha 70) podemos observar os cabos longitudinais posicionados.

8.4.2.2 - Colocação do Apoio do Macaco:

O apoio do macaco é uma peça vazada, com dentes espaçadores dos cabos.

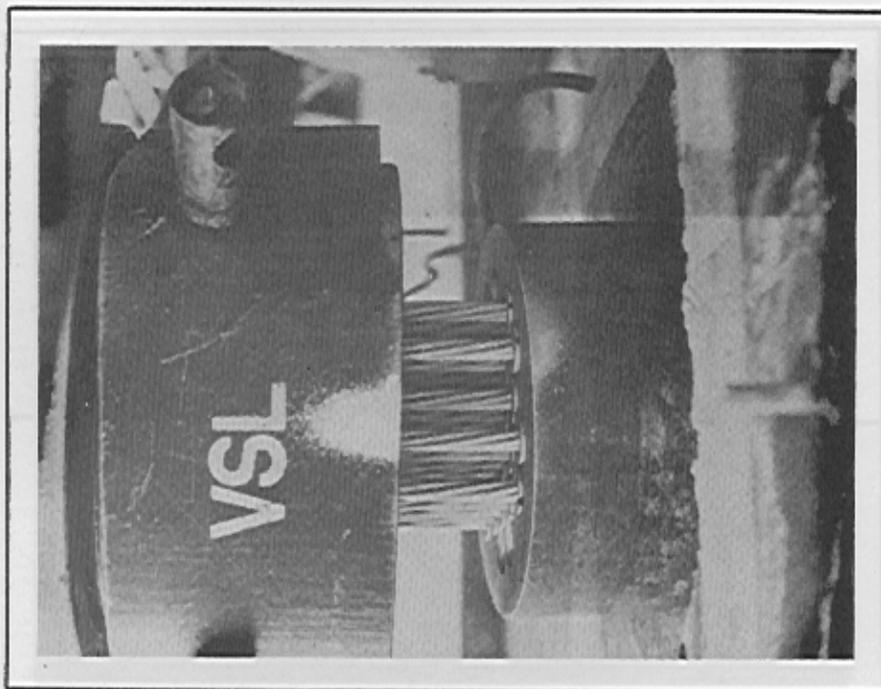
Durante a protensão ela ficava apoiada na chapa de ancoragem onde também se apoia o cabeçote, como mostram as fotografias 40 e 41 (folha 72).

Antes da colocação do apoio as cunhas eram "batidas" (pressionadas uniformemente) com o "garfo" que é mostrado na fotografia 43.

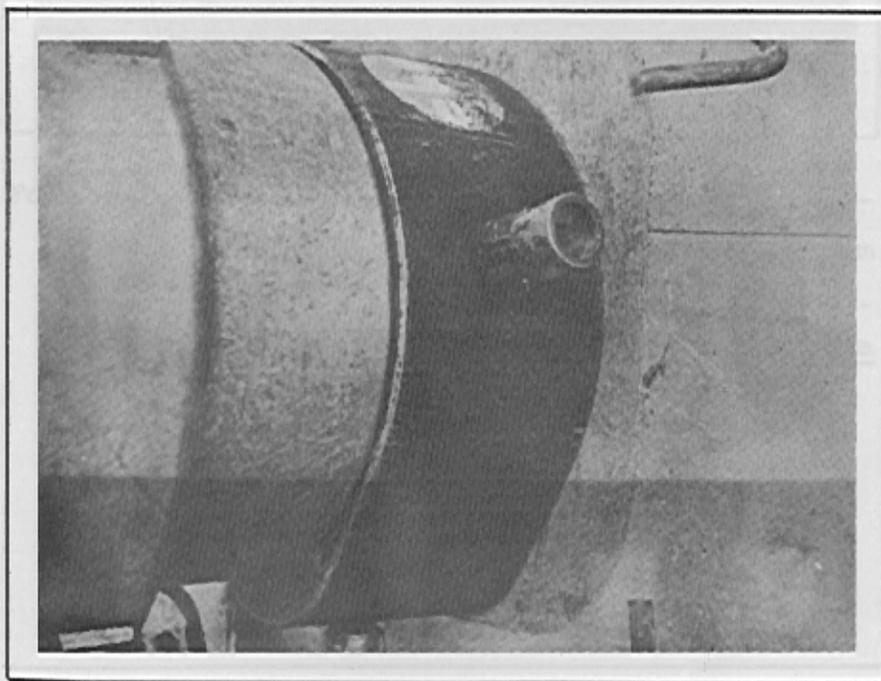
8.4.2.3 - Colocação do Macaco e Cabeçote de Tração:

O macaco era movimentado e colocado através de um guincho montado sobre rodas, que se movimentava sobre a viga Munhão. Adotou-se esta solução, pois o macaco pesava aproximadamente 250 kg. Esse mesmo guincho também era usado na protensão dos cabos verticais e horizontais do Munhão. Na fotografia 42 (folha 73) podemos observar o macaco posicionado, sendo notado também que no cabeçote de tração alguns orifícios estão vazios, pois o cabo era composto de 27 cordoalhas e as ancoragens eram do tipo VSL - E - 5-31.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL.72 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 40 - Apoio do macaco - sendo colocada. Cordoalha pintada com "SPRAY" branco para verificação do deslizamento.



Fotografia 41 - Detalhe do apoio já em sua posição definitiva.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

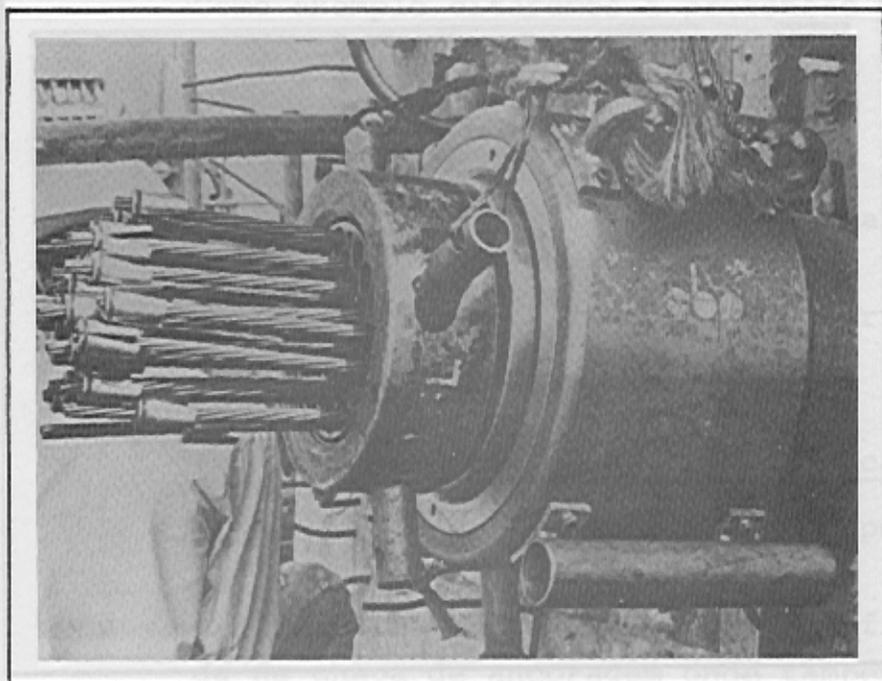
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

VER.:

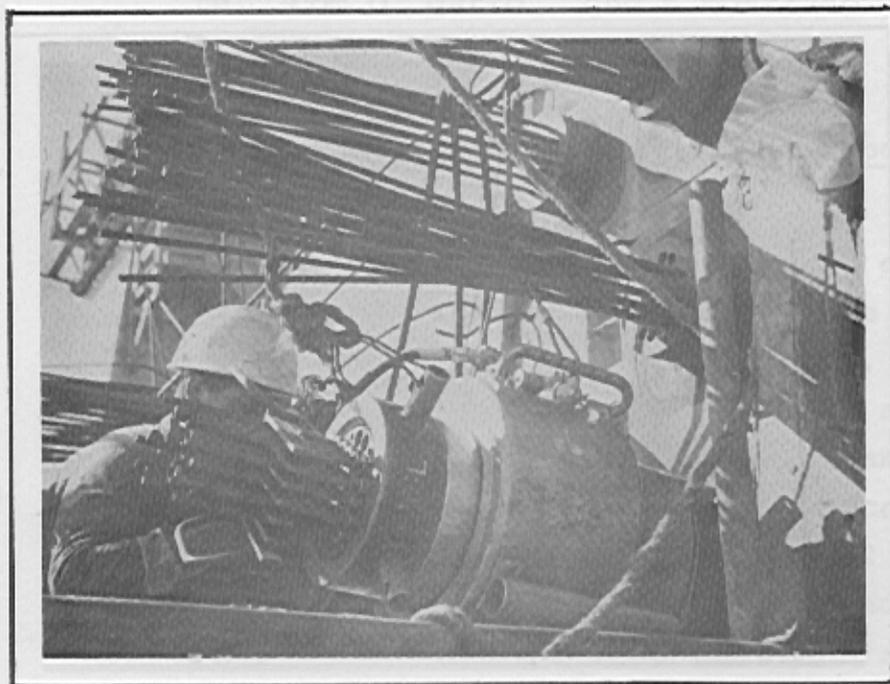
FL. 73 de

DES. Nº TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 42 - Macaco e cabeçote de tração co
locados. As "cunhas brancas" de
tração sendo colocadas.



Fotografia 43 - "Cunhas brancas" sendo "bati-
das" com o "garfo".

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

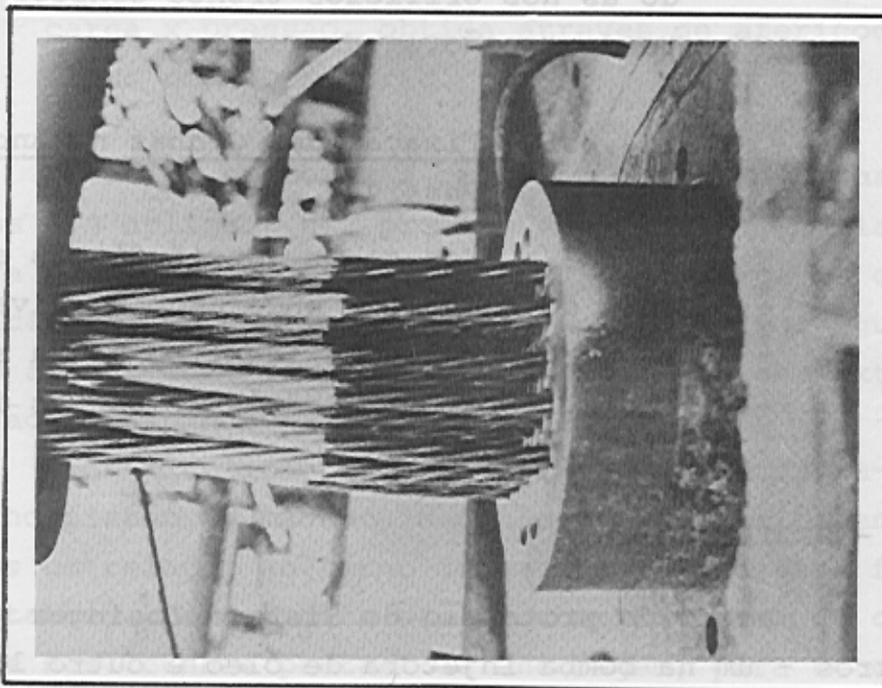
VER.:

FL 74 de

DES. Nº

TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 44 - Cordoalhas protendidas e cravadas. Estas cordoalhas foram pintadas (com SPRAY branco). Pode-se observar a uniformidade dos alongamentos.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
		VER.	FL 75 de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

8.4.2.4 - Fixação das Cunhas de Tração (Cunhas Brancas).

Na fotografia 42 (folha 73) observam-se nas extremidades das cordoalhas as cunhas de tração (ou "Cunhas Brancas"). Através de um "garfo" as "cunhas brancas" eram batidas (fixadas uniformemente), posicionando-as nos orifícios tronco-cônicos do cabeçote de tração.

8.4.2.5 - Fixação das Cunhas na Ancoragem - Passiva:

Nos cabos longitudinais e horizontais do Munhão, a ancoragem passiva era feita por um cabeçote identico ao da ancoragem ativa, e também através de cunhas individuais.

8.5 - PROTENSÃO:

O macaco de protensão do Sistema Losinger possui dois manômetros - um na bomba injetora de óleo e outro ligado diretamente ao macaco. As pressões de carregamento foram controladas pelo manômetro ligado ao macaco.

O acompanhamento da protensão era feito através de tabelas padronizadas contendo os seguintes itens:

- Leitura da pressão manométrica - manômetros
- Força de protensão - Força no macaco (nota 5)
- Alongamento Calculado - Alongamento teórico acumulado
- Alongamento lido - Leituras em relação à referência adotada.
- Alongamentos referentes aos acréscimos de pressão
- $\Delta \epsilon$
- Alongamentos Acumulados - ϵ
- Observação da entrada das cunhas brancas - correção nos alongamentos devido a sua entrada no

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL76 de
		DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

cabeçote de tração.

- Observação da entrada das "cunhas pretas" (ancoragem passiva) - Correção nos alongamentos devidos à sua entrada na ancoragem passiva.
- Discrepância - Diferença entre os alongamentos teórico e obtido.

NOTA 5 - Para obtenção da força usava-se uma curva de aferição carga x pressão, obtida através de aferições periódicas no Laboratório.

Antes de se tomar a referência para medidas dos alongamentos era aplicada uma pressão manométrica inicial (100 kg/cm²) para os cabos longos e 50 kg/cm² para os cabos curtos) para esticar os cabos e permitir uma aplicação por igual das tensões. O alongamento referente a essa parcela era extrapolado - em função da segunda parcela (lei de Hooke).

Após a aplicação desta carga inicial fazia-se uma referência no pistão do macaco, medindo-se, posteriormente, os alongamentos em relação ao corpo do macaco (que estava fixo). Tomava-se, também, referências nas "cunhas brancas" do cabeçote de tração e nas "cunhas pretas" da ancoragem, para se efetuar as correções. Os alongamentos eram medidos a cada 50 kg/cm² de incremento na pressão manométrica.

Um dos problemas que podem ocasionar erro de leitura é que alguns macacos (como por exemplo o ZPE - 31, utilizado - para os cabos longitudinais e verticais) possuindo um curso de aproximadamente 100 mm quando usado em cabos longos implicava, então, em um alívio da carga para "zerar" o pistão e uma retomada de carga. Havia, portanto, necessidade de atenção e correção.

No Sistema Losinger a cravação é feita ao se retornar o pistão do macaco sendo que o proprio esforço das cordoalhas faz a cravação. Não existe pistão de cravação.

Os valores de pressão monométrica e alongamentos, através das aferições, áreas e comprimentos dos cabos, foram trans-

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
		VER.	FL 77 de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

formados em tensão no aço e deformações específicas, sendo plotadas no diagrama convencional de Tensão x Deformação Específica. Os Desenhos 45 a 49 (folhas 78 a 82), mostram curvas Tensão x Deformação de alguns cabos. No Desenho 50 (folha 83) - apresentamos o resumo dos Módulos de Elasticidade dos conjuntos de cabos.

Podemos observar pelos valores apresentados no Desenho 50 (folha 83) que o Módulo de Elasticidade encontrado para os diversos cabos longitudinais está bem próximo ao obtido em laboratório (e também ao Teórico = 21.000 kg/mm²), não se fazendo sentir brutalmente o efeito do atrito nas curvaturas, pois estas eram razoavelmente brandas. Nota-se ainda os baixos valores do coeficiente de variação (ao redor de 2%) o que endossa o tipo de medida no controle da protensão.

Nota-se, também, que os Cabos Horizontais apresentaram maior dispersão (valores maiores de coeficiente de variação), isto é explicado pelo pequeno comprimento dos cabos.

Os alongamentos dos cabos verticais permitiram se obter os menores valores de Módulo de Elasticidade. Isto ocorreu, pois, ao se admitir o L_0 (= comprimento inicial do cabo) não se incluiu o comprimento de ancoragem. Este fato já era de nosso conhecimento pois ensaios de arrancamento em cordoalhas ancoradas (efetuados com outra finalidade) mostraram que parte do comprimento ancorado também trabalha, provocando alongamentos que excedem aos previstos. Como exemplo citamos um ensaio realizado em 1972, quando tínhamos:

- Área da Cordoalha \approx 93 mm²
- Comprimento livre L_0 = 419 cm
- Comprimento da ancoragem = 300 cm
- Carga máxima por cordoalha = 10.000 kg
- Alongamento observado à carga máxima = 28 mm
- Módulo de Elasticidade obtido

LABORATÓRIO DE CONCRETO - ILHA SOLTEIRA

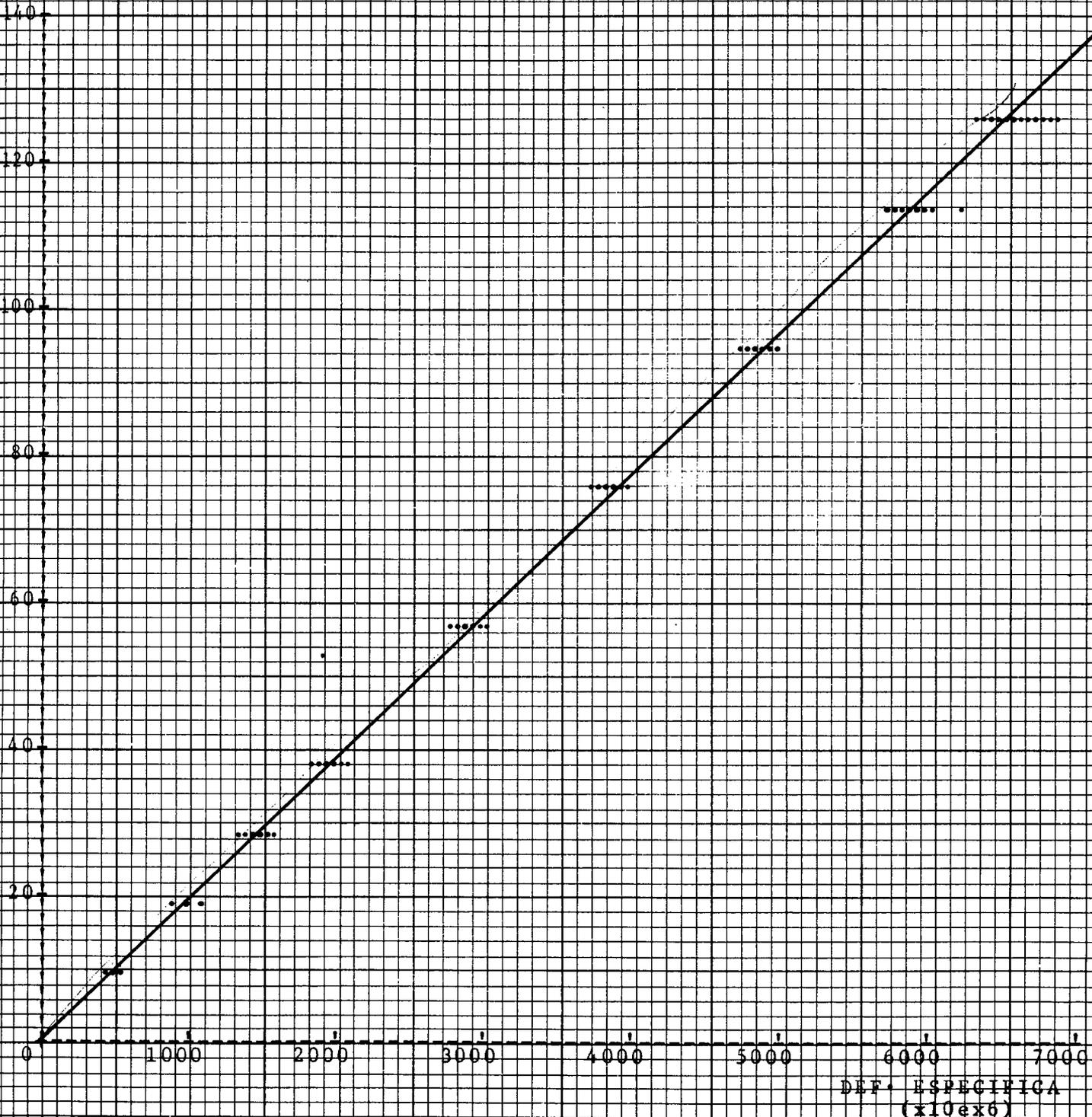
ASSUNTO: PROTENSAO NOS PILARES DO VERTEDOURO

CALCULO: MODULO DE ELASTICIDADE

CABO(S): VERTICAIS

PV-3-4e5

TENSAO (kg/mm²)



E INTERPOLADO P/ TODOS OS PONTOS	19291	kg/mm ²
COEFICIENTE DE CORRELACAO	.9993	
E MEDIO P/ TODOS OS CABOS	19330	kg/mm ²
DESVIO PADRAO	313	kg/mm ²
COEFICIENTE DE VARIACAO (%)	1.7	

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
C E S P - ILHA SOLTEIRA	
CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO	
OBTIDA NA PROTENSAO	45

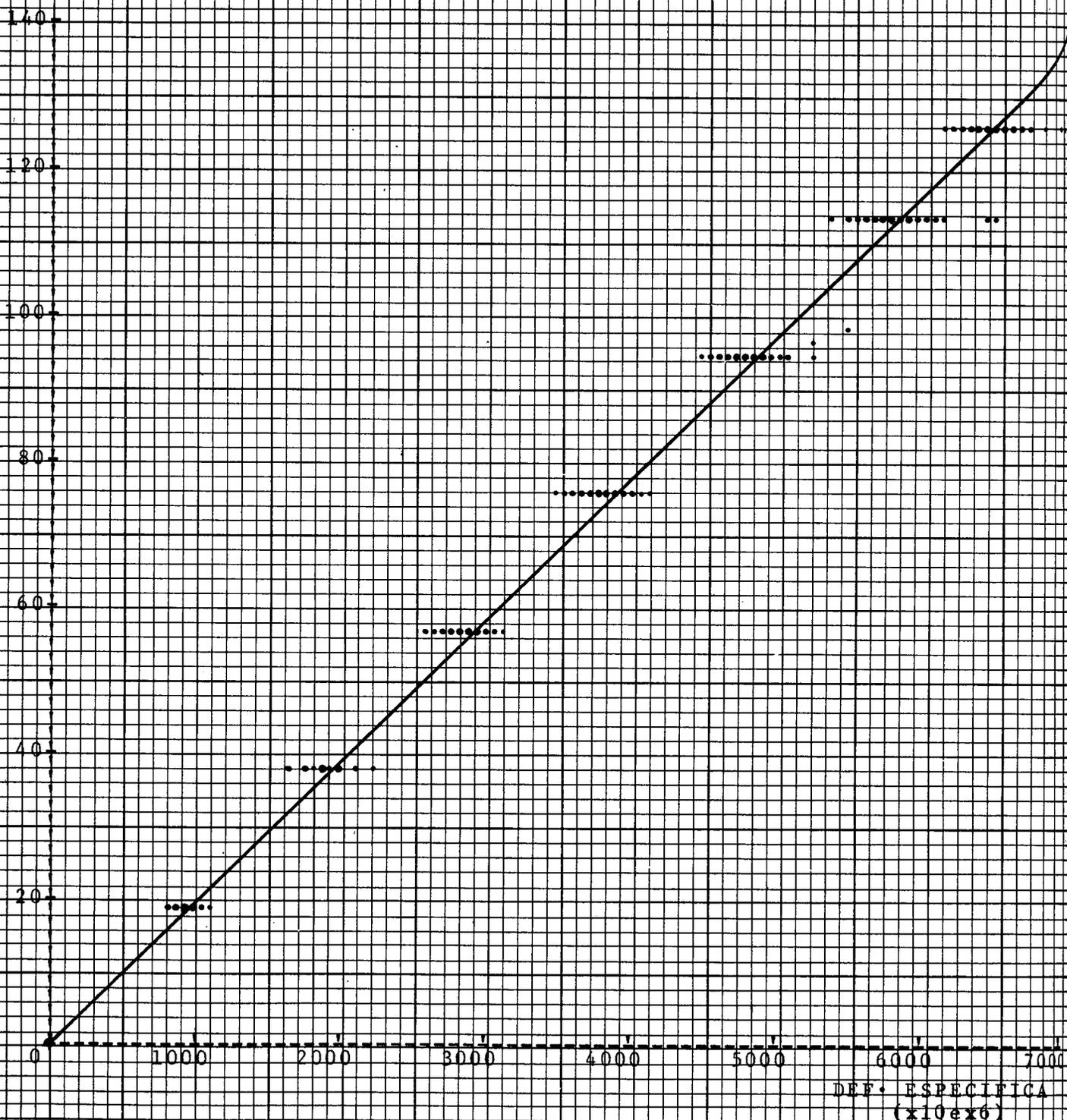
LABORATÓRIO DE CONCRETO - ILHA SOLTEIRA

ASSUNTO: PROTENSAO NOS PILARES DO VERTEDOURO

CALCULO: MODULO DE ELASTICIDADE

CABO(S): VERTICAIS - PV-1-2 e PV-6 a0 PV-20

TENSAO (kg/mm²)



E INTERPOLADO P/ TODOS OS PONTOS 19393 kg/mm²

COEFICIENTE DE CORRELACAO .9985

R MEDIO P/ TODOS OS CABOS 19562 kg/mm²

DESVIO PADRAO 480 kg/mm²

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%) 2.5

LABORATÓRIO DE CONCRETO
GESP - ILHA SOLTEIRA
CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO
OBTIDA NA PROTENSAO

DESENHO

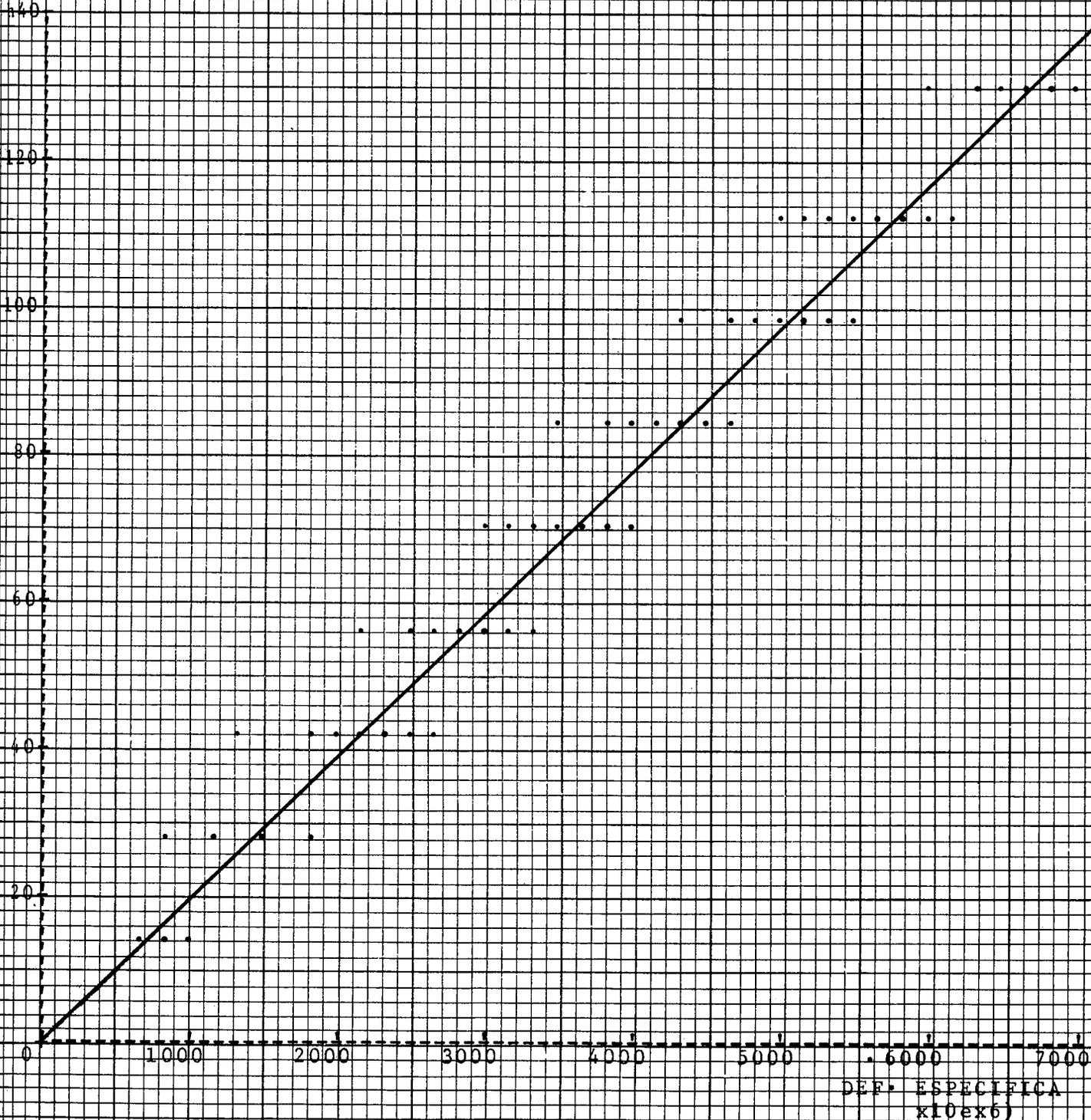
LABORATÓRIO DE CONCRETO - ILHA SOLTEIRA

ASSUNTO: PROTENSAO NOS PILARES DO VERTEDOURO

CALCULO: MODULO DE ELASTICIDADE

CABO(S): HORIZONTAIS PV-1 e PV-20

TENSAO (kg/mm²)



E INTERPOLADO P/ TODOS OS PONTOS 19411 kg/mm²

COEFICIENTE DE CORRELACAO .9914

E MEDIO P/ TODOS OS CABOS 19536 kg/mm²

DESVIO PADRAO 934 kg/mm²

COEFICIENTE DE VARIACAO (%) 4.87

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
C E S P - ILHA SOLTEIRA	
CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO	
OBTIDA NA PROTENSAO	47

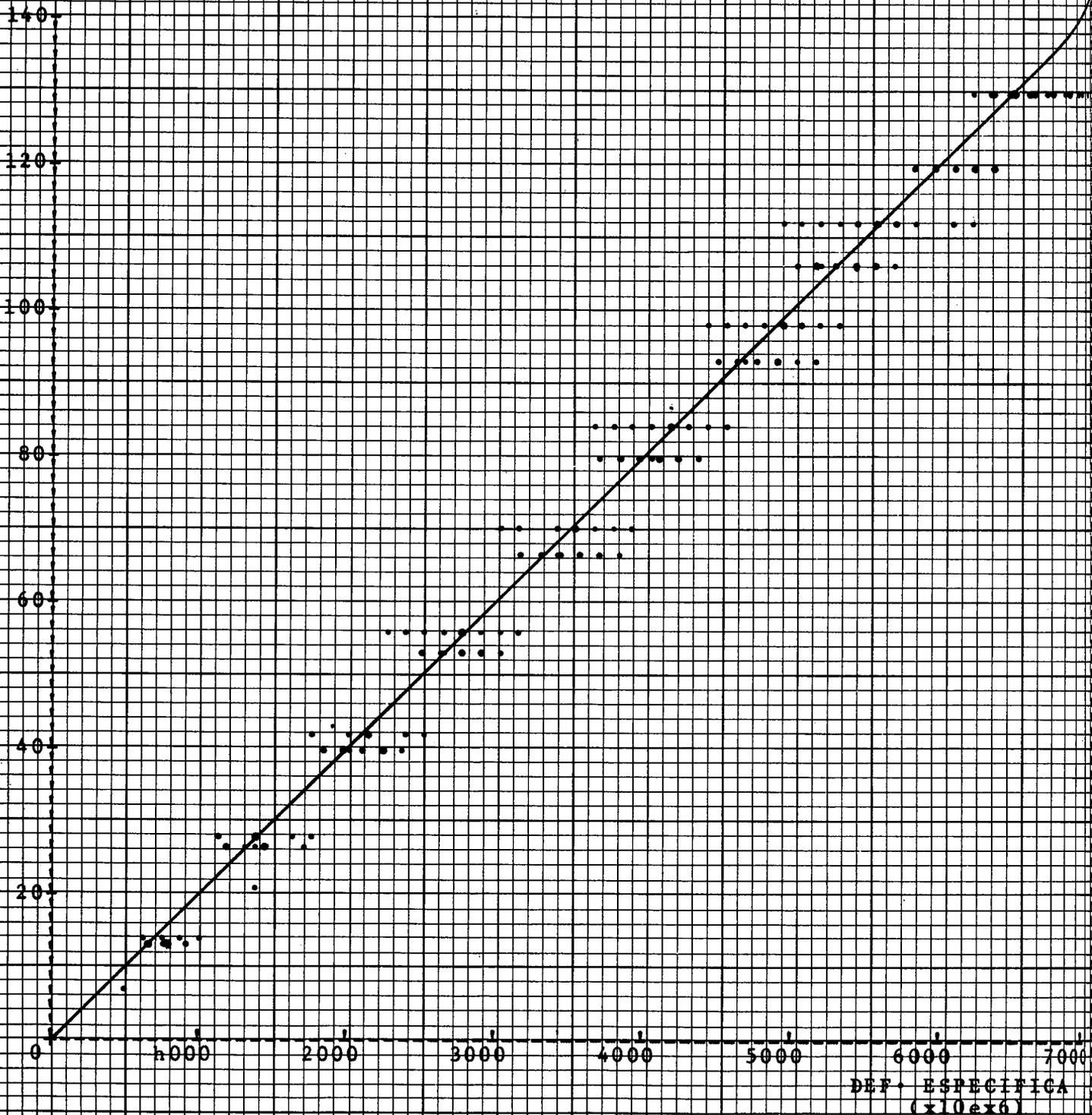
LABORATORIO DE CONCRETO - ILHA SOLTEIRA

ASSUNTO: PROTENSAO NOS PILARES DO VERTEDOIRO

CALCULO: MODULO DE ELASTICIDADE

CABO(S): HORIZONTAIS - PV-2 AO PV-19

TENSAO (kg/mm²)



E INTERPOLADO P/ TODOS OS PONTOS	20094	kg/mm ²
COEFICIENTE DE CORRELACAO	.9977	<
E MEDIO P/ TODOS OS CABOS	19339	kg/mm ²
DESVIO PADRAO	3465	kg/mm ²
COEFICIENTE DE VARIACAO (%)	17.9	

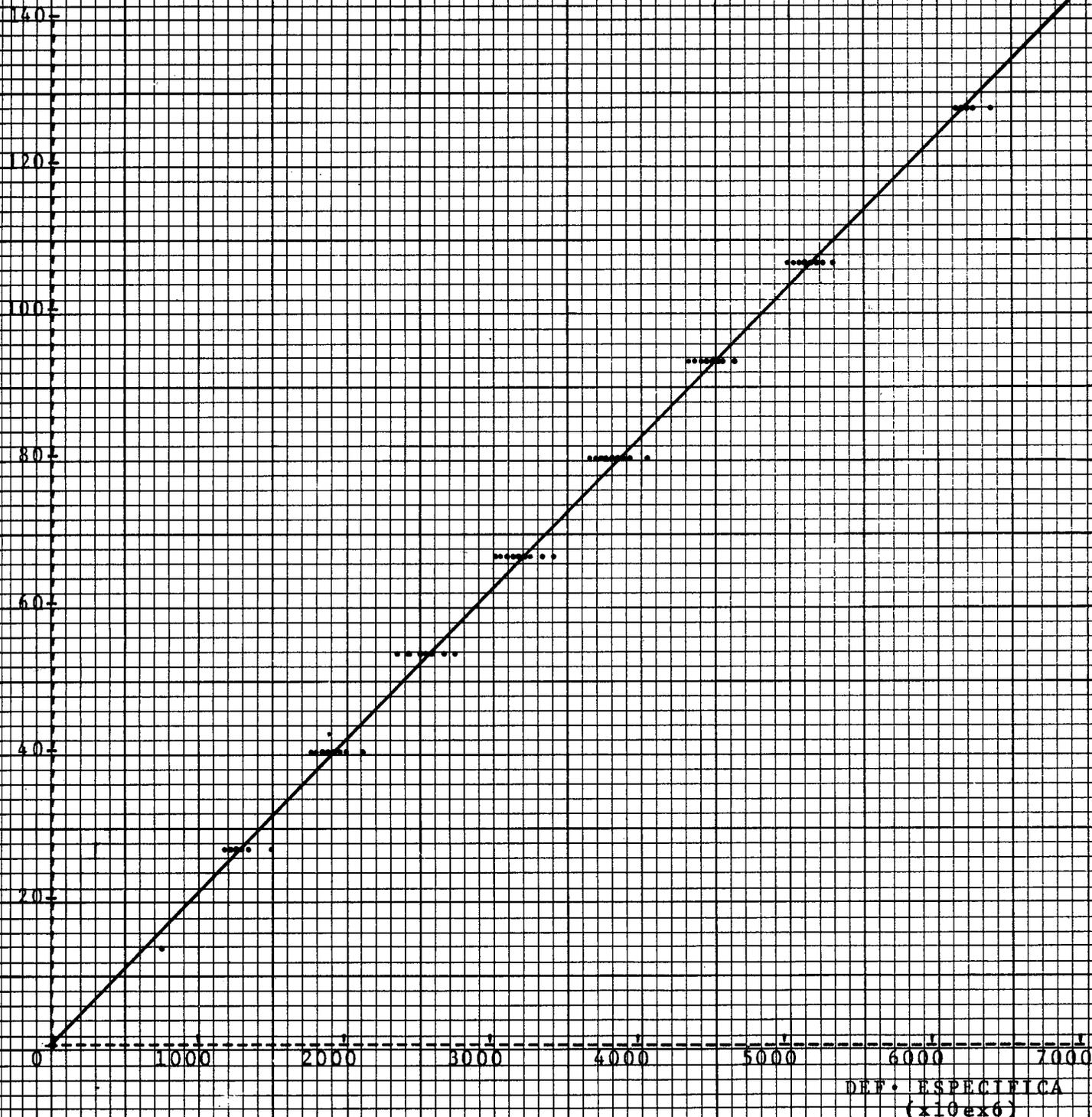
LABORATÓRIO DE CONCRETO - ILHA SOLTEIRA

ASSUNTO: PROTENSAGENS FILARES DO VERTEDOURO

CALCULO: MODULO DE ELASTICIDADE

CABO(S): LONGITUDINAIS Nº 1 PV-1 e PV-19

TENSAO (kg/mm²)



É INTERPOLADO P/ TODOS OS PONTOS	20501	kg/mm ²
COEFICIENTE DE CORRELACAO	.9990	
É MEDIO P/ TODOS OS CABOS	20680	kg/mm ²
DESVIO PADRAO	283	kg/mm ²
COEFICIENTE DE VARIACAO (%)	1.4	%

CABO	POSICÃO	PILAR	COMPRIMENTO INICIAL L _o (m)	MÓDULO DE ELÁSTICIDADE	
				MÉDIO Kg / mm ²	COEFICIENTE VARIACÃO %
VERTICAL	-	PV-3, 4, 5	20,08 sem ancora gem	19.330	1,6
VERTICAL	-	PV-1, 2, 6 a 20	16,93 sem ancora gem	19.562	2,5
HORIZONTAL	-	PV-1 e PV-20	6,02	19.536	4,8
HORIZONTAL	-	PV-2 ao PV-19	7,92	19.339	17,4
LONGITUDINAL	1	PV-2 ao PV-19	25,33	20.680	1,4
LONGITUDINAL	2	PV-2 ao PV-19	23,38	20.614	2,6
LONGITUDINAL	3	PV-2 ao PV-19	25,03	20.568	1,3
LONGITUDINAL	4	PV-2 ao PV-19	24,83	20.563	1,8
LONGITUDINAL	5	PV-2 ao PV-19	22,93	20.524	2,8
LONGITUDINAL	6	PV-2 ao PV-19	24,73	20.574	1,9
LONGITUDINAL	7	PV-2 ao PV-19	24,53	20.402	2,0
LONGITUDINAL	8	PV-2 ao PV-19	22,63	20.535	2,5
LONGITUDINAL	1'	PV-2 ao PV-19	25,33	20.581	1,9
LONGITUDINAL	2'	PV-2 ao PV-19	23,38	20.440	1,5
LONGITUDINAL	3'	PV-2 ao PV-19	25,03	20.667	1,6
LONGITUDINAL	4'	PV-2 ao PV-19	24,83	20.649	1,8
LONGITUDINAL	5'	PV-2 ao PV-19	22,93	20.548	2,6
LONGITUDINAL	6'	PV-2 ao PV-19	24,73	20.748	2,2
LONGITUDINAL	7'	PV-2 ao PV-19	24,53	20.394	2,9
LONGITUDINAL	8'	PV-2 ao PV-19	22,63	20.588	1,8
LONGITUDINAL	9	PV-1 e PV-20	25,53	20.861	1,5
LONGITUDINAL	10	PV-1 e PV-20	23,73	20.287	2,0
LONGITUDINAL	11	PV-1 e PV-20	25,33	20.232	0,1
LONGITUDINAL	12	PV-1 e PV-20	25,23	20.865	2,0
LONGITUDINAL	13	PV-1 e PV-20	24,93	20.499	2,3
LONGITUDINAL	14	PV-1 e PV-20	25,23	20.865	1,1
LONGITUDINAL	15	PV-1 e PV-20	23,23	20.435	1,3
LONGITUDINAL	17	PV-1	24,83	20.544	1,0
LONGITUDINAL	18	PV-1 e PV-20	24,63	20.434	2,2
LONGITUDINAL	19	PV-1	24,83	20.365	1,1
LONGITUDINAL	20	PV-1 e PV-20	23,13	19.520	3,4
LONGITUDINAL	21	PV-1 e PV-20	24,63	20.344	2,8
LONGITUDINAL	22	PV-20	25,86	19.841	1,0
LONGITUDINAL	23	PV-20	25,81	23.122	1,0

20 440,52

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA	
VALORES MÉDIOS DO MÓDULO DE ELASTICIDADE	50

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER	FL 84 de
		DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

$$EOBT = \frac{\frac{\text{carga cordoalha}}{\text{area cordoalha}}}{\frac{\text{alongamento}}{\text{comprimento livre}}} = \frac{10.000 \text{ kg}}{93 \text{ mm}^2} = \frac{28 \text{ mm}}{4 \text{ 190 mm}}$$

$$EOBT = \frac{107,5}{6,68 \times 10^{-3}} = 16.093 \text{ kg/mm}^2$$

que é diferente do valor normal

$$E_T = 21.000 \text{ kg/mm}^2$$

Fazendo-se o cálculo inversamente teríamos:

$$E_T = 21.000 = \frac{\frac{10.000}{93}}{\frac{28}{L_E}} \quad \text{ou seja}$$

$$L_E \text{ (comprimento efetivo)} = \frac{28 \times 21.000}{107,5} = 5 \text{ 470 mm}$$

que nos mostra $L_E \neq L_o$, dando

$$AL = L_E - L_o = 5 \text{ 470} - 4 \text{ 190} = 1 \text{ 280, ou seja}$$

$$\frac{AL}{\text{ancoragem}} \times 100\% = \frac{1 \text{ 280}}{3 \text{ 000}} \cong 40\% \text{ da ancoragem trabalhando.}$$

Em outras palavras, os alongamentos observados corresponderam a um comprimento de cabo efetivo que seria o comprimento livre (L_o) acrescido de uma parcela da parte ancorada, somente que trabalhando como livre.

Seguindo-se este raciocínio e usando-se os valores dos cabos verticais do PV - 3, 4, 5 temos:

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL85 de
	TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03

Comprimento de ancoragem = $310,0 - 305,5 = 4,5$ m

L_o = comprimento inicial = 2 008 m

σ_{oi} = tensão antes da cravação = 126,0 kg/mm²

EOBT = Módulo de Elasticidade obtido = 19.330 kg/mm²

$$EOBT = \frac{\sigma_{oi}}{Al} \cdot Al = \sigma_{oi} \times \frac{L_o}{EOBT} = 126 \text{ (kg/mm}^2\text{)} \times \frac{20,08 \text{ m}}{19330 \text{ kg/mm}^2}$$

$$\frac{L_o}{EOBT}$$

$$Al = 131 \text{ mm}$$

Fazendo-se a volta temos:

$$ET = 21.000 \text{ kg/mm}^2$$

$$Al = 131 \text{ mm}$$

$$\sigma_{oi} = 126 \text{ kg/mm}^2 \quad L_e = \frac{131}{126} \times 21.000 = 21,83 \text{ m}$$

$$\text{Isto é, } AL = L_e - L_o = 21,83 - 20,08 = 1,75 \text{ m,}$$

$$\text{dando-nos } \frac{AL}{\text{ancoragem}} \times 100\% = \frac{1,75}{4,50} \times 100\% \approx 39\%$$

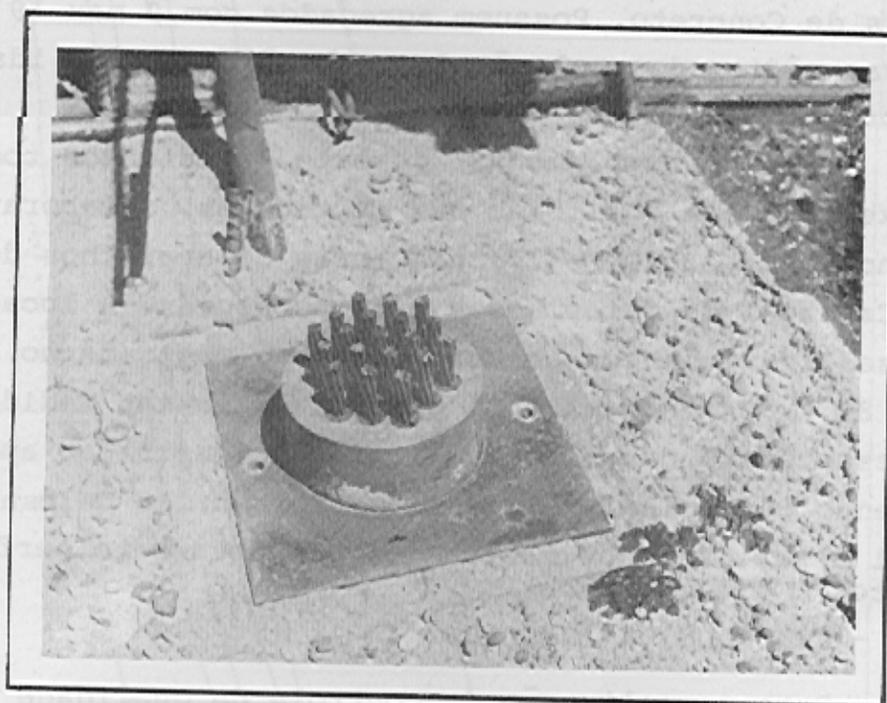
que está bastante próximo do valor encontrado no ensaio realizado.

Deve-se, portanto, conscientizar-se das causas que proporcionam as diferenças de comportamento para se poder interpretar os dados obtidos.

8.6 - CORTE DAS CORDOALHAS:

Após a protensão as cordoalhas eram cortadas por meio de discos, deixando-se um comprimento de, aproximadamente 5 cm passando a ancoragem, como mostra a fotografia 51 (folha 86). Como já citamos anteriormente, os cortes foram executados sempre com discos, pois o corte a maçarico pode alterar as características desse tipo de aço.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL 86 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 51 - Corte feito em um cabo vertical. Pode-se observar a qualidade de serviço que o corte a disco proporciona.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL87 de
	DES. Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

8.7 - CONTROLE DO CONCRETO:

Os concretos utilizados nas regiões que receberam os esforços oriundos das protensões, possuíam alta resistência - inicial (Tensão Mínima de ruptura = 150 kg/cm² aos 3 dias) permitindo uma razoável velocidade executiva nas regiões de protensão. Tais concretos foram, obedecendo-se a uma rotina normal do Laboratório de Concreto, amostrados durante a produção nas Centrais de Concreto. Possuem agregados com \emptyset max 19 e 38 mm. As curvas médias de evolução da resistência com a idade são -- mostradas no Desenho 52 (folha 88).

Afim de complementar a série de cuidados tomados quanto a execução e a qualidade das protensões, o Laboratório instalou no Pilar 12 (PV - 12) uma série de aparelhos de medidas (tipo Carlson) de deformações e temperaturas. A locação de todos esses instrumentos de auscultação é mostrada no Desenho 53 (folha 89). Os valores obtidos através desses medidores têm-se apresentados normais e a titulo de ilustração apresentamos no Desenho 54 (folha 90) os dados fornecidos pelos aparelhos Ref. 11 e Ref. 14, que mostram um comportamento perfeitamente elástico.

8.8 - CONTROLE DA INJEÇÃO:

Para a realização do controle de qualidade da injeção foram impostas as seguintes verificações:

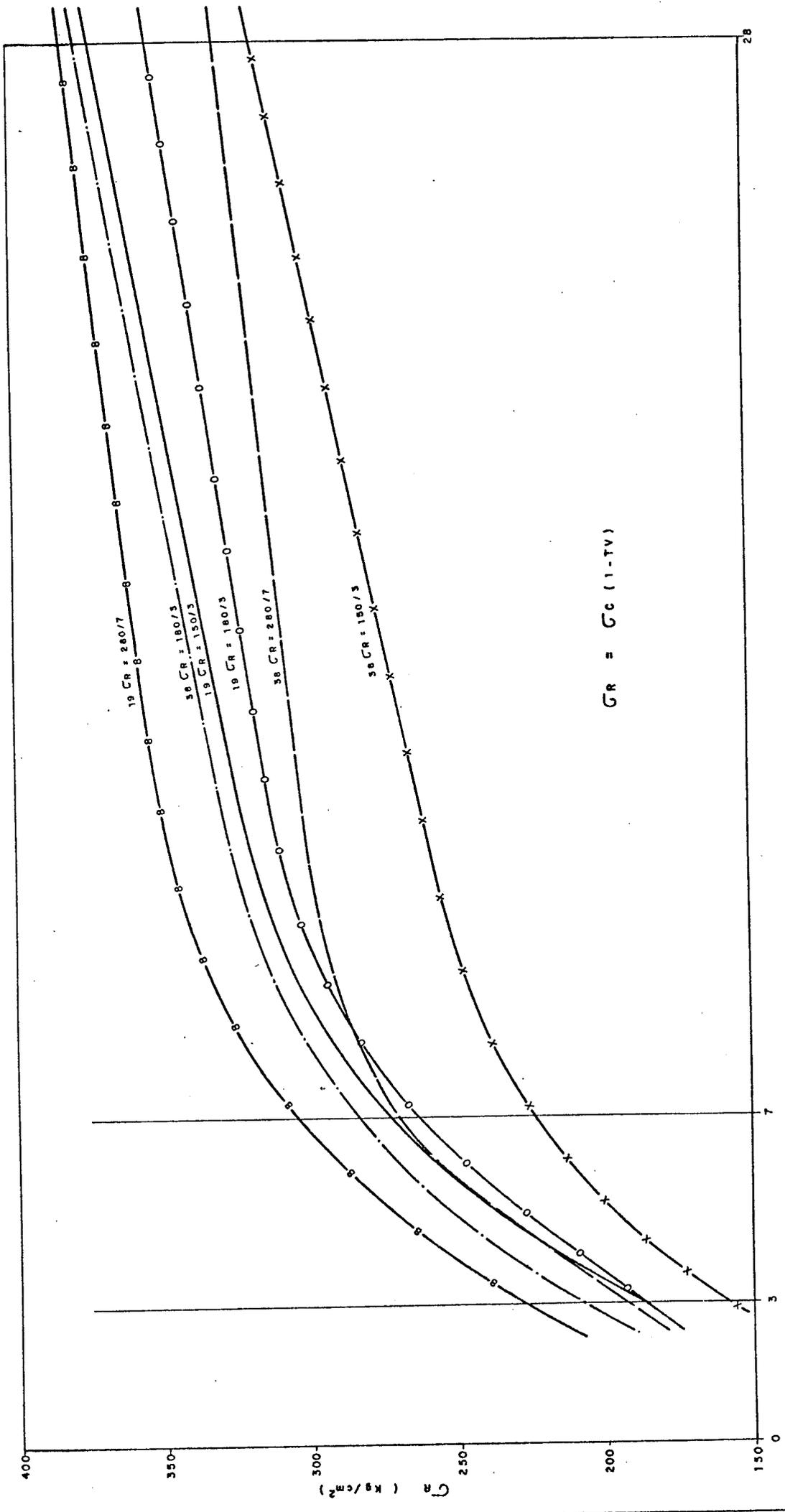
8.8.1 - Recepção do Cimento:

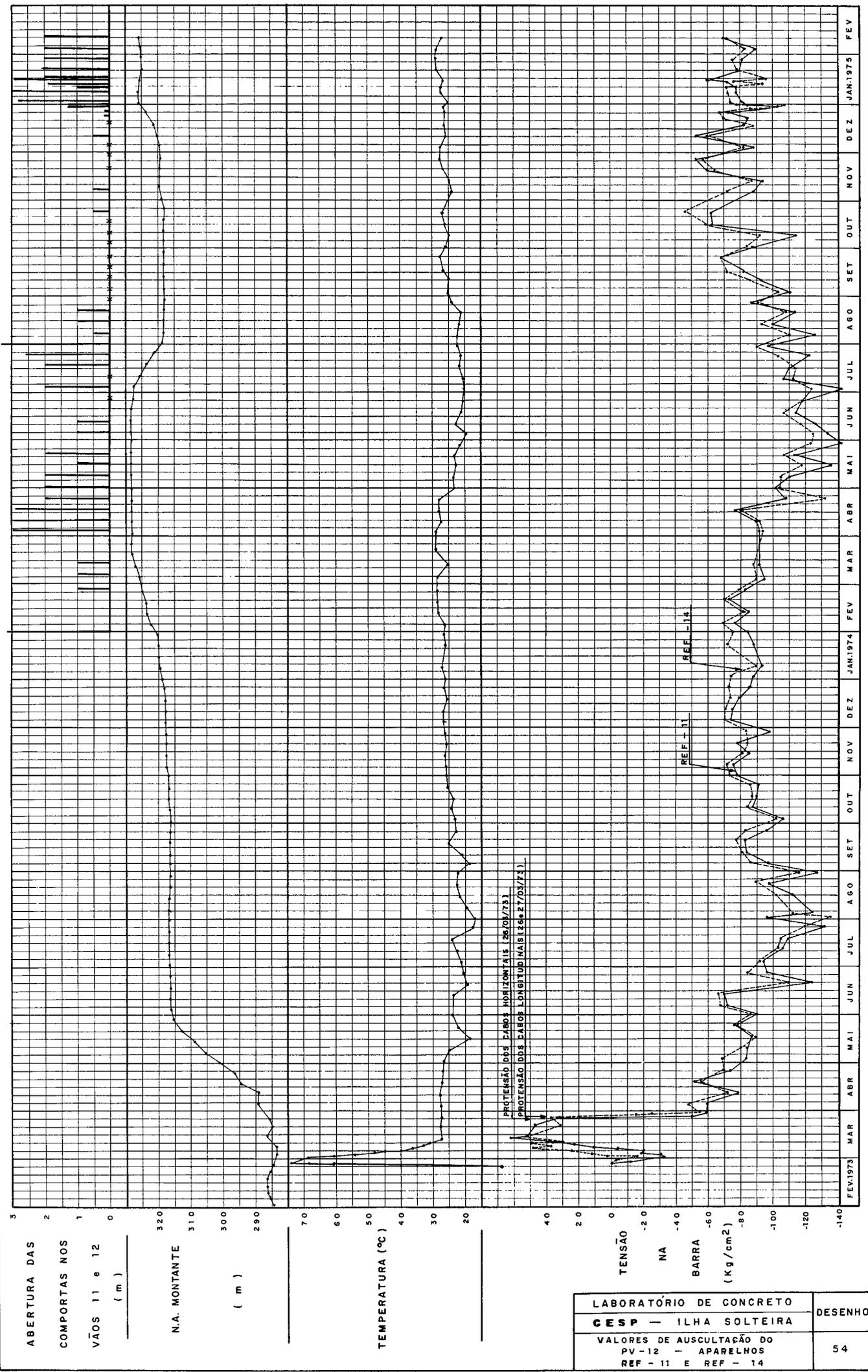
Todo o cimento empregado nos ensaios de caldas bem como na produção das caldas para injeção foi o Corumbã, moido em Jupiã. Como o Laboratório mantém elementos controlando a moagem e a qualidade desse cimento, optamos pela simples verificação da finura através da Superfície Específica (Blaine).

A cada estrutura coletou-se uma amostra, para ensaios de finura. A média e o coeficiente de variação dos valores obtidos encontram-se no Desenho 55 (folha 91) onde se nota a homogeneidade do material.

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CE SP - ILHA SOLTEIRA	
CONTROLE DOS CONCRETOS USADOS	52

VALER





ABERTURA DAS
COMPORTAS NOS
VÃOS 11 e 12
(m)

N.A. MONTANTE
(m)

TEMPERATURA (°C)

TENSÃO
NA
BARRA
(Kg/cm²)

PROTEÇÃO DOS CABOS HORIZONTAIS (26/08/73)
PROTEÇÃO DOS CABOS LONGITUDINAIS (26 e 27/03/73)

REF - 11
REF - 14

LABORATÓRIO DE CONCRETO		DESENHO
CESP - ILHA SOLTEIRA		
VALORES DE AUSCULTAÇÃO DO PV - 12 - APARELHOS REF - 11 E REF - 14		
		54

REMESSA	DATA	PESO Kg	ENSAIOS DE RECEPÇÃO DO ADITIVO				
			TEMPO DE ESCOAMENTO (Seg.)	EXPANSÃO TOTAL (%)	RESISTENCIAL AXIAL SIMPLES Kg/cm ²		
					3	7	28
1ª	30.08.72	65	9,8	12,1	265	301	356
2ª	29.09.72	490	9,8	14,2	205	299	338
3ª	11.11.72	740	9,6	13,6	207	275	354
4ª	22.12.72	707	9,8	14,8	249	341	411
5ª	16.01.73	1.000	9,8	9,6	227	326	406

Obs: Salda Δ/C = 0,45 com 1% de expansor. A expansão é referente ao total, e não aos sólidos sómente, de acordo com os procedimentos do Corps of Engineers.

VALORES MÉDIOS DO CONTROLE DA INJEÇÃO							
ENSAIO	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		LOCAL				GERAL
	LOCAL DE RETIRADA	VALOR	ANCORAGEM Δ/C ≤ 0,40	2ª ETAPA Δ/C ≤ 0,45	MUNHÃO Δ/C ≤ 0,40	PRINCIPAIS Δ/C ≤ 0,42	
TEMPO DE ESCOAMENTO (SEG)	ENTRADA	MÉDIA	12,4	11,6	13,0	12,3	-
		COEF. % VARIACÃO	9,7	6,6	12,7	6,7	-
	RESPIRO	MÉDIA	11,3	11,5	12,1	10,8	-
		COEF. % VARIACÃO	10,7	12,0	10,6	7,1	-
TEMPERATURA (°C)	ENTRADA	MÉDIA	34,9	34,8	36,5	36,2	35,8
		COEF. % VARIACÃO	4,8	5,1	7,2	6,6	6,6
	RESPIRO	MÉDIA	33,5	33,8	33,0	33,3	33,6
		COEF. % VARIACÃO	5,4	5,6	7,0	5,2	6,2
FINURA DO CIMENTO (cm ² /g)	—	MÉDIA	3711	3731	3695	3662	3700
		COEF. % VARIACÃO	3,2	2,5	2,2	2,9	3,8
ESTABILIDADE (%)	—	MÉDIA	-1,1	+4,2	+4,5	+4,7	+4,5*
		COEF. % VARIACÃO	50,5	28,1	25,5	19,4	34,4*
TENSÃO DE RUPTURA (Gc = Kg/cm ²)	—	MÉDIA	305**	259	287	250	-
		COEF. % VARIACÃO	14,2	16,3	18,3	15,1	-
		G _R	240	185	195	184	-
	—	MÉDIA	391**	342	305	337	-
		COEF. % VARIACÃO	10,9	17,3	16,3	15,4	-
		G _R	316	236	275	246	-
	—	MÉDIA	524**	433	524	443	-
		COEF. % VARIACÃO	11,0	15,6	18,4	20,1	-
		G _R	423	313	355	300	-

CBS: * Exceptuando-se a parte da ancoragem
 , *, **, caldas da ancoragem rompidas aos 3, 5 e 14 dias, as demais aos 3, 7 e 28 dias.
 G_R = G_c (1 - tv) com t = 1,752 para 1 em 20 de confiança em 20 amostras.

LABORATÓRIO DE CONCRETO	DESENHO
CESP — ILHA SOLTEIRA	
VALORES MÉDIOS OBTIDOS NA INJEÇÃO	55

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL92 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES. Nº	TC - 03

8.8.2 - Recepção do Aditivo Expansor (Intracrete)

O Aditivo Expansor - Intracrete, foi fornecido em sacos plásticos contendo dois componentes separadamente (um de cor branca e outro - cinza). Foi fornecido em 5 remessas. Sobre cada remessa foram executados ensaios de recepção de acordo com os procedimentos do "Corps of Engineers".

Através de algumas pesagens verificamos que o peso de cada componente era variável. Desta forma o Laboratório redosou os dois componentes de modo a fornecer embalagens adequadas para dosagem referente a um saco de cimento, tendo em vista as caldas escolhidas (ver -- item 7.4) facilitando sobremaneira o trabalho no "campo".

8.8.3 - Execução da Injeção

Durante a fase executiva, o Laboratório controlou e verificou a qualidade das injeções da seguinte maneira:

- Determinações dos Tempos de Escoamento na entrada e na saída da bainha, garantindo - desta forma a homogeneidade da injeção.
- Verificação da Estabilidade.
- Verificação da Temperatura da calda na entrada e na saída da bainha.
- Verificação da Resistência à Compressão - Axial Simples através de moldagem e ruptura de corpos de prova cilíndricos 5 x 10 cm - 9 cilindros por amostras - 3 por idade. Lembramos que os espécimes foram rompidos às idades de 3,5 e 14 dias para as caldas da ancoragem com intuito de permitir -

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER	FL93 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES Nº	TC - 03

uma rápida sequência de operações. E aos -
3,7 e 28 dias para as demais amostras.

No Desenho 55 (folha 91) encontram-se os va-
lores médios obtidos e os seus respectivos -
coeficientes de variação.

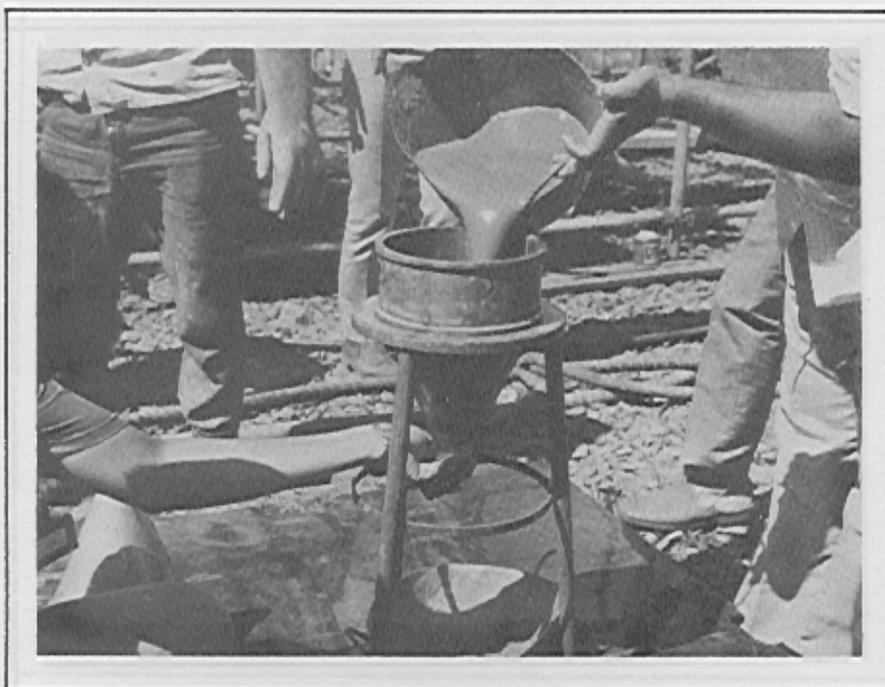
Devemos lembrar que o tempo mínimo de agita-
ção da mistura foi de 3 minutos e não se per-
mitiu a espera por mais que 30 minutos, para
injeção.

Na fotografia 56 (folha 94) podemos observar
um aspecto do ensaio para determinação do
tempo de escoamento. Na fotografia 57 (folha
94) instante dos ensaios de temperatura e
estabilidade. As fotografias 58 e 59 (folha
95 -) fornecem um aspecto da moldagem -
dos espécimes para ruptura. Observa-se a pla-
ca colocada sobre os corpos de prova afim de
confinar a expansão. A fotografia 60 (folha
96) mostra-nos o local de injeção dos ca-
bos verticais, cujos tubos situavam-se no te-
to da galeria da cota 303,25 (ver desenho 4)

Pelos dados obtidos e reportados no Desenho
55, pode-se observar que os coeficientes de
variação, para as rupturas, foram razoavel-
mente elevados, fato este esperado tendo-se
em vista que durante a moldagem dos espécimes
não foi efetuado adensamento.

Antes de se iniciar a injeção, todos os ca-
bos eram lavados com circulação de água e de-
pois secos com circulação de ar. Durante a -
circulação de água era verificada a estanquei-
dade do sistema de injeção e respiro, assim
como a estanqueidade da proteção que era fei-
ta nos cabeçotes. Essa vedação é mostrada na
fotografia 61 (folha 96) e consistia de uma

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 94 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 56 - Aspecto do ensaio para determinação do Tempo de Escoamento. Instante de enchimento do cone CRD.



Fotografia 57 - Aspecto dos ensaios de Estabilidade e Tomada de Temperatura.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

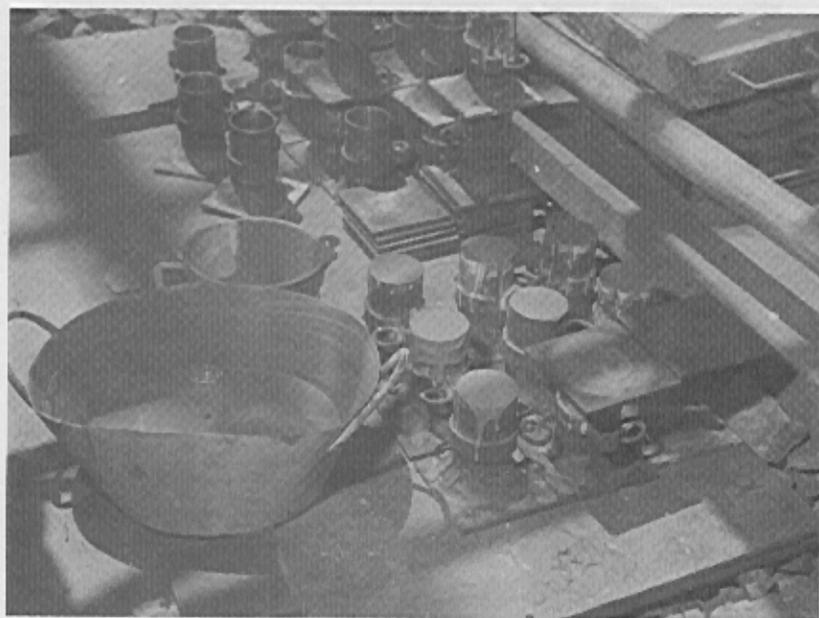
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

VER.:

FL. 95 de

DES. Nº TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 58 - Aspecto da moldagem dos cilindros 5 x 10 cm.



Fotografia 59 - Aspecto da moldagem dos cilindros 5 x 10 cm para ruptura axial. Observa-se a placa para confinamento.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

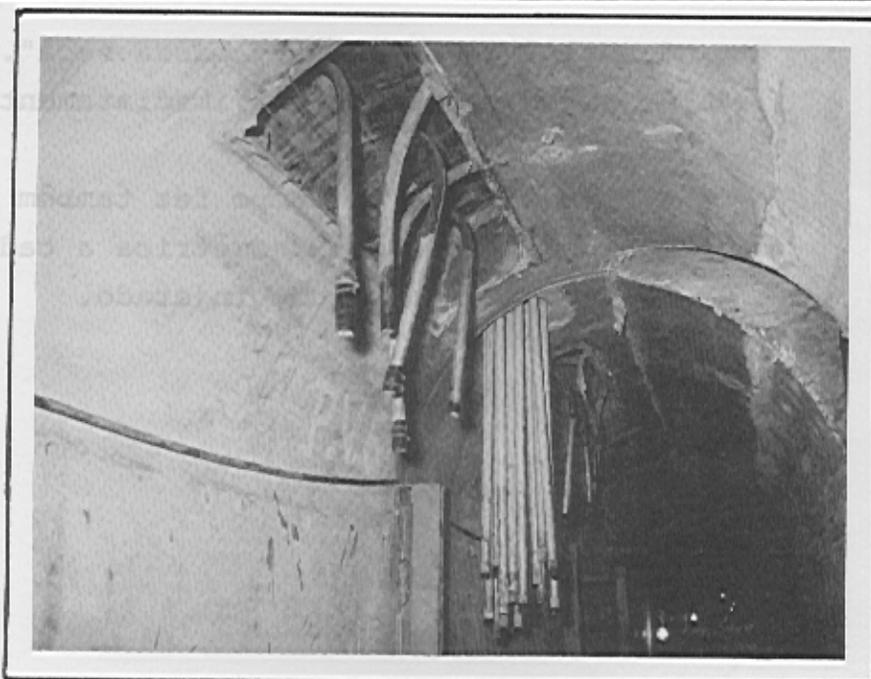
VER.:

FL96 de

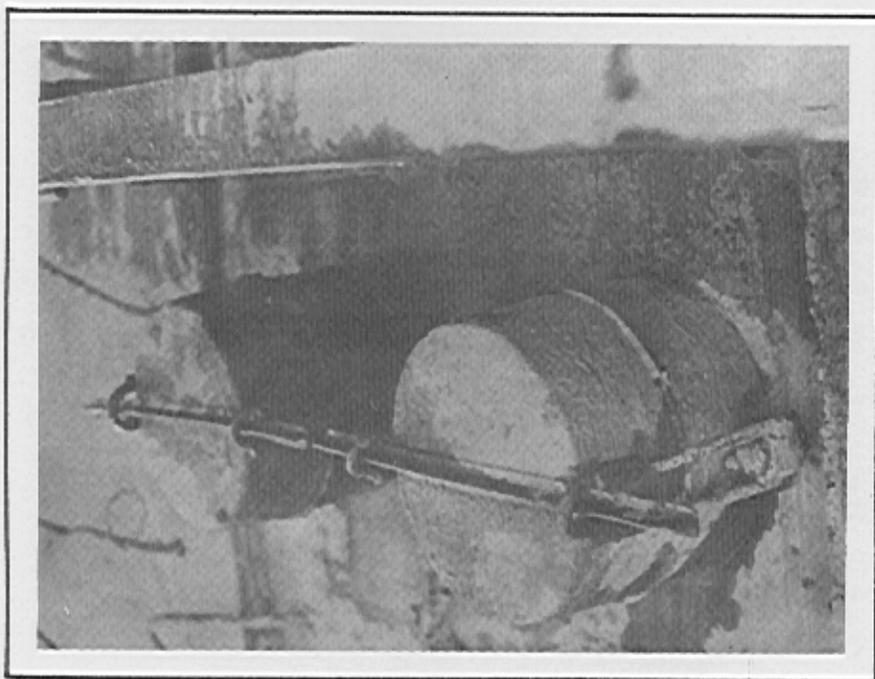
DES. Nº

TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 60 - Tubos de injeção e respiros dos cabos verticais, localizados no teto da galeria da cota 303,25 m.



Fotografia 61 - Sistema de vedação dos cabeçotes.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL 97 de
		DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

"panela" cheia de "argamassa seca". Em haven do algum vazamento era imediatamente detecta do.

A Fiscalização de Campo fez também acompanha mentos da Pressão Manométrica a cada minuto de injeção e do volume injetado.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
	VER.:	FL98 de
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES. Nº	TC - 03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		

9 - PROBLEMAS OCORRIDOS E SOLUÇÕES ADOTADAS

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL99 de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES. Nº	TC - 03

9. PROBLEMAS OCORRIDOS E SOLUÇÕES ADOTADAS:

Durante os serviços de protensão e injeção alguns imprevistos ocorreram e tiveram que ser solucionados dentro dos critérios de qualidade, e com urgência de modo não prejudicar o cronograma da Obra. Felizmente isto foi conseguido, a nosso ver, com soluções rápidas e eficientes que enumeramos a seguir:

9.1 - PROTENSÃO

9.1.1 - Erro na Medida do Alongamento:

Após a protensão total do P.V.-3, a dos cabos verticais do PV-4 e PV-5, notou-se que se cometia um erro na medida dos alongamentos, pois constatou-se que as "cunhas brancas" penetravam de 2 a 3 mm, no ca beçote de tração. Como a medida era feita no pistão do macaco, cometia-se um erro da ordem de 5% para os cabos curtos, justamente a tolerância dada pela Proj_etista

- SOLUÇÃO ADOTADA -

Tentou-se medir os alongamentos nas cordoalhas mas verificou-se que os erros cometidos seriam maiores. Resolveu-se então corrigir a propria penetração das cunhas. Introduziu-se, nas tabelas de acompanhamento, essa correção.

9.1.2 - Escorregamento de Cordoalhas:

Em alguns cabos houve escorregamento de cordoalhas, sendo um dos problemas graves que enfrentamos.

ESCORREGAMENTOS OBSERVADOS:

- PV - 4 - Cabo Longitudinal 5.

Correram 3 cordoalhas do lado da ancoragem passiva. Uma delas escapou quando a carga por cordoalha, era

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER	FL 100 de
		DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

aproximadamente 2,5 t, e as demais por volta de 6 t.

- SOLUÇÃO ADOTADA -

Duas cordoalhas foram reprotendidas e a outra perdida pois entrara na bainha. Na reprotensão das duas cordoalhas foram colocadas as "cunhas brancas" (pois estas eram mais duras) em substituição às pretas. O cabo em vez de 27 cordoalhas passou a ter 26, ou seja, aumentou-se a tensão por cordoalha em $\approx 4\%$.

- PV - 4 - Cabo Longitudinal - 3.

Houve escorregamento de uma cordoalha quando a carga em cada cordoalha correspondia a 3,7 t.

- SOLUÇÃO ADOTADA -

Substituiu-se a cunha da ancoragem passiva por uma "cunha branca" (maior dureza) e reprotendeu-se a cordoalha.

- PV - 5 - Cabo Longitudinal - 4.

Correram 15 cordoalhas quando a carga em cada uma era de 5 t.

- SOLUÇÃO ADOTADA -

Foram substituídas as 27 cordoalhas do cabo, as 27 "cunhas pretas" e o cabeçote de ancoragem passiva. Posteriormente tensionou-se o cabo.

- PV - 5 - Cabo Longitudinal - 1.

Depois da cravação, houve escorregamento de uma cordoalha na ancoragem.

- SOLUÇÃO ADOTADA -

O Cabo foi deixado com 26 cordoalhas, como o cabo 5 do PV-4.

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL 101a
		DES. Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

- PV - 2 - Cabo Horizontal 110.

Escorregou uma cordoalha à carga de 2 t por cordoalha.

- SOLUÇÃO ADOTADA -

Foi trocado todo o conjunto cabo, cabeçote e cunhas, para uma protensão posterior.

- PV - 11 - Cabo Longitudinal - 5.

Correu uma cordoalha quando a carga, na mesma era de 7,5 t.

- SOLUÇÃO ADOTADA -

A cordoalha foi novamente tensionada.

9.1.3 - Causas Possíveis dos escorregamentos ocorridos.

Deficiência das cunhas pretas da ancoragem

Deficiência dos cabeçotes de ancoragem

Cordoalhas com dureza elevada

Presença de chumbo nas cordoalhas

Oxidação das cordoalhas

Deficiência no alívio de tensões das cordoalhas

Deficiências na execução

- VERIFICAÇÕES ADOTADAS -CUNHAS:

Foram examinadas através do ensaio de dureza. Encontrando-se valores ao redor de 60 RC (Rockwell -C) e que segundo a firma executante da protensão (E.B.P.) estavam dentro dos valores especificados.

CABEÇOTES DE ANCORAGEM:

Foram examinados com gabaritos e nada de anormal foi observado.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

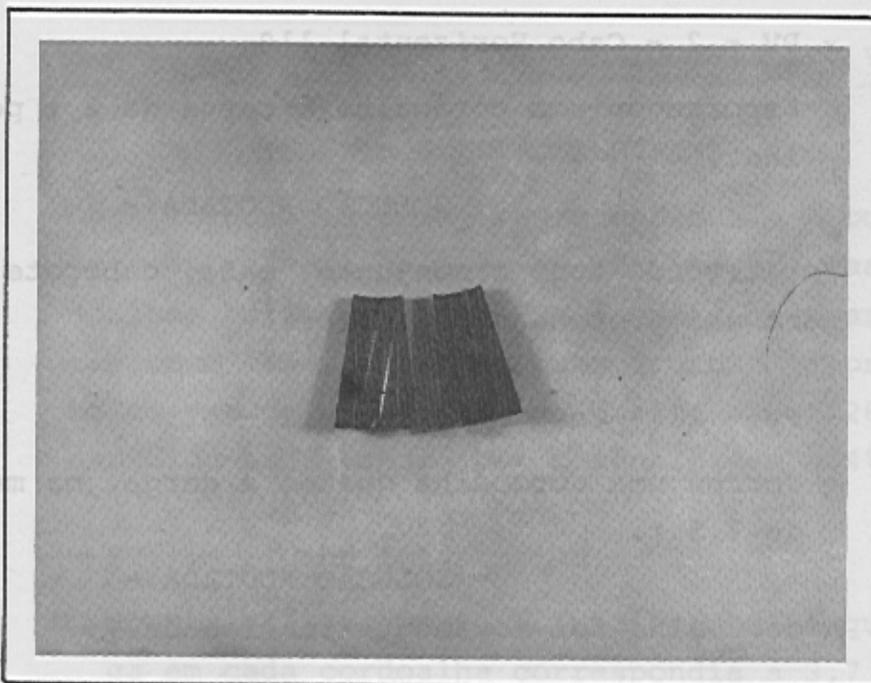
VER.:

FL102de

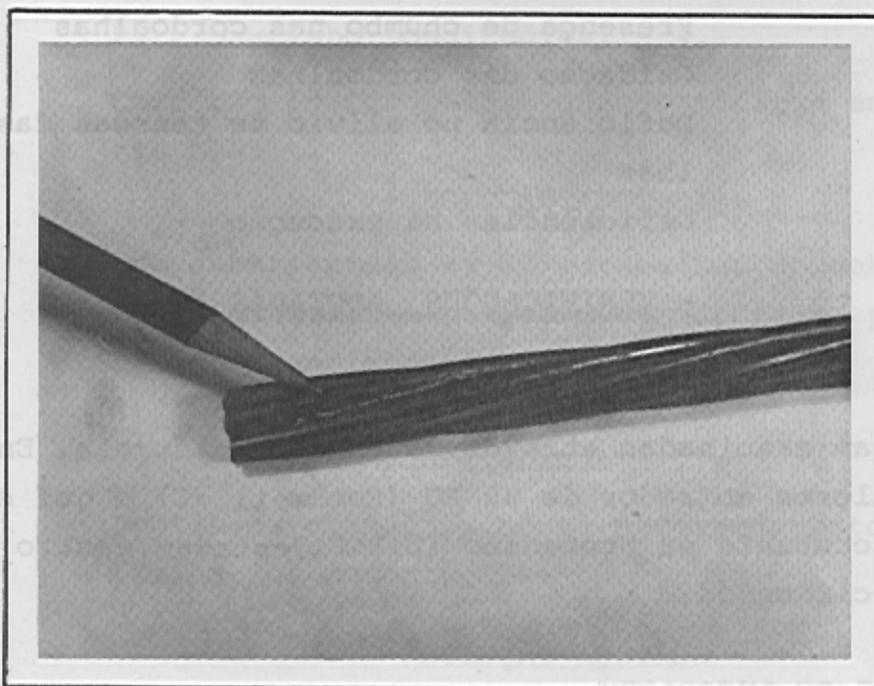
DES. Nº

TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 62 - Comparação entre cunhas-nova e após ter corrido a cordoalha. Observam-se as estrias de escorregamento da cordoalha.



Fotografia 63 - Cordoalha com excesso de chumbo.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL103 ^{de}
		DES. Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

CORDOALHAS COM DUREZA ELEVADA:

Foram feitos ensaios para determinação da dureza, encontrando-se o valor de 40 RC (que equivale a aproximadamente - 140 kg/mm²).

Observa-se que este valor é menor ao obtido para as cunhas o que era de se esperar.

PRESENÇA DE CHUMBO NAS CORDOALHAS:

O chumbo poderia funcionar como lubrificante, o que provocaria escorregamento. Para evitar essa possibilidade todas as cordoalhas com excesso de chumbo foram condenadas.

OXIDAÇÃO DAS CORDOALHAS:

O óxido, levemente formado na superfície poderia provocar uma queda de atrito cunha x cordoalha. Desta maneira, cordoalhas com oxidação superficial foram escovadas (com escovas de cerdas de aço) e aproveitadas. Cordoalhas com oxidação mais avançada (quando a película de óxido não saia ao passar da mão) eram condenadas.

DEFICIÊNCIA NO ALIVIO DE TENSÕES DAS CORDOALHAS:

Para essas cordoalhas consagrou-se na Obra, o nome de "Aço Bravo" por causar dificuldade de manuseio ao se confeccionar o cabo.

Como na época não havia qualquer referencia sobre o assunto colocou-se tal material em "quarentena" até uma possível solução. A Projetista, também, preocupada com o assunto fez consultas a AFNOR (Normas Francesas) e ao Laboratório Central Des Ponts et Chaussées - Paris).

Após a consulta, a Projetista nos recomendou um critério prático para controle da "Braveza", a saber:

- Quando desenrolados de suas bobinas (ou rolos) os fios ou cordoalhas deveriam permanecer retos, isto é:

Para fios: a altura do arco (flecha) deveria ter menos

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER	FL. 104 ^{da}
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES Nº	TC - 03

de 20 cm em 5 m, para um fio colocado livremente no solo.

Para cordoalhas: a altura do arco deveria ter menos que 10 cm em um comprimento de 2 m.

As fotografias 64, 65 e 66 (folhas 105 e 106) ilustram muito bem o critério.

DEFICIÊNCIA EXECUTIVA:

Foram tomados cuidados adicionais durante a execução, a saber:

- limpeza das cordoalhas
- verificação das cunhas e ancoragens
- colocação cuidadosa das cunhas etc ...

9.2 - INJEÇÃO:

- PV - 3 - Cabos Longitudinais 1 e 2.

Nestes dois cabos tentou-se injetar calda com relação A/C = 0,37, o que atenderia as especificações iniciais da Projetista, para os Cabos Longitudinais. Devido a alta temperatura da calda, ela se tornava muito viscosa, provocando interrupção da injeção. Ao tentar-se lavar os cabos observou-se entupimento, não permitindo-se concluir a injeção.

- Solução Adotada -

Descobriu-se a ancoragem ativa (retirada do concreto secundário) e pelos orifícios (os 4 que ficavam sem cordoalhas) introduziu-se um fio de \varnothing 5 mm que penetrou por aproximadamente 13 m, mostrando a possível região de entupimento.

A primeira idéia foi a de se introduzir um tubo de cobre com \varnothing 3/8" através do qual far-se-ia a injeção. O maximo comprimento que se conseguiu introduzir o tubo foi 2 m o que nos fez abandonar esta solução, pois, sendo os cabos inclinados (cabos longitudinais - posições 1 e 2), o tubo deveria ser

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

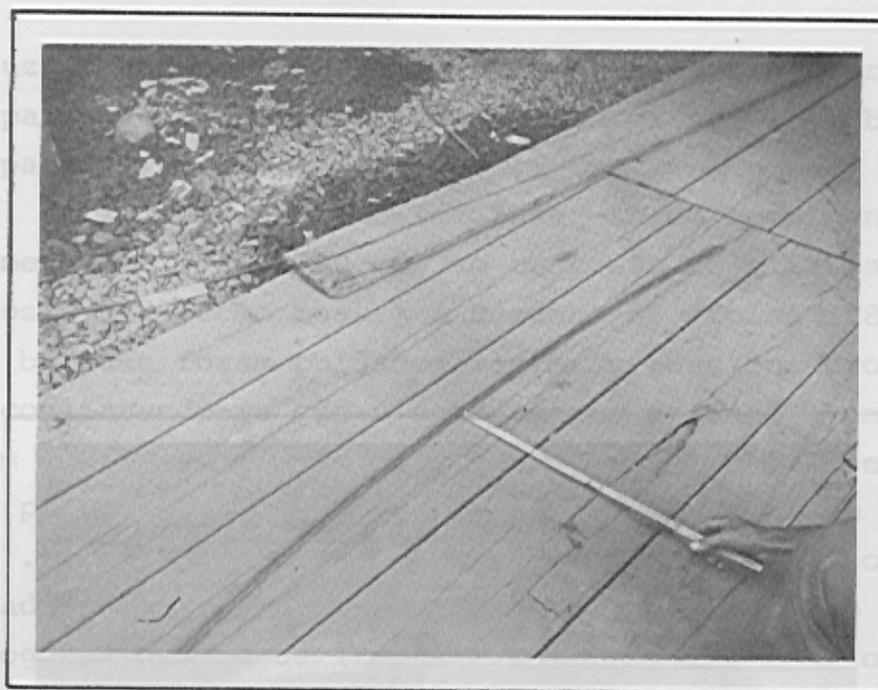
VER.:

FL. 105°

DES. Nº

TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

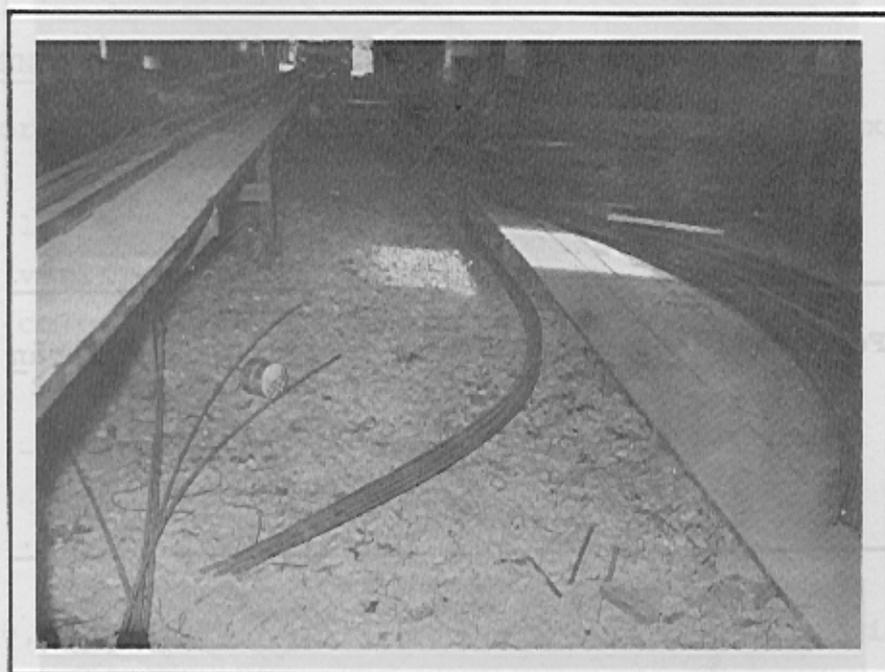


Fotografia 64 - Aço Bravo - Dentro da tolerância - Flecha de 8 cm para 2 m.



Fotografia 65 - Aço Bravo - Fora da especificação - Flecha de 23 cm para 2 m.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL 106 de
	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 66 - Cabo Horizontal da Vigia Munhão, condenado por exceder o critério de braveza.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL 107 ^{de}
		DES Nº	TC - 03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			

introduzido até os 13 m para que pudessemos injetar o cabo de baixo para cima, de acordo com um dos princípios básicos adotados para injeção.

A solução adotada foi fazer-se um rompimento, de aproximadamente 40 x 60 x 80 cm, no concreto do pilar, até encontrar os tubos 1 e 2, como mostra o Desenho 67 (folha 108). Descobertas as bainhas foram cuidadosamente furadas com broca de \varnothing 3/4", constatando-se que o entupimento do cabo 1 encontrava-se a 80 cm do furo (através da introdução do arame), e o do cabo 2 fora prontamente encontrado (próximo ao furo com a broca de \varnothing 3/4"). Posicionou-se então os tubos respiros, soldando-os na armadura (e não na bainha) e fazendo a vedação com massa. As fotografias 68 e 69 (folha 109) ilustram o nosso procedimento. A seguir, nas extremidades dos tubos foram colocadas mangueiras flexíveis, sendo o rompimento parcialmente concretado de modo a melhorar a vedação. Isto é nitidamente observado na fotografia 70 (folha 110).

Um dia após a concretagem ($\sigma_{R3} = 180 \text{ kg/cm}^2$) da região rompida, injetaram-se os cabos com calda com as seguintes características:

- A/C = 0,50 (excepcionalmente nesses cabos)
- Intracrete/cimento = 1%
- Temperatura da água de mistura = 9°C
- Temperatura da calda \approx 20°C
- Calda injetada - Cabo 1 = 128 litros
- Cabo 2 = 97 litros
- Pressão de injeção = 2 kg/cm²
- Sobre pressão = 6 kg/cm²

- PV - 6 - Cabo Vertical - 50

Ocorreu entupimento do tubo de injeção da parte ativa (segunda etapa), não nos permitindo a injeção.

- SOLUÇÃO ADOTADA -

Na lateral do pilar fez-se um rompimento (ver dese-

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

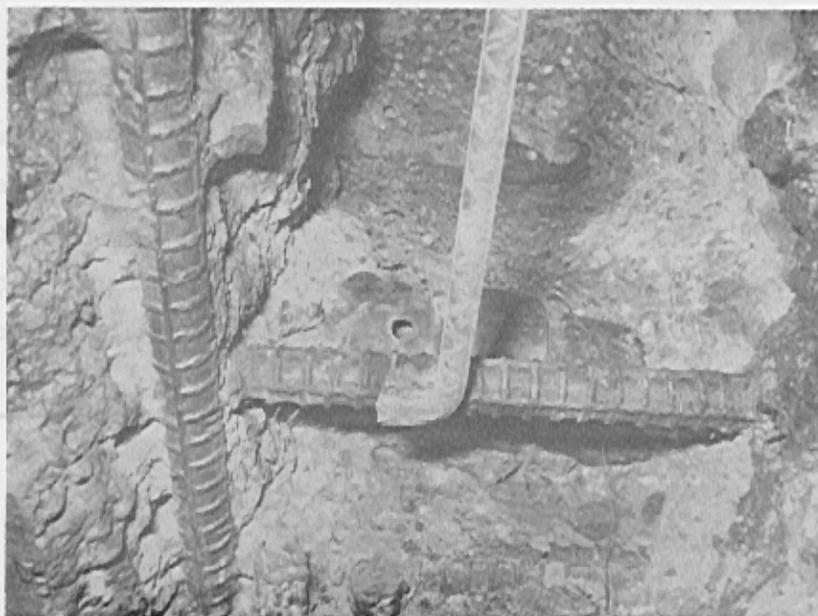
VER.:

FL 109^{de}

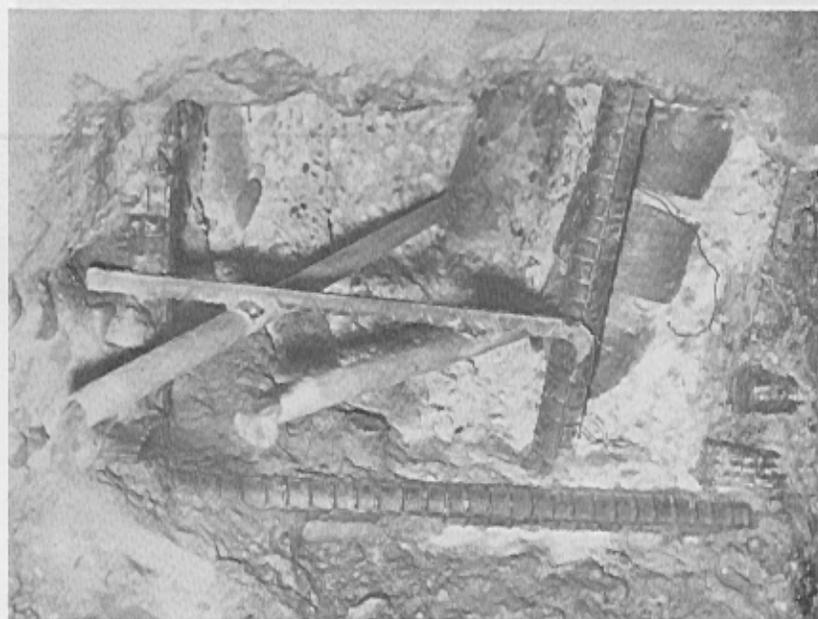
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

DES. Nº

TC - 03

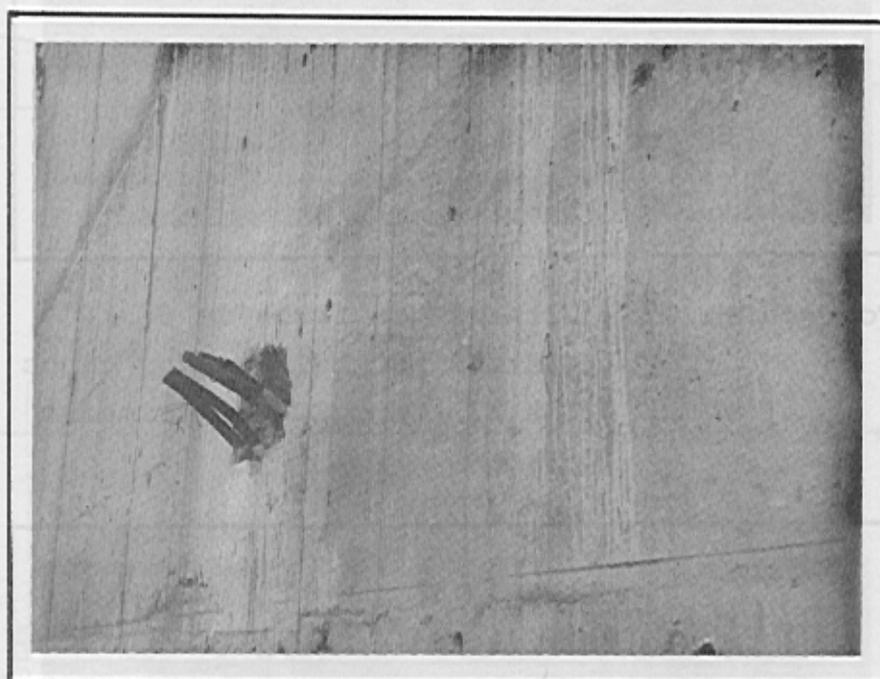


Fotografia 68 - Detalhe dos furos de \varnothing 3/4" feitos nas bainhas dos cabos 1 e 2. Cabo 1 - No primeiro plano.



Fotografia 69 - Tubos galvanizados de \varnothing 3/4" , soldados na armação, com vedação de massa na junção com as bainhas.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL110de
	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 70 - Rompimento parcialmente concretado.

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES..	ESC.
		VER..	FL. 111 ^{da}
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

inho 67) de aproximadamente 30 x 30 cm, até encontrar-se a arma
dura. A seguir, com uma Sonda Rotativa de \varnothing 2 1/2" fez-se um
furo até atingir a bainha do cabo, através de uma operação mui
to cuidadosa, pois dentro da bainha estava o cabo protendido.-
Este procedimento é mostrado na fotografia 71 (folha 112). Após
a execução do furo, com auxílio de um obturador extensível in
jetou-se a calda normalmente, com A/C = 0,45 e 0,8% de Intracre
te.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL112de
	DES. Nº	TC - 03



Fotografia 71 - Furo executado ($\varnothing = 2 \frac{1}{2}$ ") - até atingir a bainha do cabo vertical -50 do PV - 6.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC.
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL113de
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03

10 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 114 ^{de}
		DES. Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

10.-EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Durante os serviços de protensão e injeção foram usados em Ilha Solteira, os seguintes equipamentos:

10.1 - PROTENSÃO:

Macaco ZPE - 31

Local - Cabos Longitudinais e Verticais

Comprimento - 42 cm

Peso - 250 kg

Curso do pistão - 10 cm

Área do pistão - 695,1 cm²

Carga máxima - 400 t

Macaco ZPE - 200

Local - Cabos Horizontais da Viga Munhão

Comprimento - 62 cm

Peso - 200 kg

Curso do pistão - 30 cm

Área do pistão - 325,7 cm²

Carga máxima - 200 t

Macaco ZPE - 12 - ST2

Local - Cabos Horizontais da Viga Munhão

Comprimento - 40 cm

Peso - 100 kg

Curso do pistão - 10 cm

Área do pistão - 309,4 cm²

Carga máxima - 200 t

10.2 - INJEÇÃO

3 Misturadores elétricos de alta rotação (> 1200 RPM).

Bomba injetora Triplex, com motor de 4 HP. Três pis

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC.
		VER.	FL115de
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES Nº	TC-03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			

tões verticais acionados por "arvore" saída em "T" permitindo retorno da calda.
 Pressão máxima - 12 kg/cm²
 Vazão máxima - 30 l/min
 Recipiente armazenador de 170 l
 Recipiente agitador (30 RPM) com 170 l.

Bomba injetora EBP, com motor de 3 HP
 Bomba Rotativa tipo Turbina
 Saída em "T" permitindo retorno da calda
 Pressão máxima - 12 kg/cm²
 Vazão máxima - 15 l/min
 Recipiente agitador de 170 l

Bomba injetora Mixopress MX-5 , com motor de 3 HP
 Bomba rotativa tipo Turbina
 Saída em "T" permitindo retorno da calda
 Pressão máxima - 51 kg/cm²
 Vazão máxima - 25 l/min
 Recipiente agitador de 90 l.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA

DES.:

ESC.:

ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER

VER.:

FL116^{de}

DES. Nº

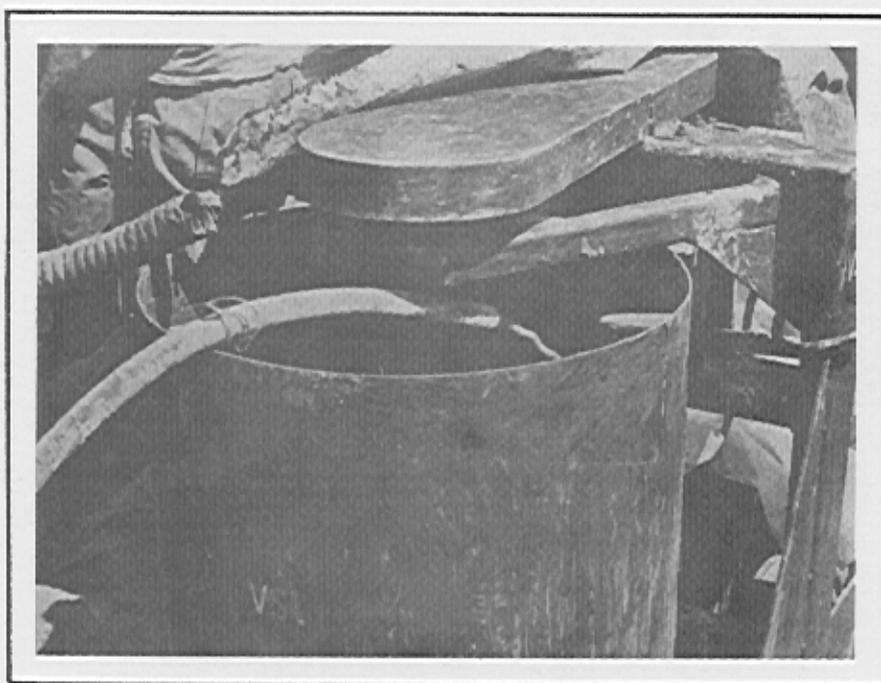
TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA



Fotografia 72 - Misturador de alta rotação.

11 - RESUMO DOS SERVIÇOS DE PROTENSÃO E INJEÇÃO



Fotografia 73 - Bomba injetora EBP - VSL.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL.117 ^{de}
	DES. Nº	TC - 03

11 - RESUMO DOS SERVIÇOS DE PROTENSÃO E INJEÇÃO

RESUMO DOS SERVIÇOS REALIZADOS	
NÚMERO DE CABOS PROTENDIDOS	
Verticais	192
Horizontais do Munhão	340
Longitudinais	312
T O T A L	844
COMPRIMENTO DE CORDOALHA	
Cabos Verticais	63.556 m
Cabos Horizontais do Munhão	31.428 m
Cabos Longitudinais	204.073 m
T O T A L	299.057 m
PESO DE CORDOALHAS (0,761 Kg/m)	
Cabos Verticais	48.366 t
Cabos Horizontais do Munhão	23.917 t
Cabos Longitudinais	155.300 t
T O T A L	227.583 t

RESUMO DOS SERVIÇOS DE INJEÇÃO							
RELAÇÃO A/C	CALDA TEÓRICA (1)	CALDA BATIDA (1)	CALDA INJETADA (1)	CIMENTO BATIDO (Kg)	CIMENTO INJETADO (Kg)	% DE INTRAC.	CONSUMO INTRAC. (Kg)
0,37	2.020	3.456	3.381	5.066	4.957	0,6	30
0,40	21.696	28.866	27.341	40.528	38.387	-	-
	7.820	12.164	11.127	17.078	15.622	0,8	137
0,42	12.750	16.038	14.944	21.908	20.414	0,7	153
	70.531	80.956	74.510	110.586	101.781	0,8	884
0,45	40.522	59.613	54.249	78.212	71.175	0,8	626
TOTAL	155.339	201.093	185.552	273.378	252.336	-	1.830

SERVIÇOS	INJEÇÃO DAS ANCORAGENS PASSIVAS	PROTENSÃO DOS CABOS VERTICAIS	INJEÇÃO DOS CABOS VERTICAIS	PROTENSÃO DOS CABOS HORIZONTAIS VIGA MUNHÃO	INJEÇÃO DOS CABOS HORIZONTAIS VIGA MUNHÃO	PROTENSÃO DOS CABOS LONGITUDINAIS	INJEÇÃO DOS CABOS LONGITUDINAIS
PV - 1	18-20/12/72	27/12/72	28-29/12/72	14-15/12/72	21/12/72	30-31/12/72	7-8/01/73
PV - 2	20/12/72	28/12/72	29-30/12/72	8-9-11 e 12/12/72	19/12/72	5-6/01/73	12-15 e 16/01/73
PV - 3	04/10/72	28/10/72	13/11/72	4/8/11/72	21-23/11/72	13/16/11/72	8-10/12/72
PV - 4	10/10/72	31/10/72	10-11/11/72	18/11/72	30/11 e 02/12/72	23-28/11/72	11/12/72
PV - 5	09/10/72	1-2/11/72	14/16/11/72	20-21/11/72	15-16/12/72	30/11 e 05/12/72	14/12/72
PV - 6	07/02/73	13/02/73	24/02/73	01/02/73	05/02/73	20/02/73	28/02/73
PV - 7	22/12/72	02/01/73	04/01/73	09/01/73	13/01/73	11-12/01/73	25-27/01/73
PV - 8	17/02/73	01/03/73	02/03/73	12/03/73	17/03/73	12-13/03/73	17-19/03/73
PV - 9	29-30/01/73	06/02/73	09/02/73	26-27/01/73	02/02/73	6-8/02/73	20-21/02/73
PV - 10	01/03/73	07/03/73	09/03/73	14/03/73	20/03/73	14-15/03/73	21/03/73
PV - 11	10/02/73	18/02/73	26/02/73	21-22/02/73	03/03/73	01-02/03/73	7-8/03/73
PV - 12	06/03/73	12-13/03/73	13/03/73	26/03/73	03/04/73	26-27/03/73	03/04/73
PV - 13	16/02/73	22/02/73	27/02/73	06/03/73	12/03/73	6-7 e 8/03/73	12-13/03/73
PV - 14	02/03/73	8-9/03/73	09/03/73	15/03/73	22/03/73	16-17/03/73	23/03/73
PV - 15	16/02/73	24/02/73	28/02/73	09/03/73	14/03/73	9-10/03/73	16/03/73
PV - 16	02/03/73	9-10/03/73	10/03/73	19/03/73	29/03/73	20-21/03/73	30/03/73 e 02/04/73
PV - 17	10/02/73	20/02/73	26/02/73	10/02/73	20/02/73	04-05/03/73	10/03/73
PV - 18	24/02/73	02-03/03/73	03/03/73	15/03/73	24/03/73	17-19/03/73	26-27 e 29/03/73
PV - 19	04/02/73	12/02/73	14/02/73	30/01/73	03/02/73	18/02/73	27/02/73
PV - 20	10/01/73	16-17/01/73	18/01/73	15/01/73	28/01/73	19-20-21/01/73	01/02/73

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.	FL. 120º
		DES Nº	TC - 03

12 - RECOMENDAÇÕES

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC
		VER.	FL. 121 ^o
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

12. RECOMENDAÇÕES

Neste item apresentamos algumas sugestões para elaborações e especificações de protensão e injeção. Lembramos que tais sugestões são de caráter orientativo e poderão servir de agenda àqueles que possuem a obrigação de redigir especificações, pois somos frontalmente contra as especificações - "copiadas" - emitidas sem uma análise judiciosa e cuidadosa dos problemas que poderão ocorrer na Obra, às vezes, oriundos de uma especificação inadequada ou inoportuna.

12.1 - ARMADURA DE PROTENSÃO**12.1.1 - Propriedades Mecânicas**

O material proposto para utilização deverá estar de acordo com as disposições da EB-233 em vigor.

De comum acordo, a Fiscalização e a Projetista poderão sugerir ensaios complementares a fim de adquirir um conhecimento mais profundo do aço a ser usado. Porém, lembramos o cuidado ao indicar tais ensaios, tendo em vista suas validades.

12.1.2 - Fornecimento do aço de Pretensão

Os fios ou cordoalhas deverão ser fornecidos em rolos ou carretéis de diâmetro interno suficiente para impedir que atinjam tensões superiores àquelas de limite de proporcionalidade do material.

Para se aquilatar a ductilidade do aço poderão ser efetuadas verificações de maneira que o material ao ser desenrolado e deixado livre sobre uma superfície plana não apresente:

- Fios: Uma curvatura superior à correspondente a uma flecha de 200 mm em um comprimento de 5 m.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
		VER	FL122a
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES Nº	TC - 03
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA			

- Cordoalhas: Uma curvatura superior à correspondente a uma flecha de 100 mm em um comprimento de 2 m.

Lembramos, novamente, que tal critério é bastante prático, porém, ainda desprovido de fundamentos teóricos.

12.1.3 - Armazenamento do aço de Protensão

Os rólos ou bobinas de aço deverão ser abrigados em locais cobertos e ventilados, e colocados sobre pranchado de madeira, afim de minimizar a possibilidade de corrosão.

Serviços de solda ou maçarico não serão permitidos nas proximidades.

Opcionalmente os fios ou cordoalhas poderão ser protegidos com óleo solúvel. Este critério deverá ser analisado pela Fiscalização tendo-se em vista a dificuldade existente para a perfeita remoção do óleo.

12.1.4 - Oxidação dos aços de Protensão

Uma oxidação superficial somente será tolerada se removendo-se esta com a mão nua, for encontrada a superfície do metal intacta, sem nenhum poro, risco ou sinal de ataque. A superfície deverá ser criteriosamente examinada e em caso de dúvida - sugere-se a realização de ensaios comparativos.

12.1.5 - Bainhas dos Cabos de Protensão

As bainhas deverão ser mecanicamente resistentes, estanques, inatacáveis aos componentes químicos liberados pela hidratação do concreto.

No armazenamento das bainhas serão adotadas as mesmas precauções indicadas para o aço de protensão.

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
	VER.	FL 123*
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES Nº	TC - 03.

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

12.2 - CONFEÇÃO DOS CABOS DE PROTENSÃO

O processo de confecção dos cabos deverá prever mê todos de marcação e de documentação garantindo a identificação de todos os materiais. Todo aço deverá ser verificado antes do seu emprego e em caso de dúvida sugere-se a realização de ensaios comparativos.

O corte dos aços deverá ser feito de preferência - por meio de disco esmeril rotativo ou outro sistema equivalen te que não venha alterar as características do aço.

12.3 - LOCAÇÃO DAS ARMADURAS E CUIDADOS ANTES DA CONCRETA- GEM

As tolerâncias na disposição dos elementos de protensão serão estabelecidas em acordo entre a Fiscalização e a Projetista.

Todos os trabalhos de solda efetuados na vizinhança dos cabos de protensão deverão ser providos de cuidados adicio nais para não danificar as características dos aços.

Quando os cabos necessitarem ficar expostos, na es trutura, por tempo relativamente longo antes das operações de protensão e injeção sugere-se a incorporação de respiros adi cionais para drenagem (nos pontos mais baixos) bem como a pro- teção com óleo soluvel. Porém, deve-se evitar essa exposição por tempo demasiadamente longo.

Antes da concretagem deverá ser efetuada uma inspe- ção visual que poderá ser auxiliada pelo emprego de ar, afim - de se verificar a existência de vazios pelos quais poderia en trar nata ou argamassa do concreto.

12.4 - PRECAUÇÕES DURANTE A CONCRETAGEM

O plano de concretagem deverá ser elaborado de co- mum acordo entre Projetista, Fiscalização e Empreiteiro.

As peças estruturais em concreto protendido, normal mente, requerem concretos de alta resistência, trabalháveis e

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER <u>EDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA</u>	VER.:	FL. 24 ^{de}
		DES. Nº	TC - 03

com agregados de dimensões compatíveis com as dimensões e armaduras da peça.

O adensamento do concreto deverá ser executado por pessoal experiente e cuidadoso, com vibradores adequados, para não possibilitar o deslocamento das bainhas.

12.5 - ESCOLHA DO SISTEMA DE PROTENSÃO

Nos casos em que a estrutura possua características especiais, ou as cargas de protensão estejam fora dos limites usuais, recomenda-se a realização de provas de serviço simulado, afim de verificar o comportamento do sistema proposto.

12.6 - OPERAÇÕES DE PROTENSÃO

Antes de proceder as operações de protensão, as extremidades dos cabos e as superfícies de apoio dos macacos de verão estar limpas.

O concreto deverá ter atingido a resistência prevista pelo projeto e as operações de protensão somente poderão ser iniciadas com a aprovação da Fiscalização.

O equipamento de protensão deverá ter sido previamente aferido, juntamente com manômetros e bombas.

As operações de protensão deverão obedecer ao plano de carregamento fornecido pela Projetista. Para cada família de cabos deverão ser coletados os seguintes dados:

- Tipo de aço e suas características mecânicas
- Características do equipamento de carregamento
- Data e curva da aferição do equipamento
- Resistência mínima do concreto
- Resistência mínima da injeção da ancoragem por aderencia (quando houver)
- Comprimento efetivo do cabo
- Correção devido à penetrações de cunhas ou garras

Aconselha-se para cada cabo ser preenchida uma tabela padronizada, bem como plotar durante a operação um diagrama

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER	FL. 125 ^{de}
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES Nº	TC - 03

ma Tensão x Deformação.

Os valores de cargas e alongamentos deverão satisfazer às tolerâncias impostas pela Projetista.

Qualquer anormalidade ou discrepância observada deverá ser analisada por quem de responsabilidade, antes de se dar continuidade as operações.

12.7 - CORTE DOS CABOS

Após ser feita a análise dos resultados das operações de protensão e se concluir satisfatoriamente, poder-se-á proceder ao corte das extremidades dos cabos e efetuar a vedação dos nichos. O corte deverá ser feito com disco esmeril rotativo, deixando-se depassar da ancoragem um comprimento que satisfaça ao recomendado pelo processo.

12.8 - DEFINIÇÃO DAS FAMILIAS DE CALDAS

12.8.1 - Generalidades

O objetivo fundamental da injeção é de garantir uma proteção eficaz dos aços de protensão contra a corrosão, evitando a infiltração de elementos corrosivos vindos do exterior e ao mesmo tempo assegurar a ligação mecânica entre as armaduras ativas e o concreto.

12.8.2 - Características

Para se obter uma boa injeção é necessário, primordialmente, dispor-se de uma calda atendendo às qualidades de:

- Fluidez adequada durante toda a operação
- Estabilidade
- Alcalinidade, ausência de agentes agressivos
- Resistência mecânica adequada.

OBRA.	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
		VER.	FL. 126*
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03

Recomendam-se ensaios para determinação da calda ideal para a injeção dos cabos das estruturas. São de importância capital os ensaios de serviço simulado, que abrangem posições de cabos, temperatura, equipamento proposto.

Orientativamente recomendamos os seguintes valores:

- Fluidez - de 13 a 9 seg - Quando determinada pelo cone CRD - Corps of Engineers.
- Estabilidade - Eliminar a sedimentação. Quando da utilização de Aditivos Expansores a dosagem deverá ser tal que proporcione uma expansão sólida de 3 a 5%.
- Alcalinidade - O pH das caldas deverá estar compreendido entre 9 e 13.
- Resistência - A resistência mínima deverá ser superior a 240 kg/cm².

12.8.3 - Materiais

12.8.3.1 - Cimento:

O cimento deverá ser o proposto para utilização na Obra. Deverá obedecer - os requisitos da EB-1.73, ou outra especificação adotada pela Fiscalização.

12.8.3.2 - Aditivo:

Quando da utilização de aditivos, a Fiscalização deverá exigir do fornecedor valores atualizados que mostrem o desempenho dos aditivos para a finalidade - que se propõe.

Deverão ser feitos ensaios para verificar o comportamento e a afinidade com o cimento proposto.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.	FL 127.
		DES Nº	TC - 03

12.8.3.3 - Água:

A água deverá estar dentro dos critérios normais de potabilidade. Não deverá conter elementos capazes de provocar a corrosão das armaduras.

12.8.4 - Equipamentos:

A mistura deverá ser feita mecanicamente - através de misturadeiras, com rotação entre 1000 e 1500 RPM, capazes de produzir uma calda homogênea e coloidal. O tempo de mistura deverá estar ao redor de 4 minutos.

Normalmente adota-se a seguinte ordem para introdução da mistura:

Água - Cimento e Aditivo.

O recipiente de mistura deverá ser colocado a uma altura suficiente para permitir o escoamento da calda a um segundo recipiente, colocado em nível inferior ao primeiro. Este recipiente deverá - ser munido de um agitador (para manter a estabilidade da calda). Ao sair do recipiente misturador para o agitador-alimentador, a calda deverá passar por uma peneira de malha nº 16, afim de se reter - eventuais grumos ou impurezas.

A bomba injetora deverá ter potência suficiente para efetuar a injeção (verificada pelo ensaio de serviço simulado), ter fluxo contínuo, ter dispositivo que permita o retorno da calda, ter manômetros adequados para tomadas de pressões no transcurso da injeção.

As mangueiras deverão ser providas de engates tipo rápido, porém estanques.

12.9 - OPERAÇÕES DE INJEÇÃO

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	VER.:	FL.128 _o
	DES. Nº	TC - 03

12.9.1 - Precauções Preliminares:

As operações de injeção deverão se iniciar o mais rápido que possível após a protensão. Este período deve ser o mais breve à medida que se aumenta a agressividade do meio ambiente.

Antes das operações de injeção os respiros deverão estar livres de detritos e deverão ser examinados, assegurando-se para a execução ideal. A bainha deverá estar desobstruída, verificando-se pela lavagem com água e posterior insuflação de ar. A estanqueidade poderá ser verificada quando da lavagem, bloqueando-se os respiros.

Cuidados adicionais deverão ser tomados - quando da lavagem de cabos anteriormente protegidos com óleo solúvel.

12.9.2 - Execução da Injeção:

As operações de injeção deverão obedecer, também, a um plano elaborado pela Fiscalização. Para cada família de cabos deverão ser coletados os seguintes dados:

- Amostra do cimento, para acompanhamento
- Amostra do aditivo, quando usado
- Tempos de Escoamento na entrada e na saída da bainha.
- Temperaturas: ambiente, água e calda
- Estabilidade
- Resistência Axial Simples
- Características do Cabo
- Data
- Pressão a intervalos regulares de tempo
- Pressão confinante
- Volume de calda - Batido, injetado e perda

A injeção será efetuada a partir da extremidade mais baixa do cabo, de maneira contínua e sem

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.:	FL. 129 ^{da}
		DES. Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

interrupção. O respiro de saída, assim como todos os respiros intermediários deverão estar abertos - quando do início da operação. Os respiros deverão possuir um dispositivo de fechamento por registro ou outro meio de fechamento rápido.

Ao se completar a injeção deverá ser mantida a pressão confinante indicada pela Projetista pelo tempo também especificado. Findo o tempo, fechar-se-á o registro de admissão. A ligação com a bomba não deverá ser desfeita antes deste fechamento, e não deverá haver perda de calda nessa operação.

O corte ou remoção dos respiros será efetuado somente após a Pega da Calda, ou de preferência 24 horas após o término das operações de injeção.

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.
		VER.:	FL130 ^{de}
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03

13 - COMENTÁRIOS FINAIS

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER.	FL. 131 ^{os}
TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA		DES Nº	TC - 03

13. COMENTÁRIOS FINAIS

Os serviços de protensão e injeção executados no Vertedouro de Superfície da Obra de Ilha Solteira, atingiram, a nosso ver, um alto grau de tecnologia, fruto da experiência e do perfeito entrosamento entre CESP, Projetista (THEMAG) e Empreiteiras (Camargo Corrêa e Engenharia Brasileira de Protensão).

Esperamos que este nosso modesto trabalho possa, de alguma forma, representar mais uma contribuição da CESP - Centrais Elétricas de São Paulo S/A em prol do desenvolvimento - da Tecnologia Nacional.

OBRA:	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES..	ESC
ASSUNTO:	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER..	FL. 132*
	TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA	DES. Nº	TC - 03

14 - BIBLIOGRAFIA

OBRA	SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES	ESC
ASSUNTO	PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	VER	FL133 ^{de}
		DES Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

14. BIBLIOGRAFIA

RELATÓRIOS DO LABORATÓRIO DE CONCRETO DA CESP - IS.

- C-18/72 - "Ensaio em viga com Trombeta para protensão com 24 cordoalhas de $\varnothing = 1/2$ ".
- C-24/72 - "Segunda série de ensaios em viga com Trombeta - para protensão com 24 cordoalhas de $\varnothing = 1/2$ ".
- C-27/72 - "Ensaio de Protensão com Sistema Losinger"
- C-60/72 - "Verificação da Performance bomba injetora da EBP-VSL".
- C-74/72 - "Caldas com expansor - Intracrete - Vertedouro de Superfície - Ilha Solteira".
- C-26/73 - "Protensão e Injeção - Vertedouro da Obra Usina de Ilha Solteira - Estudos e Controles".

OUTROS

- Ensaio da Ancoragem para Protensão da Tomada D'Água-9.
- Protensão do Vertedouro de Superfície.
- Directive Provisoire sur les injections des ouvrages en beton precontraint - L.C.P.C..
- Concrete Construction Handbook - Joseph J. Waddell
- Catalogos da E.B.P. - VS Losinger.
- PNB - 116 - Norma da ABNT
- EB-1-73 - Especificação da ABNT
- EB- 233 - Especificação da ABNT

OBRA: SETOR DE LABORATÓRIOS - ILHA SOLTEIRA	DES.:	ESC.:
	VER.:	FL. 134 de
ASSUNTO: PROTENSÃO E INJEÇÃO DOS PILARES DO VER	DES. Nº	TC - 03

TEDOURO DE SUPERFÍCIE DE ILHA SOLTEIRA

ESTE RELATÓRIO FOI ELABORADO POR:

ENGENHEIRO - MARCIO HENRIQUE GUIMARÃES PAGNANO

- Formado em 1.969 - Escola de Engenharia de São Carlos-
"U.S.P."
- De 1.970 a VIII-1.973 - Engenheiro na Seção de Obras de Con-
creto - Ilha Solteira
- De IX-1973 a VII-1974 - Supervisor da Seção de Obras de Con-
creto - Água Vermelha.
- A partir de VIII-1974 - Chefe do Setor de Obras e Instala-
ções do Canteiro de Concreto- Água
Vermelha.

ENGENHEIRO - FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLO

- Formado em 1.969 - Escola de Engenharia de São Carlos-
"U.S.P."
- De 1.970 a 1973 - Engenheiro no Laboratório Central
Concreto da CESP - Ilha Solteira
- De 1.974 a XI-1.974 - Supervisor do Laboratório Central
Concreto da CESP - Ilha Solteira
- A partir de XII-1.974 - Chefe do Setor de Laboratórios
Central da CESP - Ilha Solteira.

em 1975 - em IX de 1975 - Formado no Setor de
Obras e Instalações - CESP
CANTO DO CANTO DA ILHA SOLTEIRA
DE CONCRETO

Ilha Solteira - Janeiro/1.975.