



**comitê brasileiro
de grandes barragens**

xiii seminário nacional de grandes barragens

**CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO
EM CONSTRUÇÕES DE BARRAGENS**

**ANAIS
VOLUME I**

Rio de Janeiro, abril 1980

XIII SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS

RIO DE JANEIRO

ABRIL 1980

CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO EM CONSTRUÇÕES DE BARRAGENS

TEMA: II

ENG^o FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLO

ASSISTÊNCIA À CONSTRUÇÃO CONCRETO

ITAIPU BINACIONAL

1 APRESENTAÇÃO:

Ao se posicionar diante do gigantesco complexo de providências necessárias para a construção da obra da barragem de ITAIPU os mais experientes técnicos sentem dificuldades em fazer comparações e previsões.

Uma das providências prévia e convenientemente tomadas foi a estruturação do sistema para o Controle de Qualidade do Concreto da Obra.

Para a montagem desse sistema tomou-se como premissa básica a atenção necessária para acompanhar com rapidez e eficiência a incomum velocidade de produção e colocação de concreto durante a construção. Ou seja, para efetuar o controle de qualidade de concreto com volumes ao redor de 700 a 800 m³/hora, 15.000 m³/dia (23/XI/79) ou 337.000 m³/mês (novembro/79) não se poderia ficar calcado nos convencionais ensaios de "trabalhabilidade", "resistência axial simples" e seu tradicional controle estatístico, pois com tais velocidades de lançamento de concreto pouco ou quase nada valeria detectar uma resistência baixa, após 3 ou 7 dias, cuja correção acarretaria providências fatalmente onerosas.

O esquema de controle de qualidade foi então montado visando englobar os seguintes itens:

- Usar materiais conhecidos e/ou préqualificados, de acordo com as especificações adotadas;
- Combinar (dosar) os materiais em proporções adequadas, atendendo os parâmetros de projeto;
- Manter a uniformidade das misturas dosadas;
- Preparar adequadamente as áreas a receber concreto;
- Cuidar para o concreto ser transportado e colocado com a mínima segregação e seguramente identificado;
- Inspecionar a estrutura de acordo com a rotina adequada;
- Medir, interpretar e avaliar os característicos de tensões e deformações instalados na estrutura, comparando-os com as estimativas de projeto;

- Efetuar ensaios de apoio e pesquisa com antecedência adequada;
- Relatar, informar e criticar os dados obtidos, com a dinâmica compatível com as proporções e velocidades da Obra.

Para a preparação do pessoal às diversas funções de fiscalização foram redigidos alguns documentos básicos abrangendo:

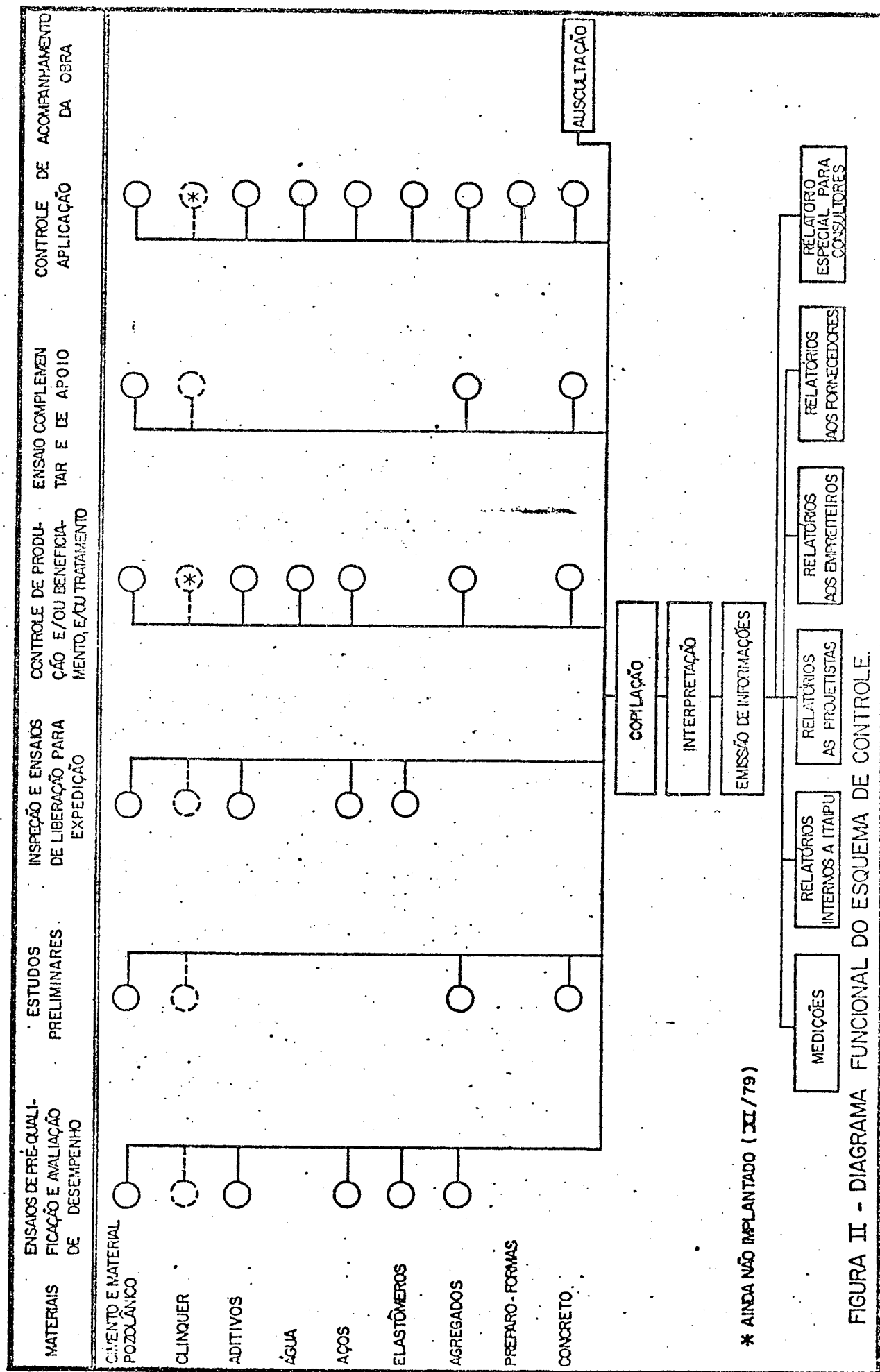
- Conjunto de Notas e Observações para a Inspeção do Concreto (11.1);
- Manual de Orientação para Amostragens, Ensaios, Procedimentos e Processamentos (11.2);
- Conjunto de Métodos Disciplinando os Ensaios (11.3);
- Notas Orientativas para Transporte, Lançamento, Adensamento e Cura do Concreto (11.4);
- Plano de Implantação e Acompanhamento do Instrumental de Auscultação (11.5).

2. ESQUEMA PARA O CONTROLE DE QUALIDADE:

Para dar todo apoio técnico necessário ao adequado controle das construções de concreto a ITAIPU-Binacional mantém um Laboratório de Concreto com área construída ao redor de 2.200 m^2 , cuja planta é mostrada na figura I, em condições de efetuar todos ensaios quer de controle, quer de apoio à instrumentação, quer sejam os de préqualificação de materiais, bem como os de sofisticados estudos de propriedades elastomecânicas e térmicas, do concreto.

O esquema de controle de qualidade de concreto, além de contar com um Laboratório Central, possui equipes em vários pontos e salas de ensaios, visando controlar a qualidade dos materiais e do concreto.

A figura II fornece um diagrama funcional do esquema de controle, pelo qual se observa que após a obtenção de qualquer dado ou informação o evento é convenientemente copilado, passando a ser reportado à área de interesse.



* AINDA NÃO IMPLANTADO (II / 79)

FIGURA II - DIAGRAMA FUNCIONAL DO ESQUEMA DE CONTROLE.

3 CONTROLE SOBRE OS MATERIAIS BÁSICOS:

Como materiais básicos entendem-se aqueles que se incorporam ao concreto durante a "betonagem" ou durante o "lançamento". São, portanto, considerados como materiais básicos:

- Água,
- Aglomerantes (cimento e material pozzolânico - Nota 1),
- Aditivos,
- Agregados,
- Aços e Emendas,
- Elastômeros.

Nota 1: As bibliografias, de maneira geral, conceituam os materiais pozzolânicos como um aditivo, porém neste trabalho, para efeito de controle, considerou-se como aglomerante.

A seguir são citadas as rotinas para inspeção e controle de cada um desses materiais.

3.1 ÁGUA

O controle de qualidade da água tem por objetivo manter os característicos de pH, sólidos, cloretos, sulfatos, ferro, álcalis, dentro dos valores aceitáveis e de acordo com as especificações.

Esse controle é feito sobre a água de amassamento, e de fabricação de gelo, junto à saída de cada depósito.

3.2 AGLOMERANTES:

Como se observa pelo diagrama da figura II o aglomerante, por se constituir no ingrediente principal da mistura do concreto, é largamente inspecionado. O ciclo de controle do aglomerante engloba desde os estudos de préqualificação e desempenho, até a aplicação.

Devido a grande quantidade de aglomerante necessária para a construção da obra de ITAIPU, ao redor de $2,2 \times 10^6$ t, o suprimento é feito a partir de vários fornecedores. Isto sem um controle adequado acarretaria um grande número de variações.

- A ITAIPU-Binacional, entretanto, mantém em cada fábrica fornecedora de cimento, uma equipe de inspetores liberando as partidas de cimentos destinadas a Obra. O cimento produzido para a ITAIPU é estocado, na fábrica, em silo isolado.

Quando do embarque o material é devidamente identificado.

Ao chegar na Obra o aglomerante é recepcionado através de uma rotina de amostragem e ensaios.

Como exemplo pode-se citar que até novembro/1979 foram recebidas aproximadamente $0,7 \times 10^6$ t de cimento, com uma rejeição de $0,9 \times 10^3$ t, ou seja, aproximadamente 0,13% de rejeição.

Após ensilado, na Obra, o material é conduzido às Centrais de Concreto, quando então são verificadas algumas propriedades através de amostragens efetuadas imediatamente antes da mistura do concreto.

Esse procedimento permitiu misturar nos silos de estocagem da Obra, cimentos de várias procedências. A garantia de uniformidade é traduzida por alguns itens controladores do cimento, através de amostragens (110 amostras) efetuadas nas próprias Centrais de Concreto (Central nº 2) e indicados na tabela da figura III. Chama-se a atenção para os baixos coeficientes de variação, obtidos.

Para o controle de cimento é utilizado um espectrofotômetro de absorção atômica, citado no trabalho (11.6) - "O USO DE ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA EM ANÁLISES QUÍMICAS DE CIMENTO" - TEMA II.

Não são citados neste trabalho os controles que poderão ser efetuados sobre clínquer e o material pozolânico, pois dependem, ainda, do estudo de viabilização da moagem através de instalações na Obra.

Periodicamente é emitido a cada um dos fornecedores, um relatório englobando o controle efetuado sobre o cimento fornecido.

3.3 ADITIVOS:

Os aditivos para concreto, em uso pela ITAIPU foram inicialmen-

PROPRIEDADES				VALORES ESTATÍSTICOS		ESPECIFICAÇÃO ITAIPU BINACIONAL
REFERÊNCIA				MÉDIA	COEFICIENTE VARIAÇÃO	
TIPO DE CIMENTO				CIMENTO - CENTRAL	—	
PERÍODO (DIAS)				I B	—	
DATA DA COLETA				IX/77 - X/79	—	
FINURA	PENEIRA 200 (% RETIDA)			6,2	31,0	≤ 15%
	SUP. ESPECÍFICA (BLAINE) cm ² /g			3592	3,5	≥ 3200
DENSIDADE	ABSOLUTA (g/cm ³)			3,17	0,8	
INÍCIO DE PEGA (h:min.)				2:51	23,9	≥ 45 min.
EXPANSÃO EM AUTO CLAVE (%)				0,11	28,4	≤ 0,8%
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	INSTRUMENTO	3 DIAS (kg/cm ²)		173	15,4	≥ 80 kg/cm ²
		7 DIAS (kg/cm ²)		244	12,9	≥ 150 kg/cm ²
		28 DIAS (kg/cm ²)		352	9,7	≥ 250 kg/cm ²
CALOR DE HIDRATAÇÃO		7 DIAS (CAL/g)		68	6,4	
		28 DIAS (CAL/g)		80	6,2	
ANÁLISE QUÍMICA (%)	PERDA AO FOGO			1,09		≤ 3,0%
	INSOLÚVEIS			0,29		≤ 1,0%
	SiO ₂			21,44		—
	Fe ₂ O ₃			3,67		—
	AL ₂ O ₃			8,71		—
	CaO			63,40		—
	MgO			3,08		≤ 6,5%
	SO ₃			1,68		≤ 3,0%
	Na ₂ O			0,108		—
	K ₂ O			0,603		—
	EQUIV. ALCALINO EM Na ₂ O			0,504	9,8	≤ 0,6%
	CAL LIVRE EM CaO			1,170		—
COMPOSTOS MÉTODO DE BOGUE (%)	C ₃ S			48,20	10,3	≥ 35%
	C ₂ S			25,12	17,8	—
	C ₃ A			6,55	15,1	≤ 8,0%
	C ₄ AF			11,12	5,6	—
	Ca SO ₄			2,84	12,6	—

FIGURA III - RESULTADOS DE AMOSTRAS DE CIMENTOS.

te préqualificados através de amostras enviadas pelos fornecedores interessados.

Durante os ensaios, de cada uma das amostras foi retirada uma alíquota, que permanece adequadamente armazenada, para ser comparada com as primeiras amostras durante o fornecimento, se o produto for convenientemente qualificado.

De maneira específica, os aditivos incorporadores de ar, de uso mais geral para os concretos de barragem, são comparados com um aditivo padrão com base em determinada resina. Essa comparação traduz a eficiência do aditivo em ensaio. Esse rendimento faz a aferição econômica do aditivo, podendo-se avaliar técnica e economicamente o material.

Após a préqualificação e a contratação do fornecedor, imediatamente depois da produção do aditivo, são retiradas amostras, com base em rotina estabelecida, e enviadas ao Laboratório de Concreto da ITAIPU, para análise e comparação com a alíquota da préqualificação. Havendo coincidência de valores o aditivo é liberado para embarque.

Ao chegar à obra o aditivo é novamente inspecionado, e liberado para estocagem. Durante o utilização, nas Centrais de Concreto, o material é reanalisado, verificando-se desta maneira suas características imediatamente antes da produção do concreto.

Esse procedimento permitiu utilizar na obra, até novembro/79, a proximadamente $1,5 \times 10^3$ t de aditivo incorporador de ar com uma rejeição de apenas 5 tambores (de 200 litros) dando um índice de rejeição ao redor de 0,07%.

3.4 AGREGADOS:

Na construção da barragem de ITAIPU, estão sendo utilizados agregados graúdos obtidos pela britagem de basalto denso-são proveniente das escavações. Como agregado miúdo é usado uma composição de areia natural e areia artificial obtida, também, pela britagem do basalto e em sequência no sistema de britagem do agregado graúdo.

A areia natural é, razoavelmente, fina (Módulo de Finura ao re-

dor de 1,5) e é obtida através de dragagem no Rio Paraná, nas i mediações da Obra. Tendo em vista o baixo Módulo de Finura da areia natural, bem como a quantidade necessária para a construção, foram feitos estudos visando obter uma composição "ótima", entre ambas as areias -- natural e artificial. Esse estudo, efetuado antes do início da Obra, recomendou a proporção 70:30, de areias artificial: natural, em peso.

Os derrames rochosos existentes, na área do projeto, foram pré-qualificados antes do início da obra. Através dessa avaliação foi possível fazer uma compatibilização das escavações e os consumos previstos para aplicação em ensecadeiras, barragem de enrocamento e para a produção de agregados.

A partir da adequação dos derrames à produção de agregados, durante a execução das escavações o material foi designado para estoques definidos. Nessa etapa, ainda, foram coletadas amostras para verificação das características para uso como agregado.

Após a estocagem do basalto "bruto", o material é enviado aos sistemas de britagem, onde a ITAIPU-Binacional mantém salas de ensaios verificando determinadas características do material, durante o beneficiamento. Os parâmetros assim obtidos permitem o rientar os procedimentos durante a britagem.

Os agregados britados são estocados juntos ao sistema de britagem, separados por gamas granulométricas convencionais.

Dos estoques, os agregados graúdos são enviados às Centrais de Concreto, passando por um sistema de reclassificação e refrigeração. Nas Centrais de Concreto, os agregados sofrem uma última verificação nas suas características.

A areia natural é dragada, de jazidas préviamente estudadas e de finidas. Durante a dragagem é feito um acompanhamento granulométrico que permite orientar a melhor posição para dragagem. Após a dragagem a areia natural é armazenada em estoques volantes e posteriormente enviada as Centrais de Concreto, pelo mesmo sistema que transporta a areia artificial. Nas Centrais as areias

são avaliadas novamente antes da entrada nas betoneiras.

Esse esquema de controle permitiu, até novembro/79, uma dragagem de aproximadamente $1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ de areia natural, com uma rejeição de cerca de $1,2 \times 10^3 \text{ m}^3$ dando um índice de rejeição em torno de 0,08%.

3.5 AÇOS E EMENDAS PARA ARMADURA

3.5.1 AÇOS:

As partidas de aço para a obra de ITAIPU são, também, inspecionadas nas fábricas, antes do embarque, por equipes ligadas à ITAIPU-Binacional. Após liberadas, as partidas são enviadas para o "canteiro" da Obra.

Ao chegar no "canteiro" da Obra, cada partida é submetida a uma verificação, após o que é adequadamente estocada nos escaninhos dos Pátios de Armação. Os valores entre as inspeções são rotineiramente comparados.

Durante o beneficiamento os aços são também inspecionados cuidando-se nessa oportunidade de se observar as dimensões de projeto. Ao sair dos Pátios de Armação os lotes de barras beneficiadas são convenientemente identificados, caracterizando-se o local e posição de aplicação.

Ao se preparar a armadura no local de aplicação é feita a última fiscalização sobre o material. Cuida-se nessa oportunidade de verificar a colocação das barras com respeito às posições de projeto e recobrimentos especificados. Nessa situação a fiscalização observa também a qualidade da armadura suporte para a armadura principal.

Esse procedimento permitiu que a ITAIPU recebesse até novembro/79, $70,6 \times 10^3 \text{ t}$ de barras de aço, com uma "reclassificação" (e não rejeição) de 16 t, com um índice de reclassificação de aproximadamente 0,02%.

3.5.2 EMENDAS:

Os processos e tipos de emendas, propostos pelo Empreiteiro são

préqualificados, antes de sua aplicação.

No caso de utilização de emendas com deposição de eletrodos, os soldadores são, também, préqualificados.

Após a aprovação do tipo, processo, ou soldador, todo conjunto de emendas de barras de aço efetuado pelo Empreiteiro é subdividido em lotes correspondentes a determinadas amostras tomadas aleatoriamente. Essas amostras coletadas em "bancadas" ou "in si tu" controlam a qualidade das emendas.

3.6 ELASTÔMEROS:

Na obra da Hidroelétrica de ITAIPU, são utilizados basicamente dois tipos de elastômeros:

- Aparelhos de apoio de Neoprene, e
- Mata-juntas de vedação de P.V.C.

3.6.1 MATA-JUNTAS:

Os mata-juntas em uso pelo Empreiteiro são dos tipos I-22/6 e O-35/10.

Inicialmente, os Mata-Juntas foram préqualificados através de uma coleta de amostras, efetuada pelo próprio Empreiteiro, e enviadas ao Laboratório de Concreto da ITAIPU.

Após a aprovação dos materiais de um conjunto de fornecedores o Empreiteiro adquire o material.

Durante a fabricação o Empreiteiro pode optar por coletar amostras para ensaios em laboratório oficial, após o que remeteria o material para a obra acompanhado do respectivo certificado de aprovação, ou enviar as partidas para a obra, ficando condiciona das a rotinas de recepção.

Para a confecção das emendas, na obra, são selecionados os operadores através de "emendas testes".

Com esse esquema de controle foram recebidos, até novembro/79, a proximadamente 46×10^3 m de Mata-Juntas perfilados com uma rejeição de 2.700 m.

3.6.2 APARELHOS DE APOIO:

Os aparelhos de apoio, de uso corrente na obra de ITAIPU, são confeccionados com neoprene intercalado por fretas de aço.

Esses aparelhos de apoio são inspecionados pela ITAIPU, nos próprios fornecedores, após o que são liberados para embarque para a obra. Na obra, esse material é submetido a rotinas de recepção por meio de amostragens aleatórias.

4 ACOMPANHAMENTO DOS PREPARATIVOS PARA CONCRETAGEM:

O acompanhamento dos preparativos para as concretagens engloba praticamente todas as atividades anteriores à concretagem-colocação de formas, armaduras, embutidos, tratamento da superfície, drenos, elementos de vedação e outros detalhes.

A ITAIPU mantém uma equipe verificando e liberando todas essas operações efetuadas pelo Empreiteiro.

Essa equipe é responsável pela análise dos detalhes executivos de projetos, e propostos pelo Empreiteiro.

Dos preparativos anteriores à concretagem cabe ressaltar a importância de serem verificados e aprovados pontos tais como:

- Condição de drenagem da área, preocupando-se com situações eventuais, como chuva;
- Condições de fixação, estabilidade, qualidade, aberturas (janelas), limpeza e untamento de formas;
- Condição de suporte (escoramento), bitola, aderência, categoria, espaçamento, quantidade e recobrimento, das armaduras;
- Condição de posição e qualidade das emendas;
- Condição dos embutidos, elementos de vedação e suas emendas;
- Condição do tratamento e limpeza da superfície a receber concreto;
- Condição e quantidade dos equipamentos para colocação, espalhamento, adensamento, cura e proteção contínua do concreto;
- Condição e quantidade da mão-de-obra para a concretagem adequada;

- Condição de qualidade para desforma e carregamento.

Essas verificações permitem um desenvolvimento contínuo e uniforme dos trabalhos.

5 CONTROLES E MEDIÇÕES DURANTE A PRODUÇÃO DO CONCRETO:

No item 1 citou-se a conveniência do adequado controle do concreto quando se tem produções horárias em torno de 750 m^3 . É de se observar, portanto, que um problema erroneamente detectado, ou imperceptível, poderá acarretar transtornos imprevisíveis devido à elevada produção de concreto.

Com intuito de conviver com a menor possibilidade de ocorrer eventos adversos à uniformidade do concreto, a ITAIPU-Binacional, mantém em cada Central de Concreto uma sala de ensaios, equipada e operada convenientemente para o controle da produção de concreto.

Essa equipe é responsável, também, pelo registro quantitativo dos concretos produzidos, para efeitos de medições e pagamentos.

O controle durante a produção do concreto é composto basicamente por dois tipos de controle, aqui definidos:

- Controle de Qualidade do Concreto - que engloba as diversas moldagens de espécimes para ensaios elastomecânicos e de outras propriedades de interesse. Essas moldagens são baseadas em rotinas estabelecidas em função dos volumes de concreto e das confianças e característicos estatísticos obtidos pelos ensaios.
- Controle de Uniformidade Durante a Produção que engloba a verificação das condições dos materiais componentes do concreto, dos equipamentos e do próprio concreto. Esse tipo de controle é amplamente abordado no trabalho (11.7) "CONTROLE PARA A UNIFORMIDADE NA PRODUÇÃO DE CONCRETO MASSA" - TEMA II.

Através desse controle são feitas as correções das quantidades de materiais, afim de manter os requisitos de trabalhabilidade, temperatura e incorporação de ar. Para a realização desse ajuste, são coletadas amostras logo nas primeiras betonadas e a cada 15

minutos subsequente. Os ajustes são feitos dentro de faixas de tolerâncias definidas. Como exemplo pode-se citar que os ajustes no teor de água podem ser feitos de maneira tal, que o fator água/cimento não varie por mais do que $\pm 0,02$ em relação ao nominal.

6 CONTROLES DURANTE A CONCRETAGEM:

Os controles durante a concretagem englobam as verificações a respeito da qualidade nas seguintes operações:

- Transporte do concreto;
- Lançamento (colocação) do concreto;
- Espalhamento do concreto;
- Adensamento do concreto;
- Acabamento do concreto;
- "Cura" do concreto;
- Reparos (quando necessários)

O trabalho (11.8) "ORIENTAÇÕES PARA CONCRETAGENS COM A UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS NÃO CONVENCIONAIS" - TEMA II, abrange de maneira mais específica o sistema adotado para controle durante as concretagens na obra de ITAIPU.

Para qualquer concretagem na obra, segue-se uma rotina de verificações, aqui denominada "Autorização para Concretagem" após o que é emitida uma "Solicitação de Produção de Concreto" às Centrais de Produção. Através de inspetores posicionados em cada frente de concretagem, munidos de intercomunicadores portáteis, o fluxo, tipologia e característica do concreto, é orientado adequadamente.

Os pontos de transbordo e descarga são, também, inspecionados.

O inspetor na frente de concretagem verifica as condições de colocação, espalhamento, adensamento, acabamento e posterior "cura" do concreto. O desempenho dos vibradores é avaliado através de tacômetros de bolso.

Essa sequência de verificações e observações permite minimizar -

problemas de segregação, colocação inadequada, vibração deficiente e acabamento impróprio do concreto. Com esse controle são minimizadas as inseguranças e os reparos que oneram e desfiguram as estruturas.

7 APOIO E AUSCULTAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO:

No item 2 é citado que a ITAIPU mantém um Laboratório de Concreto com área construída ao redor de 2.200 m². Esse laboratório é capacitado a elaborar todos ensaios rotineiros sobre concreto e materiais afim, bem como efetuar ensaios especiais de apoio à instrumentação e ainda, sofisticados estudos de propriedades térmicas. Ao Laboratório de Concreto cabe também, efetuar ensaios e pesquisas procurando antever e resolver eventuais problemas técnicos, de maneira a obter uma solução rápida, econômica e segura.

A auscultação cabe a implantação de amplo instrumental (ver figura IV), onde grande parte é do tipo "Carlson-Meters" de funcionamento com base em variações de resistência elétrica.

ESTRUTURA APARELHO	VERTEDOURO	BARRAGEM LATERAL DIREITA	BARRAGEM PRINCIPAL E MURO	ÁREA DE MONTAGEM DIREITA	CASA DE FORÇA	ÁREA DE MONTAGEM CENTRAL	ESTRUTURA CONTROLE DESVIO	TOTAL
TERMOMETRO PARA CONCRETO	8	6	39	4	6	-	30	93
MEDIDORES DE JUNTA	-	-	17	-	24	-	22	63
CONJUNTO DE BASES E ALONGAMETRO	84	224	321	20	156	2	231	1038
DEFORMIMETRO PARA CONCRETO	36	78	108	-	48	-	162	432
CAMARAS ATENSORIAIS	6	13	18	-	8	-	27	72
TENSOMETRO PARA CONCRETO	2	6	47	-	12	-	-	67
TENSOMETRO PARA ARMADURA	-	-	-	-	10	-	-	10
CAIXAS SELETORAS	4	6	11	2	9	-	20	52
PÊNDULO DIRETO	3	4	6	-	2	-	-	15
PÊNDULO INVERTIDO	-	2	5	-	-	-	1	8

Figura IV - Quantidade de instrumentos em instalação nas estruturas de concreto da obra de ITAIPU.

Esse instrumental é observado por meio de um planejamento (11.5) elaborado pela própria equipe de Controle de Qualidade da ITAIPU Binacional.

Através de leituras periódicas são feitos os processamentos de dados com auxílio de computadores. Após a interpretação, são elaborados relatórios técnicos a respeito, fornecendo-se até as tensões principais e suas respectivas direções.

Com intuito de se fazer observações mais rápidas e econômicas estão sendo implantados nos locais onde predominem as tensões de compressão, tensômetros elétricos para concreto, tipo "Stress-Meter - Carlson", que permitem leituras diretas de tensões. Comentários mais amplos, sobre esse tipo de instrumental, são feitos no trabalho (11.9) "AVALIAÇÃO DE COMPRESSÕES INSTALADAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ATRAVÉS DE TENSÔMETROS ELÉTRICOS" - TEMA II.

Paralelamente ao acompanhamento das estruturas, por meio dos instrumentos instalados, são também extraídos testemunhos, de juntas de construção ou do concreto monolítico, afim de avaliar certas propriedades.

8 SISTEMA DE INFORMAÇÕES:

Os vários dados e informações obtidos pelos controles citados são compilados, com base em um "Manual" (11.2) previamente elaborado, e interpretados simultaneamente.

Para a compilação e processamento dos dados são utilizados computadores. Os controles estatísticos das resistências são armazenados e para manuseio são fornecidas tabelas como se exemplifica na figura V. O processamento dos valores de auscultação está sendo feito de maneira a fornecer, pelos computadores, os dados em forma de tabelas e gráficos como ilustrado pelas figuras VI a IX.

Após compilação e interpretação dos conjuntos de valores, são emitidos relatórios técnicos mensais, informando, criticando e sugerindo, a todas as áreas envolvidas - Fiscalização - Empreiteiro e Projetista.

DADOS NOMINAIS										CONSUMO I (KG/M³)				CONSUMO II (KG/M³)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TRACO 152-E01										INCORPORADOR 0.000				ÁREA N 394																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
A/CEQ 0.60										RETARDADOR 0.00				ÁREA A 154																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
SLUMP 4.00+-0.50 (CM)										PLASTIFICANTE 0.00				BRITA 363																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
AMOSTRA	DATA	NUMERO	TRAB	AR	INC	TEMP	IC	3	7	28	90	180	360	DIVERSAOES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		ESPECIFIC	(CM)	(O/O)		(C)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

FIGURA IV - EXEMPLO DE COPILAÇÃO E MANUSEIO DOS VALORES DE CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO.

30/11/79

ESTATISTICA

PAG 15

DT - SO.T - DSC.T - A.C.C. - D.L.F.C.

REF NOV/79

SUBSISTEMA DE MEDIDORES ELETRICOS

RESULTADO DOS STRESS-METERS (ROSETA)

DATA INSTALACAO 19/10/79-13.00

SERIE C - 115

EPOCA INICIAL.. 20/10/79-13.00

RESISTENCIA ZERO GRAUS (R0).... 66.74

(R1/R2)10..... 71.58

CONSTANTE TEMPERATURA (BETA).... 4.894

(R1/R2)10..... 100.66

CONSTANTE CALIBRACAO (F)..... 0.392

MODULO DE ELASTICIDADE..... 343883. KGF/CM2

MODULO DE ELASTICIDADE..... 390500. KGF/CM2

DATA	HORA	R1/R2	TENSAO	TEMP CONCRETO	LANCE
25/10/79	21.00	72.13	-0.480	26.37	13
26/10/79	01.00	72.03	0.246	25.88	13
26/10/79	05.00	71.95	0.265	25.49	13
26/10/79	09.00	71.89	-0.072	25.20	13
26/10/79	13.00	71.88	-0.070	25.15	13
26/10/79	21.00	71.95	-0.086	25.49	13
27/10/79	01.00	71.91	-0.077	25.30	13
27/10/79	05.00	71.85	-0.063	25.00	13
27/10/79	09.00	71.81	0.298	24.81	13
28/10/79	09.00	72.14	-0.483	26.42	14
29/10/79	09.00	72.13	-0.832	26.37	14
30/10/79	09.00	72.12	-0.830	26.32	14
31/10/79	09.00	71.74	-1.093	24.46	14
01/11/79	09.00	71.64	-1.070	23.98	14
02/11/79	09.00	71.92	-0.763	25.35	14
03/11/79	09.00	72.17	-1.546	26.57	14
05/11/79	09.00	72.55	-2.691	28.43	14
08/11/79	09.00	72.95	-4.192	30.39	14
12/11/79	09.00	73.30	-8.146	32.10	15

FIGURA VI - VALORES DE ROSETA DE TENSÔMETROS ELÉTRICOS PARA CONCRETO.

STAIPU BINACIONAL
 DT - SO.T - OSC.T - A.C.C. - D.C.C.
 SUB-SISTEMA DE MEDIDORES ELETRICOS
 RESULTADO DOS STRAIN-METERS (ROSETA)
 R06
 CODIGO CA F05 100.30 RD 1/5
 SERIE A -2684
 RESISTENCIA ZERO GRAUS (R0) 086.16
 COEFICIENTE EXP. CONCRETO (ALFA C) 09.00
 CONSTANTE TEMPERATURA (BETA) 3.776
 CORRECAO TEMPERATURA (6) 12.06
 CONSTANTE CALIBRACAO (F) 2.954
 EPOCA INICIAL 24/10/79-13.00
 (R1/R2) 094.54
 (R1/R2) 099.73

30/11/79

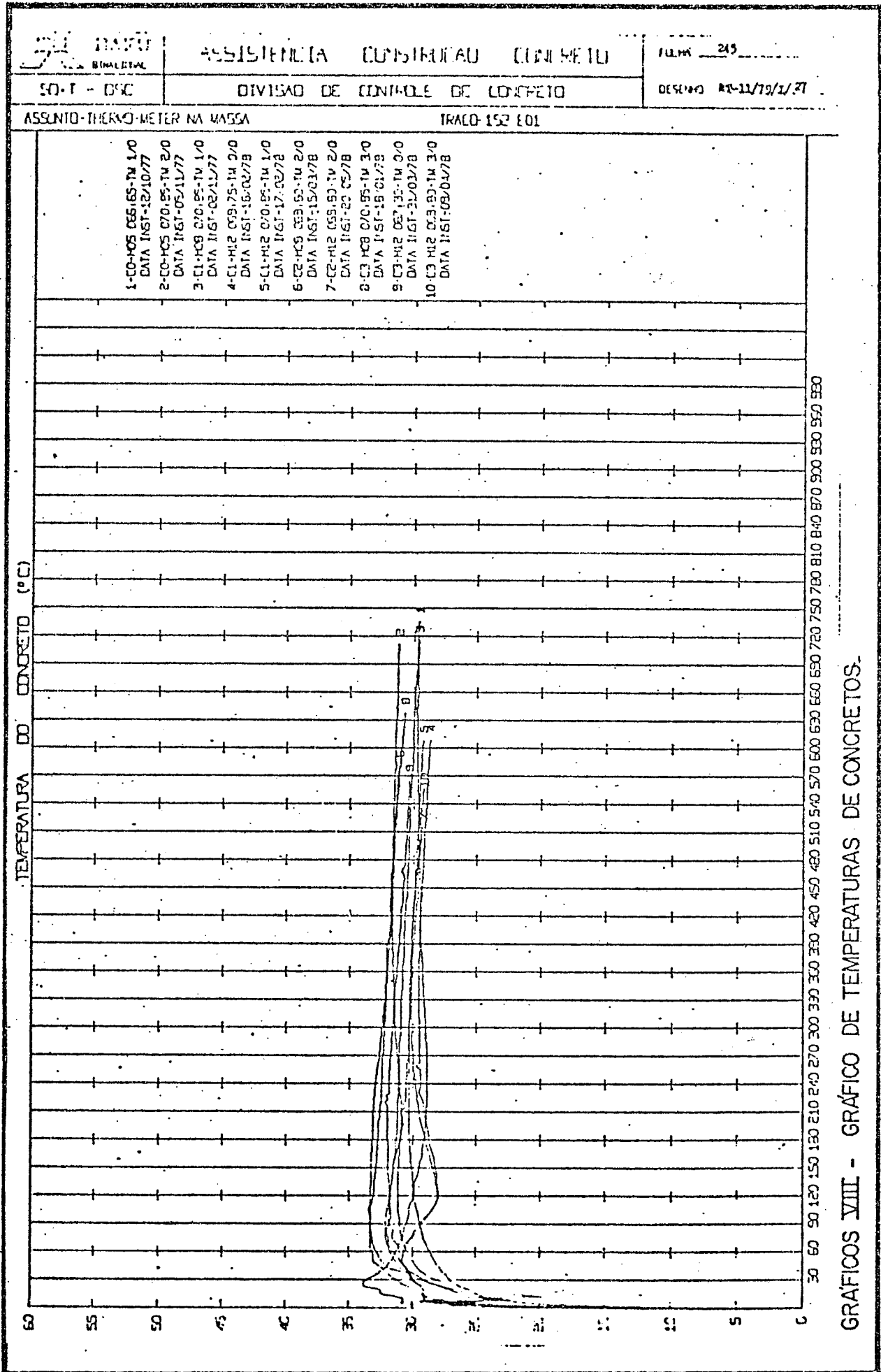
PAG 1

REF NOV/79

DATA	HORA	R1/R2	R1/R2	DEFORMACAO (6)	TEMP CONCRETO	LANCE
19/10/79	12.00	088.69	100.09	254.016	9.63	13
19/10/79	13.00	088.89	100.11	149.016	10.36	13
19/10/79	17.00	089.21	100.17	73.930	11.59	13
19/10/79	21.00	090.08	100.09	66.456	14.88	13
20/10/79	01.00	090.82	100.01	43.710	17.67	13
20/10/79	05.00	091.56	099.93	24.115	20.47	13
20/10/79	09.00	091.81	099.92	22.779	21.41	13
20/10/79	13.00	092.20	099.91	23.278	22.88	13
20/10/79	17.00	092.38	099.90	19.210	23.56	13
20/10/79	21.00	092.56	099.89	22.319	24.24	13
21/10/79	01.00	092.74	099.87	20.833	24.92	13
21/10/79	05.00	092.90	099.86	19.516	25.53	13
21/10/79	09.00	093.03	099.86	17.166	26.02	13
21/10/79	13.00	093.13	099.86	21.042	26.39	13
21/10/79	17.00	093.22	099.05	17.252	26.73	13
21/10/79	21.00	093.34	099.84	15.163	27.19	13
22/10/79	01.00	093.42	099.83	17.990	27.49	13
22/10/79	05.00	093.53	099.82	10.964	27.90	13

(6) A DEFORMACAO ESTA MULTIPLICADA POR 100000

FIGURA VII - VALORES DE ROSETA DE DEFORMIMETROS ELÉTRICOS PARA CONCRETO.



GRÁFICOS VIII - GRÁFICO DE TEMPERATURAS DE CONCRETOS.

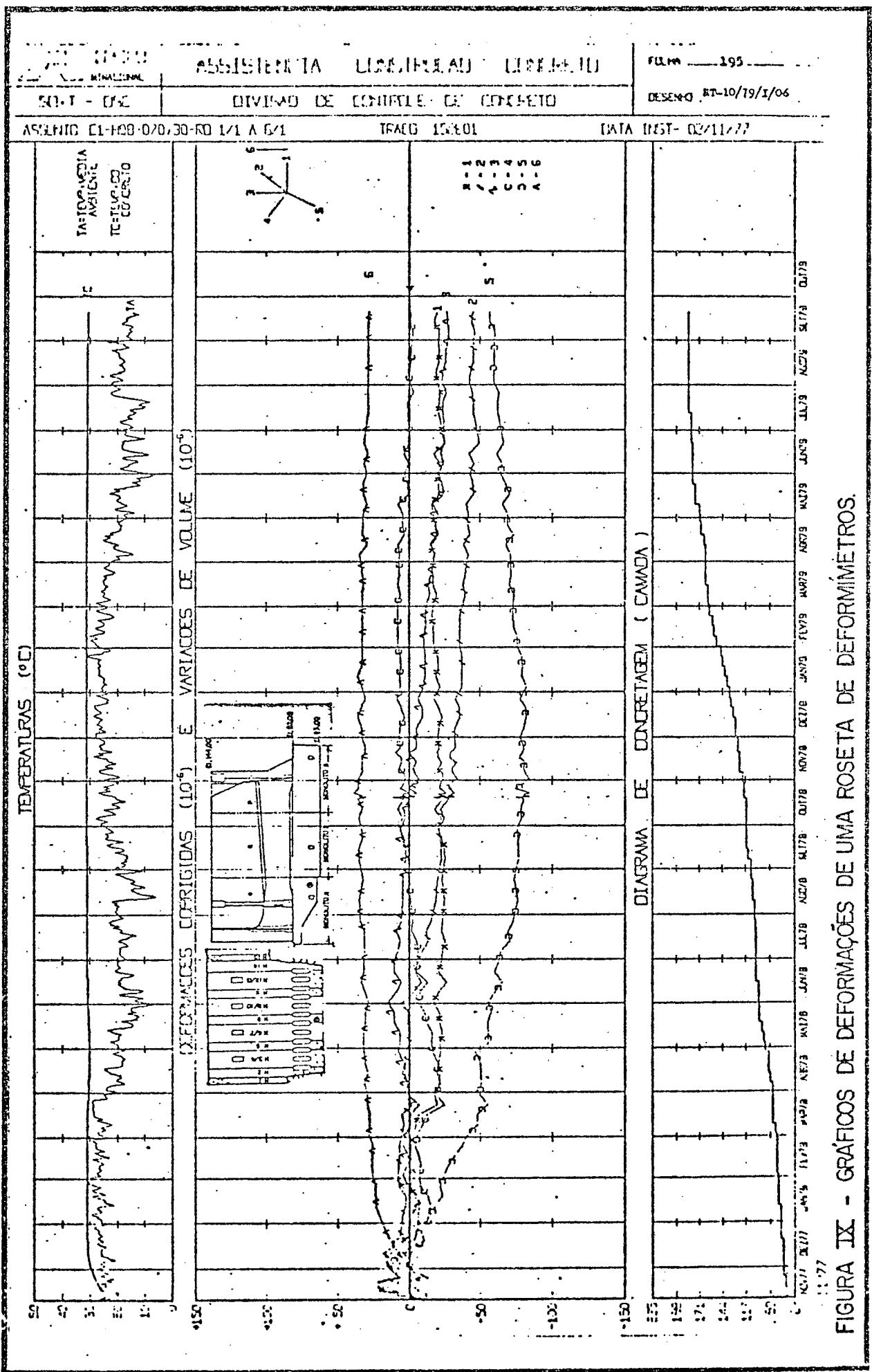


FIGURA IX - GRÁFICOS DE DEFORMAÇÕES DE UMA ROSETA DE DEFORMIMÉTROS.

9 COMENTÁRIOS:

Cabe neste item a seguinte indagação:

- Quais os benefícios decorrentes dos controles mencionados?

A somatória de benefícios poderia ser resumida como sendo somente a obtenção de um coeficiente de variação, para o concreto massa usado em ITAIPU (consumo de 108 kg/m^3 de cimento e 13 kg/m^3 de cinza volante - para uma tensão $\bar{f}_{cj} \cong 215 \text{ kg/cm}^2$ à idade de um ano), entre 12 e 17%. Porém é de grande importância citar ainda que ao se trabalhar sob um controle como o exposto:

- Está sendo aperfeiçoada tecnologia para construções pesadas;
- Estão sendo utilizadas mais adequadamente as propriedades dos materiais de construção;
- Está sendo desenvolvida " mão-de-obra" especializada;
- Está se posicionando às Projetistas quanto a qualidade e segurança do projeto.

Em síntese espera-se que um controle completo dos materiais, das operações, nas produções e durante a construção, permita a otimização do uso dos materiais bem como possibilite o desenvolvimento, de maneira mais econômica, rápida e segura, de projetos de Grandes Obras.

10 RESUMO :

Dentro do temário proposto para o XIII Seminário Nacional de Grandes Barragens é conveniente que nos elementos para decisões técnica-econômicas seja abordado o assunto sobre Controle de Qualidade do Concreto.

Este trabalho, elaborado pela Equipe de Controle de Qualidade do Concreto da ITAIPU-Binacional, apresenta o esquema organizacional adotado para o controle de concreto da obra da Hidroelétrica da ITAIPU.

São apresentadas as rotinas adotadas para pré-qualificação e controle de todos os materiais componentes do concreto.

Os procedimentos para controle durante o beneficiamento de materiais bem como durante a produção, transporte, lançamento, adensamento, reparo e "cura" do concreto, são também abordados.

São fornecidos alguns dados obtidos, até o momento, na construção da Obra de ITAIPU, que ilustram a conveniência de se adotar o esquema de controle de qualidade que é apresentado.

Aborda-se também o aspecto da auscultação da estrutura de concreto, que, de certa forma, complementa o esquema de controle de qualidade.

Espera-se que as considerações apresentadas neste trabalho forneçam subsídios técnico-econômicos para implantação de controle de qualidade de obras, onde as decisões quanto ao uso de materiais de construção exigem uma dinâmica cada vez mais eficiente, de modo a ser econômica e ter a garantia de qualidade e segurança adequada.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS :

- 11.1 "Notas Técnicas para Inspeção e Controle do Concreto" - Engº Francisco Rodrigues Andriolo - ITAIPU-Binacional.
- 11.2 "RC-14/77 - Manual para Controle e Inspeção dos Materiais para (e/do) Concreto - Usina de ITAIPU".
- 11.3 "Métodos de Ensaio L.C.I. - Laboratório de Concreto de ITAIPU"
- 11.4 "RE-01/79 - Orientações para Controle do: Transporte, Lançamento, Adensamento e Cura do Concreto-Massa" - Engº Ideval Betioli - ITAIPU-Binacional.
- 11.5 "Plano de Implantação e Acompanhamento do Instrumental de Auscultação de Estruturas de Concreto - Obra de ITAIPU" Tema II - Engº Gustavo Reis Lobo de Vasconcelos - "II Colóquio sobre Sistemas de Inspeção e Observação de Barragens Salto Santiago"- Novembro/78.
- 11.6 "O Uso da Espectrofotometria de Absorção Atômica em Análises Químicas de Cimento" - Tema II - XIII Seminário Nacional de Grandes Barragens - Rio de Janeiro - Abril/1980.
- 11.7 "Controle para a Uniformidade na Produção de Concreto-Massa" - Tema II - XIII Seminário Nacional de Grandes Barragens - Rio de Janeiro - Abril/1980
- 11.8 "Orientações para Concretagens com a Utilização de Equipamentos não Convencionais" - Tema II - XIII Seminário Nacional de Grandes Barragens - Rio de Janeiro - Abril/1980.
- 11.9 "Avaliação de Compressões Instaladas em Estruturas de Concreto, através de Tensômetros Elétricos" - Tema II - XIII Seminário Nacional de Grandes Barragens - Rio de Janeiro/ Abril/1980.