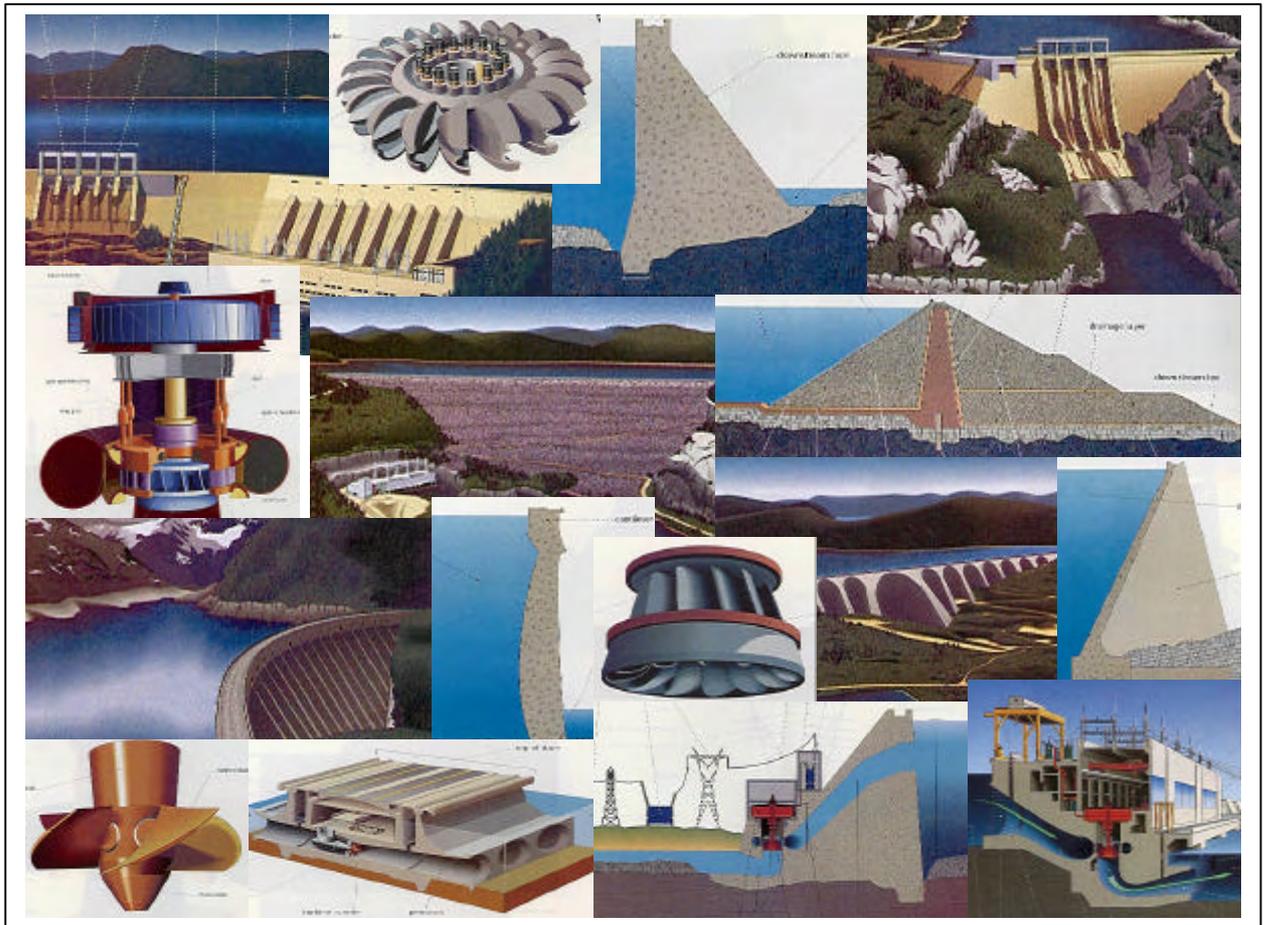


Requisitos de Projeto, Tecnologias e Equipamentos para a Construção de Barragens



**Tipos de Estruturas
e Concretos em
Obras de Barragens**
São Paulo, 8 e 9/
Dezembro/1999



**Andriolo Ito
Engenharia**

Andriolo Ito Engenharia SC Ltda- CGC: 00.391.724/0001-03
Rua Cristalândia 181- 05465-000- São Paulo- Brasil
Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069
e-mail: fandrio@attglobal.net site: www.andriolo.com.br

PARTE A

IDENTIFICANDO DIVERSOS TIPOS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO COMUNS EM TODAS AS OBRAS DE BARRAGENS E A POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE CADA UM

PARTE B

NOVAS TECNOLOGIAS EM PRODUTOS E EQUIPAMENTOS APLICADAS NA CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS

Francisco Rodrigues Andriolo

Engenheiro Consultor

Andriolo Ito Engenharia S/C Ltda

Rua Cristalândia no. 181- São Paulo- Brasil- CEP-05465-000

Tel-++55 11- 3022 5613 - Fx-++55 11- 3022 7069

e-mail: fandrio@ibm.net site: www.andriolo.com.br



Andriolo Ito Engenharia SC Ltda- CGC: 00.391.724/0001-03
Rua Cristalândia 181- 05465-000- São Paulo- Brasil
Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069
e-mail: fandrio@attglobal.net site: www.andriolo.com.br

INDICE

| | |
|---|----|
| Resumo | 04 |
| Apresentação | 04 |
| PARTE A | |
| Projetos e Tipos de Estruturas | 07 |
| Especificações Técnicas | 09 |
| Generalidades | 10 |
| Materiais e Estocagem | 11 |
| Cimento | 11 |
| Material Pozolânico | 11 |
| Agregados | 12 |
| Água | 12 |
| Aços e Emendas | 12 |
| Composição do Concreto | 13 |
| Classes e Propriedades dos Concretos | 13 |
| Ensaio | 13 |
| Produção | 13 |
| Manuseio: Transporte- Lançamento- Adensamento | 13 |
| Reparos | 15 |
| Inspeção, Controle de Qualidade e Relatórios | 15 |
| Auscultação | 16 |
| Formação e Treinamento | 17 |
| Gerenciamento | 17 |
| Uso de Materiais e Concretos | 17 |
| Equipamentos | 18 |
| Técnicas de Construção | 19 |
| PARTE B | |
| Noções Básicas e Condições que Afetam o Concreto | 20 |
| Problemas e Adversidades no Manuseio e Transporte do Concreto | 24 |
| Concretos: Tipos e Usos | 27 |
| Concreto Massa | 27 |
| Concreto Compactado com Rolo | 27 |
| Concreto Impermeável | 27 |
| Concreto Resistente à Abrasão | 28 |
| Concreto Projetado | 28 |
| Concreto com Agregado Pré- Colocado | 28 |
| Concreto com Tratamento a Vácuo | 28 |
| Concreto Refrigerado | 28 |
| Sistemas Disponíveis para o Controle da Temperatura do Concreto | 29 |
| Solo- Cimento | 30 |
| Formas | 30 |
| Pré- montagem da Armadura | 31 |
| Evolução de Equipamentos para a Construção Civil | 31 |
| Instalações para Beneficiamento de Agregados | 31 |
| Instalações para a Produção de Concretos | 32 |
| Equipamentos para Manuseio: Transporte e Colocação do Concreto | 32 |
| Métodos e Processos para Manuseio e Transporte do Concreto | 33 |
| Generalidades sobre o Transporte do Concreto | 33 |
| Planejamento, Organização e Elementos para o Dimensionamento | 33 |
| Bombeamento do Concreto | 35 |
| Transporte Pneumático- Concreto Projetado | 37 |
| Correias | 38 |
| Plano Inclinado | 38 |
| Glossário | 39 |
| Referências | 40 |

RESUMO

Este texto aborda dois aspectos das Estruturas de Concreto nos Projetos Hidroelétricos. Um deles comentado na **PARTE A**, diz respeito aos diversos tipos de Estruturas dos Projetos dos Complexos Hidroelétricos e o outro citado na **PARTE B** apresenta opções usuais de diversos tipos de concreto e metodologias de construção.

Na **Parte A**, a descrição dos diversos tipos de Estruturas não fará referência aos conceitos de concepção Hidráulica, que foge do objetivo deste tema, mas sim as características Estruturais e as respectivas relações com os tipos de concretos, suas propriedades, preocupações técnicas, cuidados.

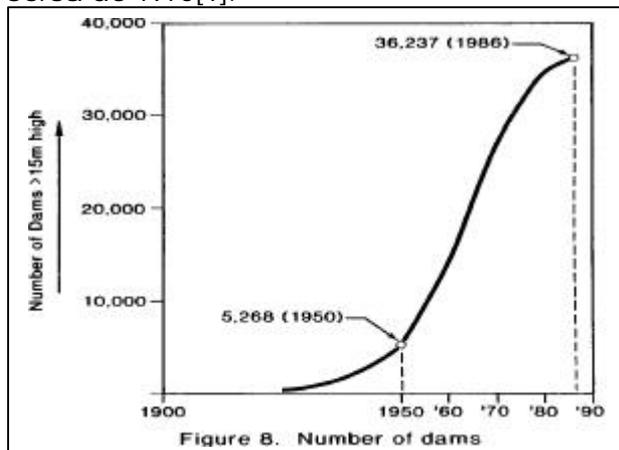
Na **Parte B** busca-se chamar a atenção de metodologias alternativas para a construção, abordando aspectos de técnicas de construção, tipos de formas, e equipamentos.

APRESENTAÇÃO

Sem água, a vida é impossível!

O domínio e manejo dos Rios, em harmonia com o Meio Ambiente, tem sido um desafio a vários Séculos. Barragens e seus Reservatórios são essenciais para o manejo dos Rios com finalidades de se obter benefícios.

A demanda de água no Mundo tem aumentado rapidamente, devido ao crescimento, sem precedentes, da População (1999- atingiu à 6 Bilhões de pessoas), como se cita abaixo. O manuseio da água (da superfície e subterrânea) tem crescido de 100 km³, em 1700 para cerca de 3500 km³ até cerca de 1975[1].



É evidente que alguns tipos de prolemas

devem ser lembrados e que aumentam a demanda de água:

- O crescimento populacional;
- O crescimento econômico, e melhoria de nível de vida;
- O crescimento da área irrigada;
- O aumento de uso dos recursos naturais;
- O aumento de descarga de produtos que requeiram diluição;
- O aumento da poluição.

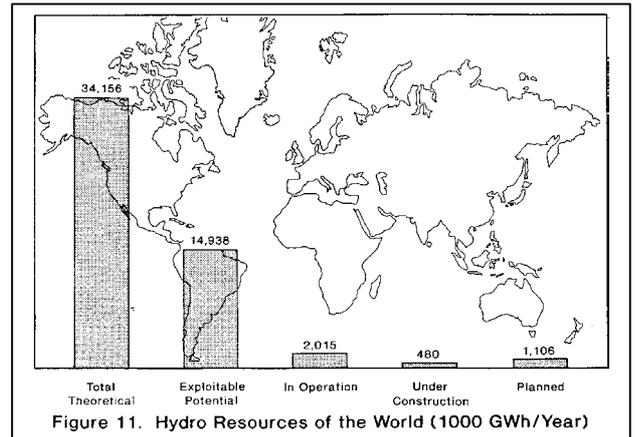


Figure 11. Hydro Resources of the World (1000 GWh/Year)

Isso induz à necessidade de se criar condições para o armazenamento d'água. Quanto a isso uma certa ênfase é dada à construção de barragens, de preferência visando o Múltiplo Uso.

Decorre desse crescimento de construção de barragens é que a Arte e Ciência de Construção de Barragens tem sido posta em evidência, com otimizações e diversificações.

É importante lembrar que por mais de 5.000 anos, barragens têm sido construídas por várias civilizações, com intuito de armazenar água. O número de barragens no Mundo, em 1900 era de aproximadamente 430, e nesta década, esta próximo a 40.000, sendo que o Brasil é responsável por cerca de 850, sendo que ao redor de 85% foi construída após os anos 50.

O Brasil é o 6º maior construtor de obras no Mundo (com a movimentação do equivalente a cerca de 100-120 Bilhões de Dolares anualmente, o que corresponde a cerca de 15% do P.I.B.), sendo superado apenas pelos Estados Unidos, Japão, Alemanha, China e quase junto ao Reino Unido. Disso decorre o emprego de práticas de construção, conceituadas e às vezes inovadoras e criativas. Uma parte desses

investimentos é evidentemente aplicada na Construção de Barragens.



Deve-se lembrar, entretanto, que o custo de mão de obra e suas respectivas incidências nos custos das atividades e operações, têm despertado para algumas adaptações, que se fazem notórias nos últimos anos. Tem sido evidente a introdução de práticas com tendência de reduzir mão de obra.

De outro modo, também, o convívio com moedas mais estáveis, com menor possibilidade de “manipulações financeiras” faz que os Construtores, Usuários, Fornecedores venham buscar soluções, de Engenharia, mais atraentes, e que nas últimas décadas foram deixadas de lado. Essa atual, porém consistente, postura de Engenharia faz que as possibilidades de uso de equipamentos mais eficientes, específicos, e produtivos sejam vistos com maior atenção [2].

Dentro das práticas adotadas, os projetos, o planejamento, o gerenciamento, a execução, o controle de qualidade devem objetivar estruturas construídas com segurança, qualidade, economia, simplicidade, durabilidade, dentro de um prazo pré-estabelecido.

De maneira geral, é comum se pensar que essas premissas sejam antagônicas. Que qualidade, durabilidade e segurança sejam contrárias à economia e simplicidade. Esse antagonismo não ocorre quando são observadas premissas, consensadas, de planejamento e gerenciamento.

Um grande exemplo disso foi a construção do Projeto de Hoover (anteriormente denominado Boulder), nos anos trinta, no Rio Colorado, entre Arizona e Nevada, nos Estados Unidos. A execução desse

projeto estabeleceu, no âmbito da Tecnologia do Concreto e das Técnicas de Construção de Barragens de Concreto, vários marcos e pontos de referência. Podem ser citados:

- Padronização dos diversos tipos de cimentos, através de estudos realizados pelo Bureau of Reclamation, Universidade da Califórnia em Berkeley e National Bureau of Standards;
- Introdução do uso de vibradores de imersão;
- Uso de sistema de beneficiamento de agregados, em larga escala;
- Desenvolvimento e uso de modelos físico-matemáticos para observação e controle do comportamento térmico do concreto-massa;
- Desenvolvimento de equipamentos de laboratório para determinação e conhecimento de propriedades de vários tipos de concreto;
- Emprego de centrais de concreto de grande capacidade de produção;
- Adoção de sistema pneumático para manuseio de cimento;
- Utilização de refrigeração do concreto, para o controle e ação no comportamento térmico.

A dimensão do empreendimento e o planejamento estabelecido fez atingir um pico de concretagem de aproximadamente 196.000 m³, no mês de janeiro de 1934.

Essa dimensão descomunal para a época, no entanto, não impediu de se construir uma obra exemplar, para a época, e que ainda se mantém como um grande marco técnico e tecnológico. O preço previsto para essa obra, à época, era de US\$ 165.000.000,00. O Valor final ficou cerca de 10% a menos, com cerca de 6 meses de antecipação

Essa compatibilização entre qualidade, simplicidade, segurança, economia, pode, então, ser perfeitamente obtida, como já se fez no Brasil em algumas das várias grandes obras construídas, e se espera que se perpetue.

Durante o transcorrer do ano de 1994, duas Licitações para Obras de Barragens, no Brasil, chamaram a atenção e foram motivos de discussões no âmbito dos Barrageiros. Faz-se referência às Licitações das Barragens do Jordão e de Salto Caxias, promovidas pela COPEL.



Barragem da Derivação do Rio Jordão



Hidroelétrica de Salto Caxias

Com a premissa de uma pré-qualificação mais abrangente e com a atenção voltada para o "Menor Preço" ainda a possibilidade de "Alternativa" em um dos projetos (no caso da Barragem do Jordão), mais de uma dezena de concorrentes apresentaram ofertas para cada uma das obras. Disso resultou preços ofertados, significativamente inferiores aos inicialmente supostos para cada uma dessas obras.

Outro fato de interesse no âmbito das barragens foi o da Licitação do Aproveitamento de Itá, na ex-área da ELETROSUL, através do regime de concessão.

Esses fatos induziram a acreditar em uma mudança de rumos, em uma Nova Realidade, como cometido à cerca de 5 anos [2]. Admitindo, então, esse novo direcionamento, pergunta-se:

- Como devem ser conduzidos os novos Projetos, as novas Especificações?
- Como devem ser os Projetos Básicos, os documentos de licitação?



Hidroelétrica de Itá

As várias "pendências" deixadas nos Projetos Básicos, às vezes por economia na sua elaboração, para serem melhor avaliadas durante o Projeto Executivo; As jazidas definidas precariamente, os materiais especificados sem a execução de ensaios de longa duração (por exemplo: a sanidade dos agregados quanto à reação com os álcalis do cimento), as fundações e seus tratamentos avaliados superficialmente, as armaduras superestimadas. As especificações técnicas que se preocupam muito mais com o "Processo" e não com o "Produto". Há uma necessidade de adequação.

Esse novo panorama é realmente uma grande oportunidade de reflexão, de debate.

PARTE A

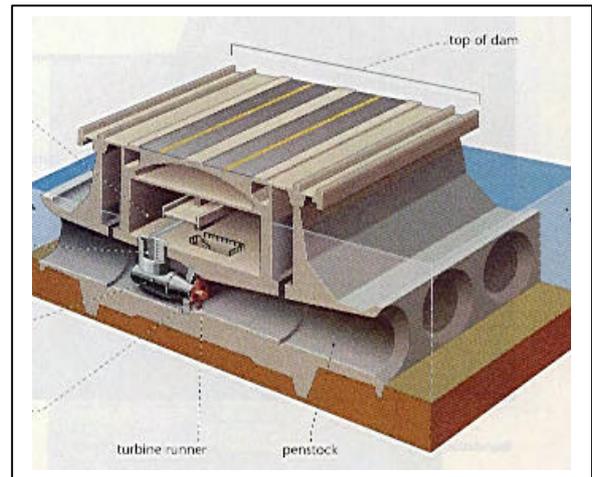
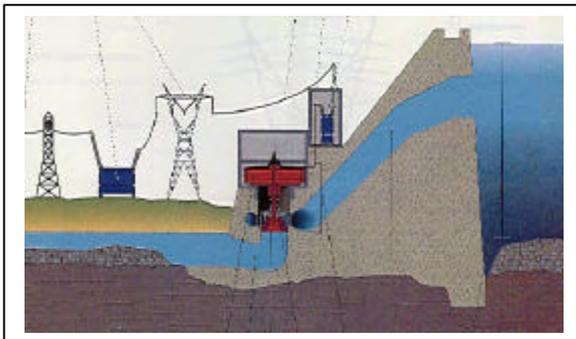
IDENTIFICANDO DIVERSOS TIPOS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO COMUNS EM TODAS AS OBRAS DE BARRAGENS E A POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE CADA UM

Para se estabelecer um comentário de interesse para a Nova Realidade, é conveniente que se faça uma retrospectiva e comparação dos vários assuntos que dizem respeito ao projeto e construção de barragens, das últimas três décadas, quando se executou, no Brasil, várias das grandes barragens do mundo.

PROJETOS E TIPOS DE ESTRUTURAS

Nos últimos trinta anos alguns pontos relevantes foram observados no âmbito do detalhamento dos Projetos, e que pode-se citar:

- Utilização das câmaras de compensação de pressão em Ilha Solteira, Itaipu, Porto Primavera e recentemente em Itá;
- Emprego dos aços de alta aderência, para melhor equacionar os inconvenientes da fissuração em obras hidráulicas, inicialmente adotado em Ilha Solteira;
- A ausência de armadura na soleira do vertedouro de Ilha Solteira;
- A otimização da armadura da caixa espiral da casa de força de Itaipu;
- Zoneamento das classes de concreto com base nas tensões previstas, adotado inicialmente em Ilha Solteira;
- Concreto de paramento, sem armadura de pele, adotada em vários projetos de barragens.



É de se salientar, entretanto, que nesse período a Participação do Construtor na conceituação do Projeto era "proibida", não havendo espaço-legal para "alternativas", restando ao Empreiteiro a tarefa de tão somente construir.

Há explicações para esse Postulado, que convergem para a conveniente e necessária tutela das Empresas Governamentais, à época, respaldadas pelo Trinômio: **Desenvolvimento (entenda-se Aprendizado)- Qualidade - Segurança (entenda-se Responsabilidade)**.

O Desenvolvimento, dos diversos corpos técnicos (Profissionais das Entidades Governamentais; dos Projetistas, e dos Construtores) permitiu estabelecer diálogos mais contributivos em meados da década de 80, possibilitando que os diversos segmentos criassem "pernas próprias", e evidentemente, aumentando o panorama de soluções e conflitos de boas idéias.

A oportunidade de convívio profissional multidisciplinar e multifuncional, postulada por este autor há mais de uma década, e proporcionada pela Nova Realidade, viabiliza realizar Empreendimentos de modo otimizado quanto às soluções técnicas, sendo alavanca fundamental para otimização, também, de custos.

O novo panorama de concessões está possibilitando desenvolver uma nova prática para o desenvolvimento dos Projetos. Isso se constitui na conjunção dos esforços de Engenharia entre o Projetista-Consultor e o Construtor de tal sorte a se buscar uma otimização técnica, econômica e cronológica.

Como referência dessa nova Prática alguns exemplos passam a ser citados.

estruturas, nas quais são observados as seguintes características:

Os projetos Hidroelétricos são compostos basicamente pelos seguintes tipos de

| Estrutura em Concreto | Vida Útil | Objetivo | Tipo | Preocupação Técnica/ Cuidado/Interferências |
|-----------------------|------------|----------------------|--------------------------------------|--|
| Tomada de Desvio | Provisória | Manejo do Rio | Ver abaixo | Velocidade de escoamento do fluxo e eventuais erosões; Propriedades Elasto-Mecânicas; Necessidade de executar rapidamente; Interferências com Montagem |
| Adufa de Desvio | | | Incorporada a Barramento | Velocidade de escoamento do fluxo e eventuais erosões; Propriedades Elasto-Mecânicas; Necessidade de executar rapidamente; Interferências com Montagem |
| Tomada d'Água | Definitiva | Adução de Água | Torre Isolada | Regularidade na superfície escoamento, Secundário; Interferência com a Montagem |
| | | | Aderida à Barragem | Regularidade na superfície escoamento, Secundário; Interferência com a Montagem, e eventual interferência com a concretagem da Barragem |
| | | | Encaixada em Rocha | Regularidade na superfície escoamento, Secundário; Interferência com as escavações e liberação de fundação; Interferência com a Montagem |
| | | | Contígua à Casa de Força | Regularidade na superfície escoamento, Secundário; Condição de eventual Junta de Contração com a Casa de Força; Interferência com a Montagem |
| Barragem | Definitiva | Barramento | Gravidade | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica); Condições de estanqueidade e durabilidade; Tratamento das Juntas de Construção; Sistema de Vedação (veda-junta/drenagem); Interferência com tratamento e liberação das fundações |
| | | | Gravidade Aliviada | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e estrutural); Condições de estanqueidade e durabilidade; Tratamento das Juntas de Construção; Sistema de Vedação (veda-junta/drenagem); Interferência com tratamento e liberação das fundações |
| | | | Arco-Gravidade | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e estrutural); Condições de estanqueidade e durabilidade; Tratamento das Juntas de Construção; Sistema de Vedação (veda-junta/drenagem); Interferência com tratamento e liberação das fundações |
| | | | Arco Dupla Curvatura | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e estrutural); Condições de estanqueidade e durabilidade; Tratamento das Juntas de Construção; Sistema de Vedação (veda-junta/drenagem); Interferência com tratamento e liberação das fundações |
| Casa de Força | Definitiva | Geração | Subterrânea | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica) das paredes contra rocha; Condições de estanqueidade e durabilidade; Condições e tolerâncias das superfícies de escoamento; Interferência com tratamento e liberação das fundações; Interferência com Montagem |
| | | | Semi-Abrigada | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e estrutural); Condições de estanqueidade e durabilidade; Tratamento das Juntas de Construção; Sistema de Vedação (veda-junta/drenagem); Interferência com tratamento e liberação das fundações |
| Conduto | Definitiva | Condução | Blindado Externo | Interferência com Montagem; |
| | | | Blindado Interno | Interferências com Escavação e Montagem; Detalhamento do Sistema de Concretagem e Consolidação |
| | | | Revestido Concreto-Armado ou Simples | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e de liberação de tensões) das paredes contra rocha; Condições de estanqueidade e durabilidade; Condições e tolerâncias das superfícies de escoamento; Interferência com tratamento e liberação das fundações; Detalhamento do Sistema de Concretagem e Consolidação |
| Vertedouro | Definitiva | Escoamento Excedente | Soleira Livre | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e de Ciclagem dia e noite); Condições de estanqueidade e durabilidade; Condições e tolerâncias das superfícies de escoamento; Interferência com a Primeira etapa de concretagem; Detalhamento do Sistema de Concretagem e Acabamento |
| | | | Com Comportar | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e de Ciclagem dia e noite); Condições de estanqueidade e durabilidade; Condições e tolerâncias das superfícies de escoamento; Interferência com a Primeira etapa de concretagem e Montagem; Detalhamento do Sistema de Concretagem e Acabamento |
| | | | Calha-Sobre rocha | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e de Ciclagem dia e noite); Condições de estanqueidade e durabilidade; Condições e tolerâncias das superfícies de escoamento; Interferência com a Primeira etapa de concretagem e Montagem; Detalhamento do Sistema de Concretagem e Acabamento |
| | | | Calha-Sobre corpo da Barragem | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e de Ciclagem dia e noite); Condições de estanqueidade e durabilidade; Condições e tolerâncias das superfícies de escoamento; Interferência com a Primeira etapa de concretagem e Montagem; Detalhamento do Sistema de Concretagem e Acabamento |
| | | | Descarga de Fundo | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e de Ciclagem dia e noite); Condições de estanqueidade e durabilidade; Condições e tolerâncias das superfícies de escoamento; Interferência com a Primeira etapa de concretagem e Montagem; Detalhamento do Sistema de Concretagem e Acabamento |
| | | | Tulipa | Tolerância quanto à Fissuração (Térmica e de Ciclagem dia e noite); Condições de estanqueidade e durabilidade; Condições e tolerâncias das superfícies de escoamento; Interferência com a Montagem; Detalhamento do Sistema de Concretagem e Acabamento |

Essa prática, que se estabelece a partir de 1994-1995, já tem sido utilizada por Construtores brasileiros em obras no exterior, desde época anterior.

Alguns exemplos, desse tipo de interrelação, podem ser citados como:

- Adequação do Tipo de Barragem;
- Localização da Casa de Força;
- Conceituação do sistema de manejo e desvio do Rio;
- Posicionamento do poço de esgotamento da Casa de Força;



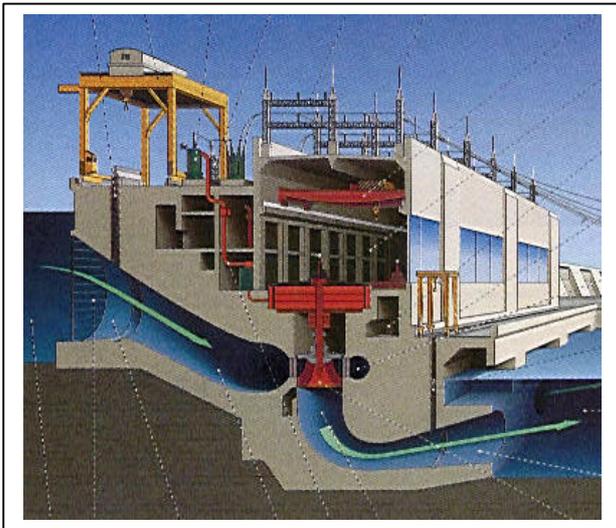
Andriolo Ito
Engenharia

Andriolo Ito Engenharia SC Ltda- CGC: 00.391.724/0001-03
Rua Cristalândia 181- 05465-000- São Paulo- Brasil
Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069
e-mail: fandrio@attglobal.net site: www.andriolo.com.br

• Adequação do tipo da Tomada D'Água

A Nova Realidade faz pensar em algumas possibilidades ou necessidades:

- ⇒ Os projetos básicos para licitação deverão ser mais detalhados (definições de jazidas, qualificação de materiais, condições de fundação etc.), com poucas ou mínimas condições de alterações, ou;
- ⇒ Os projetos executivos deverão ser incorporados à licitação da própria obra, ou;
- ⇒ Ambos



De qualquer maneira que se redirecione, é importante que algumas observações sejam feitas:

• Fissuração de obras hidráulicas. A compatibilização com as normas e a experiência. A abordagem desse tema nos relatórios de projeto:

• Adoção de resistência característica (mínima requerida) ou de outra propriedade de interesse mais próxima da realidade, reduzindo custos, mantendo, porém, a qualidade e a segurança;

• Emprego de armadura em locais realmente necessários e em taxas adequadas e compatíveis com normas atualizadas;

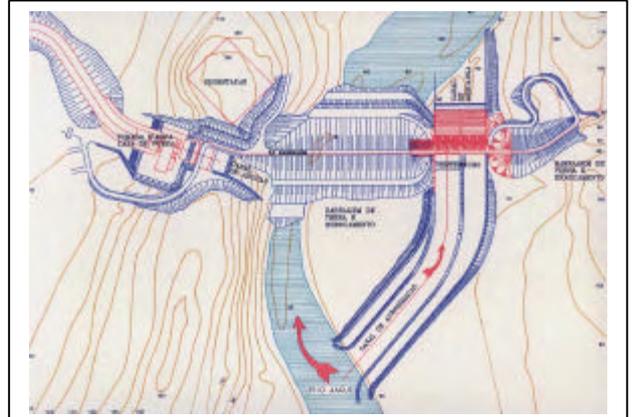
• Estabelecer salvaguardas de projeto que possibilitem ações de inspeção e/ou corretivas.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

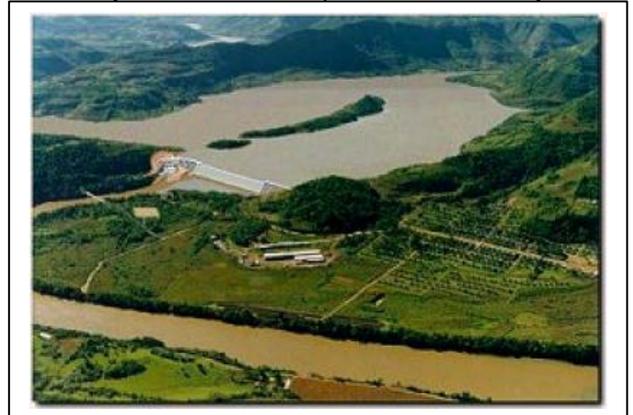
Observando as várias especificações técnicas elaboradas no período entre os anos 60-80, notava-se um certo descompasso entre o documento e a finalidade a que se destinava. Um dos pontos de falha é a preocupação em muito mais indicar e requerer um "Processo" do que exigir o atendimento dos requisitos de um "Produto". Essa situação, muito comum à época do ensinamento, treinamento, não condiz com a realidade atual. Por outro lado, estabeleceu uma "tutela" comprometedora e questionável, e que em certos pontos ainda se nota.



Visão da Hidroelétrica de D. Francisca, na versão do Projeto Básico-Antigo



Projeto D.Francisca, na versão Antiga



Projeto D. Francisca, versão Projeto Básico- Atual

Em algumas obras se estabelecia que a dosagem fosse determinada pela fiscalização, isto devido à influência contundente do proporcionamento no desempenho técnico-econômico do concreto. Esta prática deveria estar compatibilizada com todos os outros procedimentos de modo a não criar antagonismos. Assim é que situações tais como materiais fornecidos pelo construtor, dosagem estabelecida pela fiscalização e demais atividades exercidas pelo construtor, poderiam levar a um conflito, já que ao ser lançado um concreto com trabalhabilidade inadequada para uma determinada frente de concretagem, a responsabilidade pela atividade ficaria dissipada, pois:

- concreto foi bem dosado ou não?
- concreto foi mal transportado e manuseado?

Algumas especificações indicavam a limitação de teores mínimos e máximos de aglomerantes para as misturas. Essa prática não é mais adequada, pois geralmente entra em conflito com as propriedades requeridas e não possibilita vantagens técnicas e nem tampouco econômicas,

Algumas especificações citam a dosagem completa para um determinado concreto, argamassa ou calda de injeção. A dificuldade de aplicação, quer seja pela metodologia adotada, quer seja pela opção de um outro componente, pode afetar significativamente o comportamento desse material, levando a um conflito de responsabilidades. Faz-se [2] a seguinte indagação:

"... As Normas Técnicas Brasileiras atendem às necessidades das Obras Hidráulicas Pesadas, especialmente quanto a consumos de cimento, taxas de armadura, critérios de durabilidade?..."

Na oportunidade salientou-se, também, que:

"...As Especificações devem exigir qualidades e propriedades do "Produto", ficando o "Processo" sob a responsabilidade daquele que se propõe a executar, construir o "Produto... ...Devem definir e cobrar responsabilidades, devem evitar as interveniências e interferências. ...Devem exigir o atendimento à características, propriedades..."

No transcorrer do período, desde a realização do XXI SNGB- Dezembro de 1994, até à época de elaboração deste texto,

algumas obras de infra - estrutura "ameaçaram" ser iniciadas, outras foram iniciadas de acordo com o novo panorama , o das Concessões - Privatizações.

Nesse mesmo período várias indagações, discussões se fizeram e se mantêm, ainda, sobre conceitos e detalhes contidos nas especificações.

É importante mencionar que as Especificações Técnicas além de indicar os limites requeridos para materiais, propriedades, serviços, produtos, em conjunto com as Normas adotadas refletem o estágio de desenvolvimento de uma comunidade, sociedade, país.

A proposição deste texto é o de se buscar a necessidade de "Pensar" na compatibilização de Especificações Técnicas (ET), com uma nova prática que se estabelece no País, com novas definições de responsabilidades.

Para a mentalização dos conceitos envolvidos na ET, é importante e recomendável que se leve em conta:

- **Segurança;**
- **Qualidade;**
- **Simplicidade;**
- **Rapidez;**
- **Economia.**

Frente ao cenário das privatizações resta saber o quanto as Especificações Técnicas e Normas estão preparadas para dar suporte aos requisitos de qualidade e de reduzir conflitos no transcorrer da execução de uma obra.

Neste texto, então, procura-se levantar alguns pontos e citações de Especificações Técnicas que merecem uma reflexão, de modo a suportar o novo conjunto de responsabilidades.

No texto, não se objetivou apresentar soluções dogmáticas para cada um dos pontos duvidosos, visto que cada obra deve ser analisada no contexto que se enquadra, com as particularidades próprias. O texto tem a intenção de despertar a necessidade para o "Pensar" em cada um dos problemas que se apresentem.

Generalidades

De modo geral a ET (Especificação Técnica) -

... trata da execução de todos os concretos das estruturas da obra. Os serviços compreendem o fornecimento de mão de obra,



materiais, equipamentos e tudo o mais que for necessário para a confecção de concretos conforme definido no PROJETO, inclusive o suprimento, armazenamento, processamento e manuseio de cimento, material pozolânico, agregados, água, aditivos, formas, armaduras, fabricação, manuseio, transporte, colocação, compactação, proteção, cura, acabamento, reparos e controle de qualidade dos materiais e do concreto, de acordo com estas ETs...

É importante, também, definir as responsabilidades.

Materiais e Estocagem

É no tocante aos materiais que se nota uma grande quantidade de pontos de conflitos e dúvidas, como se exemplifica a seguir, com base nas citações tomadas aleatoriamente dentre várias ETs analisadas.

Cimento

*.... A temperatura do cimento, na entrada das betoneiras, não deverá exceder à 60°C. Este valor **poderá ser alterado à critério da Fiscalização**, em função de necessidades técnicas relativas à mistura, transporte, lançamento e cura do concreto.....*

Pergunta-se: Como considerar nos Custos o "critério" da Fiscalização?

O valor da temperatura máxima do cimento não tem sido um valor consensado, variando desde 40°C até 65°C. É prudente nessas oportunidades, tomar em consideração a temperatura e o clima da região onde se desenvolve a obra. Isto, pois, um cimento com temperatura um pouco mais elevada, em uma região com baixa temperatura, o que significa agregados (maior massa térmica) também com baixa temperatura, poderá ser menos prejudicial que o inverso, ou seja, temperatura do cimento um pouco mais baixa e os materiais com temperaturas próximas a do ambiente, com temperatura elevada.

Algumas ETs requerem a capacidade mínima de armazenagem. Entretanto é importante lembrar que essa capacidade mínima deverá refletir todas as dificuldades no suprimento e na demanda. Assim é que, por exemplo, uma obra no interior da Amazônia deverá ter um estoque mínimo,

proporcionalmente, maior que o de uma obra de mesmas dimensões, localizada próxima aos centros produtores de cimento [3].

....o cimento ensacado não deverá ser armazenado em quantidade superior a X sacos por pilha, por um período de estocagem superior a YY dias, nem com mais de W sacos por pilha, quando por períodos maiores....

Não há plena concordância entre as várias especificações quanto aos parâmetros estabelecidos nesse parágrafo. Há variações de 10 a 15 sacos por pilha e um prazo de 15 a 30 dias, sendo que no caso de armazenagem mais prolongada, há variação de 7 a 10 sacos por pilha.

...o cimento a ser usado deverá atender a ET e ser adquirido em fábricas aprovadas..

...a Fiscalização poderá suspender o suprimento caso o produto não mantenha a qualidade apresentada nos ensaios de pré qualificação....

O atendimento à ET é o único requisito fundamental ou deve ser estabelecido um critério de uniformidade (do tipo variação de Finura, soma de teores etc...)?

....os cimentos deverão ser do tipo A, B, C ou se aprovado tipo Q, K, ...

....poderá ser utilizado material pozolânico em teor de reposição determinado através de ensaios...

... todo tipo ou fornecimento de cimento deverá ser aprovado pela Fiscalização...

Estarão todos os fornecedores pré-qualificados?

A utilização de agregados com características mineralógicas reativas não faria requerer a adoção de um determinado teor de material pozolânico?

Haverá tempo hábil, desde o início de Oferta, Licitação e Início de produção do concreto, para a realização de estudos e ensaios que avaliem a qualidade dos cimentos?

Material Pozolânico

... com intuito de minimizar os efeitos das reações dos álcalis com determinados minerais dos agregados poderá ser obrigatório o emprego de material pozolânico em reposição à parte do cimento portland comum...

São válidas as ponderações citadas para o cimento e:

Há disponibilidade comercial de material pozolânico, no Brasil, com uniformidade técnica ?

Agregados

*... Os materiais rejeitados... serão colocados em "bota-foras" ou **em outros locais indicados pela Fiscalização**...;*

Pergunta-se: Como considerar nos Custos os "locais indicados" pela Fiscalização?

....a obtenção dos agregados envolverá as operações de britagem, peneiramento, transporte, classificação, lavagem e tudo mais que se fizer necessário, visando a produção de agregados para uso em concreto....a partir de jazidas aprovadas e rocha sã, densa, sem minerais deletéria e não reativa...

Ao se verificar o conceito e a responsabilidade expressa no texto, pode-se debater:

✓ Estarão todas as jazidas estudadas ?

✓ Estarão todos os derrames analisados quanto à reatividade ?

✓ Haverá a necessidade de exploração seletiva nas jazidas?

✓ A utilização de agregados com características mineralógicas reativas não poderá ser compatibilizada com a adoção de defesa técnica (material pozolânico)?

✓ Haverá tempo hábil, desde o início de Oferta, Licitação e Início de produção do concreto, para a realização de estudos e ensaios que avaliem a qualidade dos materiais?

...durante a produção dos agregados deverão ser feitas correções de modo a atender as granulometrias especificadas...

Do citado pode-se comentar:

A prática de se especificar a curva granulométrica, tem sido observada em quase a totalidade dos documentos técnicos adotados para as várias obras brasileiras. Deve ser alertado, entretanto, que certas condições específicas da região da obra, às vezes, impedem ao atendimento integral da curva especificada. Nessas situações o controle da uniformidade através do módulo de finura é o mais adequado. Do ponto de vista prático a dosagem do concreto pode ser feita com uma outra granulometria, sendo o mais importante que se mantenha a uniformidade. A curva granulométrica de controle de cada gama poderá ser controlada de modo que os módulos

de finura de pelo menos quatro de quaisquer das cinco amostras consecutivas, coletadas na entrada da betoneira, não variem mais de 0,15 a 0,20 em relação ao módulo de finura da granulometria média determinada, para cada gama, durante o período. A curva granulométrica poderá ter, entretanto, influência no aspecto econômico [3].

...o agregado graúdo deverá apresentar por ocasião da entrada à betoneira um teor de umidade inferior a X % , e uma variação de umidade livre inferior a Y % ,

• Caso se utilize de resfriamento dos agregados, por aspersão de água fria, qual a validade desse requisito ?

• Não seria mais prudente requerer a realização de ensaios (em determinada frequência) para determinar a umidade e com isso efetuar a correção ("ajuste") na água livre da mistura (dentro do estabelecido para a dosagem) ?

Água

Em algumas especificações é comum se observar a ausência dos requisitos, apresentando no lugar a frase:

.... a água para lavar os agregados e para a mistura e cura do concreto deverá ser doce e isenta de quantidades nocivas de óleos, ácido, sal, álcalis, matéria orgânica, silte, ou outras substâncias prejudiciais à qualidade do concreto...

ou simplesmente:

... a água deverá ser potável...

Essas citações, embora, englobem um conceito qualitativo, são desprovidas de base quantitativa, o que dificulta a sua obediência .

Aços e Emendas

Para Concreto Armado

Não seria prudente requerer a avaliação da composição química do aço que possa vir a ser emendado por deposição de eletrodo ?

Para Concreto Protendido

... as amostras ensaiadas deverão ser representativas do material e atender os requisitos da Norma NBR - ABNT ...

.... o cabo deverá ser feito com fios de uma mesma corrida...

• Desde que as amostras são ensaiadas e atendem os requisitos, qual a necessidade de



se compor um cabo com fios de uma mesma corrida ?

Salienta-se que, raramente, os desenhos de Licitação apresentam as características dos cabos, ancoragens, e acessórios que serão adotados na execução, deixando-os para ser detalhado no Projeto Executivo, após a contratação.

Emendas

- De maneira geral as ETs não fazem referência à deformabilidade das emendas. Seria oportuno requerer uma avaliação comparativa entre a emenda e as próprias barras

Composição do Concreto

Tem-se observado a tendência de se impor ao Construtor a responsabilidade de efetuar todos os ensaios necessários à definição das dosagens, caracterização dos materiais e controles.

- Há tempo hábil para isso ? Mas é bastante conveniente.

Classes e Propriedades dos Concretos

...os concretos serão classificados de acordo com a resistência característica de projeto, a ser obtida em determinada idade, como apresentado nos desenhos...

- Não seria adequado e prudente que no Projeto (ou ET) se citasse a propriedade realmente necessária, e não estimar através de correlação de uma propriedade requerida com a resistência à compressão tradicionalmente especificada nos Projetos (Ou seja evitar que se preocupe com um requisito e especifique outro)?

...as dosagens serão modificadas sempre que necessário para manter o padrão de qualidade requerido na ET... ...a fim de atender às diversas condições encontradas durante os trabalhos de construção, as dosagens de concreto, após terem sido preparadas e ensaiadas no laboratório, deverão ser ajustadas no campo....

- Não seria prudente as ETs indicarem padrões de qualidade a serem obedecidos ?

- É prudente adotar as limitações do Fator A/C (água/cimento) com base à padrões de outras Normas de Países com clima bastante distintos do Brasil ?

- Não seria prudente aproveitar a evolução das propriedades com o tempo ?

Ensaio

- A quantidade de água de mistura deve ser corrigida de uma betonada para outra, se necessário, a fim de corrigir a variação do teor de umidade dos agregados.

- Não deveria ser estabelecido um limite para essa correção da quantidade de água ?

Como por exemplo [2]: A correção da quantidade de água ao resultar em variação no fator A/C ou A/C_{eq} superior a +/- 0,02, determinará a necessidade de reproporcionamento da mistura.

Produção

Algumas ETs requerem sistema de registro automático para as dosagens das misturas. Essa prática tem sido aceita por facilitar os controles com um baixo custo de investimento dos equipamentos necessários.

Algumas ETs estabelecem limites mínimos para os tempos de mistura. Essa prática, entretanto, estabelece desnecessariamente o conflito por se especificar o **-processo-** e não o **-produto-**. Na realidade o que se deseja é que o concreto tenha uniformidade, não seja segregável, e atenda às propriedades requeridas. Não se requer que atenda a um tempo, que pode variar dependendo do tipo de misturador adotado. Por outro lado a capacidade dos equipamentos deve ser compatível com os planos de lançamento (ver à frente).

- Não seria prudente e recomendável exigir (e fazer cumprir !) que o sistema de produção de concreto seja equipado com dispositivos que permitam a coleta de amostras representativas de todos materiais e do concreto ?

Manuseio- Transporte- Lançamento- Adensamento

..o Construtor deverá elaborar e apresentar à Fiscalização o plano de concretagem para cada execução. Esse plano deverá conter informações de modo a demonstrar a garantia de execução dos trabalhos sem interrupção e dentro dos requisitos exigidos pelo Projeto e nas ETs...

- Não seria conveniente que os planos de concretagem apresentassem as características estimadas para o concreto fresco ?

- Não seria conveniente estabelecer que o transporte do concreto desde o ponto de produção ao local de lançamento, deva ser feito em menor tempo possível e de tal forma que não cause segregação ou perda de trabalhabilidade, referida ao abatimento, superior a **X** mm e nem modificações sensíveis e prejudiciais na temperatura do concreto.

... a Fiscalização poderá exigir a revibração do concreto nos locais em que julgar necessário;...

...As juntas de construção e de contração deverão ser construídas como e onde mostrado nos Desenhos, ou como determinado pela Fiscalização...

... deverão ser preparadas, conforme as instruções expostas... ou como determinado pela Fiscalização...

... Em pisos ou pavimentos, a critério da Fiscalização, a superfície após o desempenho deverá....

- Como considerar esses "critérios da Fiscalização" nos custos ?

... a temperatura do concreto, altura da camada, e o intervalo de tempo entre duas camadas será de acordo com o estabelecido no Projeto....

ou

... A temperatura do concreto, por ocasião de seu lançamento nas formas, para alturas de lances de concretagem estabelecidas nos Desenhos de Projeto, não deverá ultrapassar a 30°C, nem resultar inferior a 5°C. Esses valores poderão ser revistos, por ocasião da realização dos estudos térmicos do concreto, considerando a utilização de materiais e as condições existentes no canteiro de obras...

esses valores poderão ser revistos, por ocasião da realização dos estudos térmicos do concreto...

| TEMPERATURAS NAS ESTRUTURAS - T EMPERATURA AMBIENTE DE 26 oC (Restrição 100% plena) | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ALTURA DAS CAMADAS (m) | INTERVALO DE COLOCAÇÃO (Dias) | TEMPERATURA DE COLOCAÇÃO (o.C) | TEMPERATURAS MÁXIMAS NAS ESTRUTURAS PARA CONCRETOS COM CONSUMOS DE (Kg/m³) | | | | | | | | | |
| | | | 75 | 125 | 175 | 275 | 300 | 75 | 125 | 175 | 275 | 300 |
| 0,5 | 3 | 20 | 28,2 | 30,6 | 32,9 | 38,4 | 39,5 | -5,0 | -5,7 | -6,3 | -6,8 | -7,1 |
| | | 25 | 29,7 | 32,0 | 34,4 | 39,8 | 41,0 | -3,6 | -4,2 | -4,8 | -5,3 | -5,6 |
| | | 30 | 31,2 | 33,5 | 35,8 | 41,3 | 42,5 | -2,1 | -2,7 | -3,4 | -3,8 | -4,1 |
| | | 35 | 33,3 | 35,2 | 37,5 | 42,7 | 43,9 | 0,0 | -1,0 | -1,7 | -2,4 | -2,7 |
| | | 40 | 36,4 | 37,5 | 39,4 | 44,4 | 45,5 | 3,1 | 1,2 | 0,2 | -0,7 | -1,1 |
| 1 | 3 | 20 | 29,0 | 32,7 | 36,5 | 44,6 | 46,5 | -4,3 | -3,5 | -2,7 | -0,5 | -0,1 |
| | | 25 | 31,5 | 35,3 | 39,1 | 47,2 | 49,1 | -1,8 | -1,0 | -0,1 | 2,1 | 2,5 |
| | | 30 | 34,1 | 37,9 | 41,7 | 49,8 | 51,7 | 0,8 | 1,6 | 2,5 | 4,7 | 5,1 |
| | | 35 | 37,1 | 40,5 | 44,3 | 52,4 | 54,3 | 3,9 | 4,3 | 5,1 | 7,3 | 7,7 |
| | | 40 | 40,4 | 43,8 | 47,1 | 55,0 | 56,9 | 7,1 | 7,5 | 7,9 | 9,9 | 10,3 |
| 1,5 | 3 | 20 | 29,1 | 33,5 | 37,9 | 47,2 | 49,4 | -4,2 | -2,7 | -1,3 | 2,0 | 2,8 |
| | | 25 | 32,2 | 36,7 | 41,1 | 50,3 | 52,5 | -1,0 | 0,4 | 1,9 | 5,2 | 6,0 |
| | | 30 | 35,5 | 39,9 | 44,3 | 53,5 | 55,7 | 2,2 | 3,6 | 5,1 | 8,4 | 9,1 |
| | | 35 | 39,0 | 43,3 | 47,6 | 56,7 | 58,9 | 5,8 | 7,0 | 8,4 | 11,6 | 12,4 |
| | | 40 | 43,1 | 46,8 | 51,1 | 60,1 | 62,2 | 9,9 | 10,6 | 11,9 | 14,9 | 15,6 |
| 2 | 3 | 20 | 29,1 | 33,9 | 38,6 | 48,6 | 51,0 | -4,1 | -2,4 | -0,6 | 3,5 | 4,4 |
| | | 25 | 32,7 | 37,5 | 42,3 | 52,3 | 54,7 | -0,6 | 1,3 | 3,1 | 7,2 | 8,1 |
| | | 30 | 36,4 | 41,2 | 46,0 | 56,0 | 58,4 | 3,1 | 5,0 | 6,8 | 10,9 | 11,8 |
| | | 35 | 40,4 | 45,0 | 49,7 | 59,7 | 62,1 | 7,1 | 8,8 | 10,5 | 14,6 | 15,5 |
| | | 40 | 44,5 | 49,1 | 53,7 | 63,4 | 65,8 | 11,2 | 12,8 | 14,5 | 18,3 | 19,2 |
| 2,5 | 3 | 20 | 29,1 | 34,1 | 39,1 | 49,4 | 51,9 | -4,2 | -2,2 | -0,1 | 4,3 | 5,3 |
| | | 25 | 32,9 | 38,0 | 43,1 | 53,4 | 55,9 | -0,4 | 1,8 | 3,9 | 8,3 | 9,4 |
| | | 30 | 36,9 | 42,0 | 47,1 | 57,4 | 60,0 | 3,7 | 5,8 | 7,9 | 12,3 | 13,4 |
| | | 35 | 41,2 | 46,0 | 51,1 | 61,5 | 64,0 | 7,9 | 9,8 | 11,9 | 16,3 | 17,4 |
| | | 40 | 45,6 | 50,4 | 55,2 | 65,5 | 68,0 | 12,3 | 14,2 | 16,0 | 20,4 | 21,4 |
| 3 | 3 | 20 | 29,2 | 34,5 | 39,8 | 50,7 | 53,3 | -4,1 | -1,7 | 0,6 | 5,6 | 6,8 |
| | | 25 | 33,3 | 38,6 | 43,9 | 54,8 | 57,5 | 0,0 | 2,4 | 4,8 | 9,7 | 10,9 |
| | | 30 | 37,5 | 42,8 | 48,1 | 58,9 | 61,6 | 4,2 | 6,6 | 8,9 | 13,8 | 15,0 |
| | | 35 | 41,8 | 47,1 | 52,4 | 63,2 | 65,9 | 8,5 | 10,9 | 13,2 | 18,1 | 19,3 |
| | | 40 | 46,4 | 51,4 | 56,8 | 67,5 | 70,2 | 13,1 | 15,2 | 17,6 | 22,4 | 23,6 |

Dados de Teperatura Máxima e Reserva de Gradiente de Queda de Temperatura no Interior da Estrutura



Andriolo Ito
Engenharia

Andriolo Ito Engenharia SC Ltda- CGC: 00.391.724/0001-03
Rua Cristalândia 181- 05465-000- São Paulo- Brasil
Fone: ++55-11- 3022 5613 Fax: ++55-11- 3022 7069
e-mail: fandrio@attglobal.net site: www.andriolo.com.br

As limitações acima, devem ser estabelecidas através de estudos específicos (estudos térmicos) feitos antecipadamente, antes (da Oferta) do planejamento das instalações industriais de produção do concreto.



Muro Direito- Hidroelétrica de Manso- executado em concreto massa e forma deslizante

Dessa maneira:

- Haverá tempo hábil para a definição desses parâmetros com a devida antecedência?
- Não seria conveniente estabelecer condicionantes seguras ?

..as formas não poderão ser removidas antes do prazo mínimo estipulado na ET, a não ser que ensaios de controle permitam a aprovação

- Não seria aconselhável que, de maneira alternativa e mais geral, o tempo mínimo para desforma seja colocado em termos percentuais do tempo para atender uma determinada propriedade estabelecida no Projeto?

Normalmente essa porcentagem está ao redor de 65% a 80% do valor requerido para a propriedade. Deve ser lembrado a importância de se considerar para essas operações os efeitos das temperaturas ambiente e de geração de calor da hidratação no desenvolvimento das propriedades do concreto, e também, a ação dos aditivos eventualmente utilizados.

É comum se observar:

...O tipo de concreto projetado, a ser utilizado nos diversos locais da obra, deverá estar de acordo com as determinações da Fiscalização...

...o concreto projetado deverá ser aplicado por...

...para a protensão dos cabos deverá ser usado o sistema....

*...para a concretagem da estrutura ...
...deverá ser utilizado o*

- Não seria conveniente estabelecer requisitos de propriedades do **Produto**, e não indicações do **Processo** ?

Reparos

De maneira geral as ETs descrevem procedimentos para a execução dos reparos.

- Não seria válido condicionar cronologicamente a execução do reparo com o avanço da estrutura ?

INSPEÇÃO, CONTROLE DE QUALIDADE E RELATÓRIOS

O período em citação foi profícuo também na implantação de laboratórios, como o da CESP - Ilha Solteira; o de FURNAS - Itumbiara e, posteriormente, Goiânia, o da ELETRONORTE - Tucuruí; o da CEMIG - São Simão; o da CHESF - Paulo Afonso; o da ITAIPU BINACIONAL - Foz do Iguaçu, e, mais recentemente, o da COPEL -Segredo.

Esse elenco de laboratórios possibilitou a elaboração de estudos e pesquisas de praticamente todas as propriedades dos vários tipos de concreto. Centenas de ensaios de longa duração, de propriedades térmicas, de deformações, foram acervados, dando a certeza de que poucos países possuem um manancial semelhante. Esse desenvolvimento possibilitou, também, a prestação de serviços a outros países em obras de grande vulto.

A "ERA" dos laboratórios deu origem à fase da inspeção das várias atividades no processo de construção das barragens. Isso com intuito de otimizar o consumo dos materiais e a redução de custos.

O sistema de inspeção e controle de qualidade saiu dos laboratórios e se dirigiu para o sistema de produção de agregados, para as centrais de concreto, para o transporte e colocação dos concretos.

Posteriormente, saiu do âmbito dos canteiros das obras em direção às fábricas de cimento e produtores de material pozolânico, das siderúrgicas fornecedoras de barras de

aço, dos fornecedores de aditivos e vedajuntas.

Partiu-se posteriormente para o conceito de pré-qualificar os materiais e os eventuais fornecedores. Todo esse conjunto de ação possibilitou aos Barrageiros Brasileiros o conhecimento e a segurança para o Brasil ser o único país a utilizar, até o momento, concretos-massas convencionais (não considerando o concreto rolado) com menos de 100 kg/m3 de

aglomerante, como em Ilha Solteira, Água Vermelha, Tucuruí, Porto Primavera, Itaipu.

De maneira geral as ETs, praticadas no Brasil, traziam como habito o Controle de Qualidade e o respectivo Relato como sendo efetuado pelo Proprietário (regra geral o Estado). Isso se procedia dentro de uma rotina já estabelecida, com os dados sendo manuseados - quase que sem questionamento- pelas próprias empresas.

| Coeficiente de Variação | Estatísticos | | fck (Kg f/cm2) | Idade (dias) | Dosagem fcj (Kg/f/cm2) | Cimento Kg/m3 | Adicional Acrescimento de Consumo (kg/m3) | 125 Custo do Cimento US\$/t | Volume da Obra (m3) | | | | |
|-------------------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------------|---------------|---|--------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| | t | Correção | | | | | | | 50.000 | 100.000 | 500.000 | 1.000.000 | 2.000.000 |
| Referência 10 | 1,65 | 0,8350 | 150 | 28 | 180 | 240 | | | Custos Adicionais (US\$) | | | | |
| 15 | 1,65 | 0,7525 | 150 | 28 | 199 | 266 | 26 | Concreto | 164.124 | 328.247 | 1.641.236 | 3.282.472 | 6.564.943 |
| 20 | 1,65 | 0,6700 | 150 | 28 | 224 | 299 | 59 | | 368.666 | 737.331 | 3.686.657 | 7.373.313 | 14.746.626 |
| 25 | 1,65 | 0,5875 | 150 | 28 | 255 | 340 | 101 | | 630.654 | 1.261.307 | 6.306.536 | 12.613.072 | 25.226.143 |
| 30 | 1,65 | 0,5050 | 150 | 28 | 297 | 396 | 157 | Estrutural | 978.242 | 1.956.483 | 9.782.415 | 19.564.831 | 39.129.661 |
| Referência 10 | 0,85 | 0,9146 | 150 | 180 | 164 | 149 | | | | | | | |
| 15 | 0,85 | 0,8719 | 150 | 180 | 172 | 156 | 7 | Concreto | 45.636 | 91.272 | 456.361 | 912.722 | 1.825.444 |
| 20 | 0,85 | 0,8292 | 150 | 180 | 181 | 164 | 15 | | 95.972 | 191.945 | 959.723 | 1.919.446 | 3.838.893 |
| 25 | 0,85 | 0,7865 | 150 | 180 | 191 | 173 | 24 | | 151.774 | 303.548 | 1.517.741 | 3.035.483 | 6.070.966 |
| 30 | 0,85 | 0,7438 | 150 | 180 | 202 | 183 | 34 | Massivo | 213.983 | 427.966 | 2.139.829 | 4.279.658 | 8.559.316 |

Custos adicionais por aumento do teor de cimento, devido ao aumento do Coeficiente de Variação

No novo cenário há a necessidade de se requerer um conjunto mínimo de dados que devam ser relatados, de maneira a mostrar a qualidade, uniformidade e a segurança da obra construída.

De outro modo, também, as noções estatísticas de controle necessitam ser melhor praticadas e manuseadas.

Uma primeira indagação que se faz, com a Nova Realidade:

O construtor pode, deve, fazer o controle de qualidade?

É importante neste ponto fazer um breve comentário: Controle de qualidade é uma "Postura", que deve ser de todos e não apenas de um grupo;

O controle de qualidade é o instrumento com que o executor conta para verificar se está atendendo às especificações;

O Contratante deve reservar para si o direito de auditar o sistema da qualidade dos contratos.

Isso posto, seria mais valiosa a soma dessas ações. É preferível que se tenha mais aliados para o objetivo comum. Não se quer dizer com isso que se retire do Proprietário, ou de um seu preposto, o direito, a competência de uma supervisão.

O que se sugere com isso é que todos estejam envolvidos e preocupados com a qualidade.

Saliente-se que consumo (alto) de aglomerante não é sinônimo de qualidade, e que o teor mínimo de cimento ainda não foi atingido, o que pode passar a ser a meta de todos os envolvidos.

AUSCULTAÇÃO

No transcorrer desse período, foram instalados vários instrumentos de auscultação nas obras de barragens. Observando apenas o conjunto de obras de Itaipu, Ilha Solteira,



Tucuruí, Sobradinho, Porto Primavera, o que engloba cerca de 26.000.000 m³ de concreto, foram instalados cerca de 5.100 instrumentos, alcançando aproximadamente US\$ 2.000.000,00 de custos de aquisição.

Muitos desses aparelhos foram instalados com o caráter científico de aprendizado, de avaliação do comportamento. Outros foram instalados com o caráter de segurança, para acompanhar o desempenho das estruturas.

A instrumentação de auscultação é uma ferramenta de grande valia na reciclagem das informações, no aprimoramento dos projetos, no emprego dos materiais com propriedades mais próximas da necessidade.

Um dado que pode ser citado é o da auscultação da CESP em Ilha Solteira, como por exemplo nas estruturas do vertedouro, onde se observa em uma determinada roseta extensométrica valores de tensões de compressão ao redor de 10 a 15 kgf/cm², bastante próximos das previsões do modelo estrutural do projeto, e que o concreto especificado para o local (mistura 76 CT 37), com 111 kg/m³ de cimento e 37 kg/m³ de pozolana, apresentou os seguintes dados de resistência média (para um universo de 330 amostras):

| Idade (dias) | 7 | 28 | 90 | 180 |
|--|-----|-----|-----|------|
| Resistência Média à Compressão (kgf/cm ²) | 13, | 22, | 25, | 26, |
| Coefficiente de Variação (%) | | | | 10,3 |
| Resistência Mínima obtida (f _{ck obtida}) (kgf/cm ²) | | | | 21, |

Admitindo um coeficiente de segurança de 3,0 para os carregamentos normais haveria uma necessidade de:

$f_{ck} \geq 3,0 \times 15 \text{ kgf/cm}^2 = 45 \text{ kgf/cm}^2$.
Observa-se, então, que o material (concreto) utilizado tem propriedade resistente de sobra (215/45 = 4,8 vezes). Isso significa um relativo desperdício do material. Salienta-se, paradoxalmente, que Ilha Solteira foi a pioneira em adotar o zoneamento de classe de concreto, nas estruturas.

FORMAÇÃO E TREINAMENTO

Com a carência de mão-de-obra para esses empreendimentos, houve a necessidade de treinamento em uma escala de grandes dimensões. As empresas do Setor Elétrico, de uma certa forma, comandaram essa ação junto às empresas de Projeto e Consultoria e junto aos Empreiteiros Construtores, e, de uma

certa e tênue maneira, induziram as Escolas de Engenharia e Tecnologia a incluir algumas orientações sobre a construção de barragens.

Decorrente dessa fase inicial, principalmente as construtoras estenderam o processo de treinamento em busca da produtividade e do desenvolvimento, possibilitando a saída do País para a conquista de contratos em outros países.

A Nova Realidade sugere que o treinamento de pessoal seja mais profissional, com visão não só de qualidade, segurança, mas também de relacionamento humano, de planejamento, de custos. É a "Éra" em que o diálogo prevalece sobre a autoridade.

O uso da Informática como uma ferramenta e não como uma especialização. Os idiomas, a postura comportamental para representar sua Empresa, seu País.

GERENCIAMENTO

O gerenciamento, nesse período, foi exercido quase que em sua totalidade pelas empresas estatais do Setor Elétrico. A partir dos anos 80 é que essa atividade começou a ser desenvolvida por empresas privadas. Há a necessidade de se fazer uma reanálise, ou redirecionamento, desse ponto.

Por outro lado, observando o aspecto dos Profissionais envolvidos para a Fiscalização e Gerenciamento dos Empreendimentos:

- ***Estarão esses Profissionais adequadamente preparados para o Gerenciamento Técnico do Problemas e as Respectivas Responsabilidades quanto às ações decorrentes?***

As interferências do "Desenvolvimento Sustentado", os parâmetros de vida, ecologia, comportamento, respeito, se interrelacionam e requerem um gerenciamento mais amplo, não só técnico, de custos, mas de convívio mais abrangente.

USO DE MATERIAIS E CONCRETOS

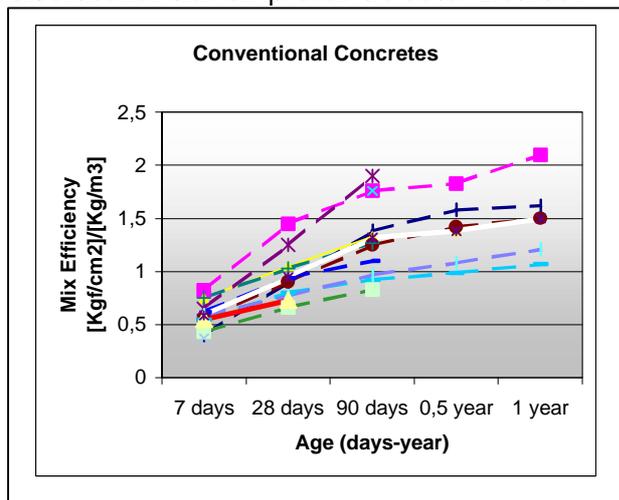
- A preocupação em reduzir os consumos de aglomerantes nos concretos-massas, como a Mistura 152-ET-22, usados na barragem de Ilha Solteira (em 1972), com 63 kg/m³ de cimento e 21 kg/m³ de pozolana de argila calcinada;

- A preocupação com o aumento do diâmetro máximo do agregado nos concretos,



com intuito de redução do consumo de aglomerante;

- Uso de areia artificial, na Usina de Peixoto, produzida por moinho de barras;
- Verificação da possibilidade de uso da inclusão do pó de pedra, nos concretos convencionais;
- Avaliação das propriedades dos materiais e dos concretos em vários laboratórios das empresas do Setor Elétrico.



Evolução da resistência do concreto com a idade

A utilização de material pozolânico, inicialmente adotado em algumas obras do Setor Elétrico, tem sido crescente pela indústria cimenteira nacional.

A preocupação crescente quanto à reação álcalis-agregados faz obrigatório deixar registrada uma recomendação importante quanto ao uso de cimento Portland pozolânico para o combate à reação álcalis-agregados.

Deve ser avaliada a real capacidade inibidora do material pozolânico, usado para a produção do cimento Portland pozolânico, em reduzir a expansão decorrente da reação dos álcalis com os agregados.

A utilização da micro-silica tem sido avaliada através de estudos nos vários laboratórios, e a sua aplicação nas obras de barragens tem sido praticada na execução de reparos.

O emprego do "pó de pedra" - subproduto da britagem para a produção de areia artificial - tem sido crescente. Não só para melhorar a consistência e impermeabilidade do concreto rolado, como também para os concretos convencionais.

Deve-se lembrar que a ocorrência de areia natural, no Sul e Sudeste do Brasil, nas regiões das futuras barragens, é cada vez menor, tornando quase obrigatório o uso de areia artificial.

Uma ampla gama de aditivos e modificadores do comportamento das propriedades dos concretos é encontrada no mercado, com uma assistência técnica dos fornecedores cada vez mais próxima dos consumidores.

As fibras, para uso no concreto, têm tido um uso maior na execução de concreto projetado, com melhorias sensíveis na capacidade de alongamento.

As mantas de PVC, disponíveis no mercado, se tomam e comprovam suas propriedades como elemento de impermeabilização.

Os estudos sobre o concreto rolado desafiaram alguns profissionais a avaliar as combinações de certos solos com determinados aglomerantes, para eventual emprego como elemento estrutural de barramentos.

EQUIPAMENTOS

O Setor Elétrico também possibilitou a adoção de vários equipamentos utilizados na produção, transporte, colocação, adensamento, refrigeração do concreto, como se evidencia pelos exemplos a seguir:

- A utilização dos tanques classificadores de areia;
- Rebitadores para a produção de areia artificial ;
- A utilização dos sistemas de refrigeração dos materiais e do concreto;
- A substituição gradual dos guindastes tipo portuário pelos guindastes com mesa baixa, de montagem e desmontagem mais rápida;
- A utilização de vibradores de imersão de grande bitola, para adensamento do concreto-massa;
- A adoção de baterias de vibradores acoplados às lanças de retro-escavadoras;
- A substituição gradual de caçambas de concreto transportadas sobre carretas, com as caçambas fixas acopladas aos guindastes;
- A utilização de correias transportadoras, como equipamento auxiliar para o transporte e colocação do concreto;

- A utilização de tubulações para o transporte vertical dos concretos,

A busca da melhora da produtividade e redução de custos, fazem surgir equipamentos mais versáteis, de maior mobilidade, de uma montagem mais fácil, mais barata.

Os países com mão-de-obra mais valorizada têm, de certa maneira, sido os vetores de desenvolvimento dessa área. Os construtores brasileiros, à medida das necessidades e disputas no País ou no Exterior, têm incorporado novos equipamentos, como alguns que são citados a seguir

- Britadores para a produção de areia artificial, com um incremento na quantidade de finos (material inferior a 0,075 mm);
- Centrais de concreto do tipo *low-profile* de grande mobilidade e montagem rápida;
- Sistema de correias transportadoras para transporte e colocação do concreto;
- Correia transportadora acoplada em guindastes de lança telescópica - Creter Crane;
- Bombas de concretagem para concretos com agregados de Dmax de até 80 mm;
- Fôrmas de fácil manuseio;

TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

A dinâmica das construções, a essa época, a disposição dos profissionais em resolver os problemas, a ambição pela novidade, fizeram possível o desenvolvimento e a aplicação de técnicas de construção em larga escala, como se cita a seguir:

- O emprego de peças pré-moldadas de concreto nas estruturas ;
- A pré-montagem de armaduras;
- A utilização de sistemas de emendas de armaduras;
- Os sistemas de refrigeração;
- O emprego de concretos com tratamento a vácuo;
- O emprego de fibras nos concretos;
- A utilização de concreto com expansores;
- A utilização de cabos de protensão de grande capacidade;
- A utilização de formas auto-ascensionáveis;
- A utilização de formas deslizantes para estruturas de barragens;

- A utilização de camada estendida e tratores para espalhamento de concretos;

- O emprego de concreto com agregado pré-colocado;

- As aplicações iniciais do concreto compactado a rolo.

As técnicas de construção, da mesma maneira que os equipamentos, passam a ser incorporadas à medida das dificuldades, das exigências de redução de custos, da dinâmica de construções.

De certa maneira, com relativa demora, o concreto rolado deixou de ser uma técnica sugerida por alguns poucos profissionais abnegados, para adquirir sua maioria através das licitações de obras no Setor Elétrico. Se observa também a presença de construtoras brasileiras conquistando e executando obras no exterior, com o emprego dessa técnica, como por exemplo a Barragem de Capanda- Angola e, recentemente, o Aproveitamento Hidroelétrico de Miel 1, na Colômbia, que terá cerca de 190 m de altura e quase 2.000.000 m³ de CCR.

Salienta-se, como já citado anteriormente, que a prática brasileira de construção de barragens em concreto massa é de se ter um zoneamento de classes de concreto, incluindo uma face de paramento com concreto de determinado grau de durabilidade ou permeabilidade. Ressalta-se, entretanto, que dentro da prática brasileira essa face é desprovida de armadura. Sabe-se, também, que as estimativas são de que esse zoneamento de classes de concreto, para o caso do emprego da técnica do concreto rolado, caminha para o uso de um concreto, também rolado (de dosagem já está diferenciada da massa), na face de montante. e não mais em concreto-massa convencional. Esse passo está sendo praticado em obras em outros países.