

Segurança de Barragens: Aspectos Relacionados ao Projeto, Planejamento e Construção, Controle de Qualidade, Instrumentação e suas Interrelações

Andriolo, Francisco Rodrigues
Engenheiro Consultor- Brasil

RESUMO

*O quanto uma barragem é Segura?
Ou, de modo mais amplo ainda, o quanto o
Empreendimento (Barragem, Instalações
Complementares, Reservatório) é Seguro?*

Nesta publicação busca-se debater o assunto da Segurança da Barragem, dentro de um Empreendimento de Aproveitamento Hídrico, considerando a maioria dos aspectos e participantes envolvidos.

Há mais de quatro décadas o País iniciou um amplo programa de aproveitamento dos rios, quer no âmbito da geração de energia, quer no campo do uso da água para as mais variadas aplicações. Nesse período o Brasil desenvolveu suas "Práticas", relacionadas ao Projeto, à Construção e na do Controle de Qualidade.

Esse desenvolvimento, praticamente, teve como elemento propulsor o Estado, sendo que tanto o Projetista-Consultor; como o Construtor; como o Montador eram contratados pelo Estado.

Nesse processo, a questão da Segurança do Empreendimento, sempre ficou sob o domínio do Estado, Gerenciador das ações e responsabilidades de seus contratados.

À medida que os Agentes Financiadores induzem à uma menor participação do Estado, a questão da Segurança passa a mudar de mãos e as responsabilidades inerentes se inserem em um novo contexto.

Tendo em vista a especialidade do autor, o tema esta sendo abordado sob a óptica das estruturas e construções de concreto. Abordagens específicas são feitas

sobre o emprego do CCR- Concreto Compactado com Rolo.

1- INTRODUÇÃO **E** **ASPECTOS GERAIS**

O conjunto de agentes, Proprietário (Estado)- Projetista- Empreiteiro (Construtor-Montador), consagrado no período de desenvolvimento, sempre foi coordenado pelo Proprietário no sentido de estabelecer salvaguardas adicionais com intuito de se ter uma confortável Segurança e a almejada Qualidade. Os Custos nem sempre foram a extrema preocupação.

A necessidade de realizar uma grande quantidade obras de infraestrutura (**o Brasil é o 6º. Maior Construtor de Obras no Mundo**), a Globalização da Economia e da Informação, associada à enorme necessidade de Investimentos induziu a um certo deslocamento das atitudes no conjunto de agentes, objetivando agora, a uma maior atenção nos Custos. As discussões relacionadas à absorção do "Risco" e os respectivos Custos inerentes passaram a ter uma extrema importância sendo, inclusive, tema de diversos congressos internacionais.

O gerenciamento do Custo em seu extremo interesse pode induzir ao uso de técnicas não adequadas, procedimentos inseguros, e de recursos (humanos e materiais) não compatíveis, tendo como consequência a existência de obras inseguras e/ou de baixa qualidade.

Não se pode dissociar, disso, o despreparo, o desconhecimento, quer técnico ou regional, quer dos hábitos e

costumes, quer da ética, além de, até, a má fé.

É importante lembrar que: **ENGENHARIA é a Arte de aplicar conhecimentos científicos e empíricos e certas habilitações específicas à criação de estruturas, dispositivos e processos que se utilizam para converter os recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas.**

Nessa consideração é válido lembrar alguns pontos relevantes para debates quanto a Segurança e Qualidade, associados aos Riscos inerentes.

2- ELEMENTOS PARA ANÁLISE E DEBATES

2.1- Projeto

O Projeto de um aproveitamento hídrico é de multiatividades, baseado em conhecimentos, conceitos e práticas estabelecidos, em dados de prospecção, em valores de ensaios de laboratórios, em parâmetros estatísticos. Entretanto a literatura técnica é superabundante em exemplificar deficiências estruturais (fissuras por ausências de juntas, defomações por não se observar as propriedades dos materiais, danos por cargas imprevistas, etc..) e de funcionamento hidráulico (erosões por abrasão e cavitação em soleiras vertentes, em condutos, em bacias de dissipação etc...), mesmo para projetos com vários estudos laboratoriais.

Isso decorre, em várias oportunidades, da utilização de dados de Projetos com informações apenas estimativas, que não se adequam para dimensionamentos reais de Projeto

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 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, desconcomunal para a época, no entanto, não impediu de se construir uma obra exemplar, àquela época, e que ainda se mantém como um grande marco técnico e tecnológico. O preço previsto para essa obra, a 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.

O Projeto deve estabelecer condições de funcionalidade e operacionalidade Seguras do empreendimento. É o que faz transformar a idéia na realidade.

Nessa transformação deve ter salvaguardas nos pontos estatisticamente vulneráveis, e/ou de importância relevante. Nas obras de concreto não se deve deixar de considerar:

❖ **Face**:- É necessário ter as faces expostas, resistentes às condições de exposição. A questão da estanqueidade é relevante e deve ser considerada no Conceito do Projeto;

❖ **Controle da Percolação e Drenagem**:- A percolação excessiva é indesejável do ponto de vista estético e estrutural, e a longo prazo pode reduzir a durabilidade;

❖ **Galerias**:- Em barragens com altura superior a 12-15m ^[1] as galerias são necessárias para propiciar a drenagem, além de possibilitar acesso para inspeção e eventuais ações remediais. A localização de galerias nas obras de CCR, deve levar em consideração a minimização das interferências durante a construção;

❖ **Permeabilidade e Durabilidade**:- A permeabilidade ou a estanqueidade do concreto pode ser mais importante que a resistência do concreto, principalmente nas estruturas hidráulicas. A durabilidade está muito correlacionada com a permeabilidade;

❖ **Controle da Temperatura e Fissuração**:- O controle da temperatura deve ser compatível com a tolerância à fissuração admitida. A fissuração pode ocorrer mesmo se alguma medida contra fissuração for adotada. A possibilidade disso ocorrer deve ser antevista pelo Projeto, adotando-se medidas para o controle de percolação;

❖ **Juntas de Contração e Elementos de Vedação**:- O estabelecimento de juntas de contração e os respectivos elementos de vedação e drenagem deve ser considerado nas estruturas de concreto, quer seja como prática no controle de fissuras quer seja como redução do risco de fissuração induzida pelas irregularidades topográficas de fundação;

❖ **Propriedades Mecânicas**:- As estruturas de barragens, geralmente, são pouco armadas (ou praticamente sem armadura), suportadas pela resistência à compressão,

cisalhamento e tração, que resistem às cargas externas atuantes, bem como às internas decorrentes dos gradientes de temperatura. A resistência à compressão normalmente é muito superior e raramente é um fator limite no Projeto. Mas os concretos tem limitadas resistências à tração e cisalhamento, e especial atenção deve ser dada a essas solicitações;

❖ **Propriedades Elásticas (Módulo e Fluência)**:- Um grande número de casos de fissuração é imputado ao comportamento térmico, mas em várias situações elas foram induzidas pelas deformações devido à fluência. Decorrente da velocidade de construção, ou alguma deformação diferenciada na fundação (assentamento) podem ocorrer fissuras por cisalhamento;

❖ **Proteção contra a Erosão**:- A erosão do concreto faz parte dos itens que requerem atenção e deve ser considerada para os concretos e estruturas de aproximação, de escoamento e de dissipação. A erosão por abrasão pode ser minimizada pelas características dos materiais, mas a erosão por cavitação deve ser minimizada pela geometria das estruturas;

❖ **Ancoragens de Armadura**:- Algumas vezes é necessário considerar a ancoragem de armaduras nos concretos. O detalhamento dessa armadura, e a, eventual, brusca variação de inércia das peças devem ser considerados.

Há a necessidade de que esses itens sejam analisados considerando:

- 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 tuas adequadas e compatíveis com normas atualizadas;

- Estabelecimento de salvaguardas de projeto que possibilitem ações de inspeção e/ou corretivas.

2.2- Especificações e Normas Técnicas

Observando as várias especificações técnicas nota-se que há um certo descompasso entre o documento e a finalidade a que se destina. 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".

Em algumas obras se estabeleceu 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 uma situação de 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 indicam 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.

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 às características, propriedades.

Um outro ponto a ser abordado é o que se refere às Normas Técnicas.

As Normas Técnicas Brasileiras atendem às necessidades das obras hidráulicas pesadas, especialmente a consumos de cimento, taxas de armadura, critérios de durabilidade?

E as dos outros Países?

2.3- Conhecimento Geológico - Geotécnico

O conhecimento detalhado, da geologia do sítio da obra é um item de relevante importância. A profundidade desse conhecimento pode levar à alterações cronológicas e de recursos (mão de obra e equipamentos), ambos resultando em modificações de custos e/ou modificações quanto a segurança.

Os casos conhecidos de:

- Nível da fundação (presença de cavidades, erosões) diferente do previsto no projeto original;
- Presença de materiais expansivos^[2], e materiais colapsíveis^[3];
- Fraturas na fundação^[4];
- Alívio de Tensões/ Deformações e instabilidades induzidas pelas escavações, a céu aberto e/ou subterrâneas;
- Falhas geológicas;
- Material alterado na fundação;
- Ocorrência de veios de gesso^[5], calcário solúvel e/ou materiais lixiviáveis;
- Dificuldades no aproveitamento de materiais, com seletividades anormais
- Instabilidade de taludes na área do reservatório que possam advir das variações do nível d'água do reservatório^{[6][7]};
- Modificação na Cortina de Injeção^[8];
- Artesianismos^[9]

são lembretes para uma listagem de pontos a serem verificados para a implantação de um obra.

2.4- Hidrologia: Manuseio e Uso do Rio

2.4.1- Hidrologia

O domínio das informações hidrológicas, com base nas estatísticas de pequeno período de observação podem causar uma avaliação e decisão de alto risco.

Os casos conhecidos de:

- Alteração das cheias observadas, como as que ocorreram no início dos anos 80 devidos ao fenômeno do "El Niño", e que resultaram na revisão dos estudos de frequências^{[10],[11]}
 - Alteração das durações das vazões;
 - Alteração do Run Off;
 - Alteração do tempo de concentração das cheias;
- são outros lembretes para a análise de riscos.

2.4.2- Manuseio do Rio

De modo geral o manuseio do rio no panorama anterior ao das privatizações seguia as diretrizes e projetos já impostos nos documentos de Licitação, raramente permitindo alternativas. De maneira contrária ao praticado nos Estados Unidos^[12], onde o esquema de desvio e manuseio do rio desde há muito era deixado para o Construtor Ofertante, sendo a operação remunerada por uma Verba de Preço Global ("Lump Sum"), no Brasil **isso não se praticava**. Deve ser entendido que durante o período de construção o Rio é o Grande Adversário a ser vencido!

2.4.3- Uso do Rio

O uso global das potencialidades de um rio decorre de planejamento, de hábitos, de tradições, e de necessidades. O crescimento populacional, o avanço à busca de oportunidades, cria uma dinâmica que deve ser considerada para a implantação dos empreendimentos.

Assim é que a perspectiva de desenvolvimento de outros processos exploratórios (mineração)^[13], cultivos (pesca), abastecimento de água (qualidade da água)^{[14][15]}, saneamento e recreação, por si, e por estabelecer um polo de atração de desenvolvimento são pontos a considerar nos aproveitamentos. A obrigatoriedade ou não de se estabelecer uma passagem permanente à população existente, é outro ponto de importância.

Tendo em vista que as estatísticas desses eventos são recentes, e em formação, ainda sem uma prática consolidada, as

responsabilidades e riscos devem ser considerados.

2.5- Climatologia

O conhecimento detalhado das condições do clima da região da obra são elementos às vezes considerados como de pouca importância para o planejamento das atividades e da segurança das estruturas. Condições não somente das chuvas, mas também da umidade e ventos (como por exemplo em obras com intenso uso de prefabricados de concreto e a decompressão térmica que pode ocorrer quando do uso de Cura Térmica)

2.5.1-Chuvas

O regime de chuvas de uma região pode resultar em variações consideráveis na "Praticabilidade" nos trabalhos de obras de terra, nas obras para o Manejo do Rio. De outra maneira, também, nas obras em Concreto Compactado com Rolo, além de se considerar a incidência das chuvas, é de extrema importância a avaliação dos "tempos" para a retomada das frentes de lançamento, visto que a área exposta poderá exigir um novo tratamento e/ou limpeza, e que nos casos comuns de CCR tem uma superfície muito "aberta". De outro modo, porém, essas preocupações são de menor intensidade para o Planejamento de obras de barragem do tipo Enrocamento com Face de Concreto

2.5.2- Temperatura

O conhecimento do histórico da temperatura da região, com observação da amplitude térmica ocorrida (diária, mensal e anual) é, às vezes, pouco considerada para o estabelecimento da segurança das estruturas de concreto quanto à fissuração.

À medida que se afasta da linha do Equador (aumento da latitude) e que se aumenta a altitude^[16] é normal que se tenha uma maior amplitude térmica, o que provoca uma ciclagem térmica no concreto da estrutura, o que pode provocar um panorama incipiente e superficial de fissuração, principalmente nos concretos com pouca idade.

Nessas regiões (maior latitude e/ou maior altitude) tem-se, normalmente, temperaturas médias mais baixas, o que estabelece um gradiente elevado com o pico térmico do concreto aplicado na estrutura.

Essa condição, associada ao eventual aparecimento do panorama de fissuração decorrente da ciclagem dia (máxima temperatura) e noite (mínima temperatura), propicia o surgimento de uma fissuração mais comprometedor e que pode reduzir a segurança e a durabilidade da estrutura.

2.5.3- Ventos, Insolação e Umidade

Esses dados são poucas vezes considerados no planejamento e análise de riscos das obras de infra-estrutura.

A secagem prematura dos materiais argilosos, a retração por secagem e a decorrente fissuração de estruturas de concreto são pontos a serem considerados.

2.6- Assoreamento e Vegetação

2.6.1- Sedimentologia

A avaliação da quantidade de sedimentos transportados e de reposição de uma bacia pode ter repercussão no desempenho final do aproveitamento e consequentemente na geração e receita.

Essa situação se torna mais grave, ainda, se o aproveitamento for idealizado para uso múltiplo (energia, perenização, abastecimento, irrigação etc...).

O aproveitamento em rios com explorações de garimpo, podem ter seu histórico de sedimentos drasticamente alterado.

Por outro lado a frase de^[17],"Geralmente a construção de reservatórios com grandes volumes úteis não constitui problema no Brasil, por causa da esparsa povoação e do baixo preço dos terrenos a serem inundados"...., que refletia o pensamento e a realidade de uma época já vivenciada, passa, nos dias atuais, por uma discussão mais ampla, com envoltórios não só de custo, como sociais e ambientais. Isso faz que alguns aproveitamentos estudados há mais de 10 - 15 anos devam ser submetidos a uma nova análise.

2.6.2- Vegetação

A modificação da flora na região da bacia hidrográfica, tem repercussões anteriores, durante e posteriores à construção do aproveitamento. De mesma maneira que o citado precedentemente, a estatística dessas alterações é recente o que proporciona um ponto a ser considerado.

2.7- Materiais para Construção

Este se constitui em um item de extremo cuidado. A prospecção e estudos de jazidas potenciais foram, quase que de maneira geral, desenvolvidos de maneira incipiente induzindo-se a uma ampliação e aprofundamento das avaliações para a fase de execução.

A preocupação crescente quanto à reação álcalis-agregados faz obrigatório deixar registrada uma recomendação importante quanto ao uso de aglomerantes com a inclusão de materiais pozolânicos 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, em vários lugares do Brasil, nas regiões das futuras barragens, é cada vez menor, tomando 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.

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.

2.7.1- Qualidade

Vários são os casos de utilização de materiais de comportamento deficiente, incompatível (com outros materiais), ou inesperado, mesmo em Projetos de grande porte. A literatura técnica é abundante sobre essas situações.

Por outro lado a comprovação técnica da sanidade e qualidade dos materiais, e sua compatibilidade com o meio em que se utiliza, na maioria das vezes se baseia em ensaios de longa duração, embora se busque informações orientativas em ensaios acelerados, porém, questionados.

As questões de:

- desagregação devido à presença de argilo-minerais expansivos;
- reatividade álcalis-silica;
- reatividade álcalis- carbonatos;
- presença de pirita;
- estabilidade de determinados calcários; entre outros,

são de extrema importância para as considerações de risco e custo do empreendimento.

2.7.2- Disponibilidade

A disponibilidade dos materiais necessários para a construção, o estabelecimento de um plano de origem-destino decorre da aceitação e comprovação de dados estatísticos comprováveis.

A prática de se deixar para ampliar as prospecções durante a fase de execução pode ter repercussão de custos incompatíveis com as responsabilidades assumidas.

2.8- Meio Ambiente e Social

O exercício democrático dos direitos tem levado a um amplo cenário de exigências e "respeitos". É claro que os Engenheiros, pela sua ótica lógica e matemática de ver e planejar os projetos, em várias situações, estabelece um conflito com esse panorama de exigências.

Essa situação é mais delicada do que a que se observava anteriormente, havendo a necessidade de se estabelecer uma prática sobre o assunto.

Não resta dúvida, quanto à necessidades de respeitar os direitos dos cidadãos, das comunidades, e da natureza, mas no planejamento dos empreendimentos os custos e riscos decorrentes devem ser considerados. E essa situação se torna mais delicada, quando os requisitos são alterados no transcorrer da construção do empreendimento, com cronogramas e custos já estabelecidos.

2.9- Recursos e Cronologia

A cronologia de execução de uma obra depende, também e em muito, da disponibilidade de recursos (humanos, materiais, equipamentos e financeiro). A interrupção e descontinuidade de obras, muito comum no cenário brasileiro, até então, é um ponto de extrema importância para a análise de riscos e custos.

2.10- Metodologia de Construção

As metodologias adotadas para a construção, de maneira geral, refletem a prática e/ou conhecimento do Construtor sobre o assunto. O sucesso e os benefícios decorrentes da adoção de uma prática já conhecida ou de uma outra, nova e em implantação, deve ser submetida a uma análise de riscos e custos.

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.

Como exemplo pode-se citar que a construção de RCC se caracteriza por sua simplicidade, e não por uma oportunidade de deixar de executar determinados procedimentos. **É uma técnica de construção de se fazer com simplicidade e não a de se fazer mal feito!**

Nesse ponto, onde há uma comunicação mais intensa entre os parceiros, chama-se a atenção para uma frase típica, muito escutada nos dias atuais:

✓ **Para que executar tal serviço? Não estou conseguindo ver a utilidade de "tal" estrutura-elemento-serviço!**

Isso induz a uma conjectura: *Será realmente desnecessário?, ou o fato do profissional não estar vendo a utilidade, decorre da sua (in)competência ou despreparo?*

Ou seja, a simplificação por eliminação de serviços é extremamente perigosa, principalmente quando não se visualiza o Conceito de Funcionalidade da Estrutura!

Essas indagações, visando a simplificação são comuns em:

- Tendência de reduzir-eliminar drenos de estabilização maciços (taludes e/ou túneis);
- Tendência de reduzir-eliminar sistemas de ancoragem-atirantamento de maciços (taludes e/ou túneis);
- Analogias de estruturas provisórias com estruturas definitivas;
- Desrespeitos à estatísticas hidrológicas (que é o grande "adversário" no manejo de rios).

2.11- Planejamento

Em não havendo o descompasso das ações administrativas desprovidas de seriedade e de responsabilidade, é de se considerar que o planejamento seja uma ferramenta extremamente útil para o aprimoramento dos custos e da qualidade e dos Empreendimentos.

2.12- Controle de Qualidade; Supervisão e Auscultação

2.12.1-Controle de Qualidade

Na referência [18]- "Concrete Manual"- em sua 8a. edição (cujas primeiras edições são de 1936) cita (tradução):

"...A produção uniforme e econômica de um concreto depende em grande parte da inspeção na central de dosagem e mistura do concreto. Os ajustes são feitos com base nos resultados das granulometrias e dos ensaios de umidade dos agregados. Os teores e seqüência de introdução dos materiais nos misturadores, em como o tempo de mistura são verificados

frequentemente de maneira a minimizar as variações...

Por sua vez a referência [19]- o "ACI Manual of Concrete Inspection"- em sua 6a. edição (cuja primeira edição é de 1941) cita (tradução):

"...O objetivo da inspeção é o de assegurar que a "boa prática" na construção das obras, é seguida em cumprimento ao Projeto e Especificações Técnicas", e não o de estabelecer essas práticas..."

As citações nesses documentos, já com mais de ½ Século, expressam o desejo e a acertiva de Qualidade e segurança.

Dessa maneira, sendo o desejo comum e tão antigo, qual a razão para que esse conceito não seja intrínseco de todos os parceiros e colaboradores de um empreendimento ?

Onde reside a dificuldade desse senso comum?

No Brasil, tem-se procurado a busca pela uniformidade, A qualidade não se reflete somente pela atenção da "numerologia" de dados. Deve ser dada uma atenção quanto à **Inspeção**.

Um plano de Controle ou Sistema de Qualidade deve ser considerado e implantado em todas as obras. Esse Plano de Qualidade deve ser ajustado às condições locais e características das obras, tomando como base os seguintes itens:

- Qualificação da equipe;
- Adequação às tecnologias e técnicas;
- Adequação aos equipamentos e facilidades;
- Redução de erros, defeitos e falhas;
- Monitoração dos processos;
- Padronização

Todos os dados e informações devem ser coletados, armazenados e reportados de forma rotinizada e impessoal.

O Plano de Qualidade não é útil quando é usado para justificar, mas sim para possibilitar ações e modificações do tipo.

- Minimizar os possíveis problemas;
- Antecipar possíveis correções;
- Garantir a qualidade;
- Estar atento às modificações e melhorias;
- Ser objectivo, dinâmico e compatível com as etapas de construção.

O principal objetivo é a identificação dos problemas antes de sua ocorrência. Isso passa a ser de extrema relevância nas construções de curta duração, ou de grandes produções, como as em concreto compactado com rolo.

De outra maneira, há uma indução que o Controle de Qualidade seja de obrigação do Construtor, prática já de há muito comum em outros países, porém não habitual no Brasil.

A responsabilidade assim determinada passa a ser duvidosa e questionada^[20], embora se tenha a necessidade de estabelecer uma nova prática.

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.

2.12.2- Supervisão

Com essa atividade ocorre o semelhante ao citado para com o Controle de Qualidade. De maneira geral ainda há uma tendência comportamental de se considerar como Fiscal - Cliente e não como Parceiro - Sócio.

O novo cenário requer o estabelecimento de prática própria, mas enquanto isso não se estabelece há riscos e custos envolvidos.

2.12.3- Auscultação

De mesma maneira que o citado anteriormente para as outras atividades, e muito mais ainda por ser uma atividade de longa duração, merece uma atenção especial.

Por outro lado, a auscultação possibilita, além de dar suporte à análise da segurança da estrutura, reciclar os parâmetros técnicos, com isso a otimização de futuros projetos.

Por si só a instrumentação **não implementa** a Segurança e a Qualidade, **mas Complementa**.

No transcorrer desse período de implantação das obras de infraestrutura, 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, Compressão (kgf/cm ²) | 132 | 228 | 256 | 263 |
| Coefficiente de Variação (%) | | | | 10,3 |

Disso resulta uma resistência característica (mínima) de 215 kgf/cm² à idade de 180 dias. 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.

3- COMENTÁRIOS

Do exposto, convém lembrar os seguintes pontos:

- ❖ O Projeto deve contemplar as salvaguardas e detalhes para garantir a

funcionalidade e operacionalidade da estrutura;

- ❖ A responsabilidade pela Qualidade e Segurança deve ser de TODOS os envolvidos;
- ❖ A construção deve garantir os requerimentos do Projeto, objeto do Contrato, e pelo qual o Construtor foi remunerado;
- ❖ A Inspeção deve verificar, apontar, registrar, informar o cumprimento com os requisitos de Projeto, e se não, tomar e exigir ações para tal;
- ❖ As modificações, que se visualizam no campo de implantação das obras de infra-estrutura, requerem adaptações ágeis dos vários grupos de profissionais envolvidos;
- ❖ Questões, anteriormente consideradas de responsabilidades do Cliente passam a ser compartilhadas pelos Parceiros, havendo então um panorama de discussões onde novas responsabilidades são agregadas e os riscos-vantagens devem ser considerados, estabelecendo uma nova prática.

4-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]- Golik, M. A.; Juliani, M. A.C.; Andriolo, F.R.- *"Inspection Gallery and Drainage in Small Dams"*- Proceedings on the International Symposium Roller Compacted Concrete Dams-Santander, Spain-October-1995;
- [2]- Sasaki, S.; Kazusa, S.; Yanagawa, J.- *"Aesthetic Design on Dam"*- XVIIth ICOLD Congress- Vienna -Austria/1991;
- [3]- *Proyecto Acueducto Santa Elena* - Guayaquil, Gy; Equador
- [4]- Cardieri, R.; Peres J. E. E.; Celeri A - *"Solo Colapsível e Impacto Ambiental - Uma Proposta de Metodologia para sua Investigação"*- XX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Curitiba -Novembro de 1992;
- [5]- Kuusiniemi, R.; Pöllä, J.; Rathmayer, H.- *"Internal Erosion at the Uljua Earth Dam"*-Water Power & Dam Construction- March /92
- [6]- Aisiks, E.G.; Pallares, J.J.; Tipping, E.D.; Varde, O .A .- *"Special Techniques for Corrective Treatment of Right Abutment at El Chovon Dam"*- XVIIth ICOLD Congress- Vienna -Austria/1991
- [7]-Souza J.A ; Soldatelli, L.M.- *"Estudos da Estabilidade das Encostas Marginais do Aproveitamento Hidrelétrico de Sapucaia"*- XX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Curitiba -Novembro de 1992;
- [8]-Nebraska Public Power District- *"Canal Bank Instability due to Seepage"*- Lessons Learned from Design, Construction, and Performance of Hydraulic Structures- ASCE- 1986
- [9]- Lopes, A ; Duarte, V.M.; Stein J.- *"Cortina de Injeção sob a Barragem de Enrocamento do AHE Corumbá I- Ombreira Direita e Leito do Rio - Evolução do Projeto"*- XX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Curitiba -Novembro de 1992;



- [10]-Zimmerman K.E.- **"Celtite Rock Anchors in Difficult Rock Conditions"**- Lessons Learned from Design, Construction, and Performance of Hydraulic Structures- ASCE- 1986;
- [11]-Holterman P., **"Uma Proposta Alternativa para o Vertedouro Complementar da UHE-Tucuruí- PA "** - XX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Curitiba -Novembro de1992;
- [12]- Pimenta, S.C.; Mondardo, M.; Kawasaki, M.- **"Vertedouro da UHE Salto Santiago- Restrições Operativas"**- XX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Curitiba -Novembro de1992;
- [13]- **General Design Considerations - Part I- Bureau of Reclamation** - United States department of the Interior- 1966
- [14]- **"Usina Hidrelétrica de Tucuruí - Memória Técnica"**- Eletrobras/ Eletronorte- 1989
- [15]- Shimizu, S.; Kawakita, A; Ito, T.- **"Examples of Water Quality Improvement in Reservoirs"**- XVIIth ICOLD Congress- Vienna -Austria/1991
- [16]- Corrêa, H.B.; Nogueira, F.- **"Importância da Caracterização Limnológica e de Qualidade da Água nas Decisões de Engenharia para o Alçamento do NA do Reservatório de Lajes- Pirai/RJ"**- XX Seminário Nacional de Grandes Barragens- Curitiba -Novembro de1992;
- [17]- Andriolo, F.R.; Tadeuz M.S.- **"Concreto Pré- Refrigerado no Brasil: Uma evolução com mais de 20 Anos"**- Logos Engenharia- Graphos editora- 1988
- [18]- Gerhard P. Schreiber- **"Usina Hidrelétricas"**- Engevix S.A - Editora Edgard Blücher Ltda- 1977;
- [18]- **"Concrete Manual"**- 8th Edition- U.S. Department of the Interior- Bureau of Reclamation- 1975- Denver-USA;
- [19]- **"ACI- Manual of Concrete Inspection"**- Publication SP-2- American Concrete Institute- 1975- Michigan-USA
- [20]- Andriolo, F.R.- **"Soluções Recentes para a Economia em Projeto e Construção de Concreto e suas Fundações"**- Relato Geral do Tema II- do XXI Seminário Nacional de Grandes Barragens- Rio de Janeiro/ 1994;
- [21]- Maionchi, A.; Andriolo, F.R.- **"Acidentes, Incidentes, Falhas: Panorama de Privatizações- Responsabilidades, Riscos e Custos"**- XXII Seminário Nacional de Grandes Barragens- São Paulo – Brasil- Abril / 1997;
- [22]- Maionchi, A.; Ricardino, R.; Andriolo, F.R.- **"Uncertainty Evaluation - Risk Management"**- XX ICOLD – Beijing- China- September/2000