

gia Elétrica — CEPEL, criado pela ELETROBRÁS em 1974 por orientação do Ministério das Minas e Energia. Dotado de recursos humanos altamente qualificados e de instalações de ensaios e testes comparáveis às mais conceituadas entidades congêneres internacionais, o CEPEL apresenta-se, hoje, como o instrumento mais adequado de apoio tecnológico ao setor. Suas instalações, distribuídas entre o Laboratório de Sistemas Elétricos — LSE e o Laboratório de Equipamentos Elétricos — LEE, permitem a realização de praticamente todos os estudos, ensaios experimentais e testes necessários ao desenvolvimento da tecnologia aplicável ao setor em futuro previsível.

BIBLIOGRAFIA

- Plano de Suprimento aos Requisitos de Energia Elétrica até o ano 2000, março/1982.
- Política e Planejamento do Setor de Energia Elétrica no Brasil — Antônio Carlos Tatit Holtz/ELETROBRÁS, agosto/82.
- ELETROBRÁS — Relatório Anual — 1983.
- Siese — Boletim Trimestral — out/nov/dez — Síntese Anual — 1984
- MME/DNAEE — Programa de Substituição de Energéticos Importados por Eletricidade — Eletrotermia/Política — Módulo 4 — 1984.

História da implantação de um aproveitamento hidráulico

ALBERTO JABOUR

Assistente-Executivo da Diretoria de Engenharia e Construção das Centrais Elétricas do Sul — ELETROSUL. Engenheiro civil pela Universidade Federal do Paraná, foi chefe da Divisão de Programação e Custos, do Departamento de Construção e Geração e do Departamento Salto Santiago da ELETROSUL. Foi também assessor especial da Ilha Grande/ELETROSUL.

Quando uma hidrelétrica começa a gerar energia, o país cresce. Mais usinas, quando postas a funcionar, produzem o mesmo resultado: cada vez mais, afastam o risco de cortes de eletricidade, garantindo que milhões de pessoas possam se utilizar dessa forma não poluente, barata e renovável de energia.

O Brasil precisa de mais energia elétrica para melhorar a qualidade de vida da população. Mais energia significa também a criação de empregos e aumento de nível de conforto em nossos lares.

É tarefa do Governo organizar o crescimento econômico. E é como propulsor desse crescimento que o sistema elétrico é planejado para atender o contínuo aumento de consumo.

O preço a ser pago pela energia assim fornecida deve ser justo. Os debates sobre a política tarifária, ora renovados, conduzirão certamente ao estabelecimento de critérios que melhor atendam os anseios nacionais.

A tarifa de energia elétrica busca refletir os investimentos e custos de operação da rede de distribuição que alimenta o consumidor, do sistema de transmissão que liga essa rede à usina e da própria usina. E é desta que falaremos a seguir.

Trabalhos Iniciais

Cada obra é um novo desafio. Entre a idéia e a realidade é preciso muita rocha, muito concreto, muito aço, muita tecnologia, muita criatividade, muita gente, num trabalho de equipe longo e diversificado, até que se consiga tirar de um rio a energia que ele tem.

Tudo começa num escritório, numa prancheta. Um grupo estuda uma bacia

hidrográfica. Avalia seu potencial, os locais mais interessantes, os custos envolvidos, concentra seu trabalho nas áreas mais promissoras.

É uma fase de muita pesquisa bibliográfica e também de estudos do local, com equipes de topógrafos e geólogos, com vôos de reconhecimento e para obtenção de aerofotos; de trabalhos de medições das vazões nas enchentes e vazantes e do levantamento das seções mais importantes do rio; de estudos meteorológicos; das avaliações energéticas e impactos sócio-econômicos e ambientais.

Vai-se definindo então qual a melhor forma de dividir em degraus a declividade natural do rio, a cada degrau correspondendo uma usina. É a chamada divisão de quedas: como extrair o máximo de benefícios energéticos, ao mínimo custo, provocando o menor impacto negativo possível na área de implantação.

Para cada usina são formuladas várias alternativas de arranjo geral das estruturas que a compõem: onde situar a barragem, o descarregador de cheias, as estruturas para tomada d'água, casa de máquinas, subestação. Como desviar o rio de seu curso natural para permitir a construção dessas obras; em quanto tempo se faz tudo isso e quanto irá custar fazê-lo dessa maneira; qual a infraestrutura de apoio local e os acessos necessários de que a região não dispõe.

Descartar o mais cedo possível os locais menos promissores é garantir concentração de recurso — escassos por princípio — aos locais mais favorecidos, permitindo convergência mais rápida dos resultados.

Essa etapa é chamada de Estudo de Inventário. Quando se decide quais os projetos que serão levados avante, dentre todos os locais pesquisados, passamos ao chamado Estudo de Viabilidade. Tanto o Inventário quanto a Viabilidade seguem um roteiro que pode ser assim resumido:

a) Estudos Preliminares

É feita a identificação de locais aproveitáveis, após coleta e análise dos dados disponíveis. Formulam-se, a partir daí, alternativas de divisão de queda, en-

quanto, nos locais escolhidos, são desenvolvidos trabalhos de topografia, hidrologia, geologia e geotécnica, sócio-econômicos e ambientais. Estuda-se também as alternativas de usos e aproveitamentos: irrigação, abastecimento d'água, combate à erosão, transporte fluvial, etc.

Após o dimensionamento prévio dos aproveitamentos, são feitas as estimativas de custo, que permitam comparar e selecionar as alternativas mais convenientes.

b) Estudos Finais

Para os locais assim selecionados, executamos as investigações e estudos complementares com maior nível de profundidade. São dimensionados de forma mais detalhada as obras e equipamentos, estabelecendo-se estimativas mais acuradas do potencial de usos e os custos correspondentes. É possível, então, uma comparação final entre alternativas e a seleção da mais atraente. Um Relatório Final reúne todas essas informações.

Estará assim concluída a etapa de viabilidade que definiu o aproveitamento, detalhando o arranjo otimizado da usina e os tipos de estrutura que a compõem: a barragem (de terra, de rocha, de concreto ou uma combinação desses materiais); a adução da água do reservatório até às turbinas (com ou sem canal, condutos forçados, túneis); o descarregador de cheias; a casa de força (sub-



FIGURA 1: Aproveitamento hidrelétrico com preservação da natureza.

terrânea ou céu aberto e, neste caso, se abrigada ou semi-abrigada), etc. Estará recomendando também o equipamento mais adequado com escolha do tipo de turbina, gerador, comportas, pontes e pórticos rolantes, transformadores, etc.

Nesta época, já teremos determinado o prazo necessário para implantação da usina hidrelétrica, que gira em torno de sete anos: um ano para Projeto Básico, um ano para contratação do empreitei-

ro principal e sua mobilização e cinco anos para construção até o início de geração. Sua potência final estará determinada e seu orçamento total já estabelecido.

A Hora das Decisões

As áreas de Planejamento, por meio de avaliações do crescimento do mercado de energia elétrica, produzem indicadores dos déficits futuros. A união dos trabalhos destas áreas com aqueles das áreas de engenharia desenvolvidos até aqui faz surgir os planos de expansão das instalações, ou seja, a ordenação das usinas ao longo do tempo, de modo a cobrir os déficits apontados, com os menores custos.

Uma vez abastecida essa ordem de prioridades, vai-se ter uma visão global dos recursos necessários ao setor, para não colocar em risco o fornecimento de energia ao país.

Atingimos assim um momento importante na vida de nosso empreendimento: o da decisão da oportunidade de sua implantação. Os recursos necessários virão de financiamentos especiais, compatíveis com suas características próprias: alta velocidade de desembolso para aplicação, um certo período de carência e longo prazo de pagamento (retorno), compatíveis com a natureza do investimento.

As fontes desses financiamentos — geralmente bancos e agências de desen-



FIGURA 2: O início do acampamento

volvimento — costumam exigir acordos a níveis de governo para conceder os empréstimos necessários.

Fecha-se assim o circuito de decisão, com os governos reconhecendo como suas as prioridades do Setor Elétrico.

A Construção

Estamos aqui no início do período de sete anos indicados nos Estudos de Viabilidade: a usina hidrelétrica já tem suas características principais definidas.

Vamos agora selecionar a empresa projetista para nos auxiliar na montagem do chamado Projeto Básico, que deve tomar o primeiro ano deste período.

O Projeto Básico compreende uma revisão dos estudos anteriores para ajustá-los ao atual estado da arte, se necessário, e os aprofunda, indo culminar com a emissão dos documentos para as diversas licitações.

Neste momento, vamos buscar mais informações do sítio de implantação, procurando eliminar grandes surpresas por ocasião da construção. É a fase em que implantamos o acampamento pioneiro, passando a usina a ter uma significação mais palpável às pessoas que moram em sua área de influência.

Nós que construímos as usinas somos um contato permanente e concreto entre as autoridades responsáveis pela decisão — política — dessa implantação e a população atingida.

a) A Questão Política

O reservatório do aproveitamento irá desalojar pessoas, que cultivam a terra e dela tiram seu sustento, provavelmente como seus antepassados o faziam.

A essas pessoas não bastará apenas acenar com os benefícios da energia elétrica para o país, se não lhes forem oferecidas perspectivas concretas de melhor qualidade de vida.

A falta de sensibilidade para os fatores sócio-culturais locais pode provocar impasses políticos de difícil solução após deflagrados, agravando os impactos negativos inevitáveis.

Conhecer esses problemas e formular soluções válidas para eles deve merecer a mesma atenção que se dá ao levantamento dos benefícios da implantação.

Com essa preocupação fundamental, um projeto básico integrado do Reservatório estará sendo montado e não se limita ao levantamento cadastral da área a ser inundada, ao estudo da aptidão agrícola do solo, das benfeitorias a se-

rem realocadas, de navegação, de capacidade erosiva do rio antes e após a formação do lago, ao transporte de sedimentos, aos estudos dos efeitos de cheias e estiagens antes e após o enchimento, ao levantamento de sítios de interesse arqueológico, ao estudo do potencial de produção de pescado, aos aspectos de saúde pública e outros.

Desse projeto consta também a pesquisa de área própria para relocação da população atingida, visando: um reassentamento que mantenha a relação do homem com seu meio, evitando deslocamentos para regiões distantes; o dimensionamento da necessária assistência técnica a ser provida nos locais de reassentamento, tornando viável, assim, a tão desejada troca de terra por terra, com participação dos relocados.

Isto decerto irá diminuir os impactos negativos locais. Se esta diminuição representa aumento dos custos finais da usina, estes, uma vez agregados ao valor de venda da energia produzida, serão rateados por entre os beneficiários. Distribuem-se assim os lucros e ônus sociais, sem distinção entre usuários distantes e atingidos locais.

b) As Contratações

Com o prosseguimento dos trabalhos de campo e de escritório, nesta fase, vamos melhorando o nível de conhecimento sobre a usina hidrelétrica. A estratégia de implantação deverá estar já for-

mulada, com suas diversas etapas bem discutidas entre todos os envolvidos: o planejamento básico de execução, as especificações técnicas dos serviços e equipamentos, o plano de contratações, o orçamento básico global.

A partir deste momento da vida do projeto, os atos serão definitivos, irreversíveis; não há muitas oportunidades para correção de erros cometidos na fase de implantação. Este fato provoca a necessidade de um intenso trabalho de consolidação, de verificação das repercussões em cascata que cada um dos elementos do projeto provoca nos demais: o projeto de engenharia em si, o orçamento de custos e sua cobertura com fontes de recursos, a metodologia do canteiro de construção e cronogramas.

Uma junta de consultores, formada por pessoas altamente experientes, reconhecidas internacionalmente e que acompanham o Projeto desde o início, é chamada a opinar nesta etapa decisiva, reconfirmando hipóteses de projeto e recomendando soluções aos problemas de engenharia, de modo a permitir diminuição dos riscos na concretização do empreendimento.

Pronto o Projeto Básico, chegamos à fase de licitação que se inicia com a decisão sobre os regimes de contratação.

A prática tem demonstrado que, para os serviços de construção e montagem, um bom regime de contratação é aquele que não repassa ao contratado os riscos

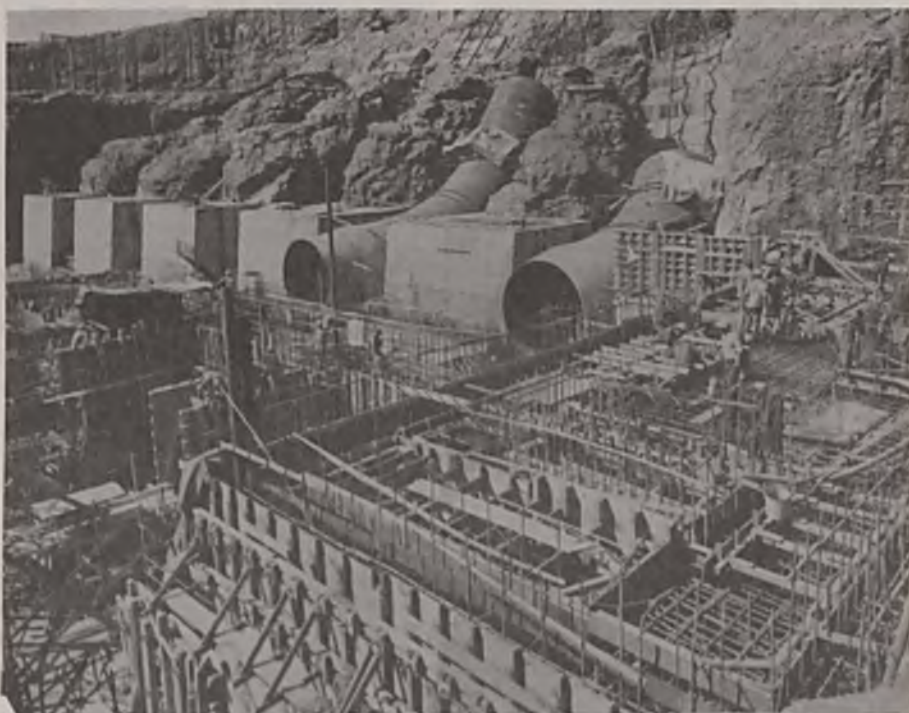


FIGURA 3: Construção da casa de força

que são próprios do contratante.

As principais entidades envolvidas são: o *proprietário* da usina ou contratante; a empresa *projetista* contratada para elaborar o Projeto Executivo; as empresas *contratadas* para executar as *obras civis* e a *montagem* dos equipamentos e os *fornecedores* desses equipamentos.

É usual contratarmos a projetista pelo regime de custo real mais taxas.

Quanto às obras civis e montagem, caso nós tenhamos os serviços bem conhecidos e detalhados em qualidade, prazos e custos básicos, podemos contratá-los por preços unitários, facilitando as tarefas de condução dos trabalhos de campo.

Os fornecimentos de equipamentos, geralmente, são contratados por preço global, o qual vai sendo pago à medida que etapas importantes da fabricação são dadas como concluídas.

Decidido o regime de contratação, fazemos a pré-seleção de empresas, convidando para apresentar propostas aquelas que demonstrem capacitação técnica e financeira compatível com o porte e natureza do objeto dessa contratação.

A essas empresas são fornecidas todos os elementos resultantes dos estudos e trabalhos realizados até aqui: especificações técnicas, normas para medição e pagamento, condições gerais do contrato e específicas do local de implantação, minuta do contrato e as informações adicionais que irão compor a proposta.

A escolha da proposta mais conveniente é o novo passo: às vezes o preço não é o fator decisivo no julgamento. Uma boa proposta deve harmonizar seus preços com os aspectos técnico-executivos envolvidos, com os recursos alocados e com o cronograma de execução dos serviços.

Tomados esses cuidados, a assinatura do contrato vem a marcar o início de nova etapa na implantação do aproveitamento.

c) O Trabalho no Campo

Nesta época, o acampamento já estará em condições de receber os trabalhadores em mobilização para iniciar os serviços principais.

Quando há cidades próximas às obras, utilizamos o que estiver disponível nelas. Mas essa disponibilidade é geralmente menor do que a necessidade criada pelos trabalhadores que serão mobilizados e, então, construímos uma pequena vila temporária para abrigá-los.



FIGURA 4: A montagem dos geradores



FIGURA 5: A usina pronta

São milhares de "barrageiros" — cerca da metade vem com família — que irão viver nas casas e alojamentos, utilizar hospital, escolas, supermercado, servindo-se de energia elétrica, água potável, rede de esgotos. Essa alta população afluyente exige que não se discorde de rigoroso controle sanitário para prevenir proliferação de doenças nesses núcleos urbanos; das medidas de segurança; do controle de qualidade da alimentação; do lazer organizado para combater a

monotonia das horas de folga nesses locais.

Esses "barrageiros" vão chegando e dando vida ao acampamento. Este vai sendo ampliado continuamente, obedecendo ao planejamento básico e atento às adaptações necessárias, a fim de atender ao contingente que cresce à medida que os serviços de escavação se intensificam e se superpõem aos de concretagem e montagem.

No campo, a equipe da contratante,

chamada de "fiscalização", tem por finalidade principal conduzir os trabalhos das várias empresas contratadas. Isto é feito pelos topógrafos (através das medições técnicas e das qualificações para pagamento dos serviços), por laboratorista (controle de qualidade do que se faz), pelos fiscais do campo (acompanhamento permanente dos serviços de obras civis e montagens) e pelos gerentes de programação e produção que, com as informações próprias e mais aquelas do pessoal do campo, controlam os trabalhos, visando ao cumprimento dos objetivos definidos no planejamento geral. É um trabalho de equipe, ombro a ombro entre contratado e contratante, de contínua avaliação do que está sendo executado e de estabelecimento de metas futuras.

d) O Trabalho no Escritório

Mas os trabalhos de implantação não se desenvolvem apenas no campo.

Também a equipe encarregada do projeto executivo civil enfrenta nesta fase novos problemas: cálculos estruturais detalhados, estudo das necessidades de tratamento de fundações recém-abertas, cuidados com taludes de corte e aterro, "balanço" entre materiais vindos de escavações e destinados aos aterros e à produção de brita para filtros e para concreto.

Já os fabricantes de equipamentos a serem instalados também estarão produzindo milhares de desenhos que são analisados pela equipe de projeto; a partir desses desenhos, são executados aqueles de interligação entre os equipamentos e emitidas as listas de materiais a serem comprados e utilizados na montagem.

O reservatório, por sua vez, exige atenção. São os cadastramentos das propriedades; as relocações das benfeitorias atingidas (estradas vicinais e municipais, pontes, portos e, mesmo, vilas inteiras); a identificação e salvamento do patrimônio arqueológico existente, etc.

Na área das obras, há trabalho dia e noite. Os turnos se sucedem com pequenas interrupções para refeições, trocas de equipes, manutenção dos equipamentos.

Esse ritmo intenso tem sua justificativa: é nesta etapa que se consome a grande maioria dos recursos financeiros. Quanto menor o tempo de implantação, menores os juros durante a construção, melhor utilização das instalações de produção, menor o custo final.

Entretanto, isso não significa que quanto mais rápida a implantação, mais

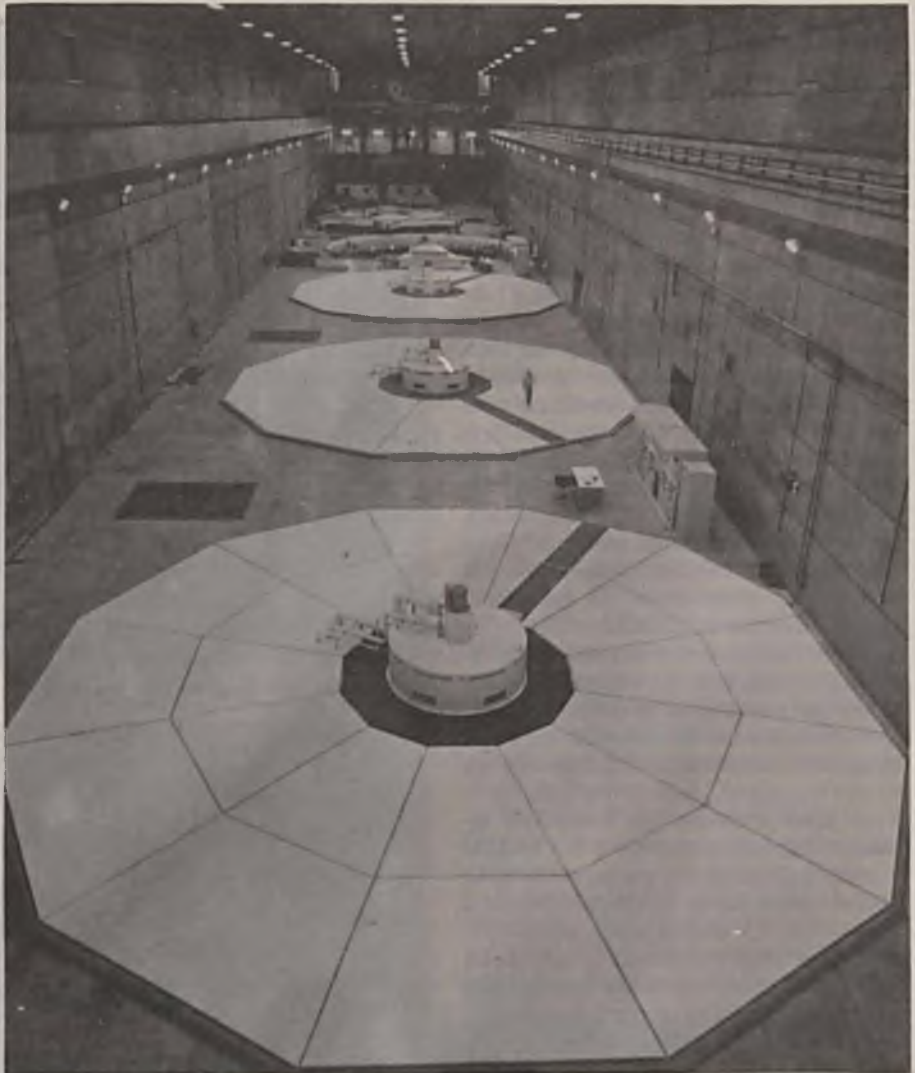


FIGURA 6: O interior da casa de força

econômico se torna o empreendimento. Uma aceleração não prevista, que exija aumento do número de trabalhadores ou dos equipamentos de construção, custa caro. A decisão de acelerar uma fase de implantação é tomada somente com a certeza de que trará benefícios, como, por exemplo, antecipação da produção de energia.

Atrasos na data da entrada em operação, por sua vez, privam o país da energia pelo período de retardo, além de impedir retorno do investimento nos prazos programados.

Afinal de contas, é grande o risco de atrasar uma usina. São muitos os fatores de incerteza: desde os de ordem geotécnica — surpresas em fundações; e climática — uma cheia inesperada; até atrasos na entrega de equipamentos — uma greve no país onde são fabricados. Ou ain-

da superposições de efeitos desses inconvenientes.

A gerência de implantação da usina, neste período, estará às voltas com interferências entre vários serviços numa mesma área, contratados a firmas diferentes.

Quando o projeto exige escavar uma área para aí colocar a casa de máquinas e usar a rocha assim obtida na barragem, por exemplo, estamos certamente otimizando custos. Mas, também, tornando instável o equilíbrio entre materiais escavados e lançados: qualquer atraso na fundação da barragem, por exemplo, impede que lancemos aí a rocha escavada na casa de máquinas, como previsto. Vamos ter que estocar esse material se não quisermos atrasar a execução das escavações.

E se incorrerem imprevistos nas escavações da casa de máquinas, não tere-

mos material para execução da barragem. Esses são exemplos dos riscos que se corre durante a execução e que só não se transformam em atrasos nas datas de conclusão por um trabalho contínuo de reprogramação que vise a contornar essas dificuldades.

e) A Fase de Montagem

A montagem dos equipamentos permanentes, como último elo desta cadeia, corre maiores riscos que as atividades precedentes. A equipe responsável por estes serviços deve estar sempre muito bem informada sobre o estado da fabricação dos equipamentos e seus prazos de entrega. Somente assim poderá programar com segurança as etapas subsequentes de seu trabalho.

Quando se iniciam essas montagens, atingimos nova fase de vida da obra: há uma profunda alteração no perfil da população, com predomínio de montadores, soldadores, eletricitas, e declínio do número de operários da construção civil.

Aparecem os supervisores de montagem enviados pelos fabricantes para orientar a montagem de seus equipamentos, alguns poucos estrangeiros.

Nossa indústria pesada já permite alcançarmos índices de nacionalização de equipamentos para hidrelétricas superiores a 80%. São passíveis de importação apenas alguns equipamentos mais sofisticados de supervisão e controle.

A Formação do Lago

Neste estágio, as obras civis terão avançado o suficiente para permitir iniciar o enchimento do reservatório; este já terá toda sua população indenizada ou reassentada, suas benfeitorias relocadas e o desmatamento recomendado já executado; os equipamentos hidromecânicos instalados e testados; os equipamentos de geração em fase final de montagem e testes. Pode-se então iniciar o enchimento do reservatório, após instalados os dispositivos de proteção contra o afluxo de madeira proveniente das margens do rio e que pode danificar a tomada d'água, vertedouro, etc.

Durante a formação do lago, os trabalhos de salvamento da fauna preservam os seres vivos à medida em que vão sendo desalojados, levando-os a novo "habitat". A jusante, são tomados cuidados para não prejudicar as travessias e as comunidades existentes devido à eventual e temporária redução da vazão do rio.



FIGURA 7: Despechando energia

Em paralelo, os maciços de terra e enrocamento das barragens estão sendo auscultados por intermédio de instrumentação instalada com finalidade de se observar se seu comportamento está de acordo com os parâmetros de projetos previamente estabelecidos.

Os Testes

Os equipamentos instalados nas usinas hidrelétricas têm características próprias: são especialmente projetados e fabricados para uso único; não sendo produzidos em série, sua fabricação exige muitas vezes ensaios em modelos reduzidos. As turbinas e geradores, por exemplo, são constituídos por peças que pesam mais de uma centena de toneladas, em alguns casos, mas que devem funcionar e ser montados com precisão de frações de milímetro. Exigem instrumentos especiais, de muita precisão para sua instalação, ao mesmo tempo que requerem enormes carretas, pontes e pórticos rolantes para sua movimentação até os locais definitivos de funcionamento.

Trabalham sujeitos a enormes esforços provocados pela ação do fluxo de água (turbinas, comportas) ou de campos elétricos (gerador, transformador, disjuntor).

Testar tais equipamentos é tarefa das mais complexas na implantação da usina. Exige profissionais bastante qualificados, que tenham estudado as características de projeto e acompanhado sua fabricação e montagem. Constitui-se assim a "Equipe de Testes" que irá verificar se o desempenho real dos equipamentos corresponde às suas especificações contratuais de fornecimento.

Os testes irão verificar, pela primeira vez, o funcionamento dos equipamen-

tos que, apesar de fabricados por vários fornecedores, devem constituir-se em um conjunto harmônico, funcionando de forma integrada.

Uma vez aceito cada equipamento, *per si* e no conjunto, passa a vigorar o período de garantia contratual.

Por fim, quando o reservatório atinge nível suficiente, inicia-se o teste de enchimento dos condutos forçados e ajustes das suas juntas de dilatação para eliminar eventuais vazamentos. Os túneis de adução, caso existam, também são testados previamente.

Estará concluído e testado, assim, o caminho das águas que irão impulsionar turbina e gerador. Chegamos finalmente ao momento em que o rio passará a escoar pelo caminho hidráulico concebido à época dos estudos do Planejamento, melhor conhecido nos estudos de Inventário e Viabilidade, detalhado nos Projetos Básico e Executivo e, finalmente, implantado.

O fluxo das águas, assim dirigido através das estruturas e equipamentos, iniciará a produção pretendida de energia elétrica. Uma subestação elevadora de tensão irá colocar essa eletricidade em condições de ser transportada a longas distâncias pelos sistemas de transmissão, atingindo os centros de carga e cumprindo seu papel de suporte do desenvolvimento do país.

BIBLIOGRAFIA

- HOLTZ, A. C. T. "Impactos do Aproveitamento dos Recursos Hídricos" Revista Brasileira de Engenharia - Vol. 2 - nº 2 (1984)
BARRIE, D.S. e PAULSON, B. C. Jr. "Professional Construction Management" Mc Graw Hill Book Company, New York (1978).