

O APROVEITAMENTO ECONÔMICO DA VAZÃO REMANESCENTE COMO FORMA DE OTIMIZAR A RELAÇÃO IMPACTO AMBIENTAL-GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Marlon Roberto Bonamigo¹
Jussara Cabral Cruz²

Resumo – Este trabalho teve como objetivo principal traçar a evolução da relação impacto ambiental-geração de energia elétrica, e apresentar uma possível solução para se alcançar o chamado aproveitamento ótimo de um sítio com potencial de geração hidroelétrica sob a forma de PCH.

A eficiência de um projeto de geração de energia elétrica tem sido cada vez mais considerada, tanto sob a ótica da legislação do setor elétrico brasileiro como da legislação ambiental. Neste sentido com uma prática mais rígida do setor ambiental, após a Constituição Federal de 1988, os projetos precisaram ganhar em rendimento e avançar em soluções criativas. É assim que as Pequenas Centrais Hidrelétricas, amparadas em um novo modelo regulamentar, concretizam-se como fontes alternativas, e para atingir um grau de aproveitamento máximo da vazão do rio, chega-se ao estágio de aproveitar economicamente a vazão remanescente. O projeto concebido e aqui apresentado, demonstra sua viabilidade de aplicação por atender a legislação de preservação ambiental e valorar um volume de água indisponível para o projeto original.

INTRODUÇÃO

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

O legislador com a determinação exposta no artigo 225, da Constituição Federal, acima transcrito, permite extrair a concepção de que é preciso considerar equilíbrio em relação ao meio ambiente e que este deve ser tratado como um bem.

Esta concepção projeta que a Constituição Federal ao ser concebida trilhava o caminho de buscar harmonizar os processos de desenvolvimento econômico e social e a preservação ambiental. A partir desta constatação observa-se que ao empreendedor cabe buscar atender a demanda legal reforçada pela Carta Magna e toda normatização gerada. A partir da exposição da mesma, procurar desenvolver projetos modernos e que propiciem um aproveitamento ideal das condições exploradas, para que os mesmos não sejam inviabilizados já a partir das análises de efetiva capacidade de implantação e com o devido retorno almejado.

Antes da edição da Constituição Federal, outras normas já legislavam sobre as questões ambientais, entre os quais o Código de Águas instituído pelo Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, mas foi a partir daquela que passou-se a definir regras mais completas e delimitadoras, principalmente no tocante aos usos das águas com destaque para a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando assim o Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

¹ Aluno do Curso de Pós-Graduação em nível de Especialização - Gestores Regionais de Recursos Hídricos – pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Cooperativa Regional de Energia e Desenvolvimento Ijuí Ltda. - CERILUZ – Área Jurídica e Administrativa. E-mail: bonamigo@ceriluz.com.br

² Orientadora. Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Hidráulica e Saneamento. Santa Maria, RS. E-mail: jussara@ct.ufsm.br

Um setor que passa a ter uma maior rigidez na sua atuação é o da geração de energia elétrica. Até a década de 80, os projetos de geração na sua maioria a partir da força hídrica, eram concebidos basicamente com a força da necessidade de sua implantação. Afinal o Brasil passava por um momento de crescimento de demanda e de população buscando acesso à energia elétrica. Prova disto é que no período de 1970 a 2000 o número total de consumidores passa de 8,1 milhões para 47,3 milhões conforme dados apontados pelo Comitê Coordenador de Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE, 2002 a.) em seu Plano Decenal de Expansão do Setor Elétrico Brasileiro 2001/2010 (Sugai, 2003).

As grandes barragens passam a ter sua implantação questionada pelos impactos causados, passando a ser este um fator de análise mais detalhada, promovendo assim uma redefinição dos modelos de concepção dos projetos, não somente ambientais como também sociais, afinal os reflexos eram múltiplos. Também nesta linha de conduta passam os agentes do setor e aqueles que observam novas perspectivas de investimentos, a buscar através de fontes alternativas como a biomassa, energia solar e as pequenas centrais hidrelétricas, atender o mercado em amplo desenvolvimento.

A fonte energética conhecida como renovável, propiciada pelas PCHs é a que mais evolui, inclusive porque a própria legislação do setor elétrico abarca modificações, algumas de incentivo. As normas que definiam PCH como usina que gerasse até 10 MW, foram revisadas e a nova normatização passa a vigorar com base na Resolução ANEEL nº394 de 04 de dezembro de 1998. Com esta Resolução a Agência reguladora regulamentou o exposto no artigo 26 da Lei 9.427 de 26 de dezembro de 1996 (Lei de criação da ANEEL) o qual definia depender de autorização da ANEEL a realização de projetos cujos aproveitamentos tivessem potência superior a 1.000kW e igual ou inferior a 30.000kW, tendo este artigo sido revisado dando-se ao mesmo nova redação a partir do artigo 4º da Lei 9.648 de 27 de maio de 1.998. Conforme o artigo 2º da Resolução nº394 “Os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 1.000kW e igual ou inferior a 30.000kW, com área total de reservatório igual ou inferior a 3,0 km², serão considerados como aproveitamentos com características de pequenas centrais hidrelétricas.” Assim abre-se um novo momento para o setor.

Mas a questão da viabilidade de implantação sofre ainda com os reflexos das condições de consolidação dos projetos ambientais. Com regras mais rígidas a legislação ambiental ainda é elemento decisivo para viabilização de uma PCH, apesar de sua caracterização ser de entendimento praticamente unânime, como projeto de impacto ambiental reduzido, dado suas restrições de potência e de área alagada limitada.

Neste sentido é que cada vez mais são buscadas alternativas para tornar os empreendimentos mais enxutos em sua concepção, sem, porém, ferir o regramento ambiental. É preciso alcançar o equilíbrio econômico-ambiental, ou seja, atender as normas sem prejudicar a viabilidade do projeto.

Ao determinar que é preciso, em caso de projetos de geração onde exista desvio de volume de água para a geração de energia, que seja mantida uma vazão ecológica, o legislador remete o empreendedor a conceber que seu projeto, assim, estará reduzindo volume de água para transformar sua força em quantidade de energia gerada. Esta vazão deve manter as mínimas condições para sobrevivência da fauna aquática no trecho de vazão reduzida.

Teriam-se alternativas para compensar a redução de rendimento do projeto? A solução simples e legalmente aceita que passa a ser uma importante alternativa é a da transformação da força da água mantida para vazão ecológica, em energia elétrica.

Nos próximos capítulos são discutidos os aspectos desta concepção inovadora, sob a ótica ambiental, e de viabilização de projetos com esta característica, inclusive com a análise de um caso prático.

VAZÃO REMANESCENTE

Manter condições básicas para sustentabilidade da fauna íctica e demais elementos que compõe a natureza no trecho como, por exemplo, a mata ciliar, e ainda permitir usos de forma

consuntiva em quantidade adequada ao volume disponível, é a função elementar da Vazão Remanescente. A partir desta definição, associada a ações mitigatórias como mecanismos de transposição de peixes, poderá se chegar a um termo e definir-se-á um valor que permita equilíbrio ao sistema impactado.

Tharme *apud* Cruz (2001) revisou métodos internacionais para quantificação das vazões requeridas para conservação ecológica de rios, distinguindo três tipos de metodologias. O primeiro, *métodos hidrológicos*, baseia-se no uso das informações de vazões mínimas baseadas nas curvas de permanência ou curvas de frequência de vazões para diversas durações. O segundo e terceiro tipo de metodologia baseiam-se em relações entre habitat e vazões. O segundo tipo baseia-se em *padrões hidráulicos*, isto é, estabelece relações entre diversas variáveis hidráulicas tais como perímetro molhado, máxima profundidade em função da vazão e fatores ambientais limitantes para determinadas biotas ribeirinhas, utilizados como padrão de monitoramento. O terceiro tipo, baseado em *padrões de habitats*, relaciona aspectos espaciais dos micro-habitats ao longo dos cursos d' água com as mudanças nas descargas.

Tais considerações aqui trazidas, somam-se a outros diversos estudos que têm tentado definir claramente a melhor forma para a quantificação ideal das vazões remanescentes em empreendimentos energéticos. O que se depreende até aqui, deste incessante estudo, é de que seja qual for a definição alcançada, esta trará impacto sobre o potencial instalado no ponto inventariado para geração de energia elétrica.

Deverá o agente empreendedor, seja produtor independente ou autoprodutor, considerar em seu estudo de viabilidade a melhor forma e potência instalada para o trecho definido, tendo esta variável da vazão remanescente sempre presente.

A também chamada vazão de preservação ambiental é protegida pela legislação brasileira, porém até o momento não se alcançou uma definição clara e homogênea. Neste particular a homogeneidade não significa a padronização geral, e sim que cada condição particular com semelhança seja consolidada como válida.

Neste sentido a possibilidade jurídica para concepção de projetos de geração de energia a partir da vazão remanescente, parece ir ao encontro ao seguinte apontamento: “ o direito apanha em suas malhas o homem total nas suas relações com os outros homens (daqui o aspecto intersubjetivo ou bilateral, próprio de qualquer determinação jurídica). Exatamente porque o direito diz essencialmente respeito aos nexos sociais e aos limites das exigências recíprocas entre os vários sujeitos conviventes, por isso é que as determinações jurídicas nem sempre se manifestam (como as morais) no sentido de um comando ou de uma proibição, mas, pelo contrário, vão muitas vezes até o ponto de permitir e garantir uma certa esfera de liberdade”. (Del Vecchio, 1952 *apud* Vargas,1998)

No arcabouço legal, específico do setor elétrico as normas correntes são a Norma nº 2 e a Norma nº 4, ambas de 1984 exaradas pelo extinto DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. A primeira, define os parâmetros para aprovação de Projetos de Geração Hidrelétrica para Uso de Serviço Público e Exclusivo de Particulares, que estipula para a vazão remanescente valor superior a 80% da vazão mínima média mensal registrada na série histórica para o trecho do rio. Já, a segunda define os parâmetros para o caso de Pequenas Centrais Hidrelétricas, fixando que a vazão remanescente não poderá ser inferior a vazão mínima média mensal calculada com base nas observações anuais no local previsto para o barramento (Mortari *apud* Cruz 2001).

Atualmente estas normas estão em desuso pela Agência Nacional de Energia Elétrica, que utiliza como elementos balizadores para as questões ambientais o exposto no Manual de PCHs da Eletrobrás e na Resolução ANEEL 395 de 7 de dezembro de 1998, artigo 12, que dispõe em seu inciso III e IV:

Art.12. Os estudos de viabilidade e projetos básicos serão objeto de avaliação quanto aos seguintes aspectos:

I – (...)

II – (...)

III – articulação com os órgãos ambientais e de gestão de recursos hídricos, nos níveis Federal e Estadual, bem como junto a outras instituições com interesse direto no empreendimento, quando for o caso, visando a definição do aproveitamento ótimo e preservando o uso múltiplo das águas;

IV – obtenção do licenciamento ambiental pertinente.

No Rio Grande do Sul o órgão ambiental tem deixado claro seu posicionamento pela manutenção da vazão remanescente, em patamares superiores aquele definido pelo Manual de PCHs da Eletrobrás que determina estaticamente um percentual de 80% da vazão mínima registrada no histórico de acompanhamento das vazões do rio. A FEPAM tem optado por analisar esta situação respaldada pelo Decreto 37.033 que define em seu artigo 5º ser o órgão o indicado para, uma vez respeitada as competências da união, definir as vazões mínimas de água, devendo estas garantir a manutenção dos ecossistemas particulares de cada bacia hidrográfica. Por ser a norma aberta, não indicando parâmetros para esta definição, o governo do Estado encomendou um estudo para definir as vazões de conservação ambiental (Lanna e Benetti *apud* Cruz 2001).

RENDIMENTO ECONÔMICO A PARTIR DA VAZÃO REMANESCENTE: VALORAÇÃO DA VAZÃO AMBIENTAL

Todos os estudos produzidos até aqui têm concentrado esforços para decifrar qual a melhor maneira para definir os parâmetros ideais de apontamento da vazão remanescente ideal. Todo material é de extrema valia pois servirá para balizar dentro de padrões claros e pré-conhecidos, quanto estará o empreendedor deixando de turbinar de energia em cada um dos possíveis arranjos para o seu projeto.

No entanto, é preciso visualizar o verdadeiro aproveitamento ótimo para aquela vazão instantânea que chega pelo próprio rio, pelos mecanismos de recarga hídrica e por todos os tipos de tributários. Tendo esta visão, estamos nos detendo na necessidade de potencializar o projeto através de alternativas tecnológicas do projeto hidromecânico e elétrico, mas também lançando mão de uma estratégia legalmente possível e que efetivamente propiciará em muitos casos a viabilização de projetos até aqui condenados pela obrigatoriedade da vazão ecológica.

Sobre a fundamentação jurídica da possibilidade de tal procedimento, a par de toda questão social relativa a projeção de custos menores para a energia gerada em uma Usina com tais características, baseamo-nos como ponto de partida na própria Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433/97 que diz:

“Art.1º – A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

(...)

IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

(...)

Relativamente a este apontamento é preciso considerar que todo projeto de Usina, seja ele de grande ou pequeno porte, começa pela autorização ou concessão da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e pelo Licenciamento Ambiental. Recentemente, em função de problemas que vinham sendo registrados com a ocorrência de impedimentos para avanço de projetos por parte do órgão ambiental após autorização da ANEEL, esta agora exige com clareza a manifestação, através da Licença Ambiental devida daquele órgão, antes de efetivar qualquer concessão ou autorização. Assim sendo, tendo o órgão ambiental ciência do projeto e emitindo a Licença Prévia, estará este ciente dos parâmetros básicos do projeto, o que remete ao entendimento de que já estaria, assim, contemplado o especificado na norma acima transcrita.

Desta forma, em caso de usinas com concepção de casa de máquinas localizada afastada da barragem, sendo interligada por um sistema hidráulico de desvio da água do rio de seu leito normal, é possível entender que a vazão remanescente deve permitir uso múltiplo para as características específicas do ponto onde estará sendo implementada a usina, no trecho de rio que vai do ponto de desvio até o reencontro das águas. É neste trecho que é necessário estabelecer uma vazão que atenda os direitos adquiridos e principalmente a biota.

A energia produzida por um aproveitamento hidrelétrico, seja ele, uma grande usina ou até mesmo uma pequena central hidrelétrica é diretamente ligada à relação de quantidade de vazão pela queda. Neste contexto, ao restringir a operação da usina, limitando o aproveitamento da vazão do rio para manter a vazão no mesmo, em caso de casa de máquinas isoladas, o legislador agregou custo, comparado à situação vigente anterior, à concepção de tais projetos, sendo estes mais significativos proporcionalmente às pequenas centrais.

Assim, quando uma PCH deixa uma vazão remanescente livre a jusante da barragem internaliza custos ambientais. Quando ela é turbinada através de um arranjo de obras inteligente e o ambiente e demais usuários têm a garantia de uso dessa vazão, então pode-se dizer que este projeto consegue redução de custos ambientais, ou, considerando que a manutenção da vazão remanescente é imperativa, consegue gerar recursos adicionais à receita do empreendimento, favorecendo a sua viabilidade. Uma concepção possível desse projeto pode ser como o da figura 01, onde todas as estruturas físicas se completam, inclusive aproveitando a estrutura do corpo da barragem para implantação da Mini-central geradora.



Figura 01: Vista geral do escopo do projeto-demonstração gráfica. Rischbieter Engenharia-CERILUZ-PCH-Linha 3 Leste.

Observa-se, ao concretizar um projeto sob esta organização, a efetivação do uso global da vazão do rio, implicando no máximo de benefícios para a sociedade. Empreendedor e população sentirão os reflexos positivos desta prática, não se configurando mero aproveitamento de retorno

individual. O gerador de energia passa a ter um melhor retorno para o seu empreendimento, em contrapartida, poderá oferecer ao mercado a energia elétrica gerada na sua usina, a um custo menor pelo aproveitamento de uma vazão que estaria desperdiçando força energética. Assim tem-se uma situação onde são associados interesses diversos.

A concepção de um projeto na qual se engloba o aproveitamento da vazão remanescente para geração de energia, mas permite o seu uso previsto na legislação, pode ser considerado como sendo de uso múltiplo. Tem-se, no caso, um volume de água transpondo a barragem que passará, em sendo turbinado, a agregar valor, o que vai ao encontro da idéia da racionalização do uso das águas.

Uma vez tendo o empreendedor entendido ser viável a composição de um projeto implantando no seu escopo, na estrutura da barragem, o mecanismo de manutenção da vazão ecológica e, a partir desta estrutura alternativa gerar energia elétrica, restará criada a concepção da idealização de um projeto onde estará se extrapolando para além dos padrões limitadores a concretização de pequenas usinas. Implantando-se no projeto da usina uma mini-central geradora, que aproveita a relação entre descarga do volume de água da vazão ecológica e a altura da barragem, a figura da chamada energia vertida, restará minimizada.

A partir da definição da cota de operação da usina, da concepção das estruturas hidromecânicas e das estruturas físicas, não haverá aumento de impacto se a vazão remanescente vier a ser turbinada. No projeto básico já estará determinado o modo de passagem da água pela barragem como forma de garantir a vazão remanescente definida como ideal para o projeto, resguardada a vazão mínima de operação da transposição de peixes, onde for o caso.

Para evitar que aconteçam problemas com a fauna aquática, em tendo esta acesso livre ao conduto forçado, deve se ter atenção especial implantando-se estruturas como grades e telas que evitem a condução que poderia levar a morte de peixes ao passar pela turbina.

A implementação desta concepção de projeto na usina, demonstra a possibilidade de internalização dos custos ambientais de forma não tão impactante nos cálculos de viabilidade de projetos de geração de energia elétrica a partir desta alternativa. O uso do volume de água definido como sendo aquele de vazão mínima no trecho entre a barragem e a casa de máquinas, torna-se alternativa juridicamente possível e com a perfeita integração do projeto ao contexto regional. Por ser assim concebido, está a possibilitar ao empreendedor, agregar valor a energia gerada com aumento da viabilidade. Além disso, pode-se observar que em determinados casos, especificamente quando tratar-se de agente autoprodutor poderá este, com apenas um projeto de uso global da vazão do rio contando com a estrutura principal de geração e uma central para turbinar a vazão remanescente, estar alcançando a meta de geração necessária para seu uso.

Ao internalizar os custos ambientais através deste mecanismo estar-se-á dando ao empreendedor uma válvula de escape e sobrevida a projetos fadados ao insucesso, pelos altos custos e difícil diluição dos mesmos em pequenas centrais que, apesar de normalmente serem agentes causadores de pequenos impactos ambientais, ainda não possuem a devida compensação econômica pela sua implementação. A vazão ecológica sempre foi um dos fatores agregadores de custos, pela impossibilidade de turbinar tais volumes de água.

Como contraponto tem-se presente uma realidade onde a sociedade observará não somente o retorno econômico, mas também a partir do *plus* de geração energética em um único sítio, o impacto ambiental já concebido pelo projeto original não será acrescido e a relação impacto ambiental-geração de energia elétrica tornar-se-á mais positiva.

Assim na busca de minimizar este impacto, a concretização da proposta de turbinar a vazão remanescente pode ser uma alternativa economicamente viável, ecologicamente correta e legalmente possível.

IMPLANTAÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA VAZÃO REMANESCENTE - ESTUDO DE CASO

Na seqüência procura-se compilar dados e apresentar resumidamente o significado prático do aproveitamento da vazão remanescente como fonte de energia. Toma-se por base os dados de

uma PCH de 13,5 MW, localizada no município de Ijuí na região sul do Brasil. A concepção desta PCH definiu a implantação da Casa de Máquinas a uma distância de aproximadamente 1.200m do ponto de tomada d'água seguindo-se pelo sistema hidráulico. Desta maneira originou-se um trecho de vazão reduzida no rio com extensão aproximada de 8.000m (figura 02), trecho este onde foram mapeados 3 afluentes que juntos somam à vazão remanescente do trecho, um volume medido instantaneamente de $3\text{m}^3/\text{s}$ em período de vazão média. A usina possui uma queda bruta de 26,3m e uma vazão turbinada de $60\text{m}^3/\text{s}$.

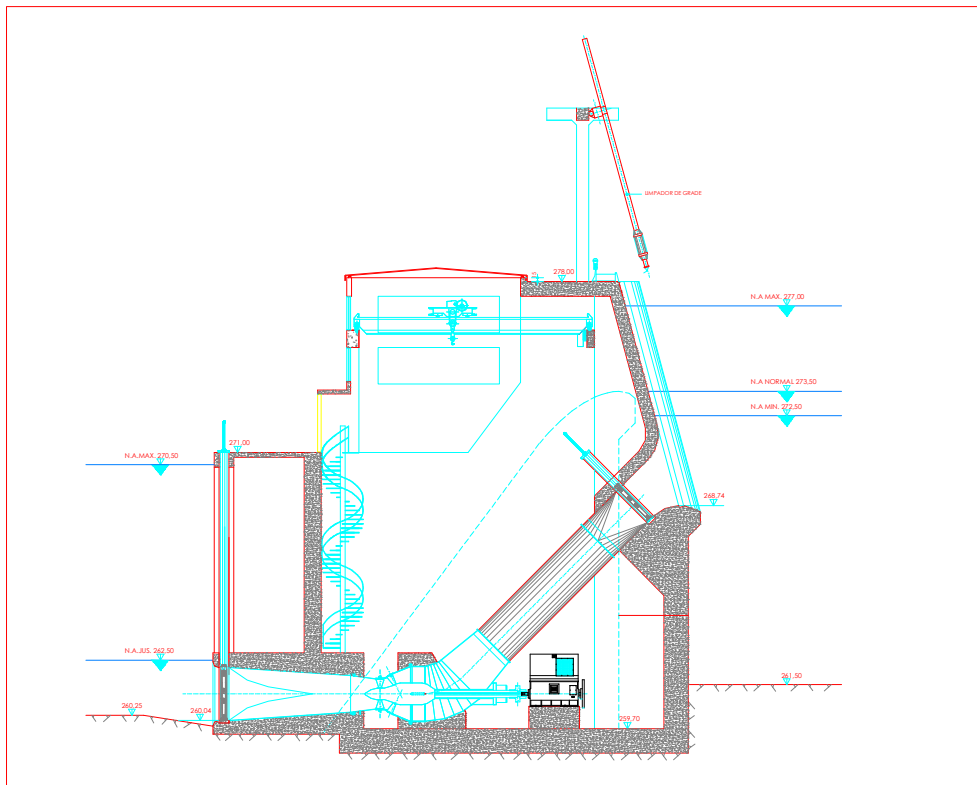


Figura 02: Mapa exército vista rio Ijuí – trecho onde foi implantada a usina e configurado trecho de vazão reduzida.

A configuração inicial do Projeto da PCH localizada no Rio Grande do Sul, anteriormente apresentada, previa como forma de condução do volume de água a ser turbinado, apenas um canal aberto. Ao avançar dos estudos concluiu-se que esta não seria a alternativa ideal, passando o projeto a ter em seu contexto um túnel complementando um primeiro trecho de canal aberto. A proposta projetou uma significativa redução do impacto ambiental, além do que viabilizou a idéia do aproveitamento de todo material possível, originado com a evolução das obras da usina.

Este exemplo da adequação objetivando alcançar uma melhor configuração na relação geração de energia e impacto ambiental, foi o primeiro passo da equipe responsável pela condução do projeto para implementar os novos conceitos correntes nos setores elétrico e ambiental brasileiro ao tratar-se de Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Seguindo esta conduta, uma vez tendo sido definida a vazão remanescente pela Licença de Instalação exarada pela FEPAM, órgão ambiental do Rio Grande do Sul, a equipe técnica concebeu a chamada Mini Central no corpo da barragem (figura 03) objetivando a diminuição deste impacto no custo da energia gerada no complexo da PCH.



Corte lateral – Mini Central e corpo da barragem – Projeto Rischbieter Engenharia – PCH Linha 3 Leste - CERILUZ

Era da visão da empreendedora que, para promover o desenvolvimento regional, melhorando as condições de infra-estrutura das populações envolvidas, que esta atividade se tornasse do tipo industrial, com condições de competitividade no mercado, aumentando a oferta de energia elétrica no país e, como consequência, uma tendência a valores mais equilibrados e ao alcance de todos. A PCH desta forma cumprirá um importante papel dentro deste contexto, dando maior autonomia em termos de produto, significando maior disponibilidade e garantia de custos menores.

No que se refere a vazão remanescente, a empreendedora tem consciência da necessidade de manter uma vazão em 100% do tempo para que seja atendida a biota no trecho do rio compreendido entre a captação e restituição das águas. No entanto, este montante de energia será descontado da série histórica de vazões médias mensais, utilizada nos estudos energéticos cujo impacto é demonstrado a seguir.

Para uma potência instalada na usina principal de 13,5MW, a energia assegurada será de 8,5 MWh, considerando o desconto da vazão remanescente de 8,89m³/s conforme o definido pelo órgão ambiental. Se não fosse descontada a vazão remanescente, a energia assegurada seria de 9,606MWh para a mesma potência instalada de 13,5MW.

Esta diferença de energia assegurada de 1,106MWh, a um preço de mercado em torno de 35 dólares/MWh, repercute numa receita na ordem de 323.980,50 dólares por ano.

Baseado nisto, durante a implantação da PCH surgiu o questionamento de por que não aproveitar a vazão remanescente para geração de energia na própria barragem, no ponto onde ela é vertida, haja visto que a barragem proporciona um desnível considerável. Para tanto foi adequada a ombreira esquerda da barragem para receber uma unidade geradora que dará o seguinte benefício energético:

Cálculo da Potência Mecânica para a Unidade Incremental – (mini-central aproveitando a vazão remanescente)

$$P_{turbina} = (9,81 \times Q_{turb} \times H_{liq} \times \eta)$$

Dados:

$$Q_{\text{TURB}} = 8,89 \text{ m}^3/\text{s}$$

$H_{\text{liq.}} = 10,78\text{m}$ (desnível líquido proporcionado pela barragem)

$\eta = 92\%$ (eficiência da turbina)

$$P_{\text{turbina}} = (9,81 \times 8,89 \times 10,78 \times 0,92) = 870 \text{kw}$$

$$P_{\text{EL}} = P_{\text{mecânica total}} \times \eta_{\text{GERADOR}}$$

$\eta_{\text{GERADOR}} = 96 \%$ (eficiência do gerador)

$$P_{\text{EL}} = 870 \times 0,96$$

$$P_{\text{EL TOTAL}} = 835,0 \text{ kW}$$

Aplicando um fator de indisponibilidade forçada e programada de 0,95, a energia assegurada da mini-central será de 0,79325MWh.

A geração anual da ordem de 6.948,87 MWh, proporcionada pela mini-central, multiplicada pelo preço de mercado em torno de 35 dólares/MWh, dará um faturamento anual de 232.366,67 dólares. Esta geração compensa em parte a diferença não turbinável na usina principal, sem interferir no propósito principal da vazão remanescente que é o de atender a demanda ambiental. Como ressalva recomenda-se a automação da comporta de fundo da barragem para que, numa eventual parada para manutenção da turbina, a vazão ambiental possa ser vertida sem prejuízos ao meio biótico do trecho de jusante.

Esta parece ser uma proposta extremamente viável para um projeto de PCH que procura aproveitar ao máximo toda a disponibilidade hídrica do sítio, com uma geração a baixo custo e sem prejuízo ao meio ambiente.

CONCLUSÃO

Energia gera desenvolvimento e qualidade de vida. Quando produzida a partir de um modelo de projeto alternativo, através da força hídrica proporcionada pela altura do barramento envolvendo a vazão remanescente, alcança-se uma proposta ideal ao conjunto envolvido. Tem-se com este mecanismo o atendimento à necessidade de disponibilidade de energia e o adequado mecanismo de mitigação proporcionando equilíbrio entre impacto ambiental e geração de energia.

Apesar de que nos últimos 30 anos tenha-se tido uma evolução, onde o desenvolvimento hidroelétrico permitiu que o acesso a energia elétrica passasse de 500 kWh para mais de 2.000kWh *per capita* (Costa 2003), ainda precisa-se avançar mais para permitir não somente acesso mas também perspectivas de crescimento a longo prazo, para todos os setores de nossa economia.

O desenvolvimento regionalizado precisa de alternativas próprias e de baixo custo. A geração de energia elétrica a partir de Pequenas Centrais Hidrelétricas é uma prática altamente eficaz se tiver o devido respaldo da legislação para sua entrada no sistema de distribuição, interligado com condições de equiparação e de competitividade. Sendo empreendimentos de baixo custo e baixo impacto ambiental, tem em seu desfavor as questões da variabilidade hídrica dos corpos d'água que os movimentam. Assim, é preciso que as condições de viabilização de tais empreendimentos continuem a receber a devida atenção dos legisladores e normatizadores nacionais, para que talvez em algum momento futuro se alcancem os índices de aproveitamento das pequenas quedas já observados na China e na Alemanha, por exemplo.

No caso em tese, considerando o custo benefício por si só de uma PCH, poder-se-á ter um índice de inviabilização bastante significativo pela obrigatoriedade da manutenção de uma vazão remanescente. Este volume de água pode ser de extrema significância econômica como vimos, assim como é de extrema significância do ponto de vista ambiental. Ao unir as duas questões nos resta a alternativa de turbinar a vazão definida em projeto e outorgada pelo órgão ambiental, bem como também turbinar a vazão remanescente através de estruturas agregadas ao projeto estrutural básico no barramento.

Seguindo este caminho observa-se ser consideravelmente positiva a relação custo-benefício de projetos do porte enquadrado pelas PCHs. Com esta condição, onde a relação econômica e ambiental alcança a satisfação da sociedade e do empreendedor, estaremos observando uma evolução ainda maior na implantação desta fonte alternativa de gerar energia elétrica. Mediante uma análise mais detalhada na legislação ambiental brasileira, não se observa nenhum óbice a esta prática, que deve receber sim, incentivos para que se torne uma rotina garantindo o pleno sucesso dos empreendimentos.

O objetivo principal deste trabalho foi demonstrar a viabilidade de implantar um novo modelo de aproveitamento global e universal da água em um sítio de geração de energia hidroelétrica. No momento em que observa-se nossa sociedade estimulada a pensar as questões que envolvem o gerenciamento dos usos dos recursos hídricos, nos parece pertinente que o setor elétrico considere todas as alternativas possíveis para, na sua atuação, garantir padrões de aproveitamento excelentes. Assim estará, certamente, contribuindo para a garantia de um futuro onde as necessidades de satisfação dos seres humanos sejam alcançadas mediante uma relação mais equilibrada com a natureza.

AGRADECIMENTOS

Ao relevante auxílio emprestado ao desenvolvimento deste trabalho, gostaria de registrar agradecimentos, à equipe da **RISCHBIETER ENGENHARIA** com atuação no projeto da PCH aqui apresentado, e também à **COOPERATIVA REGIONAL DE ENERGIA E DESENVOLVIMENTO IJUÍ LTDA. – CERILUZ** -, pela disponibilização de dados e informações agregadoras de conhecimento à constituição do presente artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, F.J.L. da. Estratégias de Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Brasil: Áreas de Cooperação com o Banco Mundial, Série Água Brasil 1, Brasília, 2003.
- CRUZ, J.C. Disponibilidade Hídrica para Outorga: Avaliação de Aspectos Técnicos e Conceituais. Tese de Doutorado. UFRGS 2001.
- SUGAI, M.R.v.B. 2003. A Expansão da Oferta de Energia Elétrica com a Preservação dos Usos Múltiplos dos Recursos Hídricos. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH. Curitiba/PR.
- Básico – Otimização e Projeto Executivo da PCH Linha 3 Leste, rio Ijuí, CERILUZ Ijuí-RS. RISCHBIETER ENGENHARIA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. 2.001. Projeto
- VARGAS, E. V. Direito e Meio Ambiente: a regulação numa era de desregulação. Revista Ciência e Ambiente. Santa Maria: Editora da UFSM, 1998. p.42