

CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE USINAS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL VISANDO A OBTENÇÃO DE PARÂMETROS PARA O PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO SUSTENTÁVEL.

Ricardo Moraes Matos, José Francisco Rodrigues – 3.04.04.01-0 - Engenharia Elétrica - Departamento de Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia de Bauru – Campus de Bauru.

Neste milênio, a humanidade prepara-se para o novo desafio de gerenciar os recursos que se tornarão cada vez mais escassos para as crescentes necessidades do planeta.

Mais do que o gerenciamento dos recursos em si, à necessidade e a exigência de fazê-lo dentro do novo paradigma do desenvolvimento sustentável, tornam esse desafio ainda maior. Particularmente e, sobretudo no que diz respeito à energia. Afinal é ela, a energia, um dos principais pontos de sustentação para a viabilização desse tipo de evolução da atividade produtiva.

O novo paradigma do desenvolvimento sustentável implica a necessidade de profundas mudanças nos atuais sistemas de produção, organização da sociedade humana e utilização de recursos naturais essenciais à vida humana e a outros seres vivos.

A energia elétrica obtida a partir do aproveitamento do potencial hidráulico de um determinado trecho de um rio, via-de-regra assegurado através da construção de uma barragem ou reservatório, tem sido considerada uma importante alternativa energética renovável (Bermann, 2002).

As características físicas do Brasil em especial a grande extensão territorial e a existência de rios caudalosos, aliadas às dimensões relativamente reduzidas das reservas de petróleo e carvão mineral, foram determinantes para a implantação de um parque gerador de energia elétrica com base predominantemente hidráulica.

A geração de energia elétrica no Brasil se baseia em dois aspectos gratuitos, a água das chuvas e a força da gravidade. Bacias hidrográficas generosas, com centenas de rios permanentes e caudalosos, se espalham por grandes regiões – Sul, Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste e Norte. Por serem rios de planalto, seguem trajetórias em que, de modo geral, a declividade é suave. Quando barrados, formam grandes lagos, e aí está a energia potencial estocada, basta captar essa água, fazê-la passar por uma turbina para obter a eletricidade mais barata do mundo, de fonte renovável e não poluente. Utilizando uma metáfora, pode-se afirmar que nas construções de usinas em cascatas ao longo do curso de um rio, a mesma gota de água é usada inúmeras vezes, antes de se perder no oceano (Benjamin, 2001).

Assim o país construiu um sistema energético limpo, renovável, barato, capaz de estocar combustível, em que grandes blocos de energia são transferidos do Sul para o Norte, do Nordeste para o Sudeste, gerenciando de forma integrada bacias hidrográficas fisicamente distantes milhares de quilômetros, capaz de absorver qualquer descompasso presente entre oferta e demanda, composto de usinas já amortizadas altamente rentáveis, vendendo energia barata.

Por isso, é importante retomar todo esta referência de excelência proporcionada pela geração por hidreletricidade de algumas décadas atrás e colocar em prática nos dias atuais, o esforço concentrado de reconquistar o posto de outrora, com o planejamento e construção de novas unidades de usinas hidrelétricas, não perdendo de vista a experiência do passado e a aplicação de novas áreas de conhecimento científico, conjugado com uma implantação harmoniosa no meio ambiente e social para a população.

O presente trabalho apresenta como objetivo e foco central o estudo de importantes itens técnicos/ambientais e econômicos relacionados com as usinas hidrelétricas no Brasil de médio e grande porte, bem como análise de seus reservatórios, caracterizando parâmetros relacionados com a construção e funcionamento das usinas. Dentre esses parâmetros destacam-se os custos dos impactos, benefícios e prejuízos produzidos pelas usinas, impactos ambientais positivos e negativos, geração de energia por área inundada do reservatório [MW/m^2], geração de energia por volume de água do reservatório [MW/m^3], volume de reservatório por área inundada [m^3/m^2], geração de energia por ano e década, benefícios por impactos, usos múltiplos, dimensões do reservatório, avaliação da influência e consequências do tempo de retenção de água nos reservatórios, correlação entre valores de PIB e PIB per capita com produção de energia elétrica de origem hídrica [$\text{US}\$/\text{MW}$].

A análise do parque hidroenergético nacional buscou o fornecimento de subsídios para o planejamento e gerenciamento sustentável de futuras usinas hidrelétricas visando delinear, entre outras, diretrizes para exploração de seu potencial minimizando os impactos ambientais.

Através do mapeamento das usinas hidrelétricas é possível estimar o potencial nacional por regiões específicas relacionando as principais bacias hidrográficas com as usinas operantes ou em vias de serem exploradas. Por meio desta análise são apresentados dados e argumentos importantes na definição dos perfis de ocupação energética das diversas bacias. Estes perfis estabelecem áreas de maior ou menor carência energética, contribuindo na avaliação das tendências de expansão ou saturação do setor, propiciando uma análise mais crítica da atuação das concessionárias e dos órgãos responsáveis pela geração de energia.

Dentre os parâmetros responsáveis para planificação de tal perfil, tem-se como indicador fundamental, também utilizado na construção de outros parâmetros, a potência total instalada de cada usina hidrelétrica.

A obtenção de parâmetros que permitem avaliar os impactos ambientais produzidos por uma hidrelétrica foi conseguida principalmente através de uma avaliação criteriosa das áreas inundadas, bem como volume de água retido pelos seus reservatórios. Com isso, pode-se estabelecer uma correlação entre os benefícios provenientes da energia gerada e a interferência das características ambientais da região, possibilitando o fornecimento de subsídios para estudos do meio ambiente degradado, amadurecendo o conceito de eficiência ambiental, o qual foi somado a tradicionais conceitos de rendimento energético e econômico.

Buscando uma análise de caráter técnico/ambiental das usinas, criou-se um parâmetro que pudesse transmitir os efeitos da produção de energia elétrica em função do impacto ambiental ocorrido com a retenção de água em seus reservatórios. Para tanto, utilizou-se a energia gerada pela usina e o volume útil de água contido em seu reservatório, cuja razão dos indicadores forneceu o parâmetro $[MW/m^3]$.

O segundo parâmetro utilizado para uma análise de caráter técnico/ambiental, foi conseguido acoplando o indicador fundamental da usina (potência total) com o valor da área inundada por seu reservatório. Assim a razão dos elementos citados forneceu $[MW/km^2]$. De fato, quão maior for a geração de energia elétrica por uma usina, maior será a potência por ela ofertada ao Sistema e quanto menor for a área inundada pelo seu reservatório, menor será o impacto ambiental gerado. Segundo Fearnside, 2004, o indicador é denominado densidade energética (Watts de capacidade instalada por m^2 de superfície de reservatório) e apresenta um maior impacto a medida que diminui de valor. Essa observação permitiu a classificação dos parâmetros dentro do conceito “eficiência técnica/ambiental”.

Um terceiro parâmetro foi utilizado para avaliação técnica/ambiental. Desta vez foi feita uma junção dos parâmetros já obtidos. A razão adequada desses indicadores forneceu $[m^3/m^2]$. A primeira análise individual dos indicadores revelou que o maior aproveitamento da área inundada do reservatório consiste no maior volume de água nele retido, ou seja, este parâmetro indicou qual o maior volume de água (m^3) armazenado por unidade de área (m^2) inundada do reservatório.

Além dos impactos ambientais evidentes (citados), de origem técnica, gerados com a implantação dos reservatórios das usinas, outros impactos, não de menor importância, fizeram parte de um contexto social e ambiental durante a construção e operação dos mesmos. Dentre eles, o deslocamento compulsório de populações ribeirinhas, principalmente indígenas, inundações de florestas e o estímulo à exploração ilegal de madeira, a perda de ecossistemas aquáticos, a diminuição da qualidade da água nos reservatórios e a agressão à biodiversidade das espécies de peixes.

Em busca da integração dos conceitos técnicos/ambientais (apresentados) e dos conceitos técnicos/econômicos, mesclou-se, o já citado, indicador fundamental das usinas $[MW]$, com uma importante medida, puramente econômica, de desenvolvimento, o PIB per capita $[R\$]$. O parâmetro sugerido para avaliação técnica/econômica foi a relação PIB per capita potência instalada, $[R\$/MW]$. Esse índice pode ser utilizado para estimar as contribuições no PIB per capita em função do consumo energético.

Para tanto, foi feita uma pesquisa sobre os valores de PIB, população e por consequência PIB per capita do Brasil durante os últimos anos. A análise revelou que os valores de PIB cresceram consideravelmente e tomadas às devidas proporções, também se aumentou o número de habitantes do país, logo tivemos um plausível crescimento do valor PIB per capita.

A evolução desses indicadores refletiu o desenvolvimento e a ascensão do país. Além disso, tem-se a energia como um bem básico para a integração do ser humano ao desenvolvimento, uma vez que proporciona oportunidades e maior variedade de alternativas para a comunidade e para o indivíduo.

Requerida uma análise individual dos indicadores, pode-se perceber que para um determinado valor fixo de PIB per capita e variações de potência instalada nas usinas, os menores parâmetros têm implícito, o conceito de eficiência técnica/econômica, pois quão maior for a geração de energia, maior será a contribuição para o Sistema energético/produtivo (contribuição do PIB em função do consumo energético).

Buscando retirar uma informação mais precisa deste parâmetro, situando-o dentro de um expressivo mercado econômico, foram utilizados, os extremos da amostragem de PIB apresentada no relatório final (dados característicos do ano de 1999 e 2003). Esses valores de PIB per capita foram considerados de forma regional e formaram outro parâmetro, com potência fixa e variações de PIB per capita.

Os novos indicadores abordam o Sistema energético/produtivo de outra forma, uma vez que apresentam valores de potência fixos (para cada usina geradora) para variações do PIB regional. Neste parâmetro buscou-se uma análise da evolução econômica da região baseada nos incrementos do produto interno bruto em detrimento da geração da energia elétrica.

A apresentação dos parâmetros técnicos/ambientais sugeriu diversas formas para análise dos impactos ambientais em função da implantação de usinas hidrelétricas no cenário nacional.

Como a maior parte dos reservatórios das usinas utilizadas encontrou-se ao longo do curso de rios de planalto ou em trechos que apresentavam quedas significantes, a situação topográfica das regiões acabou sendo dispensada nas considerações finais do parâmetro $[MW/m^3]$, o qual sugere índices elevados como satisfatórios revelando qual a maior potência que se consegue obter a partir de um determinado volume de água.

O indicador $[MW/km^2]$ procura adequar a geração de energia elétrica em função da área ocupada, e por consequência, inundada, com a construção de um reservatório. A sugestão para análise de rendimentos e impactos, conhecida como densidade energética revela que os reservatórios ambientalmente adequados devem apresentar, também neste parâmetro, um valor elevado, pois assim, estarão evidenciando pequenas áreas inundadas com a geração de energia elétrica, para posterior distribuição da mesma.

Acredita-se que junção dos parâmetros citados $[m^3/m^2]$ possa servir de instrumento e subsídio durante a construção de um reservatório já que apresenta volumes de água armazenados em áreas inundadas. Os projetos ideais teriam os maiores volumes de água armazenados com pequenas extensões de alagamento.

O parâmetro técnico/econômico (PIB regional por potência) utilizado para análise das usinas foi suficiente para inserir a importância da geração de energia (hidrelétrica) na economia e no desenvolvimento da região, justificando a realização e implantação dos empreendimentos (usinas hidrelétricas). Para um determinado valor fixo de PIB per capita e variações de potência instalada nas usinas, têm-se nos menores parâmetros, valores ideais. Outro parâmetro sugerido para análise foi obtido com a fixação dos valores de potência (gerada pelas usinas) e variações de PIB per capita por região, este indicador apresenta como valores ideais, os maiores. Os indicadores esclarecem que o desenvolvimento da região ocorre juntamente com um aumento do consumo.

O problema maior é que as obras têm uma duração efêmera, e por mais que se arrastem, geralmente não são suficientes para dinamizar a economia local por um tempo que exceda a sua limitação. Em contrapartida, faz-se necessário, de forma incontestável, que a questão ambiental seja abordada de forma eficaz pela empresa empreendedora, de forma a posicionar, ante a opinião pública – nacional e sobretudo regional – o interesse em buscar soluções viáveis para uma situação-problema criada fora da comunidade. De maneira geral, as usinas hidrelétricas são decisões tomadas fora do contexto regional, diante da necessidade de atender-se aos interesses nacionais, manifestados nas necessidades do suprimento energético dos grandes centros consumidores (Andrade, 2002).

Um mecanismo que começa a ser levado em considerações mais recentes, na história do setor hidrelétrico no Brasil, é a participação da sociedade, sobretudo no que diz respeito aos impactos ambientais e sociais. De fato, o país não apresenta tradição em considerar a participação da sociedade nas questões ligadas ao planejamento e desenvolvimento. Isto ocorre particularmente no setor elétrico,

por se tratar de área de prioridade, visto que está diretamente vinculado à possibilidade de desenvolvimento econômico; afinal, sem energia, não há industrialização (Andrade, 2002).

Referências Bibliográficas

ANDRADE, S. M. de, "**O Patrimônio Histórico Arqueológico de Serra da Mesa: A construção de uma Nova Paisagem**", Tese de Doutorado em Geografia, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas - USP, São Paulo, p1-12, 2002.

BENJAMIN, C. Foi uma loucura, mas houve método nela: gênese, dinâmica e sentido da crise energética brasileira. Maio. 2001. Disponível em:
<http://www.emc.ufsc.br/nepet/artigos/texto/energia_idx.htm> . Acesso em: 25 maio de 2001.

BERMANN, C. **Energia no Brasil: para quê? para quem? crise e alternativas para um país sustentável**. São Paulo: Livraria da Física: FASE, 2002. 139p., 24 cm. ISBN 85-88325.06-3.

FEARNSIDE, P. M., **Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications**. Water, Air and Soil Pollution 133(1-4): p69-96, 2004.