

Introdução

A maior parte do potencial hidroelétrico viável já foi aproveitada ou estudada nos países desenvolvidos. Por ser uma fonte competitiva e com tecnologia dominada desde o início do século XX, os recursos disponíveis foram historicamente utilizados para atender ao aumento do consumo de energia elétrica. A universalização do acesso à energia elétrica nos países desenvolvidos foi um dos fatores fundamentais para o aumento da produtividade econômica e melhoria da qualidade de vida ao longo do tempo [31].

Por outro lado, no bloco dos países em desenvolvimento, da América Latina, África e Ásia, ainda há um grande potencial hidroelétrico que pode ser aproveitado e o conjunto de projetos estudados é escasso. No entanto, mesmo que um país como o Congo (que tem grande potencial) conseguisse reunir as condições para desenvolver usinas hidroelétricas, ele ainda assim teria dificuldades para fazê-lo de maneira consistente, por não dispor de informações básicas. Estas informações só seriam possíveis com a implantação de uma rede nacional de medições hidrométricas, levantamentos cartográficos, geológicos, topográficos, dentre outros. Este trabalho pretende desenvolver um modelo capaz de preencher esta lacuna de forma prática.

O passo inicial para o aproveitamento de um potencial hidroelétrico consiste na realização do estudo de inventário hidroelétrico [28]. O objetivo deste estudo é determinar o potencial hidroelétrico de certa bacia hidrográfica pela construção de usinas hidroelétricas em alguns locais estratégicos, onde serão construídas barragens para impedir o curso do rio, aproveitando-se do seu desnível natural. Estes locais são conhecidos como eixos de barramento. Como existem diversos locais de barramento e, em cada caso, diferentes alternativas de altura da barragem a ser construída, não é óbvia qual a melhor alternativa de “repartição de quedas”.

A Fig.1 ilustra duas alternativas de repartição diferentes para o mesmo rio, exibidas através do perfil longitudinal. As linhas verticais indicam os eixos de barramento e as barras horizontais, os níveis d'água nos reservatórios formados. O

desenho à esquerda mostra que todo o desnível topográfico foi aproveitado em três usinas hidroelétricas. Ou seja, a água que produz energia na usina a montante segue para o reservatório da próxima usina da cascata. O desenho à direita exibe uma alternativa que também aproveita todo o desnível topográfico, mas através de quatro usinas hidroelétricas menores.

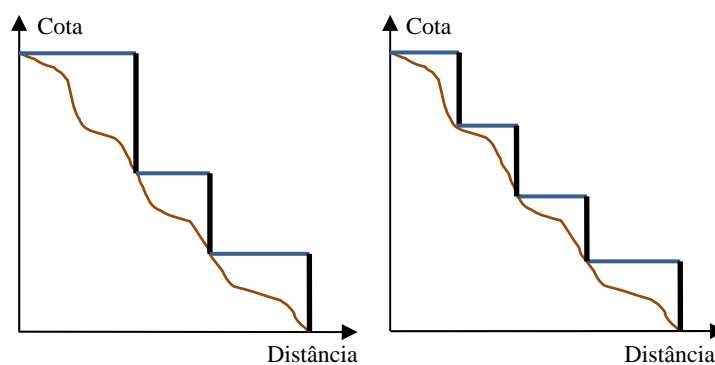


Fig.1 Duas alternativas para o desenvolvimento de projetos hidroelétricos em cascata.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A comparação das alternativas em termos de benefícios energéticos, custos de investimentos e impactos sócio-ambientais e a seleção daquela com melhor índice agregado que combine economicidade e impacto ambiental consiste no objetivo primordial dos estudos de inventário [37].

Devido ao alto grau de complexidade para a elaboração de estudos de inventário e com o intuito de padronizar diferentes estudos de forma a serem comparáveis, a Eletrobras desenvolveu o “Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas” em 1984; fez a primeira revisão em 1997 e a segunda em 2007 [28]. Na sua elaboração, foram consideradas a experiência nacional no campo dos inventários hidroelétricos de bacias hidrográficas e as mudanças ocorridas no setor elétrico brasileiro, particularmente nas áreas de legislação, meio ambiente, recursos hídricos e aspectos institucionais. Nesta terceira edição do Manual de Inventário, a seleção de alternativas de partição de queda obedece a um critério multiobjetivo de maximização da eficiência econômica e energética e minimização dos impactos ambientais. Os custos relativos às ações de prevenção, mitigação e compensação são internalizados, contribuindo para a incorporação dos aspectos ambientais como variáveis de decisão desde as etapas iniciais do processo de planejamento da expansão do setor [37].

Historicamente, o custo de estudos de inventário de bacias hidrográficas não representou um obstáculo ao desenvolvimento hidroelétrico por corresponder a uma pequena fração dos desembolsos totais. Adicionalmente, este custo era diluído com a economia de escala para a construção de usinas hidroelétricas em cascata - maior capacidade (MW) inventariada. O desenvolvimento de uma bacia com diversos projetos hidroelétricos totalizando centenas ou até milhares de MW instalados é da ordem de centenas de milhões ou até alguns bilhões de reais. Este valor é duas ordens de grandeza maior que os custos dos estudos de inventário. Além disso, no Brasil, o investidor que ganha uma licitação para a concessão de um projeto hidroelétrico em uma bacia hidrográfica de interesse deve remunerar a empresa que desenvolveu o estudo de inventário [6].

Recentemente, preocupações com os impactos ambientais das usinas hidroelétricas, principalmente aquelas com reservatórios que inundam grandes áreas, restringiram o desenvolvimento de parte do potencial hidroelétrico e renovaram o interesse pelo desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs), tipicamente de potência instalada menor do que 30 MW [8]. Incentivos econômicos para o desenvolvimento de PCHs também aumentaram o interesse por estas usinas. Como consequência, nos últimos anos, têm-se observado um crescimento muito grande de PCHs.

Porém, diferentemente de projetos hidroelétricos de grande porte, o custo do estudo de inventário para desenvolvimento de PCHs não é desprezível se comparado ao custo total do investimento [8].

Esta dissertação apresenta um modelo computacional para a realização automática de estudos de inventário para a determinação do potencial hidroelétrico viável. Os principais resultados gerados pelo modelo são os locais de instalação dos projetos e suas dimensões. A motivação chave para o desenvolvimento deste trabalho é uma investigação preliminar da viabilidade dos projetos de forma rápida e econômica, pois, como mencionado, o desenvolvimento de estudos de inventário de usinas hidroelétricas é demorado e pode ser custoso no caso de PCHs.

Esta abordagem tem algumas vantagens em relação à abordagem tradicional, preconizada no Manual de Inventário:

- (i) O modelo matemático desenvolvido na dissertação, baseado numa formulação de um problema de programação linear inteira, implicitamente

investiga um grande número (ou seja, milhões de alternativas) de divisão de quedas. Ainda que para um profissional experiente, um pequeno número de alternativas de partição de quedas (tipicamente menor do que 10) seja considerado suficiente, é possível que a melhor alternativa não esteja contemplada nesta relação e, portanto, não seja selecionada;

- (ii) Será visto que o modelo faz uso intensivo de recursos tecnológicos existentes. Um bom exemplo são bases de dados públicas com informações topográficas obtidas de equipamentos instalados em satélites. Este atributo facilita os estudos de inventário em locais cuja disponibilidade de dados seja precária, o que infelizmente é muito comum nos países em desenvolvimento que ainda não exploraram a totalidade do potencial hidroelétrico existente.
- (iii) A modelagem proporciona, a baixo custo, diferentes arranjos de Engenharia para as usinas. Adicionalmente, uma vez que as alternativas mais prometedoras forem identificadas pelo modelo, estudos mais detalhados podem ser realizados a um menor risco de investimento. E, no caso de resultados pouco prometedores, o empreendedor interessado pode desistir daquela bacia, economizando recursos que teriam sido despendidos pela abordagem tradicional.

O Capítulo 2 mostra a evolução histórica da hidroeletricidade e sua importância atual como recurso energético a ser explorado, sobretudo nos países em desenvolvimento. O desenvolvimento de estudos de inventário, o planejamento e construção de Pequenas Centrais Hidroelétricas no Brasil e o desenvolvimento integrado de bacias hidrográficas também são abordados.

O Capítulo 3 é dedicado à formulação matemática do problema de otimização de estudos de inventário.

O Capítulo 4 apresenta um estudo de caso para o modelo apresentado no Capítulo 3.

O Capítulo 5 relaciona as principais conclusões e os futuros desenvolvimentos, que são abundantes no caso do tema tratado nesta dissertação.