**Identificação de locais para a construção de projetos de usinas hidrelétricas reversíveis**

A produção de energia eólica e solar fotovoltaica cresceu extraordinariamente nos últimos anos graças a avanços tecnológicos e reduções de custos. Por aproveitarem recursos naturais intermitentes (vento e radiação solar), a variabilidade na produção de curto prazo é alta. Considerando esta tendência de aumento da participação de Fontes Renováveis Variáveis (FRV), torna-se cada vez mais relevante a busca por recursos capazes de aumentar a flexibilidade operativa de sistemas elétricos e mitigar a incerteza, variabilidade e sazonalidade da produção das FRV, equilibrando produção e consumo.

Dentre os recursos possíveis estão a integração de redes elétricas para aproveitar a diversidade climática, sobretudo em países com dimensões continentais, como o Brasil. Isto para que uma redução na produção de FRV em parte do sistema seja compensada por produção maior em outra parte, de forma análoga à complementaridade hidrológica aproveitada por hidrelétricas em diferentes bacias hidrográficas.

O armazenamento de energia em reservatórios é outro recurso bastante utilizado a ainda pode transferir energia de períodos de maior chuva para outros mais secos. Entretanto, hidrelétricas com reservatórios de regularização não vêm sendo construídas há pelo menos duas décadas no país por crescentes dificuldades de licenciamento ambiental. Isto motivou uma pesquisa para avaliar se usinas hidrelétricas reversíveis (UHR) - de longe a tecnologia com maior armazenamento de energia, excluídas as hidrelétricas - poderiam ser empregadas de forma econômica e com menores impactos ambientais.

As UHR aumentariam a flexibilidade operativa, dando suporte à uma maior penetração das FRV além de outros benefícios, como a prestação de serviços ancilares e manutenção da confiabilidade de sistemas elétricos. Por esta razão o armazenamento de energia está em pauta no planejamento de sistemas elétricos. No Plano Decenal de Expansão de Energia de 2029, as UHR ganham destaque como um dos recursos disponíveis para expansão da oferta para atendimento de ponta a partir de 2026. A EPE também vem desenvolvendo estudos, como o publicado na nota técnica EPE-DEE-NT-006, de 2019, com resultados para o Estado do Rio de Janeiro. Em 2020, a *International Hydropower Association* (IHA) lançou o Fórum Internacional sobre UHR com o objetivo de orientar e recomendar como elas poderiam contribuir para uma transição energética a uma economia global com baixa emissão de carbono.

Considerando as lacunas identificadas em diversas referências estudadas, este artigo apresenta uma metodologia para identificar locais com potencial para a seleção econômica de UHR através de técnicas avançadas de geoprocessamento.

Inicialmente a triagem dos locais é feita em áreas mais extensas, promovendo a eliminação dos locais inadequados. Para os locais mais promissores escreve-se um problema de programação linear-inteira para identificar reservatórios das UHR com requisitos mínimos de armazenamento a partir da seleção de células de um Modelo Digital de Elevação (MDE). A função objetivo inclui componentes de custo do barramento, do circuito hidráulico de geração e equipamentos eletromecânicos.

A resolução deste problema de programação linear-inteira mista é feita com métodos de solução eficientes. O modelo pode ser executado para diferentes instâncias do MDE e as melhores soluções agregadas para atender os requisitos dos sistemas regionais ou nacionais de energia.

Uma segunda linha de pesquisa - não apresentada neste artigo, porém complementar - trata do emprego de modelo de planejamento energético para a expansão do SIN que avalia a competitividade de projetos de UHR com diferentes tipologias, capacidades e localidades para atender a requisitos de energia, potência firme (para atendimento da demanda de ponta) e reservas operativas do SIN. Os projetos candidatos desta abordagem “top-down” são produzidos pela metodologia do artigo proposto, que como explicado determina características técnicas (capacidade, energia armazenada) e econômicas (custos de investimento) dos projetos UHR (abordagem “bottom-up”).

Um estudo de caso ilustra a aplicação da metodologia desenvolvida. Na sequência os resultados deste estudo de caso são discutidos e as principais conclusões apresentadas. O artigo conclui com breve discussão sobre as próximas atividades.