

Um sistema interligado hidroeólico para o Brasil

JOAQUIM F. DE CARVALHO e ILDO L. SAUER

Introdução

O BRASIL dispõe de potenciais hídrico e eólico que lhe abrem a possibilidade de produzir, de forma renovável e sustentável, toda a energia elétrica que consome no presente e consumirá a partir de 2050, quando, segundo o IBGE, a população estará estabilizada em 215 milhões de habitantes.

A interligação dos parques eólicos com a rede hidrelétrica, visando estruturar um sistema hidroeólico, contribuirá para suavizar a intermitência dos ventos, pois isso permite que se firme a energia eólica, mediante a economia da água dos reservatórios hidrelétricos, para ser usada na geração de eletricidade durante as estações secas, nas quais normalmente os ventos são mais fortes e fartos (Carvalho; Sauer, 2012).

A interligação dos parques eólicos entre si também contribui para amenizar o problema da intermitência dos ventos, por meio do chamado “efeito portfólio”, pelo qual, à semelhança de uma carteira de ações na bolsa de valores, a produção conjunta de todos os parques varia menos do que as produções individuais de cada um, isoladamente.

Graças ao seu imenso potencial hidrelétrico – e à possibilidade, ainda existente, de se implantarem grandes reservatórios de acumulação –, o Brasil tem uma extraordinária vantagem comparativa em relação aos Estados Unidos e à maioria dos países europeus e asiáticos, que são obrigados a apelar para as usinas termelétricas convencionais ou para as centrais nucleares.

Há, ainda, o potencial de espécies vegetais direta ou indiretamente aproveitáveis como fonte de energia, como a cana de açúcar, por exemplo.

Pequenas e médias usinas termelétricas a bagaço de cana poderiam, em conjunto, adicionar ao sistema interligado uma capacidade da ordem de 15 GW, numa estimativa conservadora (Única, 2008).

O potencial hidrelétrico

Ao lado de requisitos técnicos, econômicos e ambientais, o aproveitamento do potencial hidrelétrico deve respeitar o direito dos habitantes das regiões a serem alagadas, cabendo ao governo a responsabilidade de acomodar as populações ribeirinhas, mediante a execução de programas de reassentamento planejados em cooperação com as lideranças locais.

Essa é uma *conditio sine qua non* para a construção de reservatórios de

acumulação na Amazônia, sem os quais a curva de armazenamento de energia será cruzada pela curva de aversão ao risco de escassez – e o sistema elétrico brasileiro entrará em colapso.

Determinados segmentos da sociedade, no entanto, têm a percepção de que a geração hidrelétrica é invariavelmente deletéria, por causar a “artificialização das bacias hidrográficas” e a degradação da qualidade de vida das populações locais.

Devido a essa percepção equivocada, o Brasil corre o risco de ser obrigado a imitar países que, não dispondo de vantagens como as brasileiras, têm que apelar para as ambientalmente deletérias usinas termelétricas convencionais e/ou para as centrais nucleares, expondo suas populações ao risco de acidentes catastróficos, como os que por muito pouco não aconteceram há 33 anos em Three Mile Island, nos Estados Unidos, e há 29 anos em Saint-Laurent-des-Eaux, na França – e de fato aconteceram há 26 anos em Chernobyl, na Ucrânia, e há dois anos em Fukushima, no Japão.

Na verdade, os reservatórios hidrelétricos podem ser aproveitados para múltiplas finalidades, tais como regularização de vazões, transporte fluvial, irrigação de grandes áreas visando à produção agrícola, pesca interior, turismo ecológico etc. Todos esses usos requerem a proteção das nascentes e a preservação das matas ciliares, sendo, portanto, ambientalmente benéficos – ao contrário do que supõem os adversários emocionais dos reservatórios hidrelétricos.

Um notável exemplo de uso múltiplo de bacia hidrográfica é o da usina hidrelétrica de Três Marias, originalmente projetada apenas como reservatório de regularização, para irrigar 100 mil hectares do Projeto Jaíba, em Minas Gerais. Esse reservatório (que cobre uma área maior do que o dobro da Baía da Guanabara) é responsável pelo desenvolvimento da outrora paupérrima região nordeste de Minas. A geração hidrelétrica foi apenas uma decorrência de sua construção.

Outro exemplo é o da hidrelétrica de Sobradinho, que permitiu o desenvolvimento do maior polo de fruticultura irrigada do Brasil (Veiga Pereira et al., 2012).

Ainda outros exemplos são algumas hidrelétricas da Light e da Cesp, cujos reservatórios regularizam a vazão da bacia do Rio Paraíba do Sul e permitem a captação de água para a região metropolitana do Rio de Janeiro e algumas cidades do trecho paulista daquela bacia.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética, o potencial hidrelétrico brasileiro passível de ser técnica e economicamente aproveitado nas atuais condições de tecnologia é de 250 GW, dos quais 83 GW já estão em aproveitamento (EPE, 2012).

Dos 167 GW que ainda poderiam ser aproveitados, cerca de 108 GW situam-se na Amazônia e 59 GW nas demais regiões do país.

Admitamos que, por motivos sociais e ambientais, 20% do potencial ama-

zônico permaneçam intocados. Admitamos também que, devido a impactos de mudanças climáticas, caia em cerca de 15% a energia natural afluyente, assegurada pelo fluxo dos rios da região (Schäffer, 2011).

Nesse caso, restariam 73 MW a serem instalados na Amazônia. Suponhamos, ainda, que 10% do potencial das demais regiões fiquem intocados e desconsideremos as previsões de que as mudanças climáticas causarão aumentos de vazão nos rios das regiões Centro-Sul e Sul. Sobraria, portanto, um potencial da ordem de 53 GW, fora da Região Amazônica.

Assim, em adição aos 83 GW já em aproveitamento, ainda poderiam ser construídas hidrelétricas totalizando uma capacidade da ordem de 126 GW, de modo que o parque hidrelétrico brasileiro, como um todo, poderá ter uma capacidade total de 209 GW.

A fim de assegurar que a energia armazenada seja suficiente para suprir o sistema durante as estações secas, o volume global dos reservatórios brasileiros deverá duplicar, tornando indispensável a implantação dos grandes reservatórios já inventariados e ambientalmente passíveis de serem aproveitados, em particular na Amazônia. Nesse caso, a área alagada seria inferior a 0,6% da área daquela região (incluindo a área normalmente já ocupada pelos rios, nas estações chuvosas). Parece claro que tal impacto pode ser assimilado em pouco tempo pelo ecossistema regional.

Assinale-se que alterações causadas por desmatamentos comprometeriam a vazão dos rios, inviabilizando as próprias hidrelétricas (Carvalho, 2012). Assim, ao atribuir concessões para a exploração dessas usinas, o governo deve adotar a política de obrigar contratualmente (sob pena de multas e cassação das concessões) os concessionários a manterem guardas florestais, com a atribuição de fiscalizar e proteger as nascentes, matas ciliares e outros ecossistemas sensíveis, situados na região de influência dos reservatórios.

O potencial eólico

Em 2001, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Eletrobras/Cepel) realizou um inventário do potencial eólico brasileiro, estimando-o em 143 GW para turbinas encontradas no mercado, instaladas em torres de 50 metros.

Estudos mais recentes mostram que, com o desenvolvimento de turbinas mais eficientes e torres mais altas, o potencial pode superar 280 GW.

As perspectivas de se inventariar um potencial ainda maior são muito auspiciosas, com os ganhos de escala e aprendizado, resultantes do desenvolvimento tecnológico e da nacionalização da cadeia produtiva eólica (Ricosti; Sauer, 2012).

Acresce que as mudanças climáticas deverão causar um impacto bastante positivo sobre o potencial eólico (Schäffer, 2011).

Naturalmente, a implantação de parques eólicos deve ser planejada por forma a evitar que interfiram nas rotas de migração da fauna alada, ou provoquem impactos acústicos acima de limites toleráveis, em regiões habitadas.

Um sistema hidroecólico

Um sistema interligando as hidrelétricas com as eólicas e as termelétricas a biomassa, com as capacidades e fatores de capacidade indicados na Tabela 1, poderá gerar cerca de 1.103 GWh por ano.

Tabela 1 – Sistema elétrico interligado

Parque gerador	Capacidade (GW)	Fator de capacidade *
Hídrico	209	0,43
Eólico	143	0,22
Térmico a bagaço	15	0,30

* Conservadoramente, tomamos fatores de capacidade isolados e baixos. No sistema interligado, o f.c. deve superar a média ponderada dos sistemas isolados

As usinas térmicas a gás natural já existentes seriam acionadas (com suprimento flexível de combustível) apenas em períodos hidroecólicos críticos, otimizando a operação do sistema e servindo como seguro para reduzir riscos de racionamento (Carvalho; Sauer, 2012).

Para isso, será necessário realizar grandes investimentos na modernização dos sistemas de transmissão e distribuição, inclusive mediante o emprego de tecnologias avançadas, como as redes inteligentes (*smart grids*), para que o despacho dos parques eólicos seja continuamente associado ao despacho das hidrelétricas, elevando consideravelmente o fator de capacidade do sistema interligado (Carvalho, 2012).

Igualmente necessário é que o planejamento do setor energético seja mais abrangente, siga diretrizes estratégicas bem definidas para o longo prazo e seja normativo, diferentemente dos planos feitos nos dias de hoje, que são influenciados pela conjuntura política, por pressões corporativas e até por interesses mercantis de curto prazo.

E será indispensável que a Empresa de Pesquisa Energética e o Operador Nacional do Sistema sejam formalmente vinculados, a fim de compatibilizar os planejamentos de curto e médio prazos, com a operação do sistema; evitando os desentendimentos que têm colocado em risco o suprimento de energia, embora a afluência mínima dos rios brasileiros, em seu conjunto, não tenha passado por mínimos inferiores a 15% abaixo da afluência média, nos últimos dez anos.

Considerações finais e conclusão

Neste artigo não foi considerado o potencial fotovoltaico, o qual – com o desenvolvimento tecnológico nos campos dos semicondutores e das redes inteligentes – poderá desempenhar um papel muito importante no sistema elétrico brasileiro.

Tampouco foi considerado o potencial energético dos mares (energia das

ondas, das marés, das correntes marinhas etc.). Considerando que o Brasil tem mais de oito mil quilômetros de costa atlântica, presume-se que este potencial seja significativo.

No artigo também não foi tomado em conta o aproveitamento de resíduos urbanos em minicentrals termelétricas que, em conjunto, podem ter um potencial muito grande, dada a magnitude do problema colocado pelo descarte desses resíduos, num país de população urbana superior a 160 milhões de habitantes.

Quanto aos custos da energia elétrica, esses compõem-se de uma parte fixa, correspondente à amortização do capital investido – e de uma parte administrável, composta pelas despesas necessárias ao funcionamento da usina geradora.

A parte fixa abrange as despesas incorridas na implantação da usina (projetos, equipamentos, construção, montagem e testes), e a parte administrável compreende as despesas de operação e manutenção, seguros, salários, encargos trabalhistas etc. Modicidade tarifária implica racionalização dessas despesas, sendo, portanto, incompatível com pressões corporativas e interesses mercantis de curto prazo.

No caso das usinas nucleares, há também os custos do combustível, do descomissionamento ao fim da vida útil e da administração dos rejeitos radiativos.

Os custos efetivamente praticados devem ser estabelecidos por meio de negociações entre o poder concedente e o investidor, nas quais entram critérios subjetivos tais como “atratividade” para o investidor e “razoabilidade” para os consumidores; daí o imperativo ético de que o processo seja absolutamente transparente.

Calcula-se que, no Brasil, o custo da energia hidrelétrica fique em cerca de R\$ 80/MWh e o da nuclear em R\$ 200/MWh (Carvalho; Sauer, 2009).

Entre ambos vem a energia eólica, que foi negociada por aproximadamente R\$ 100/MWh, em recentes leilões promovidos pelo Ministério de Minas e Energia.

À guisa de conclusão, podemos afirmar que um sistema hidroelétrico estruturado nas condições brasileiras seria inteiramente sustentável e teria capacidade para cobrir indefinidamente a demanda brasileira por energia elétrica.

De fato, como foi mostrado no item anterior, graças aos seus imensos potenciais hídrico e eólico, o Brasil poderá estruturar um sistema hidroelétrico capaz de gerar, de forma renovável e sustentável, cerca de 1.103 GWh por ano.

Assim, a partir de 2050, quando, segundo o IBGE, população estará estabilizada em 215 milhões de habitantes, o sistema hidroelétrico teria capacidade para oferecer ao país, em caráter permanente, algo em torno de 5.100 kWh por habitante por ano.

Isso significa que, apenas com o aproveitamento de fontes de energia limpas e sustentáveis, o Brasil poderá, em matéria de energia elétrica, equiparar-se a países europeus altamente desenvolvidos.

Por fim, é importante ter em mente que, a partir de um patamar razoável, o bem-estar de uma sociedade não depende, necessariamente, do crescimento *à outrance* da produção física, nem de um grande consumo de energia.

Países como a Suíça e a Alemanha, por exemplo, não crescem desmesuradamente e, em termos *per capita*, consomem três vezes menos energia do que os Estados Unidos, no entanto os suíços e alemães desfrutam de uma qualidade de vida superior à dos norte-americanos.

Em outras palavras, o desenvolvimento deve ser buscado através do aprimoramento da educação e da saúde pública, do aperfeiçoamento dos processos de produção e da qualidade dos produtos, da racionalização da infraestrutura de telecomunicações e dos sistemas de transportes e assim por diante – e, naturalmente, do uso racional da energia para essas finalidades (Carvalho, 2011).

Se não for assim, carece de sentido o crescimento a qualquer custo, tão ansiosamente almejado por determinadas correntes de economistas.

Referências

CARVALHO, J. F. Measuring economic performance, social progress and sustainability using an index. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.15, p.1073-9, 2011.

_____. O espaço da energia nuclear no Brasil. *Estudos Avançados*, v.26, n.74, p.293-308, doi:10.1016/j.enpol.2008.12.020, 2012.

CARVALHO, J. F.; SAUER, I. L. Does Brazil need nuclear power plants? *Energy Policy*, v.37, p.1580-84, 2009.

_____. Um sistema interligado hidroelétrico para o Brasil, *Valor Econômico*, 1º nov. 2012.

EPE – Balanço Energético Nacional, 2012.

RICOSTI, J. C.; SAUER I. L. An Assessment of Wind Power Prospects in the Brazilian Hydrothermal System. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.19, p.742-53, 2012.

SCHÄFFER, R. Vulnerabilidade do sistema hidroelétrico brasileiro às mudanças climáticas no Brasil. In: IV CONFERÊNCIA REGIONAL SOBRE MUDANÇAS GLOBAIS: O Plano Brasileiro para um Futuro Sustentável – Painel Segurança Hídrica, 2011.

ÚNICA – União da Indústria da Cana de Açúcar. 2008, A importância do etanol e da cogeração na atual matriz energética brasileira e os principais desafios.

VEIGA PEREIRA, M. et al. Energia hidrelétrica e outras fontes renováveis. In: *Opção pela Energia Hidrelétrica e Outras Fontes Renováveis*. Forum Nacional, INAE, 2012.

RESUMO – Discute-se neste artigo a possibilidade que se abre ao Brasil, de – graças a seus imensos potenciais hídrico e eólico – produzir, de forma renovável e sustentável, toda a energia elétrica que consome atualmente e consumirá a partir de 2050, quando, segundo o IBGE, a população estará estabilizada em 215 milhões de habitantes.

PALAVRAS-CHAVE: Energia renovável, Sistema elétrico sustentável, Segurança elétrica.

ABSTRACT – This paper deals with the possibility that Brazil has – thanks to its immense hydroelectric and wind potentials – to produce in a sustainable way all the electrical energy it consumes nowadays and will consume from 2050 on, when, according to the IBGE, the population will be stabilized at 215 million people.

KEYWORDS: Renewable energy, Sustainable electric system, Electrical safety.

Joaquim Francisco de Carvalho é pesquisador visitante do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP. @ – jfdc35@uol.com.br

Ildo Luis Sauer é professor titular de Energia do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP. @ – illsauer@iee.usp.br

Recebido em 3.1.2013 e aceito em 22.1.2013.

