



CADERNO OPINIÃO

A APLICAÇÃO DE MODELOS COMPUTACIONAIS NO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

AUTOR

Carlos Eduardo Paes

novembro.2018

SOBRE A FGV ENERGIA

A FGV Energia é o centro de estudos dedicado à área de energia da Fundação Getúlio Vargas, criado com o objetivo de posicionar a FGV como protagonista na pesquisa e discussão sobre política pública em energia no país. O centro busca formular estudos, políticas e diretrizes de energia, e estabelecer parcerias para auxiliar empresas e governo nas tomadas de decisão.

DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

SUPERINTENDENTE DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Luiz Roberto Bezerra

SUPERINTENDENTE COMERCIAL

Simone C. Lecques de Magalhães

ANALISTA DE NEGÓCIOS

Raquel Dias de Oliveira

ASSISTENTE ADMINISTRATIVA

Ana Paula Raymundo da Silva

SUPERINTENDENTE DE ENSINO E P&D

Felipe Gonçalves

COORDENADORA DE PESQUISA

Fernanda Delgado

PESQUISADORES

Angélica Marcia dos Santos

Carlos Eduardo P. dos Santos Gomes

Fernanda de Freitas Moraes

Glaucia Fernandes

Guilherme Armando de Almeida Pereira

Mariana Weiss de Abreu

Pedro Henrique Gonçalves Neves

Priscila Martins Alves Carneiro

Tamar Roitman

Tatiana de Fátima Bruce da Silva

Thiago Gomes Toledo

Vanderlei Affonso Martins

CONSULTORES ESPECIAIS

Ieda Gomes Yell

Magda Chambriard

Milas Evangelista de Souza

Nelson Narciso Filho

Paulo César Fernandes da Cunha



OPINIÃO

A APLICAÇÃO DE MODELOS COMPUTACIONAIS NO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Carlos Eduardo Paes

O desenvolvimento econômico de uma nação está profundamente atrelado a sua capacidade de prover logística e energia. SILVA & BERMANN (2002) afirmam que, tendo essa premissa em mente, o planejamento energético se mostra como uma ferramenta de extrema utilidade e importância. Por meio dele, é possível identificar as fontes energéticas mais adequadas em termos técnicos, econômicos e ambientais, além de tentar promover o uso mais eficiente e racional dessas fontes. Com a temática do desenvolvimento sustentável

em voga, o planejamento energético assume um papel imprescindível na condução do crescimento de um país, uma vez que se faz necessária a garantia de atendimento à demanda em todo e qualquer momento sem extinguir os recursos energéticos não-renováveis e sem danificar a possibilidade de utilização dos recursos renováveis.

A partir do exposto acima, é possível inferir que a tarefa de planejar o setor energético para os próximos anos é árdua e complexa, requerendo a experiência e conhecimento de profissionais com diversas formações, bases de dados disponíveis e o envolvimento de múltiplos setores da economia. Um planejamento não-integrado é falho na medida em que não abarca toda a cadeia produtiva do setor energético e as decisões tomadas não ponderam os possíveis impactos nos diversos outros setores que dependem de energia para realizar suas atividades. Enquanto o planejamento tradicional se baseava apenas em métodos e técnicas de previsão de carga e sua relação com a oferta (GIMENES,

2004), o Planejamento Energético Integrado (PEI) busca também incorporar esforços de se contabilizar o potencial de melhorias no uso de energia, ou seja, combinar o desenvolvimento da oferta de energia com opções de eficiência energética, dando importância tanto para a produção e conversão de energia, quanto para o seu armazenamento, transporte, distribuição e consumo final. Tal tarefa, contudo, se torna praticamente inviável sem o uso de ferramentas que possibilitem essa integração.

Por prescindir de uma grande quantidade de dados e análises, o planejamento se utiliza de ferramentas computacionais que auxiliam no processo de tomada das decisões. Com o avanço da tecnologia e da capacidade de processamento de dados, uma gama considerável de ferramentas foi e é desenvolvida constantemente com objetivo de facilitar o trabalho do planejador ao se aproveitar as diversas possibilidades oferecidas pela computação. A tais ferramentas é dado o nome de modelos computacionais. Um modelo tem a função de, por meio dos dados fornecidos a ele, realizar uma série de operações internas e devolver informações desejadas pelo usuário. Modelos de planejamento são muito comuns não só para o setor energético e podem abordar o problema da tomada de decisão ou da indicação de tendências e previsões sob diversos paradigmas diferentes, cabendo ao planejador desenvolver ou escolher aquele que melhor serve para o caso de aplicação.

Dentro de planejamento energético, os modelos usados especificamente para esse fim apresentam uma complexidade inerente devido ao número de variáveis envolvidas e às incertezas embutidas para a obtenção das projeções e decisões (AZEVEDO et al, 2010). Dessa forma, modelos diferentes operam de maneira distinta dependendo do tipo de viés que adotam e do objetivo principal ao qual eles são

designados. Sumariamente, a partir de SCHAEFFER et al (2013), os modelos usados no planejamento energético podem ser classificados, dentre outros critérios, quanto ao tipo, técnica e setor. Quando analisamos os tipos de modelos empregados, estes se subdividem em Modelos Econométricos (*Top-down*), Modelos Paramétricos Técnico-Econômicos ou “de Uso Final” (*Bottom-up*) e Modelos Integrados (*Integrated Assessment Models – IAMs*).

Segundo VAN VUUREN et al (2009), a típica abordagem de um modelo *bottom-up* se baseia em como tecnologias individuais para a geração de energia podem ser utilizadas e substituídas entre si para prover essa energia, ou seja, foca no próprio sistema e não na sua relação com a economia como um todo. Sendo assim, modelos *bottom-up*, como o SAM e o RETScreen, possuem dados detalhados das tecnologias e suas análises podem indicar, por exemplo, que algumas delas não são implementadas devido a barreiras comerciais. Tais modelos são adequados para a avaliação de políticas de gerenciamento pelo lado da demanda, mas não garantem consistência nem permitem a avaliação de efeitos intersetoriais. Já os modelos *top-down*, como o EMPS, possuem uma abordagem inversa, focando na economia como um todo, isto é, em processos de mercado ao invés do detalhamento tecnológico. Apesar de partirem da hipótese de eficiência dos mercados, tais modelos são mais adequados para a avaliação de políticas fiscais e monetárias, além de garantirem consistência e permitirem a avaliação de efeitos intersetoriais. Contudo, não são recomendados para a avaliação detalhada de impactos ambientais, por exemplo.

Por sua vez, o Planejamento Energético Integrado, como o nome já indica, envolve o uso de modelos que permitem a união de ambas as abordagens,

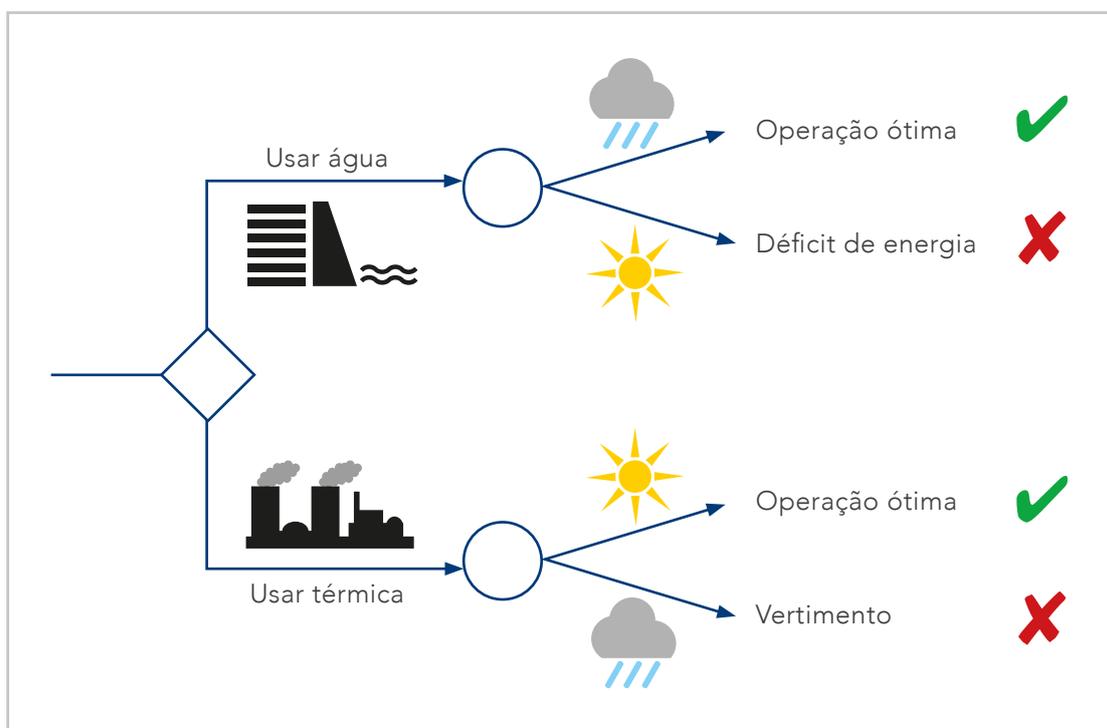
incluindo informações detalhadas das tecnologias e descrição dos processos de mercado, como é o caso do modelo LEAP. Na verdade, o fato da distinção entre as duas abordagens não ser muito clara implica que alguns modelos poderiam facilmente ser classificados em ambas as categorias. O AR4 (*Assessment Report*) do IPCC, por exemplo, usa o termo *top-down* para quase todos os modelos integrados, enquanto o termo *bottom-up* é empregado somente para modelos que são utilizados para a avaliação do potencial de redução de emissões baseada em tecnologias individuais (VAN VUUREN et al, 2009).

Em relação à técnica que os modelos utilizam para executar suas análises, esses podem ser classificados como de simulação, de otimização ou ambos. Os que utilizam técnicas de simulação objetivam realizar avaliações paramétricas e/ou econômicas de cenários energéticos e/ou tecnológicos sem necessariamente fornecer uma solução ótima, como é o caso do RETScreen. Por meio de simulações é possível determinar o comportamento de consumidores e produtores sujeitos a variação de preços e/ou de renda a partir de um conjunto de regras pré-estabelecidas no modelo (SCHAEFFER, 2013). Já as técnicas de otimização, no campo da Matemática, são técnicas que tentam selecionar o melhor elemento dentro de um espaço de busca limitado (DUCHARME, 2012). Em termos gerais, um problema de otimização consiste em uma função, chamada de função objetivo, que deverá ser maximizada ou minimizada de forma a encontrar os valores ótimos para as variáveis de decisão seguindo os limites estabelecidos por um conjunto de equações chamadas de restrições do problema. Modelos de longo prazo geralmente se baseiam em otimização. Entretanto, grande parte

dos modelos consegue permitir a realização tanto de simulações quanto de otimizações, tendo como exemplo o SAM e o HOMER. No que concerne à otimização propriamente dita, exemplos clássicos são encontrados no planejamento da operação e da expansão do setor elétrico.

Atualmente, a operação do SIN é feita por um conjunto de modelos que objetivam valorizar a água existente nos reservatórios. Em outras palavras, eles tentam controlar de maneira eficiente os volumes de água armazenados, o quanto desse volume deve ser turbinado para a geração elétrica e o quanto deve ser mantido no reservatório, tanto para garantir a geração nos próximos meses quanto para garantir os outros usos consumptivos ou não-consumptivos da água, como controle de cheias e secas e manutenção da vazão ecológica a jusante da barragem. A decisão a cada passo de tempo de se guardar água e gerar eletricidade com usinas termelétricas ou turbinar a água dos reservatórios, correndo o risco de esgotar a reserva do recurso, é um problema conhecido como “Dilema do Operador” e está representado na Figura 1. Entre os modelos que lidam com esse dilema estão o NEWAVE e o DECOMP, usados atualmente no setor elétrico brasileiro para auxiliar no planejamento da operação no médio e curto prazos, respectivamente. Já a expansão do SIN é feita com o auxílio de modelos que buscam fazer decisões acerca da alocação temporal de investimentos e do percentual de energia a ser gerado por cada fonte, de forma a maximizar os benefícios de cada uma delas minimizando os custos (GANDELMAN, 2015). Como exemplo pode-se citar o MDI (Modelo de Decisão de Investimento), atualmente usado pela EPE nas análises para o PDE (Plano Decenal de Expansão de Energia).

Figura 1 – Dilema do Operador.



Fonte: Elaboração Própria

No tocante à classificação por setor, os modelos se subdividem entre os que realizam análises setoriais e os que realizam análises integradas. Sendo cada setor envolvido na questão energética complexo por si próprio, alguns modelos se especializam em fazer uma boa representação daquele setor. Já os que realizam análises integradas são os que efetivamente atuam de acordo com os preceitos do PEI e tentam representar a atuação conjunta de vários setores, levando em consideração as especificidades de cada um e a dinâmica de relações entre eles, assim como seus fluxos, com o intuito de obter resultados mais conexos com a realidade. Contudo, modelos integrados podem esbarrar em limites de recursos computacionais, demorando para realizar suas análises e necessitando de configurações

mais robustas dependendo da escala do problema envolvido. Tentando mitigar esse problema, alguns modelos trabalham de forma a receber como entrada os dados de modelos setoriais, estabelecendo uma relação circular ou de complementariedade entre eles. A ideia que aqui se estabelece é a de que, para se ter um planejamento energético robusto, se faz necessária a inclusão de informações sobre o setor de transporte, sobre condições climáticas, sobre uso de terra, questões macroeconômicas e diversos outros tipos de agentes que interferem na demanda e oferta de energia para os próximos anos e nisso se fundamenta a intensa busca por modelos que, de alguma forma, consigam representar essa complexidade para auxiliar os planejadores em suas decisões.

Sendo assim, a partir do exposto acima, percebe-se como essa área de modelos é vasta e de fundamental aplicação nas previsões de cenários futuros, fornecendo diretrizes para o avanço do setor energético. Apesar da extensa quantidade de modelos disponíveis com diferentes características que, a princípio, podem confundir os usuários, é certo que as análises por eles proporcionadas conseguem tornar as decisões muito mais eficientes e eficazes, principalmente quando o modelo incorpora medidas de risco. O avanço tecnológico, por si só, já acarreta em um maior uso de modelos justamente pela tendência atual de se incorporar ferramentas computacionais nos processos de organiza-

ção humana. No caso, inovações como *Big Data*, *Data Management*, Paralelismo de Dados, *Cloud Computing* e Computação Quântica são fenômenos que estão ganhando cada vez mais espaço e que corroboram o potencial de crescimento dessas ferramentas para o uso no planejamento do setor energético por fornecerem análises ótimas e cada vez mais próximas da realidade, embora nunca atingindo de fato por se tratarem de representações. Sendo assim, se aproximar dessas ferramentas, entender o seu funcionamento e acompanhar o seu desenvolvimento são algumas das chaves para garantir um planejamento energético funcional e verdadeiramente integrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, F., GRIMONI, J., & UDAETA, M. (2010). Modelagem de uma Ferramenta Analítica Aplicada ao Planejamento Integrado de Recursos Energéticos. *Revista Brasileira de Energia*, 16(2), 63-76.

DUCHARME, C. (2012). Modelagem e Otimização do Programa de Manutenção de Transformadores de Potência (*Tese de Doutorado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro).

GANDELMAN, D. A. (2015). Uma Metodologia Para o Planejamento da Expansão do Sistema Elétrico Brasileiro Considerando Incertezas. (*Tese de Doutorado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro).

GIMENES, A. L. V. (2004). Modelo de integração de recursos como instrumento para um planejamento energético sustentável (*Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo).

SCHAEFFER, R., SZKLO, A.S., LUCENA, A.F.P., PENÑAFIEL, R.S., MAHECHA, R.E.G., RODRIGUEZ, M.F.C., & RATHMANN, R. (2013). Capítulo VII: Los Instrumentos de Planificación – Reporte Final. *Presentación del Manual de Planificación Energética*, Quito – Ecuador.

SILVA, M. V. M. D., & BERMAN, C. (2002). O planejamento energético como ferramenta de auxílio às tomadas de decisão sobre a oferta de energia na zona rural. *Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*.

VAN VUUREN, D. P., HOOGWIJK, M., BARKER, T., RIAHI, K., BOETERS, S., CHATEAU, J., SCRIECIU, S., VAN VLIET, J., MASUI, T., BLOK, K., Blomen, E., & KRAM, T. (2009). Comparison of top-down and bottom-up estimates of sectoral and regional greenhouse gas emission reduction potentials. *Energy policy*, 37(12), 5125-5139.



Carlos Eduardo Paes é mestrando na área de Otimização do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ. Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Possui diploma técnico em Informática pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ). Estudou por dois semestres na the University of Queensland (UQ), Austrália, como bolsista do Programa Ciência Sem Fronteiras. Atuou em projetos da COPPE/UFRJ nas áreas de Modelagem Hidráulica e Ambiental e Adaptação às Mudanças Climáticas. Estagiou na Empresa de Pesquisa Energética (EPE), na Superintendência de Planejamento da Geração, em que trabalhou na parte de modelagem computacional de otimização para a expansão da geração do setor elétrico brasileiro.



fgv.br/energia

