



GRUPO DE ESTUDO DE COMERCIALIZAÇÃO, ECONOMIA E REGULAÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCR

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUBSÍDIO APLICADO ÀS FONTES RENOVÁVEIS

**GUSTAVO GONÇALVES BORGES; MAURICIO BARBOSA DE CAMARGO SALLES(1); LUCAS FERNANDES CAMILO SIMONE
ESCOLA POLITÉCNICA(1)**

RESUMO

As metas assumidas no Acordo de Paris demonstram o compromisso do Brasil na preservação do meio ambiente e na redução das emissões de gases de efeito estufa. As energias renováveis podem contribuir com parcela relevante na economia de baixo carbono. Encontrar a política que contemple as externalidades características dessas fontes é fundamental para sua competitividade, pois a precificação dos seus atributos pode aumentar a assertividade entre custo, operação e sustentabilidade ambiental. Dentre as possibilidades avaliadas, a Análise de Custo-Benefício destacou-se como aquela que permite melhor balancear economicamente as contribuições e os impactos das fontes renováveis para os sistemas elétricos.

PALAVRAS-CHAVE

Energias Renováveis; Mudança do Clima; Sustentabilidade; Eficiência Econômica; Análise de Custo-Benefício

1.0 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as Fontes Energéticas Renováveis (FER) experimentaram expressivo ganho de competitividade frente às fontes convencionais. Essa ascensão deve-se, em boa parcela, aos incentivos econômicos concedidos, em virtude do reduzido impacto ambiental dessas fontes.

Para (1), as crises do petróleo na década de 1970 e a preocupação com o esgotamento das reservas foram essenciais para impulsionar as fontes renováveis, que se apresentaram como alternativa para uma geração limpa, segura e que reduz a dependência de combustíveis fósseis, tanto do ponto de vista de fornecimento quanto de autonomia externa, principalmente em relação aos países produtores de petróleo. Na década de 1990, a promoção de fontes de energia renovável foi proposta como parte da solução para diversos problemas ambientais.

Segundo (2), as FER oferecem solução parcial para a redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), no entanto, impactos no meio ambiente e no preço da eletricidade devem também ser considerados. Para (3), as FER têm vantagens e desvantagens. Dentre as vantagens: reduzidos impactos ambientais; redução dos custos operacionais (preço dissociado do mercado internacional de combustíveis); redução da dependência de combustíveis fósseis; segurança energética; confiabilidade dos sistemas de energia elétrica; qualidade energética; benefícios para o turismo; melhoria da qualidade de vida; conservação dos recursos naturais; auxilia o desenvolvimento local; e criação de novos empregos. As desvantagens incluem: mudanças na estética da paisagem, impactos na flora e fauna, poluição sonora e altos custos de instalação.

O Brasil ocupa posição privilegiada na produção de energia a partir de fontes renováveis. A matriz elétrica foi construída buscando a diversificação das fontes, como forma de complementá-la a partir de recursos naturais abundantes no país. Segundo (4), a participação das FER na matriz energética nacional atingiu 48,4% em 2020 – incremento de 2,3 p.p. em relação a 2019. Como comparativo, na matriz energética global as FER respondem por 13,8% (ano-base 2018) e os países da OCDE apenas 11%. Na matriz elétrica, o percentual de FER é de 84,8%, enquanto no mundo e na OCDE de 23% e 27%, respectivamente.

Segundo (5), o mundo experimenta um crescimento expressivo de energias renováveis como resposta a questões como mudanças climáticas, aumento da segurança energética e diversificação do mix de energia para geração de energia elétrica. Porém, essa energia proporcionada pela natureza é altamente intermitente, ou seja, variável e incerta. Para (6), essa característica, aliado ao fato de que o armazenamento de eletricidade em grandes quantidades ainda não é uma opção econômica, resulta em uma série de problemas: i) a eletricidade gerada a partir dessas fontes

não pode ser despachada seguindo um despacho de ordem de mérito (são inflexíveis); ii) o fator de capacidade dessas fontes é baixo, levando à uma ociosidade da infraestrutura de transmissão; e iii) esses sistemas não podem fornecer suprimento confiável nas 24 horas do dia, por isso exigirão capacidade de backup. Esse backup muitas vezes depende de energias não renováveis, aumentando o custo de oferta.

A preocupação com a dependência externa de fontes de energia também é legítima e é uma das razões para se buscar soluções locais para a garantia da segurança energética. O Programa Nacional do Alcool (ProAlcool), por exemplo, surgiu em 1975, em resposta ao primeiro choque do petróleo, em 1973. A submissão ao fornecimento externo de combustíveis deixa o país vulnerável ao mercado global e susceptível às variações do câmbio. Além da questão ambiental, esta é uma variável sensível para as fontes fósseis, principalmente para o petróleo e seus derivados.

É importante destacar que os economistas veem o meio ambiente como um ativo que fornece uma variedade de serviços. A escolha da técnica específica para precificar a disposição a pagar da sociedade depende dos tipos de danos ambientais que estão sendo evitados, para alcançar a qualidade ambiental desejada. Embora várias técnicas possam ser usadas para obter a disposição a pagar para evitar um determinado tipo de dano ambiental, ainda não há uma única técnica padrão, que possa ser usada efetivamente em todas as circunstâncias. Além disso, em situações específicas algumas técnicas tendem a ser melhores que outras (7).

Para (8), uma política ambiental se justifica na medida em que custos ambientais não são captados pelas relações de mercado, ou seja, os custos da degradação ambiental não incidem sobre o agente causador, mas recaem sobre a sociedade como um todo e sobre as gerações futuras. Assim, ao não capturar essa externalidade, o mercado pode não dar sinais adequados para o uso eficiente dos recursos naturais (segundo sua escassez ou custo de oportunidade social). Nesse sentido, medidas de incentivo econômico ou de comando e controle são necessárias para orientar os agentes a valorizarem os bens e serviços ambientais.

Os mecanismos de fomento às FER não devem privilegiar apenas a questão ambiental, mas sopesar as diversas características dessas fontes e seus efeitos na matriz elétrica, como segurança energética, confiabilidade e, não menos importante, custos. Será o planejamento de longo prazo que definirá as proporções ideais (e possíveis) para cada tipo de fonte, num horizonte determinado. Ou seja, qualquer concessão de incentivos específicos para as FER deve ser dinâmica e revista periodicamente.

Além disso, uma questão importante deve ser trazida à discussão: quem será o responsável por suportar esse incentivo? Evidentemente, as mudanças climáticas são uma realidade e todo cidadão deve contribuir para reduzir os efeitos no meio ambiente. Porém, é preciso considerar que esta é uma questão mundial, com repercussões geopolíticas importantes.

2.0 ACORDOS DO CLIMA

As chamadas mudanças climáticas globais são atribuídas, direta ou indiretamente, às atividades antrópicas que alteram a composição da atmosfera e se somam àquela provocada pela variabilidade climática natural. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o aquecimento global de 1,5°C e 2°C será excedido durante o século XXI, a menos que reduções imediatas nas emissões de GEE ocorram nas próximas décadas. Com efeito, mudanças rápidas, generalizadas e possivelmente irreversíveis, abater-se-ão sobre o meio ambiente terrestre, causando fenômenos naturais extremos (9).

O Brasil é um dos signatários do Acordo de Paris, firmado em 2015 na 21ª Conferência das Partes (COP 21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC). A Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do país neste acordo estabelece que, em 2025, as emissões de GEE deverão ser 37% inferiores às verificadas em 2005. Em 2020, o Brasil atualizou seu compromisso, incluindo nova NDC, que propõe redução de 43% das emissões de GEE, em 2030, em relação ao ano-base 2005 (10).

Segundo (11), especificamente para o setor energético, foram assumidos os compromissos de: (i) expandir o uso de fontes renováveis, além da energia hídrica, na matriz total de energia para uma participação de 28% a 33% até 2030; e (ii) aumentar o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis (além da energia hídrica) no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, inclusive pelo aumento da participação de eólica, biomassa e solar.

A Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, oficializa o compromisso voluntário do Brasil de redução de emissões GEE junto à UNFCCC. Ela foi instituída pela Lei nº 12.187/2009, com objetivo de garantir que o desenvolvimento econômico-social contribua para a proteção do sistema climático global.

Vale destacar também que o Brasil é signatário da Agenda 2030 da ONU, vinculando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Sobre o setor elétrico, o objetivo 7 - Energia Acessível e Limpa, o país se

compromete, por meio da meta 7.2 a, até 2030, manter elevada a participação de energias renováveis na matriz energética nacional. As metas dos ODS são facultativas (11).

Em 2020, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira foi de 398,3 MtCO₂eq, onde somente 5,7% correspondem à matriz elétrica. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), a geração elétrica no Brasil produziu 99,6 kgCO₂eq/MWh em 2018. Comparativamente, corresponde a 1/3 das emissões da Europa (322,8 kgCO₂eq/MWh), 1/4 dos Estados Unidos (417,7 kgCO₂eq/MWh) e 1/7 da China (684,9 kgCO₂eq/MWh) (4). Segundo dados da 5ª Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil, em 2016, as emissões de GEE nacionais foram de aproximadamente 1,3 GtCO₂eq. Já o total de emissões provenientes da geração elétrica foi de apenas 4% do total (12).

3.0 MECANISMOS DE FOMENTO ÀS FER

Com o objetivo de aumentar a participação das FER na matriz energética, diversos países adotam instrumentos de fomento, na forma de incentivos tarifários, redução de impostos, aplicação de taxas e aportes diretos dos governos. Segundo (1), uma política de suporte ideal para as FER requer o conhecimento do nível ótimo para o bem-estar e a natureza. Distinguem-se duas grandes categorias: políticas baseadas em preços e em quantidade.

As políticas baseadas em preços são aquelas que determinam compensações monetárias às FER. Dentre elas:

1. *Feed-in Tariff* (FIT): trata-se de tarifa especial para a compra de energia proveniente de fonte energética que se deseja incentivar, em geral, renováveis. O objetivo principal desse instrumento é criar um ambiente seguro para o crescimento da competitividade de certos tipos de energia, pois também oferece o suporte ao investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). A ideia central é que, com os avanços tecnológicos, haverá redução futura dos custos com o aumento de escala, permitindo a retirada gradual dos incentivos (11).
2. *Feed-in Premium* (FIP): é um mecanismo que consiste em contratos de longo prazo, que são projetados para reduzir a exposição de curto prazo do mercado a níveis elevados de renováveis intermitentes conectados à rede. O pagamento pela eletricidade disponibilizada depende dos atuais preços no mercado spot (atacadista) e, por isso, incentiva as exportações para a rede quando necessário e, durante períodos de alta oferta, o autoconsumo (11).
3. *Net metering*: é o sistema de compensação que permite aos geradores exportar o excedente para a rede elétrica, com consumo posterior. Neste sistema a rede elétrica funciona como bateria e o gerador/consumidor é faturado pelo seu consumo líquido (11).
4. Incentivos fiscais e de investimento: como cronogramas acelerados de depreciação, isenções fiscais, créditos fiscais ou empréstimos suaves, ou até mesmo restrições de importação para favorecer os desenvolvedores locais de FER (1).

Já as políticas baseadas em quantidade impõem metas para a redução de geração a partir de fontes mais agressivas ao meio ambiente ou condições exclusivas para as FER. O objetivo é limitar a quantidade de emissões. Dentre essas políticas, citam-se:

1. Quotas obrigatórias para FER: sistema em que governos (nacionais ou locais) definem quotas mínimas para FER na matriz energética. Em alguns países, são definidas sub-quotas para as fontes renováveis individualmente, a fim de estimular a diversificação tecnológica (11). Esse sistema exige que os ofertantes de energia elétrica produzam ou adquiram quotas de energia de geração renovável, por isso também favorecem o mercado descentralizado de certificados verdes.
2. Certificados de Energia Renovável (CER): também conhecidos como Certificados Verdes (*Green Bonds*), são certificados emitidos por unidade de energia produzida a partir de fontes renováveis e comercializadas em um mercado específico. A comercialização desses certificados cria um fluxo de receitas para os operadores das usinas, a fim de complementar o preço de geração de eletricidade por meio de fontes limpas, de forma a dar-lhes competitividade frente às fontes convencionais.
3. Leilões de Energias Renováveis (LER): segundo (11), são processos em que o governo abre concorrência para adquirir certa capacidade ou geração de eletricidade a partir de FER. Vence o certame as ofertas que apresentarem preços e critérios pré-estabelecidos, constituindo um acordo de compra de energia com os licitantes vencedores (*Power Purchase Agreement* - PPA).

O Brasil possui grande diversidade de recursos naturais que podem ser explorados para o aproveitamento energético. Ao longo dos últimos anos, múltiplas políticas públicas de fomento às FER foram introduzidas, com o objetivo de diversificar e, ao mesmo tempo, contribuir com o processo de descarbonização da matriz elétrica. Dentre elas, destacam-se (11) (13):

- Desconto nas Tarifas de Uso das redes de Distribuição e Transmissão (TUST/TUSD), para as fontes incentivadas - Lei 9.648/1998;

- Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA) - Lei 10.438/2002 e Lei 14.182/2021;
- Leilões de fontes alternativas (LFA) - Decreto 6.048/2007 – e leilões de reserva (LER) - Decreto 6.353/2008;
- Contratação obrigatória de Pequenas Centrais Hidroelétricas - Lei 14.182/2021;
- Sistema de Compensação de Energia Elétrica (*net metering*) para Mini e Microgeração Distribuída (MMGD), com a REN 482/2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- Resoluções do CONFAZ para consideração no saldo líquido para MMGD - ICMS 16/2015 - e para operações de fabricação ou montagem de geradores fotovoltaicos, células solares não montadas ou em painéis - ICMS 101/95;
- Isenção do PIS/COFINS para micro e minigeração - Lei 13.169/2015;
- Possibilidade de contratação de geração distribuída pelas distribuidoras de energia - Portaria MME 65/2018;
- Venda direta no mercado livre especial (fontes incentivadas) – Lei 9.648/1998 e Lei 10.438/2002;
- Valor de Referência Específico para Geração Distribuída (VRES);
- Regime Especial para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) - Lei 11.488/2007;
- Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) - Lei 11.484/2007 - e Lei de Informática - que possibilita a reduções de impostos e contribuições sobre equipamentos, condicionadas a investimentos em P&D;
- Resoluções da Câmara de Comércio Exterior (CAMEX);
- Linhas de Financiamento de bancos públicos, privados e instituições financeiras internacionais para renováveis com juros subsidiados (BNDES, CEF, BB, Banco do Nordeste, Santander, IFC, BID entre outros); e
- Isenção no imposto de renda no caso de debêntures emitidas - Lei 12.431/2011.

Essas políticas públicas favoreceram o aumento da participação das energias limpas na matriz energética brasileira. A energia renovável, exceto grandes hidroelétricas, cresceu acima de 1.000% nos últimos 20 anos e responde por mais de 20% da potência total instalada no país, em 2020.

No entanto, essa miríade de incentivos dificulta a avaliação da efetividade da política pública e onera, sobremaneira, as tarifas para os consumidores. Relatório do Tribunal de Contas da União (TCU) (11) identificou falhas e oportunidades para aprimorar a criação de um ambiente favorável à expansão economicamente sustentável das fontes renováveis na matriz de geração de energia elétrica brasileira. Destacaram-se: inexistência de avaliação dos resultados dos incentivos às fontes renováveis, assim como de critérios objetivos para a definição das fontes a serem ofertadas nos leilões; falta de coordenação entre os órgãos e entidades envolvidas; dificuldades técnicas que podem reduzir a atratividade da expansão da geração distribuída e da geração híbrida; e ausência de avaliação dos custos e benefícios dos reservatórios de empreendimentos hidrelétricos frente às outras maneiras de se compensar a intermitência de fontes renováveis.

Segundo (14), independentemente dos mecanismos adotados por um país, a adoção de meios para incentivar a comercialização de energia renovável também favorece o desenvolvimento da cadeia de suprimentos do setor. Pois, na medida em que essas tecnologias inicialmente não apresentem viabilidade econômica para competir com as fontes tradicionais, espera-se que os mecanismos de incentivo permitam o desenvolvimento tecnológico e o ganho de escala que proporcionem maior competitividade. Assim, o desenvolvimento tecnológico influencia diretamente a eficácia e também os custos dos mecanismos adotados.

De acordo com (15), embora a transição energética seja geralmente vista como algo que só pode ter sucesso quando há cooperação de todos os agentes econômicos, continua sendo importante manter o princípio da organização descentralizada dos mercados de energia. Isso significa que as decisões são tomadas por partes separadas que operam da forma mais autônoma possível. Os preços de mercado não podem cumprir bem o seu papel informacional e de condução, a menos que resultem de decisões descentralizadas independentes tomadas por fornecedores e consumidores, e todos os participantes estejam expostos aos preços de mercado.

Ainda segundo (15), a não precificação dos serviços ambientais pode ser vista como uma falha de mercado e, portanto, deve ser internalizada na precificação da energia. Porém, essas medidas também devem estar relacionadas a alguma restrição sobre os lucros, o que significa que a valorização do efeito externo não deve ser maior do que o valor real necessário para compensar os custos extras – do contrário, o benefício dado poderia ser completamente capturado pelo agente privado, sem produzir os resultados desejados para a sociedade. O regulador pode ainda buscar objetivos específicos, como a definição de patamares de inserção de energia renovável. A restrição de financiamento precisa ser levada em conta, o que significa que o instrumento econômico escolhido deve considerar apenas os custos eficientes para alcançar esse objetivo.

4.0 METODOLOGIA DE INCENTIVOS ÀS FER

A preocupação com a modicidade tarifária e a escalada de preços, principalmente a partir de 2015, levou as instituições do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) a discutir a eficiência econômica da concessão dos incentivos. No

âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME) foram abertas diversas consultas públicas (21/2016, 33/2017 e 45/2017), com ampla participação dos agentes. Em 2019, foi elaborado pelo “GT de Modernização do Setor Elétrico” com um subgrupo que avaliou especificamente a racionalização dos encargos e subsídios. O relatório produzido traz um diagnóstico detalhado dos dispositivos e das reformas legais e infralegais necessárias para reduzir seus impactos nas tarifas.

Ato contínuo, o PL 414/2021 (PLS 232/2016) e a Lei 14.120/2021 preveem o fim dos descontos das TUSD/TUST. A Lei 14.120/2021 manteve o desconto na TUSD/TUST para os empreendimentos que solicitaram outorga em até 12 meses e entraram em operação em até 48 meses da publicação da Lei. Essa regra também vale para o aumento de capacidade de empreendimentos existentes. Finalizada a outorga desses, e de outros empreendimentos beneficiados, o desconto não será renovado.

Ainda segundo a Lei 14.120/2021, o Poder Executivo federal deverá estabelecer diretrizes para a implementação, no SEB, de mecanismos para a consideração dos benefícios ambientais, em consonância com mecanismos para a garantia da segurança do suprimento e da competitividade, no prazo de 12 (doze) meses, contado a partir da data de publicação da Lei, ou seja, até 1º de março de 2022.

Segundo (11), as deficiências na avaliação integrada dos atributos das diversas fontes de geração de energia elétrica são perceptíveis. A correta precificação do impacto ambiental, do custo de operação, do custo de transmissão, do custo de *backup* e de outros fatores podem colaborar para a adoção das melhores decisões na expansão do parque gerador nacional. A iniciativa para avaliar os atributos de cada fonte de geração e a capacidade do sistema em absorver energias variáveis é essencial, pois auxiliará na construção de uma matriz energética que otimize a utilização dos recursos disponíveis, considerando os vários aspectos envolvidos.

Uma forma de determinar o valor adequado para estimular as fontes renováveis é a aplicação do conceito de eficiência econômica - o Ótimo de Pareto. Busca-se, com isso, que o valor concedido aos empreendedores de energias renováveis, a título de incentivo, não diminua o bem-estar da sociedade. Neste contexto, o expediente mais adequado a ser adotado é a Análise de Custo-Benefício (ACB).

A ACB consiste em avaliar a contribuição líquida de uma política pública para o bem-estar da sociedade, permitindo computar o seu retorno social. Este método baseia-se na projeção dos efeitos incrementais ao longo do ciclo de vida do projeto (custos e benefícios), em relação a um cenário de *benchmarking*, possibilitando o cálculo do benefício líquido para a sociedade em valor presente. Fundamentalmente, a ACB mede variações de excedente dos agentes econômicos em decorrência do projeto, considerando as diversas distorções econômicas que ocorrem nos mercados, tais como impostos, subsídios, externalidades e assimetrias de informação.

3.1 Limitações

As questões ambientais envolvem a mobilização e engajamento mundial. Por isso nações reúnem-se para negociar e estabelecer metas de redução de emissões e de preservação do meio ambiente. Neste complexo universo, de compromissos difusos e consequências geopolíticas importantes para o desenvolvimento dos países, é fundamental que alocação dos custos tenha racionalidade econômica para definir competências e responsabilidades objetivas. Isto é, deve-se determinar a parcela relativa a cada agente: consumidores de energia elétrica, população local ou sociedade (incluindo outras nacionalidades). Neste cenário, é preciso blindar os consumidores de energia elétrica, para que apenas os custos específicos do SEB sejam incorporados ao preço da energia.

A legislação ambiental vigente no Brasil (Lei Federal no. 6938/1981, Resolução Conama 237/1997 e Resolução Conama 01/1986) oferece as bases para legitimar a viabilidade ambiental de um determinado projeto. Esses estudos são realizados para cada projeto individualmente, pelo órgão ambiental competente. A viabilidade ambiental é uma condição crítica e limitante para a instalação dos empreendimentos de geração de energia elétrica. Esta não é uma atribuição do setor elétrico, ou seja, não deve fazer parte da metodologia a restrição de determinadas fontes. As condicionantes ambientais são definidas pelos órgãos licenciadores, locais e nacionais, cumprindo ao SEB apenas dar o incentivo correto (e não excludente) para as FER.

Outro ponto de atenção é a segregação das metas e obrigações para energia elétrica dos demais energéticos da matriz. Um dos segmentos com maior emissão de GEE é o de transportes. Essa separação é importante para não mesclar custos específicos e próprios da produção de eletricidade, evitando-se o subsídio cruzado com outros segmentos. Por essa razão, serão avaliados apenas requisitos do SEB.

3.2 Valoração dos atributos

Estimar os custos e benefícios em políticas públicas não é uma tarefa trivial. A comparação normalmente se dá em uma mesma base, usualmente expressa em valores monetários, todavia, nem sempre esses valores estão

disponíveis de forma direta. Para (16), a principal complexidade da ACB consiste em atribuir o valor social a todos os efeitos de um projeto, investimento ou política.

Segundo (16), os métodos de valoração podem ser classificados a partir da função de produção e da função de demanda. Nos métodos de função de produção avalia-se o comportamento do preço a partir da produtividade marginal e de mercados de bens substitutos (custo de reposição/recuperação, gastos de mitigação ou custos evitados e custos de controle). Neste método, se o recurso é um insumo ou um substituto de um bem ou serviço provado, utilizam-se preços de mercado para se estimar o valor econômico (preço-sombra).

Os métodos de função de demanda capturam a medida de disposição a pagar ou aceitar (*Willingness to Pay* – WTP – e *Willingness to Accept* – WTA) dos indivíduos em relação à variação de disponibilidade de um recurso. Com base nesses valores obtém-se o valor (preço-sombra) que representa o bem-estar social a partir da satisfação dos consumidores (16). As medidas a partir da função de demanda podem ser por preferência revelada ou relatada. Na preferência relatada são atribuídos valores dos recursos por meio da observação de mercados relacionados ou bens complementares (preços hedônicos e custo de viagem). Já na preferência declarada são utilizados questionários aplicados à sociedade e direcionados a extrair valores econômicos, a partir de cenários hipotéticos (método de valoração de contingente e modelos de escolha).

Como exemplo, estudo encomendado pela ANEEL para a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) estimou o efeito da intermitência das FER. Como premissa, considerou-se a energia vendida em contratos para as fontes PCH, eólicas, solares e biomassa para o quadriênio 2015/2019. A estimativa limitou-se a cinco características, além dos preços nos leilões: despacho de usinas termelétricas, controle secundário de frequência, saldo de energia no MRE, deslocamento da geração hidrelétrica e custos com a repactuação do risco hidrológico (17). Ou seja, foi utilizado o método de função de produção, a partir dos custos indiretos, para se estimar o custo da intermitência das FER, compondo-os como custo direto conhecido (preços de leilão).

Em (18), os pesquisadores do Projeto Sinapse avaliaram a inserção da variável ambiental no planejamento da expansão da geração. De acordo com a metodologia, a externalidade ambiental pode ser incorporada por meio dos Índices de Sustentabilidade de Fontes de Geração de Energia Elétrica (ISFG), obtidos com base na aplicação de pesquisa Delphi. Neste caso, adotou-se o método de preferências declaradas para estimar o valor dos benefícios ambientais por fonte.

No SEB, a coordenação do sistema geração baseada no conceito hidrotérmico, com usinas tipicamente despacháveis, deve adequar-se à inserção cada vez maior das FER, de característica intermitente. Essa adaptação estratégica da matriz elétrica, de médio e longo prazo, deve ser realizada de forma racional, com segurança energética e modicidade tarifária. Segundo (11), dadas as dificuldades de construção de novas hidrelétricas com reservatórios, principalmente em razão das dificuldades para o aproveitamento do potencial hidroelétrico remanescente e no licenciamento socioambiental, e o crescimento da participação das fontes intermitentes, as usinas termelétricas acabam assumindo a função de conferir a flexibilidade do SEB na provisão de geração de reserva ou *backup*. Nesse sentido, compensar a falta de previsibilidade das FER assume custo significativo e acarreta maiores emissões de GEE.

Nesse sentido, se a equação de maximização de fontes energéticas agregadas à matriz elétrica tivesse apenas as restrições de atendimento da carga e atendimento dos requisitos ambientais, certamente o problema convergiria para a utilização de FER apenas. Entretanto, outros atributos são necessários para construção e operação de uma matriz elétrica ótima no longo prazo.

Para atender à complexa necessidade de expansão do parque gerador brasileiro, alguns atributos devem ser precificados na metodologia da ACB para se alcançar a proporção ideal para cada fonte. Dentre esses atributos, destacam-se:

- Produção de energia: despachabilidade, custos com combustíveis, custo variáveis de operação e de manutenção (O&M), capacidade de armazenamento (estocagem), intermitência, sazonalidade, tempo de resposta, rampas de operação;
- Custos de capacidade: custo de instalação, custos fixos de O&M, fator de capacidade, tempo de construção;
- Serviços ancilares: reserva operativa, *backup*, controle de frequência (inércia);
- Serviços ambientais: impacto na fauna e flora, efeitos na saúde humana, geração de ruído, qualidade do ar (GEE, particulados, metais pesados), poluição de corpos d'água, esgotamento de recursos naturais, uso da terra, impacto na paisagem; e
- Aspectos socioeconômicos: dependência externa de combustíveis, domínio da tecnologia, conteúdo nacional, disponibilidade e formação de mão de obra, disponibilidade de financiamento.

Em estudo recente, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publicou a estimativa dos valores de referência por tipo de fonte de geração, relativos aos Investimentos (*Capital Expenditures* – CAPEX), aos Custos de Operação e

Manutenção (O&M) e ao Custo Variável Unitário (CVU). Esses valores – isolados ou combinados no cálculo do Custo Nivelado de Energia (*Levelized Cost of Energy* - LCOE) - são insumos para os estudos elaborados pela EPE: Modelo de Decisão de Investimento (MDI), utilizado na elaboração do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), ou no cálculo do Custo Marginal de Referência (preços-teto) dos leilões de geração (19).

O ideal para o planejamento, além do CAPEX, O&M e CVU, é que sejam incorporados os custos e benefícios referentes aos atributos acima mencionados. A priorização das FER é apenas uma indicação, que deve ser combinada com outras características na formação da matriz elétrica. Por exemplo, sabe-se que regime de ventos é complementar à sazonalidade hídrica, ou seja, a energia eólica ajuda a compor reservatórios no período seco. Por outro lado, o perfil intermitente da eólica exige que outra fonte atue para conferir confiabilidade na operação. Portanto, deve-se avaliar, no longo prazo, o contingente necessário para atender a intermitência da eólica, por meio de outras fontes firmes, caso contrário o SEB perderá qualidade operacional e algumas FER perderão a preferência.

3.3 Propostas e recomendações

O primeiro passo para definir uma política pública é a definição dos princípios que governarão as regras e a operação dessa política. Incentivar o incremento das FER na matriz energética brasileira é uma intervenção com consequências econômicas, sociais e ambientais de longo prazo, por isso, deve seguir os mandamentos da boa prática administrativa (20), entre outros. Nesse sentido, destacam-se nove princípios fundamentais:

- Eficiência: decisões devem ser tomadas com celeridade, eficácia, economicidade, efetividade e qualidade;
- Impessoalidade: a política atende ao interesse público, portanto, não está subordinada à conveniência de indivíduos ou grupos de interesse específicos, com garantia de tratamento isonômico entre agentes;
- Legalidade: assegurar a conformidade com a legislação e a segurança jurídica;
- Moralidade: respeito aos padrões éticos, de boa-fé, lealdade, honestidade, decoro e probidade;
- Previsibilidade: para promover a estabilidade legal e regulatória;
- Publicidade: prestação de contas, transparência e participação social na definição de regras;
- Simplicidade: estabelece que as ações devem ser claras, simples e acessíveis;
- Soberania: atributo que confere às nações o poder de decisão e, no plano internacional, o respeito à coexistência e autonomia de outras nações; e
- Sustentabilidade: pressuposto para o uso racional dos recursos naturais e preservação do meio ambiente e demais formas de vida (para gerações presentes e futuras).

Outra etapa importante é a definição do marco inicial. No caso das FER, foi demonstrado que há excesso de benefícios e efeitos cumulativos entre eles, o que dificulta a análise da eficácia dessas iniciativas. O ideal é simplificar e adotar uma política única – i.e., “zerar” os subsídios concedidos e suportados pelo SEB e criar um programa único. Ao mesmo tempo, deve-se conceder um período de transição para os empreendimentos contratados e em operação, preservando o direito adquirido no que diz respeito às políticas vigentes. Este é um princípio fundamental para manter a segurança jurídica e a viabilidade desses projetos, pois tais foram desenvolvidos e financiados a partir dessas regras. Terminada a outorga ou autorização de geração, o novo contrato deverá adequar-se ao modelo. Alternativamente, pode ser oferecida a possibilidade de transição, com assinatura de termo aditivo. Ato contínuo, esse ponto marca a retirada de todos os incentivos atuais para a dar lugar à nova política.

Além disso, é preciso retirar os incentivos direcionados às fontes fósseis, como para o carvão nacional e o diesel para os sistemas isolados (Conta de Consumo de Combustíveis – CCC). Obviamente, a existência desses subsídios representa um contraditório à política de redução de GEE, mas existe alternativa.

Não há necessidade de proibir tecnologias mais agressivas ao meio ambiente, pois é possível equilibrar a competitividade frente a essas fontes mais poluentes com um mercado de certificados verdes – e com processos de licenciamento ambiental bem conduzidos. A ideia é que essa externalidade negativa (do carvão, p.ex.) torne-se uma taxa a ser revertida para as FER. Em outras palavras, o poluidor “compra” o direito de poluição. Uma vez inserido no sistema, o poluidor deverá seguir as regras ambientais. Em equilíbrio, o custo marginal da redução da poluição deve ser igual ao preço de mercado da licença (Teorema de Coase).

Em essência, trata-se de aproveitar as taxas introduzidas para retroalimentar o sistema, aplicado na estruturação da matriz – em R\$/MW instalado. Este é um mecanismo de mercado, que desincentiva a instalação de fontes mais poluentes e com maior impacto ao meio ambiente, e refrata o repasse de custos (e impostos) para os consumidores, pois a competição pelo preço da energia é mantida.

Conceitualmente, caso a simulação do planejamento aponte a necessidade de preços diferenciados para as FER, este subsídio deve ser aplicado somente para a incorporação de potência à matriz elétrica, pois a capacidade é um bem público, estrutural. Após a integração no SEB, o investimento torna-se um investimento afundado (*sunk costs*) e a operação passa a ser coordenada pelo Operador Nacional do Sistema (ONS).

Por outro lado, a energia transacionada é um bem privado. No mercado livre – ou no varejista, como é a expectativa com o relaxamento das regras do mercado livre para os próximos anos – a energia é negociada livremente por contratos bilaterais. Eventuais ganhos de sustentabilidade no mercado de energia não precisam ser compartilhados com toda a sociedade. Esta vantagem pode ser precificada por meio de Certificados de Energias Renováveis (*Renewable Energy Certificates* - REC) – em R\$/MWh. Trata-se de um atestado de compra de energia de origem renovável. Há no Brasil diversas entidades que já comercializam esse tipo de certificado. Assim, além de não possuir custos com a compra de combustíveis (CVU igual a zero), as FER contam com o diferencial competitivo de sustentabilidade.

Por fim, é preciso adotar um mecanismo de revisão do nível de incentivos destinados às FER. O tamanho do subsídio dependerá da necessidade para o atingimento de metas e necessidades específicas do setor elétrico, de acordo com os objetivos de segurança energética, confiabilidade e modicidade dos preços. O benefício deve ser reavaliado periodicamente, a fim de regular o montante em função das necessidades da matriz no longo prazo. Essa revisão pode ser realizada a cada cinco anos, seguindo os ciclos do Plano Nacional de Energia (PNE). O acompanhamento ex-post da política pode ser publicado junto com o PDE.

5.0 CONCLUSÕES

Os mecanismos de incentivo à inserção de renováveis na matriz não podem ter como única prioridade a questão ambiental. Cada tecnologia de geração possui características próprias, que devem ser levadas em conta no planejamento de longo prazo, pois atributos técnicos, econômicos e sociais precisam fazer parte da equação que definirá o nível ótimo de participação dessas fontes na matriz elétrica.

Os subsídios e tributos são ferramentas para corrigir falhas de mercado. No caso das FER, para internalizar seus benefícios ambientais não contabilizados no preço de mercado. Se, corrigindo as externalidades, ainda houver dependência do incentivo durante toda a vida útil do empreendimento, não há justificativa para sua concessão. Sempre que se utiliza desse artifício, criam-se falhas de mercado, por isso o benefício deve ser específico, mensurável e com prazo determinado. Quando definido acima do ideal, há transferência de renda da sociedade para os empreendedores de FER, aumentando seu lucro e diminuindo o bem-estar social.

A proposta aqui apresentada, de uso da ACB, é capaz de equilibrar a balança e dar os incentivos corretos, com racionalidade econômica e eficiência alocativa. Sopesar custos e benefícios deve ser etapa fundamental no processo de tomada de decisão dos agentes públicos, quando planejam a matriz elétrica do país, em um contexto de transição energética para uma economia e baixo carbono.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CRETÌ, Anna; FONTINI, Fulvio. *Economics of electricity: Markets, competition and rules*. Cambridge University Press, 2019.
- (2) BERGMANN, Ariel; HANLEY, Nick; WRIGHT, Robert. *Valuing the attributes of renewable energy investments*. *Energy policy*, v. 34, n. 9, p. 1004-1014, 2006.
- (3) STIGKA, Eleni K.; PARAVANTIS, John A.; MIHALAKAKOU, Giouli K. *Social acceptance of renewable energy sources: A review of contingent valuation applications*. *Renewable and sustainable energy Reviews*, v. 32, p. 100-106, 2014.
- (4) EPE, Empresa de Pesquisa Energética. *Balanço energético Nacional 2021: ano base 2020*. Empresa de Pesquisa Energética, EPE, Rio de Janeiro, 2021.
- (5) SHOGREN, Jason. *Encyclopedia of energy, natural resource, and environmental economics*. Newnes, 2013.
- (6) BHATTACHARYYA, Subhes C. *Energy economics: concepts, issues, markets and governance*. Springer Nature, 2019.
- (7) HUSSEN, Ahmed. *Principles of Environmental Economics: An Integrated Economic and Ecological Approach*. Routledge, 2004.
- (8) ROMEIRO, Ademar Ribeiro; REYDON, Bastian Philip; LEONARDI, Maria Lúcia Azevedo. *Economia do meio ambiente: teoria, políticas e gestão de espaços regionais*. Embrapa Meio Ambiente; UNICAMP-IE, 1997.
- (9) IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. s.l.: Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021.

- (10) UNFCCC. Registros de NDC. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3hc96bc>. Acesso em: 7 set. 2021.
- (11) TCU. Avaliação das Políticas Públicas de Inserção de Fontes Renováveis na Matriz Elétrica Brasileira. Brasília: Relatório de Auditoria Operacional (TC 008.692/2018-1), 2019.
- (12) BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 5. ed., 2019.
- (13) EPE. Mecanismos de Carbono - Documento de Apoio ao PNE 2050. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2VmPae7>. Acesso em: 7 set. 2021.
- (14) FRANÇA, V. C. L. Inserção da energia fotovoltaica no Brasil: Uma avaliação de incentivos. 2016. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
- (15) MULDER, Machiel. Regulation of Energy Markets: Economic Mechanisms and Policy Evaluation. Springer Nature, 2020.
- (16) DA MOTTA, Ronaldo Seroa. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1998.
- (17) CCEE. Relatório de Custos das Fontes Incentivadas. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2XEwelM>. Acesso em: 22 set. 2021.
- (18) RAMOS, D. S. et al. Planejamento Energético: Inserção da Variável Ambiental na Expansão da Oferta de Energia Elétrica. Rio de Janeiro: Synergia, 2020.
- (19) EPE. Caderno de Preços da Geração 2021. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3AzaX1z>. Acesso em: 22 set. 2021.
- (20) DO BRASIL, Senado Federal. Constituição da república federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

DADOS BIOGRÁFICOS



GUSTAVO GONÇALVES BORGES

Doutorando do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica-USP. Formado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica-USP (2001) e mestrado pela Escola Politécnica-USP (2005). É gerente do Departamento de Infraestrutura da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). <http://lattes.cnpq.br/9335120345236264>

(2) LUCAS FERNANDES CAMILO SIMONE

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP (2008) e Mestrado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP (2019). É Especialista em Energia do Departamento de Infraestrutura da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP).

(3) MAURICIO BARBOSA DE CAMARGO SALLES

Professor assistente na Escola Politécnica da USP, desde 2010. Em 2004, obteve título de mestrado pela UNICAMP. De 2006 a 2008, se juntou à equipe do Instituto de Máquinas Elétricas da RWTH Aachen University. Em 2009, ele recebeu o grau de Doutor pela Universidade de São Paulo (USP). Entre 2014 e 2015, foi professor visitante Universidade Harvard, na John A. Paulson School of Engineering and Applied Sciences. Seus principais interesses são geração distribuída, análise dinâmica de sistemas elétricos, estabilidade, energias renováveis, armazenamento de energia e mercados de energia elétrica. É um dos fundadores do Laboratório de Redes Elétricas Avançadas - LGrid.