Análise do Impacto das Fontes de Energia Elétrica no Setores Econômico e Socioambiental Através do Balanço Energético Nacional

Prof. Dr. André Nunes de Souza [*] **Prof. Dr. Leonardo Nepomuceno** [**]
Ivan Santos de Oliveira Junior [**] **Me. João Augusto Silva Lêdo** [***]
Kleber Alexandre Mazeto Rossi [†]

[*] *Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista (UNESP), SP, (e-mail: andre.souza@unesp.br);*
[**] *Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista (UNESP), SP, (e-mail: leonardo.nepomuceno@unesp.br);*
[***] *Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista (UNESP), SP, (e-mail: ivan.junior@unesp.br);*
[****] *Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista (UNESP), SP, (e-mail: joao.ledo@unesp.br);*
[†] *Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista (UNESP), SP, (e-mail: kleber.rossi@unesp.br).*

Abstract: This paper aim to develop an analysis from the data showed by a Brazilian Energy Balance known as (*Balanço Energético Nacional*) and its relationship between the economics, environmentalism and governmental fields with its national electrical power sources.
At the beginning of this paper, it is approached on how Brazilian Energy Balance has been build along the years as well as its historical load, standing as a responsibility of Power Research Enterprise known as (*Empresa de Pesquisa Energética*), and the methodology applied in order to acquire its data, to perform its calculations at its composition, as well as its accounting and disclosure. Finally an analysis is done from the data disclosed by Brazilian Energy Balance at the years of 2020 and 2021.

Resumo: Este trabalho propõe uma análise dos dados apresentados pelo Balanço Energético Nacional (BEN) e a relação do meio econômico, socioambiental e governamental com a matriz elétrica brasileira.
Inicialmente é abordada a forma como é construído o BEN, denotando um pouco de seu histórico, situando-o como responsabilidade da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), além de apresentar a metodologia aplicada na obtenção dos dados, nos cálculos efetuados em sua composição, bem como sua contabilização e divulgação. Finalmente é feita uma análise dos resultados divulgados pelo BEN nos anos de 2020 e 2021.

Keywords: Analysis, National Electrical Power sources, Economic and Environmental Fields.
Palavras-chaves: Análise, BEN, Matriz Elétrica Brasileira, Meio Econômico e Socioambiental.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor elétrico nacional é administrado, governamentalmente, pelo Ministério de Minas e Energia (MME) (Brasil, 2020c). O MME é o órgão de administração pública responsável por realizar o planejamento energético nacional (Brasil, 2020c). Ele foi criado em 1960 no governo de Juscelino Kubitschek, com o intuito de zelar pelo equilíbrio conjuntural e estrutural entre a oferta e demanda das fontes de energia do país. Hoje o Decreto nº 9.675/2019, ANEXO I, Art. 1º. é o mais recente documento que regulamenta suas ações (Brasil, 2019).

O MME possui um conjunto de secretárias que são responsáveis pela tomada de decisão em diferentes segmentos de energia presentes no país. Dentre elas, destacam-se: a Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (SPG); Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM); Secretaria de Energia Elétrica (SEE); e a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético (SPE). Além dessas, existem outras entidades que são relacionadas ao MME como: a Agência Nacional de Mineração (ANM); a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM); a Empresa de Pesquisa Energética (EPE); a Empresa Brasileira de Administração de Petróleo e Gás Natural S.A. - Pré-Sal Petróleo S.A. (PPSA); a Petróleo Brasileiro S.A. - (Petrobras); as Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras); as Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB), a Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (NUCLEP), dentre outras (Brasil, 2019).

No contexto do planejamento energético nacional, o MME é responsável por realizar um conjunto de ações com base em estudos e dados técnicos confiáveis que orientam a alocação de recursos e a tomada de decisão, além de ter por responsabilidade garantir a continuidade e segurança do sistema energético nacional, tendo em vista aspectos econômicos e socioambientais (Brasil, 2020b). Dentre as entidades relacionadas ao MME, destaca-se a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), criada através da lei Nº 10.847, de 15 de Março de 2004 e efetivada em um decreto de agosto de 2004 (Brasil, 2021a). A EPE é responsável pelos estudos que orientam o planejamento energético nacional, dentre os quais, destacam-se o Balanço Energético Nacional (BEN) (Empresa de Pesquisa Energética, 2020a), que possui natureza multidisciplinar e reúne dados estatísticos oriundos das fontes de energia presente no país, viabilizando a elaboração do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) (Empresa de Pesquisa Energética, 2020d), e do Plano Nacional de Energia (PNE)(Empresa de Pesquisa Energética, 2020g), além de fornecer informações para setores não relacionados ao governo que também influenciam de forma estrutural na economia, na sociedade e no meio-ambiente (Brasil, 2021b).

O PDE é um documento informativo elaborado anualmente pela EPE, sob as diretrizes e o apoio da equipe da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético (SPE/MME) (Empresa de Pesquisa Energética, 2020d) e da Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (SPG/MME), que tem por intuito indicar as perspectivas para o setor energético dentro de um horizonte de dez anos. Tem por objetivo subsidiar decisões de política energética fornecendo ao mercado e à sociedade informações pautadas em estudos de cenários econômicos e sociais que, por meio de modelagem, são convertidos em demandas de energia; além de realizar o mapeamento da oferta potencial energética disponível no país, viabilizando uma análise do desenvolvimento do sistema elétrico e das condições de adequabilidade de suprimento (Empresa de Pesquisa Energética, 2020e).

O PNE é responsável pelo planejamento de longo prazo do setor energético do país. Tem por objetivo sinalizar tendências e balizar as alternativas de expansão desse segmento nas próximas décadas que através do Plano Nacional de Energia 2050. É elaborado a cada 5 anos. (Empresa de Pesquisa Energética, 2020f)

Este trabalho propõe uma análise dos dados apresentados pelo BEN da matriz energética brasileira em relação aos setores econômico, socioambiental e governamental. Na Seção 2 serão abordados os aspectos econômicos e socioambientais influenciados pelo BEN. Na Seção 3 serão evidenciadas as metodologias aplicadas aos cálculos presentes nele. Na Seção 4 serão apresentados os resultados obtidos e as possíveis discussões pertinentes. Na Seção 5 será exposta a conclusão do trabalho, e, por fim, serão apresentadas as referências bibliográficas.

2. IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIOAMBIENTAIS

O BEN ao longo dos anos tem contribuído fornecendo relatórios que impactaram de formas distintas nos setores econômicos, socioambientais e governamentais. A configuração atual do BEN data de 15 de março de 2004, quando foi assumido pela EPE, e formalizada através do art. 4º, Inciso II da Lei nº 10.847 (Brasil, 2021a), que tem por finalidade dar embasamento para as atividades de planejamento e acompanhamento do setor energético brasileiro. A partir dessa data, o BEN passou a ter uma estrutura mais organizada, ser publicado anualmente e adquiriu maior participação em diferentes setores da economia, especialmente aqueles que trabalham diretamente com diferentes nichos energéticos, como petróleo, carvão mineral, carvão vegetal, dentre outros.

2.1 Histórico

O portfólio de produtos do BEN tem origem nas estatísticas energéticas, que eram elaboradas pelo governo desde 1969 e que deram embasamento ao longo do tempo a muitas decisões de caráter econômico. No final da década de 60 e início da década de 70, os primeiros relatórios de estatísticas energéticas contribuíram para organizar e elaborar planos desenvolvimentistas e atender as novas demandas da sociedade, que migrara para os grandes centros urbanos (Empresa de Pesquisa Energética, 2020c).

Ao longo da história, as informações contidas no BEN foram sendo melhoradas e adquirindo o escopo atual. Essas melhorias surgiram por conta de uma preocupação de agentes de governo e de mercado que se utilizam desses dados para obterem resultados econômicos. Com o tempo surgiram mecanismos mais fidedignos, que, por sua vez, auxiliaram na disponibilização de uma maior gama de informações, tornando-o cada vez mais robusto.

2.2 Panorama Atual

O BEN continua fornecendo informações que auxiliam tomada de decisões em diversos setores, entretanto, na atualidade, os objetivos almejados são diferentes dos do passado, por conta das diferentes demandas da sociedade.

No setor econômico, o BEN viabiliza tomadas de decisões (em planejamentos, leilões de energia, previsões...) por parte de diversos setores, como o elétrico, o petrolífero, e agronegócio.

Em um âmbito socioambiental, o BEN auxilia no monitoramento das tendências e acompanhamento do planejamento em temas como o controle de créditos de carbono (Brasil, 2020d), o desenvolvimento de regiões no território nacional e a exploração de matrizes energéticas.

Com relação ao setor governamental, os dados levantados pelo BEN oferecem panoramas atuais e históricos que permitem monitorar a evolução do consumo e da demanda energética, além de elaborar projeções como as realizadas pelo PNE (Empresa de Pesquisa Energética, 2020g) e pelo PDE (Empresa de Pesquisa Energética, 2020d). Essas projeções dão respaldo ao planejamento da expansão do sistema elétrico, de modo a assegurar a continuidade do fornecimento em espectros adversos e em âmbito regional, além de balizarem decisões que visam promover a integração dos sistemas isolados ao Sistema Integrado Nacional (SIN). Permitem, ainda, avaliar a evolução da oferta e da demanda das diversas fontes de energia, permitindo, assim, que a administração pública possa se precaver de uma situação de escassez e promover a diversificação da matriz energética.

Essas medidas garantem o fortalecimento da imagem do país perante outras nações, uma vez que as questões ambientais e energéticas também fazem parte de uma agenda de compromissos internacionais, além de subsidiar decisões que permitem ampliar o acesso a serviços energéticos e lidar com as desigualdades no acesso à energia.

3. METODOLOGIA DO CÁLCULO DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL

Nesta seção serão abordados os procedimentos referentes à coleta de dados, bem como sua contabilização e publicação nos meios setoriais, a fim de que possa servir como uma base segura na tomada de decisão; tendo em vista os objetivos supracitados.

3.1 Coleta de Dados

Na etapa da coleta de dados, a EPE analisa e revisa questionários setoriais e formulários institucionais previamente disponibilizados em seu sítio eletrônico, além de solicitar dados dos agentes públicos e setores industriais energo-intensivos relacionados a produção, transformação e consumo de energia. Esses dados são conferidos por meio de testes de consistência simples e são complementados ou retificados, quando necessário, a fim de serem contabilizados.

3.2 Contabilização

Na etapa de contabilização, os dados coletados são analisados mais profundamente com base nos seguintes critérios:

- Série histórica dos dados de oferta, transformação e demanda de fontes energéticas;
- Consumo específico de energia em cada atividade econômica;
- Parâmetros de eficiência de processos nos centros de transformação;
- Testes de ordem de grandeza dos dados coletados; e
- Balanço de massa e energia nos processos.

A partir desses dados são elaboradas as planilhas de contabilização que compõem a matriz energética do ano base, que, após sua consolidação, são extraídos os resultados agregados e realizadas análises de comportamento estrutural e conjuntural, por fonte energética e por setor de atividade econômica;

A análise de balanço de energia se baseia em uma cadeia produtiva em que os produtos energéticos podem ser subdivididos por etapas de transformação, nas quais as fontes de energia são classificadas com relação a sua identidade química de origem, que pode sofrer alteração de acordo com a possibilidade de aproveitamento energético naquela forma.

Assim, entende-se por fontes energia primária aqueles produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica, carvão vapor, carvão metalúrgico, energia hidráulica, etc.

Fontes de energia secundária são aquelas que têm sua identidade química de origem alterada em um centro de transformação, podendo ser definidas, portanto, como os produtos energéticos resultantes dos diferentes centros de transformação que têm como destino os diversos setores de consumo e, eventualmente, outro centro de transformação. Enquadram-se nessa categoria fontes como óleo diesel, óleo combustível, gasolina (automotiva e de aviação), GLP, nafta, querosene, urânio, entre outras.

Os centros de transformação, então, são os locais onde fontes de energia primária são transformadas em secundárias, ou fontes já classificadas como secundárias são convertidas em outros tipos fontes secundárias. Como exemplos de centros de transformação podem-se citar refinarias de petróleo, plantas de gás natural, usinas de gaseificação, coquerias, ciclo do combustível nuclear, refinarias de petróleo, plantas de gás natural, usinas de gaseificação, coquerias, ciclo do combustível nuclear, etc.

Os produtos primários e secundários adequados para comercialização são destinados ao consumidor final, que são constituídos especialmente pelos setores residencial, comercial, público, agropecuário, transportes e industrial. O balanço energético, de fato, é feito de maneira a se considerar as origens das fontes energéticas, variação de estoques de energia, possíveis perdas, impossibilidade de aproveitamento ou destinação para outras finalidades, como reinjeção e consumo não energético. Toda a cadeia produtiva que fundamenta a composição do balanço energia está representada no fluxograma mostrado na figura 1.

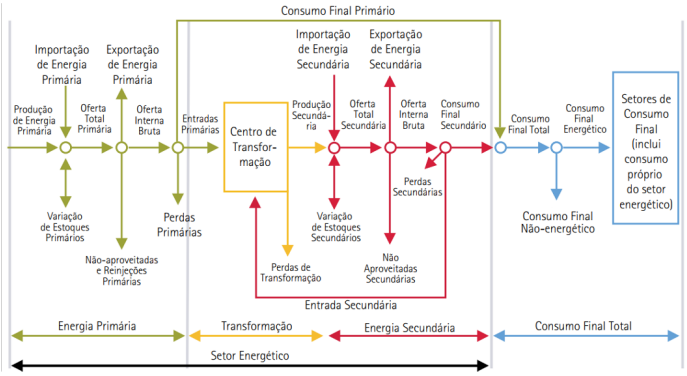

Figura 1. Etapas do processo energético. (fonte: Adaptado de BEN 2020, Anexo V)

Com base na Figura 1, que denota as etapas do processo energético, as equações (1) e (2) são utilizadas na etapa de oferta, a equação (3) na etapa de transformação, e as equações (4) e (5) na etapa de consumo final.

Parâmetros

OT	Oferta total;
P	Produção;
I	Importação;
VE	Variação de Estoque;
OB	Oferta interna bruta;
E	Exportação;
NA	Não aproveitada;
R	Reinjeção;
PS	Produção de energia secundaria;
TP	Transformação primária;
TS	Transformação secundária;

P	Perdas na transformação;
CFT	Consumo final total;
CFP	Consumo final primário;
CFS	Consumo final secundário;
CFE	Consumo final energético; e
$CFNE$	Consumo final não-energético.

Equações Matemáticas

$$OT = P + I + VE \tag{1}$$

$$OB = OT - E - NA - R \tag{2}$$

$$PS = TP + TS - NA - P \tag{3}$$

$$CFT = CFP + CFS \tag{4}$$

$$CFE = CFT - CFNE \tag{5}$$

3.3 Divulgação do Conteúdo

Na etapa de divulgação, a EPE disponibliza as publicações que compõem o BEN e promove os encontros setoriais, com o objetivo e de divulgar e oportunizar o debate do conteúdo presente, para que seus dados, conceitos e metodologia possam ser aprimorados.

Inicialmente, são preparados os textos descritivos que irão compor a publicação. Posteriormente, o material é encaminhado para a editoração gráfica, e, na sequencia, as publicações são disponibilizadas no site da EPE. Por fim, os exemplares impressos são enviados para destinatários selecionados na base cadastral da EPE, presentes em todas as unidade federativas do país.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados e discutidos, com base na metodologia aplicada no desenvolvimento do BEN, dados relativos ao consumo e à oferta de energia elétrica utilizadas no país, bem como o modo que a mesma é utilizada em âmbito nacional, descantando-se o impacto de fontes de energia renováveis e intermitentes no ano de 2020, evidenciando assim aspectos socioeconômicos e ambientais.

Dentre as fontes de energia elétrica produzidas no Brasil serão apresentados os dados referentes a:

- Hidráulica;
- Eólica;
- Solar;
- Biomassa;
- Gás natural e carvão; e
- Nuclear.

A figura 2 representa a composição percentual de cada fonte mencionada na oferta de energia elétrica no país.

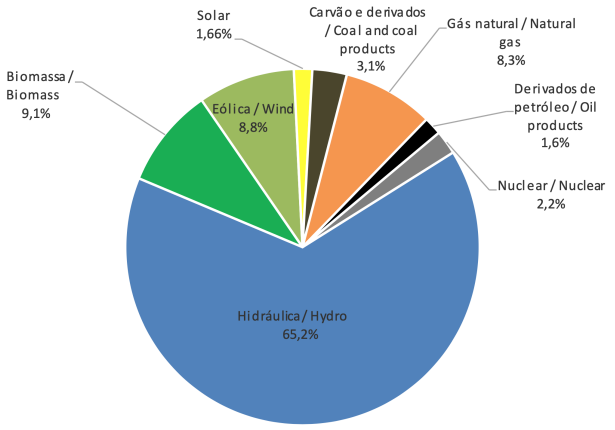

Figura 2. Repartição da oferta interna de energia elétrica por fonte de energia. (fonte: Relatório Final BEN 2021)

A geração de energia elétrica no Brasil atingiu, no ano de 2020, 621,2 TWh, resultado de 0,8% inferior apresentado no ano anterior (Empresa de Pesquisa Energética, 2021a). Desse número, as centrais elétricas de serviço público participaram com 82,9% da geração total. A seguir serão detalhados o percentual de oferta e demanda das fontes de energia elétrica que o BEN abrange.

4.1 Hidráulica

A fonte hidrelétrica é a de maior relevância para a matriz elétrica brasileira. O país é todo recortado por rios e mananciais que privilegiam a exploração desse recurso natural, sendo, por essa razão, o país que possui o maior potencial hídrico do mundo (Souza et al., 2018). Devido a essa configuração hidrológica privilegiada, o Brasil supre quase que integralmente sua demanda por energia elétrica utilizando-se desse recurso, deixando a utilização dispendiosa das termelétricas apenas em casos excepcionais de crises hidrológicas (Craide, 2017). A figura 3 retrata a variação da oferta e a demanda a partir dessa fonte, que se sobrepõem integralmente, dada a natureza não estocável da energia elétrica. Também é possível observar que a oferta e o consumo caíram entre os anos de 2011 e 2015, por conta das sucessivas crises hídricas experimentadas nesse período (Empresa de Pesquisa Energética, 2020c).

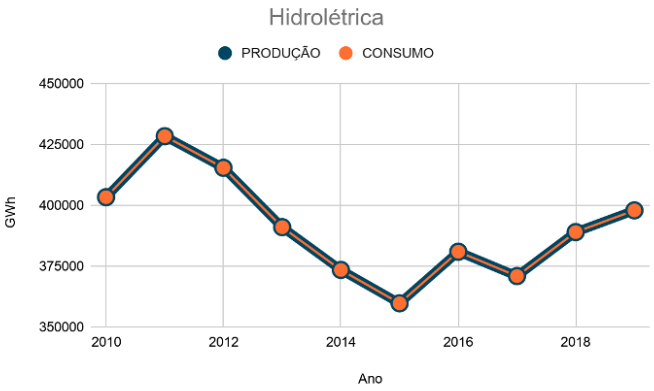

Figura 3. Relação entre oferta e demanda de energia elétrica (fonte: Adaptado de BEN 2020)

O predomínio da geração hídrica no Brasil o coloca em posição privilegiada em termos de utilização fontes renováveis, sendo um dos países com maior participação dessas fontes na matriz elétrica no mundo (Empresa de Pesquisa Energética, 2020b), contribuindo com questões socioambientais e, consequentemente, com o combate a emissão de CO_2, tal qual firmado nos acordos de Kyoto em 1998 (Brasil, 2020d) e de Paris em 2015 (Kässmayer and Fraxe Neto, 2016). Ainda dentro desse contexto, na figura 4 é possível observar que o setor elétrico brasileiro, ao produzir 1 KWh, emite cerca de 1/3 do que é emitido pela União Europeia, 1/4 do que é emitido pelo setor elétrico norte-americano, e 1/7 do que é emitido pelo setor elétrico chinês (Empresa de Pesquisa Energética, 2021b).

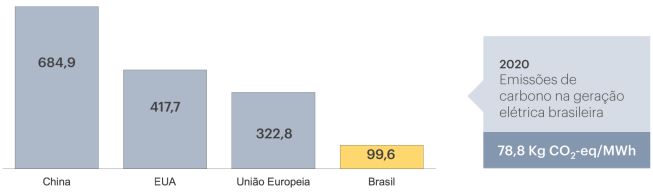

Figura 4. Emissões de carbono na produção de energia elétrica (fonte: EPE)

4.2 Eólica

Uma outra fonte renovável que vem registrando crescimento significativo de utilização para geração é a eólica. De acordo com o Global Wind Energy Council (GWEC), o Brasil ocupa a sétima posição no ranking mundial de geração a partir dessa fonte (Brasil, 2021). Preços competitivos e a busca pela redução dos passivos ambientais na geração têm motivado a construção de parques eólicos em pontos estratégicos do território nacional (Gomes, 2021). A região Nordeste, por conta de suas características favoráveis, é responsável por cerca 85% da geração eólica no país (FIERN, 2020). Quatro usinas situadas nessa região romperam, juntas, a marca dos 20 GW: Ventos de Arapuá 1, 2 e 3 (Paraíba), Chafariz 4 (Paraíba), Filgueira II (Rio Grande do Norte) e Ventos de Santa Martina 11 (Rio Grande do Norte) (Brasil, 2021).

O quadro comparativo apresentado na figura 5 mostra a evolução das produção de eletricidade a partir das fontes eólica, nuclear e da biomassa. É possível observar o crescimento da participação da geração eólica que superou a nuclear, em 2015, e a geração a partir da biomassa, em 2019, consolidando-se, então, na liderança entre as três. Em 2020 apresentou um crescimento de 1065 GWh, 1,90% em relação ao ano anterior.

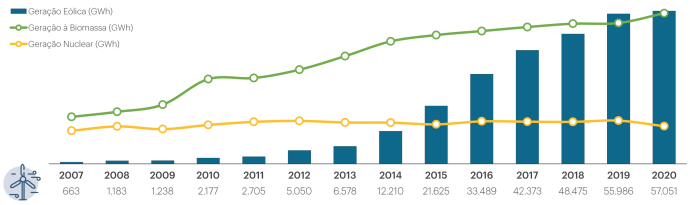

Figura 5. Evolução da geração eólica (fonte: Relatório BEN Sintase 2021)

4.3 Solar

Dentre as fontes renováveis intermitentes de energia, a solar vem se destacando na modalidade fotovoltaica, na medida em que o avanço tecnológico tem permitido ganhos significativos de eficiência na conversão de energia e uma enorme redução nos custos de instalação. O crescimento do interesse econômico na exploração desse tipo de geração tem fomentado a pesquisa e desenvolvimento no setor, o que se mostra como um terreno fértil para a obtenção de resultados ainda mais promissores no futuro (Moreira Júnior and Souza, 2020). No Brasil, a concessão de incentivos fiscais para a geração na modalidade Micro e Mini Geração Distribuída (MMGD) tem impulsionado a a oferta a partir dessa fonte (Nascimento, 2017). Em 2020, a geração solar fotovoltaica atingiu 4674 GWh de geração total, quase o tripo do valor registrado no ano de 2020. Tal resultado é representado na figura 6.

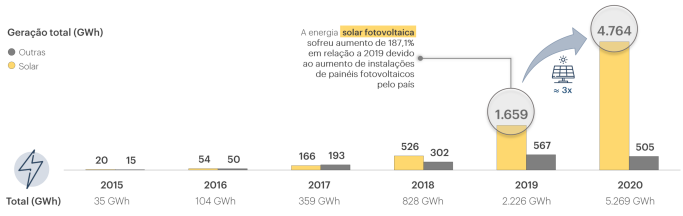

Figura 6. MMGD (fonte: Relatório BEN Sintase 2021)

Outro fator determinante para o crescente avanço da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil, é a posição geográfica privilegiada. Por se situar entre os trópicos, o país recebe forte incidência solar, fato que aumenta a viabilidade de exploração desse tipo de recurso (Pereira et al., 2017).

4.4 Termelétricas

As termelétricas são usinas geradoras de energia elétrica que se utilizam de combustíveis para gerar energia térmica e convertê-la em energia mecânica através do uso de um fluido que produzirá, em seu processo de expansão,

trabalho em turbinas térmicas. O acionamento mecânico de um gerador elétrico acoplado ao eixo da turbina permite a conversão de energia mecânica em elétrica. Dentre os combustíveis mais utilizados nas termelétricas destacam-se, a biomassa, o carvão vegetal, e o gás natural.

Biomassa: A biomassa também é considerada como uma fonte de energia renovável, pois trata-se de fonte primária de energia, não fóssil, caracterizada como matéria orgânica de origem animal ou vegetal. Quanto à origem elas podem ser classificadas nas categorias de biomassa energética florestal, seu produtos e subprodutos ou resíduos; biomassa energética da agropecuária, as culturas agroenergéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal; e rejeitos urbanos (Empresa de Pesquisa Energética, 2021a). A aplicação para geração elétrica ganhou relevância a partir de 2004, por meio do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) (Pedroso et al., 2018). Puxado por movimentos relacionados aos setores sucroalcooleiros e de papel e celulose, desde então tem aumentado sua participação na matriz elétrica, alcançando o patamar de 8% em 2020 (Empresa de Pesquisa Energética, 2021b). No gráfico apresentado na figura 7, é possível observar a participação das térmicas por fonte no total da geração. De 2019 a 2020, nota-se um aumento de mais de 4% da participação da biomassa na geração. Estima-se que, apenas no ano de 2020, o montante de energia elétrica gerada a partir da cana-de-açúcar tenha poupado a emissão de 6,3 milhões de toneladas de CO_2 (Gravas, 2021).

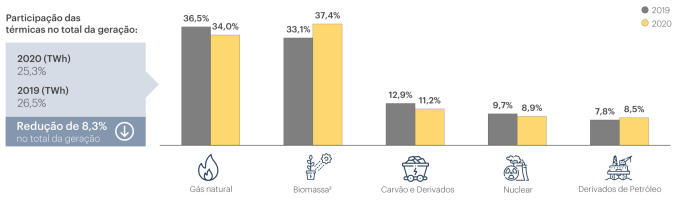

Figura 7. Participação das Fontes Térmicas no Total da Geração (fonte: Relatório BEN Sintase 2021)

Carvão Vegetal: A figura 8 representa a variação de oferta e demanda do carvão vapor. O consumo está diretamente relacionado a sua utilização como combustível em usinas termelétricas. Na figura é possível observar que, até o ano de 2013, sua produção, importação e consumo cresceram. Entretanto, no ano de 2014, a sua produção interna caiu, mantendo-se em queda nos anos seguintes. Já sua importação subiu e se manteve constante nos anos seguintes. Esse comportamento é análogo ao observado com o gás natural, devido a sua ligação direta com as termelétricas, que também se utilizam de carvão vapor na geração de energia elétrica e suprem a demanda de energia em momentos de crise hídricas, o que também justifica o pico de consumo observado entre os anos de 2013 a 2015 (Esteves, 2020).

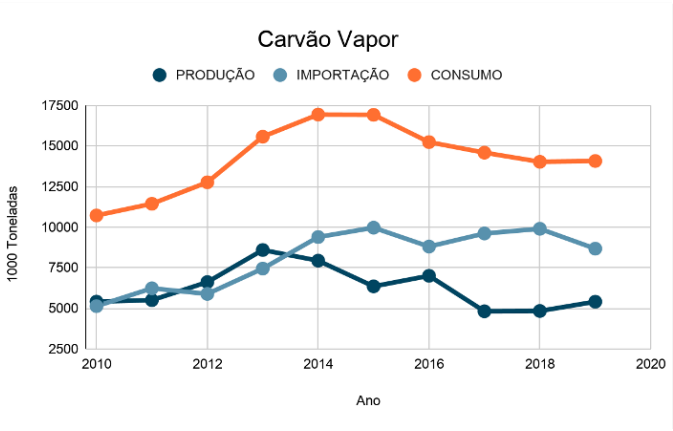

Figura 8. Relação entre oferta e demanda de carvão vapor (fonte: Adaptado de BEN 2020)

Gás natural: A figura 9 representa a variação de oferta e demanda do gás natural. Dentre os resultados apresentados, é possível observar um aumento gradativo da sua produção ao longo dos anos, sendo impulsionado em 2014 pela descoberta dos campos de petróleo do Pré-Sal nas costas Norte e Nordeste do país (Barroso et al., 2020), chegando ao ponto de ser maior do que a demanda a partir do ano de 2016, quando teve uma leve queda, e, posteriormente, se manteve constante, porém ainda abaixo da produção. Isso pode ser atribuído à demanda crescente por suas utilizações práticas.

O gás natural pode ser utilizado como combustível veicular (GNV), nas industrias em geral e na geração de energia elétrica em algumas termelétricas que possuem suas turbinas movidas a gás, que muitas vezes são indispensáveis em momentos de crises hídricas que abalam a geração das hidrelétricas, como ocorrida entre os anos de 2013 e 2015 (Esteves, 2020), em que o consumo de gás natural aumentou para suprir uma demanda de energia elétrica a ser atendida pelas termelétricas.

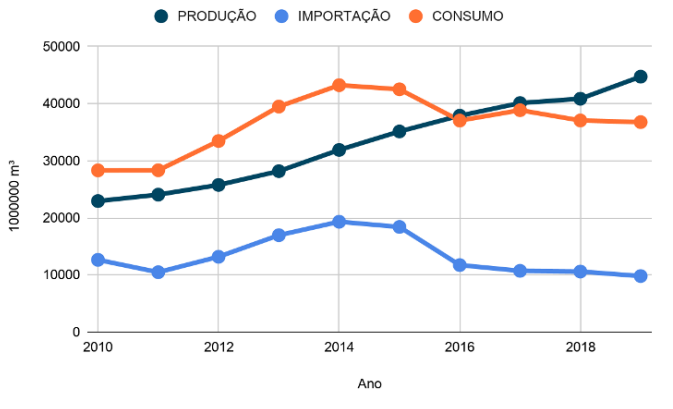

Figura 9. Relação entre oferta e demanda do gás natural (fonte: adaptado de BEN 2020)

4.5 Nuclear

O urânio é uma fonte de energia encontrada na forma de minério na natureza, e sua maior relevância consiste

na possibilidade de transformar sua energia nuclear em energia elétrica. No Brasil, o urânio é utilizado nas usinas nucleares de Angra 1 e Angra 2, localizadas na Cidade de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro.

A figura 10 retrata o comportamento da oferta e demanda de urânio no país. Nela é possível observar que, de 2011 em diante, houve uma queda de produção até a estagnação total, a partir do ano de 2016. Esse fato pode ser justificado pelo exaurimento das reservas de Caetié, no estado da Bahia (Brasil, 2020a), que fez com que, desde, então a demanda fosse suprida integralmente via importação. Entretanto, no ano de 2020, inaugurou-se em novo ciclo de produção com o anúncio da retomada do programa nuclear brasileiro, marcada pela ativação de uma nova mina de urânio, também situada na cidade de Caetié (Brasil, 2020a).

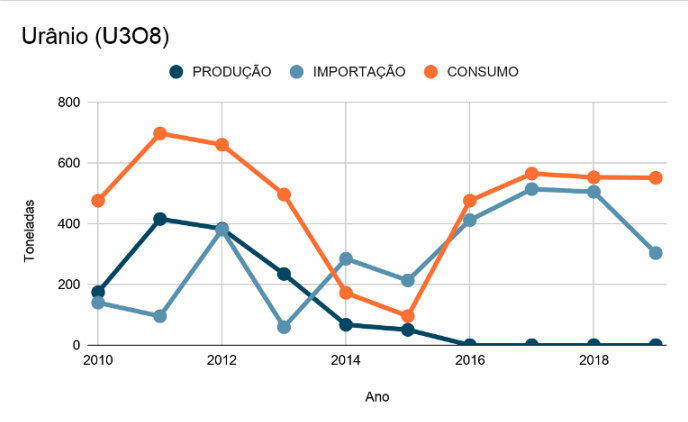

Figura 10. Relação entre oferta e demanda de urânio (fonte: Adaptado de BEN 2020)

5. CONCLUSÃO

É possível concluir, diante dos resultados obtidos, das discussões realizados sobre BEN e a relação do meio econômico, socioambiental e governamental com a matriz energética brasileira que, a partir desses dados, foi possível analisar o panorama de crescimento do país, bem como as ofertas e demandas das fontes de energia elétrica utilizadas, e como essa relação oscila mediante a investimentos em fontes renováveis de energia elétrica, como a fotovoltaica, a eólica, e a biomassa, que ocuparam, ao decorrer dos anos um maior espaço no cenário de geração. Tais investimentos são impulsionados por acordos internacionais firmados pelo governo, principalmente aqueles relacionados ao meio ambiente. Por fim, cumpre salientar a importância de se melhorar cada vez mais a metodologia aplicada no BEN e da sua utilização efetiva na fundamentação do planejamento do setor elétrico nacional, com o intuito de identificar, de antemão, os possíveis desafios a serem enfrentados, para que possam, de forma mais ágil, ser superados, e assim alavancar o desenvolvimento do país mediante o panorama mundial.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual Paulista (UNESP), pela oportunidade de realizar a pesquisa em eficiência energética do setor elétrico brasileiro, bem como ao Professor Dr. André Nunes e ao Professor Dr. Leonardo Nepomuceno, pela disposição e orientação dedicadas à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Barroso, L.A., Kelman, R., and Gaspar, L.d.S. (2020). Panorama e Perspectivas para o Gás Natural no Brasil. URL https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/89/a2/89a2e220-e21c-4435-94cc-27cf4c7bfd10/panoramaperspectivagasnaturalbrasil.pdf.

Brasil (2019). Decreto nº 9.675, de 2 de janeiro de 2019. URL http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9675.htm.

Brasil (2020a). Brasil retoma produção de urânio. URL https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/12/brasil-retoma-producao-de-uranio.

Brasil (2020b). Competências. URL https://www.gov.br/mme/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/competencias.

Brasil (2020c). O Ministério. URL https://www.gov.br/mme/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/ministerio/o-ministerio.

Brasil (2020d). Protocolo de Kyoto. URL https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/protocolo-de-kyoto.

Brasil (2021). Geração eólica ultrapassa os 20 GW de capacidade instalada no Brasil. URL https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/11/geracao-eolica-ultrapassa-os-20-gw-de-capacidade-inst

Brasil (2021a). LEI Nº 10.847, DE 15 DE MARÇO DE 2004. URL http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.847.htm. Brasília, DF.

Brasil (2021b). Ministério de Minas e Energia - MME. URL https://dados.gov.br/organization/about/ministerio-de-minas-e-energia-mme.

Craide, S. (2017). Falta de chuvas pode levar ao aumento do uso de termelétricas, diz comitê. URL https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf.

Empresa de Pesquisa Energética (2020a). *Balanço Energético Nacional 2020*, volume 15. EPE. URL https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf.

Empresa de Pesquisa Energética (2020b). BEN 2020 | Relatório Síntese| ano base 2019.

Empresa de Pesquisa Energética (2020c). BEN 50 anos. URL https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/BEN%2050%20anos.pdf.

Empresa de Pesquisa Energética (2020d). PDE 2030: Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica. URL https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/

PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf.

Empresa de Pesquisa Energética (2020e). Plano decenal de expansão de energia 2030. URL https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2030.

Empresa de Pesquisa Energética (2020f). Plano nacional de energia. URL https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-nacional-de-energia-pne.

Empresa de Pesquisa Energética (2020g). PNE 2050: Plano Nacional de Energia. URL https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf.

Empresa de Pesquisa Energética (2021a). *Balanço Energético Nacional 2021*, volume 16. EPE. URL https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf.

Empresa de Pesquisa Energética (2021b). BEN 2021 | Relatório Síntese| ano base 2020.

Esteves, H.B. (2020). Nota técnica EPE/DPG/SPG/09/2020. Nota técnica, Empresa de Pesquisa Energética. URL https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-531/EPE,%202020%20-%20Nota%20T%C3%A9cnica%20Demanda%20de%20G%C3%A1s%20Natural%20vFinal.pdf.

FIERN (2020). Nordeste gera 85% da energia eólica do Brasil. URL https://www.fiern.org.br/nordeste-gera-85-da-energia-eolica-brasil/.

Gomes, L.H. (2021). Investimentos na matriz eólica superam R$ 187,1 bi na última década. URL https://www1.folha.uol.com.br/mpme/2021/07/investimentos-na-matriz-eolica-superam-r-1871-bi-na-ultima-decada.shtml.

Gravas, D. (2021). Mesmo com setor elétrico em alerta, bioenergia segue subaproveitada. URL https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/06/mesmo-com-setor-eletrico-em-alerta-bioenergia-segue-subaproveitada.shtml?utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_campaign=twfolha.

Kässmayer, K. and Fraxe Neto, H.J. (2016). A Entrada em Vigor do Acordo de Paris: o que muda para o Brasil? URL https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td215/at_download/file.

Moreira Júnior, O. and Souza, C.C.d. (2020). Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. *Interações (Campo Grande)*, 21, 379–387. doi:10.20435/inter.v21i2.1760. URL http://www.scielo.br/j/inter/a/t7NryC6KdCmwL4RXL4pjVfN/?lang=pt. Publisher: Universidade Católica Dom Bosco.

Nascimento, R.L. (2017). Energia solar no Brasil: situação e perspectivas. Estudo técnico, Câmara dos Deputados. URL http://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/32259.

Pedroso, L.L.d.A., Silva, F.F.d., Silva, F.F.d., Melo, M., Junior, M.E., Shimoya, A., Matias, d.O., and Souza, C.L.M.d. (2018). Demandas atuais e futuras da biomassa e da energia renovável no Brasil e no mundo / Current and future demands for biomass and renewable energy in Brazil and worldwide. *Brazilian Journal of Development*, 4(5), 1980–1996. doi:10.34117/bjdv4n5-231. URL https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/231. Number: 5.

Pereira, E.B., Martins, F.R., Gonçalves, A.R., and Costa, R.S. (2017). *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. INPE, 2 edition. URL https://cenariossolar.editorabrasilenergia.com.br/wp-content/uploads/sites/8/2020/11/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao_compressed.pdf.

Souza, D.P., Silva, W.R.S., Cervinski, G.C., Santos, B.D., Comarú, F.A., and Trigoso, F.B.M. (2018). Desenvolvimento urbano e saúde pública: impactos da construção da UHE de Belo Monte. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. doi:10.5380/DMA.V46I0.56040.