

SIMULADOR DE POLÍTICAS SETORIAIS E EMISSÕES: MÉTODOS, DADOS E RESULTADOS PARA O BRASIL EM 2050

AUTORES (EM ORDEM ALFABÉTICA): ALEXANDRE SZKLO, BERTA PINHEIRO, CAMILA CALLEGARI, CAROLINE MEDEIROS ROCHA FRASSON, EDUARDO CASSERES, EVELINE ARROYO, GABRIELA DA SILVA, LUCAS CARVALHO, MARIANNE ZOTTIN, MEGAN MAHJAN, PEDRO ROCHEDO, REBECCA OLIVEIRA, RÉGIS RATHMANN, ROBBIE ORVIS, ROBERTO SCHAEFFER, TALITA ESTURBA, VIVIANE ROMEIRO

RESUMO

O Brasil ratificou seu compromisso com a agenda climática ao submeter à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), em 8 de dezembro de 2020, versão revisada da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês) ao Acordo de Paris. Tendo como base o ano de 2005, a NDC brasileira manteve o compromisso de redução das emissões líquidas totais de gases de efeito estufa (GEE) em 37%, em 2025, e em 43% até 2030. A NDC também enuncia o objetivo indicativo de atingir a neutralidade climática – ou seja, emissões totais líquidas nulas – em 2060.

O cumprimento das metas de redução de emissões de GEE passa pela elaboração de uma estratégia de implementação da NDC baseada na melhor ciência disponível. O Simulador Nacional de Políticas Setoriais e Emissões (Emission Policy Simulator – EPS Brasil) é um modelo dinâmico computacional e consiste em ferramenta relevante a esse propósito, na medida em que projeta o impacto de diferentes combinações de políticas públicas para o cumprimento das metas climáticas, ao mesmo tempo em que estima cobenefícios ambientais, energéticos, econômicos, sociais e de saúde humana a partir de sua adoção. Elaborado em parceria entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), o WRI Brasil e a Energy Innovation LLC, o EPS Brasil consiste em uma adaptação do Energy Policy Simulator dos Estados Unidos da América (EPS EUA) para o Brasil, que contempla as particularidades setoriais das matrizes energéticas e de emissões do país.

ÍNDICE

Resumo.....	1
Introdução.....	2
Estrutura do Simulador Nacional de Políticas Setoriais e Emissões.....	5
Dados de entrada.....	7
Comparações com outros cenários <i>business as usual</i> (BAU) e construção de cenários de adoção de políticas setoriais adicionais ao cenário BAU.....	8
Interface com o usuário.....	14
Limitações e premissas.....	15
Futuros desenvolvimentos.....	17
Apêndice.....	18
Referências.....	25
Acrônimos e siglas.....	32
Notas.....	33

As notas técnicas do WRI documentam metodologias utilizadas em publicações de pesquisa, aplicações interativas, entre outras ferramentas.

Citação sugerida: SZKLO, Alexandre; PINHEIRO, Berta; CALLEGARI, Camila; ROCHA FRASSON, Caroline Medeiros; CASSERES, Eduardo; DA SILVA, Gabriela; CARVALHO, Lucas; ZOTTIN, Marianne; MAHJAN, Megan; ROCHEDO, Pedro; OLIVEIRA, Rebecca; RATHMANN, Régis; ORVIS, Robbie; SCHAEFFER, Roberto; ESTURBA, Talita; ROMEIRO, Viviane. Simulador de Políticas Setoriais e Emissões: métodos, dados e resultados para o Brasil em 2050. Nota Técnica. São Paulo, Brasil. WRI Brasil, [S. l.], p. 1-36, 15 out. 2021. Disponível em: www.wribrasil.org.br/pt/publicacoes

O EPS Brasil é uma ferramenta capaz de simular os efeitos de emissão de GEE diretos e indiretos de políticas setoriais e intersetoriais, individuais e agregadas, adaptada para o cenário brasileiro.

Esta nota técnica tem como objetivo descrever a estrutura, os dados de entrada, as calibrações com relação a cenários de emissões e energéticos nacionais elaborados em outras iniciativas científicas, e as limitações e os pressupostos do EPS Brasil.

Inicialmente, descreve as etapas da construção da ferramenta a partir do mapeamento de parâmetros e constituição das bases de dados necessárias para elaboração do cenário BAU (*business as usual*). O cenário BAU é aquele em que não há alteração nas emissões, apenas a permanência dos padrões de emissões vistos no ano-base de 2018. Nessa etapa, são descritos os procedimentos de calibração desse cenário, considerando diferentes fontes de informação disponíveis publicamente.

A segunda etapa de adaptação do simulador ao contexto brasileiro consistiu no levantamento e discriminação de políticas públicas, seus respectivos impactos em termos ambientais, energéticos, sociais, econômicos e de saúde humana. Essa construção foi necessária para a criação de cenários alternativos ao BAU, que trata do incentivo à aplicação de políticas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no Brasil.

Outras informações acerca da metodologia, das bases de dados e da descrição dos componentes e das políticas consideradas no simulador, entre outras, podem ser acessadas no guia on-line da ferramenta (<https://brazil.energypolicy.solutions/scenarios/home?locale=pt>).

INTRODUÇÃO

No âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, sigla em inglês), durante a 21ª Conferência das Partes (COP21), em 2015, foi aprovado o Acordo de Paris para reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE), com o objetivo de conter o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais, além de envia-

esforços para limitar esse aumento a 1,5°C. O Brasil depositou o instrumento de ratificação do Acordo em setembro de 2016, tendo apresentado versão revisada em 8 de dezembro de 2020 à UNFCCC. Nessa versão, o país assumiu o compromisso de adotar medidas para redução das emissões de GEE por meio de uma Contribuição Nacionalmente Determinada (em inglês, Nationally Determined Contributions – NDC). A NDC brasileira contém o compromisso de reduzir essas emissões em 37%, em 2025, e 43% em 2030, tendo por base as emissões verificadas no ano de 2005. A NDC também apresenta o objetivo de atingir a neutralidade climática – ou seja, emissões totais líquidas nulas – em 2060.

Para conseguir monitorar, reportar e verificar o cumprimento dessas metas, o Brasil precisa elaborar uma estratégia de implementação da NDC, que deve ser baseada na melhor ciência disponível e ser formulada com a participação de múltiplos atores-chave. Ainda que não tenham sido criadas como desenvolvimento de ações dessa estratégia, o país recentemente elaborou políticas e programas que contribuem para o atingimento das metas de mitigação de emissões, que incluem, mas não são limitados a:

- Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031, que determina em uma de suas diretrizes a promoção da conservação e o uso sustentável dos recursos naturais, com foco na qualidade ambiental como um dos aspectos fundamentais da qualidade de vida das pessoas, conciliando a preservação do meio ambiente com o desenvolvimento econômico e social;
- Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída pela Lei nº 13.576/2017, com o objetivo de induzir ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa por meio do incentivo à produção, comercialização e uso de biocombustíveis. O principal instrumento do RenovaBio é o estabelecimento de metas nacionais anuais de descarbonização para o setor de combustíveis, o que constitui, na prática, a criação de um mercado voluntário de carbono para biocombustíveis;
- Programa Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais – Floresta+, instituído por meio da Portaria MMA nº 288/2020, que cria um mercado privado de pagamentos por serviços ambientais em áreas mantidas com cobertura de vegetação nativa.

O Brasil enfrenta o desafio de alcançar as metas de redução de GEE, de acordo com os compromissos internacionalmente assumidos, em um contexto de pós-pandemia e com necessidade de retomada econômica. Nesse sentido, há necessidade de articular políticas públicas capazes de contribuir para a redução das emissões que sejam custo-efetivas e que promovam, além do benefício ambiental, cobenefícios econômicos, energéticos, sociais e de saúde humana. Mais do que isso, inexistem ferramentas em nível nacional de acesso amplo, irrestrito e transparente que permitam apresentar tais subsídios aos formuladores de política pública, setor privado e público em geral.

Com vistas a fechar essa lacuna, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), o WRI Brasil e a Energy Innovation LLC desenvolveram o Simulador Nacional de Políticas Setoriais e Emissões de Gases de Efeito Estufa para o Brasil (EPS Brasil)¹, apresentado nesta publicação, para os setores público e privado, academia e sociedade civil.

Trata-se de um modelo dinâmico computacional elaborado com o objetivo de subsidiar a formulação de políticas públicas climáticas e de desenvolvimento sustentável, que permite aos usuários criarem seus próprios cenários de políticas públicas, explorando combinações de políticas e adaptando os níveis anuais de implementação dos instrumentos analisados. O EPS Brasil é uma versão adaptada do Energy Policy Simulator dos Estados Unidos da América (EPS EUA)², que contempla as particularidades das matrizes energéticas e de emissões do Brasil. O EPS Brasil é a primeira ferramenta, em âmbito nacional, de acesso gratuito e de uso prático para a avaliação do impacto de políticas setoriais e de emissões de GEE.

A ferramenta permite responder questões-chave para o melhor desenho de políticas, que podem ser aplicadas em todos os níveis federativos e ser compreendidas por programas, planos, projetos e/ou regulamentações setoriais e de emissões, tais como: i) Quais opções de mitigação podem ser exploradas com vistas à redução de emissões e ampliação de benefícios sociais, econômicos, energéticos e de saúde humana? ii) Como mensurar os impactos de políticas intersetoriais e transversais, tais como mercado de carbono e de ciência e tecnologia, sobre as emissões de GEE no Brasil?

As respostas a essas perguntas auxiliam no planejamento adequado de políticas setoriais climáticas, como os impostos de carbono e mandatos de vendas de veículos elétricos – etapa fundamental para o cumprimento efetivo dos objetivos ambientais – e a promoção do desenvolvimento tecnológico e econômico, bem como do bem-estar da população. A EPS Brasil consiste na primeira ferramenta específica para o contexto brasileiro e publicamente disponível, capaz de simular como diferentes políticas interagem e alteram o nível de emissões e geram impactos na economia e na saúde da população. Assim, compreende-se que tal desenvolvimento possui relevância para a formulação de políticas que contribuam, efetivamente, para os objetivos climáticos e de desenvolvimento sustentável do país.

Contexto do Simulador Nacional de Políticas Setoriais e Emissões (EPS Brasil)

O EPS Brasil tem como objetivo subsidiar o processo de formulação de políticas públicas climáticas e de desenvolvimento sustentável. Para isso, permite que os usuários criem seus próprios cenários de políticas, explorando combinações de políticas e adaptando os níveis anuais de implementação dos instrumentos analisados.

Esse simulador é uma versão adaptada do EPS EUA, modelo computacional dinâmico que estima os efeitos de políticas setoriais nas emissões de poluentes, economia e finanças, saúde humana, matriz energética, estrutura do sistema elétrico e outros resultados. Nessa versão brasileira, o modelo simula os anos 2018-2050 usando intervalos de tempo anuais e oferece centenas de resultados, destacando-se: emissões de 12 gases poluentes; custos de abatimento das políticas setoriais; matrizes energética e elétrica; fluxos de caixa, incluindo receitas e despesas com a implementação das políticas pelo governo, indústria e consumidores; capacidades instaladas e de geração elétrica por diferentes tipos de usinas; custo-efetividade da adoção de políticas de ciência e tecnologia; mudanças no uso da terra e emissões ou sequestro associados; e mortes e gastos evitados com saúde em face da redução de emissões de gases poluentes. O EPS estima possíveis impactos de diferentes simulações de políticas públicas combinadas. Dessa forma, auxilia decisões estratégicas que possibilitam a previsão dos impactos e custos de longo prazo da implementação de medidas climáticas e em prol da sustentabilidade ambiental.

Cabe ressaltar que muitos dos programas, planos, projetos e instrumentos regulatórios incluídos no EPS Brasil ainda não foram explorados no país, oferecendo assim subsídios a formuladores de políticas públicas inovadoras. Dessa forma, essa ferramenta pode não apenas ajudar a informar um roteiro para que o Brasil implemente ações que atinjam suas metas climáticas no âmbito do Acordo de Paris, mas também pode informar a construção de novas metas mais ambiciosas, em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Maiores informações acerca da metodologia, bases de dados e descrição dos componentes e políticas consideradas no simulador, entre outras, podem ser acessadas no guia on-line da ferramenta (https://brazil.stage.energypolicy.solutions/docs/index_pt.html). O simulador é apresentado como uma interface web interativa, que pode ser acessada por browsers convencionais a partir do sítio <https://brazil.stage.energypolicy.solutions/> ou pode ser baixado do mesmo site.

Por que usar um modelo computacional para auxiliar na seleção de políticas?

Um formulador de políticas públicas que busca reduzir as emissões em níveis nacional e subnacional e aumentar/ampliar benefícios socioeconômicos depara-se com inúmeras opções de instrumentos que podem contribuir para o cumprimento desse objetivo. As políticas podem ser setoriais ou transversais, como é o caso da definição de padrões de economia de combustível para veículos leves (pertinente ao setor de transporte) e da implementação do imposto de carbono (que permeia diversos setores da economia), respectivamente. Ou podem ser híbridas, como é o caso de pacotes de políticas que conjuguem abordagens de comando e controle e de mercado. Por exemplo, para melhorar a eficiência dos eletrodomésticos, um governo pode oferecer descontos aos compradores de modelos eficientes, ao mesmo tempo em que exige dos fabricantes o cumprimento de padrões de eficiência energética, como é o caso do Selo Procel³.

Geralmente, simulações da adoção de políticas são realizadas de forma isolada, sem capturar os efeitos intersetoriais. Todavia, em sistemas complexos caracterizados por interações entre seus componentes, é de maior valor que os atores envolvidos compreendam o efeito direto e indireto, setorial e intersetorial, dos instrumentos a serem adotados, pois essa interação pode produzir resultados diferentes da soma dos efeitos das políticas individuais.

As características dos módulos computacionais de simulação de sistemas complexos, como o EPS Brasil, permitem auxiliar os formuladores de políticas, ou mesmo atores do setor privado, no desenho e estratégia de planos de descarbonização e desenvolvimento sustentável, levando em conta complexas inter-relações. Por exemplo, para analisar como atingir as metas da NDC, que envolve esforços de mitigação de vários setores (*economy wide*), a ferramenta deve ser capaz de representar todo o sistema energético e o uso e as mudanças no uso do solo, em um nível apropriado de desagregação. Mais do que isso, deve ser de fácil compreensão, uso intuitivo e iterativo, representando uma ampla gama de opções de políticas relevantes para o atingimento dos objetivos propostos na análise.

No caso do EPS Brasil, foram indicadas 50 opções de instrumentos e as metas de emissões de GEE compatíveis com a NDC em 2025 e 2030, para que assim os usuários possam escolher e simular o impacto do pacote de políticas públicas que considerem factíveis.

Sobre o EPS Brasil

Existe uma variedade de abordagens para representar a economia, o sistema energético e o uso e as mudanças no uso da terra em um ambiente de simulação computacional. O simulador EPS Brasil é baseado em uma estrutura teórica chamada “dinâmica do sistema”. Como o nome sugere, essa abordagem considera os processos de uso de energia, economia e uso da terra como um sistema aberto, em constante mudança e sem equilíbrio. Isso pode ser contrastado com abordagens de modelos de equilíbrio geral computáveis (EGC), que consideram a economia como um sistema de equilíbrio sujeito a choques exógenos, ou modelos tecnológicos desagregados do tipo *bottom-up*, que se concentram nos ganhos potenciais de eficiência ou reduções de emissões que poderiam ser alcançados por meio de melhorias tecnológicas específicas⁴.

Modelos dinâmicos geralmente incluem variáveis de fluxo e variáveis de estoque. Um exemplo de variável de estoque é o nível de capacidade instalada de usinas térmicas a carvão, que só irá aumentar devido à construção e entrada de novas usinas em operação ou diminuir com o fechamento das usinas em atividade, por exemplo, em função da adoção de políticas de descarbonização, sendo este o caso do banimento de térmicas a carvão. Dessa forma, o valor é constante para cada ano do modelo. Em contraste, a quantidade de energia gerada por essas usinas em determinado ano é calculada anualmente, portanto, não é uma variável de estoque.

Tais modelos se caracterizam por usar o resultado do intervalo de tempo anterior como entrada para o ano seguinte. O EPS Brasil segue essa convenção, com estoques como a capacidade instalada de geração de eletricidade ou os tipos e eficiências de componentes de edificações mantidos de um ano para o outro. Assim, a melhoria de eficiência introduzida em uma infraestrutura (como um veículo, o componente de uma edificação ou outro equipamento) em determinado ano resultará em economia de combustível em todos os anos subsequentes, até que aquela infraestrutura atinja o final de sua vida útil.

O setor industrial é tratado de forma diferente pelo EPS Brasil. Como os dados de entrada disponíveis vêm na forma de níveis do cenário tradicional BAU de uso de combustível e reduções potenciais no uso de combustível e emissões de processos industriais por política, as reduções são implementadas gradualmente (com os custos de implementação correspondentes), em vez de rastrear recursivamente a eficiência das tecnologias instaladas. Devido às diversas formas de dados de entrada nos setores modelados, uma abordagem raramente funciona para todos os setores. Consequentemente, o EPS Brasil usa abordagens diferenciadas que expressam cada realidade setorial⁵.

ESTRUTURA DO SIMULADOR NACIONAL DE POLÍTICAS SETORIAIS E EMISSÕES

A estrutura do EPS Brasil compreende duas dimensões: a estrutura visível de equações que definem as relações entre as variáveis e uma estrutura subjacente de matrizes e seus elementos, que contêm os dados que são calculados pelas equações. Por exemplo, a estrutura visível do setor de transporte relaciona, por meio de equações, políticas (padrões de economia de combustível, mandato de vendas de veículos elétricos, entre outras), dados de entrada (quilômetros percorridos por passageiro, toneladas de carga transportada ou a elasticidade da demanda de viagens em relação ao custo) e valores calculados, como a quantidade de combustível consumida pela frota de veículos.

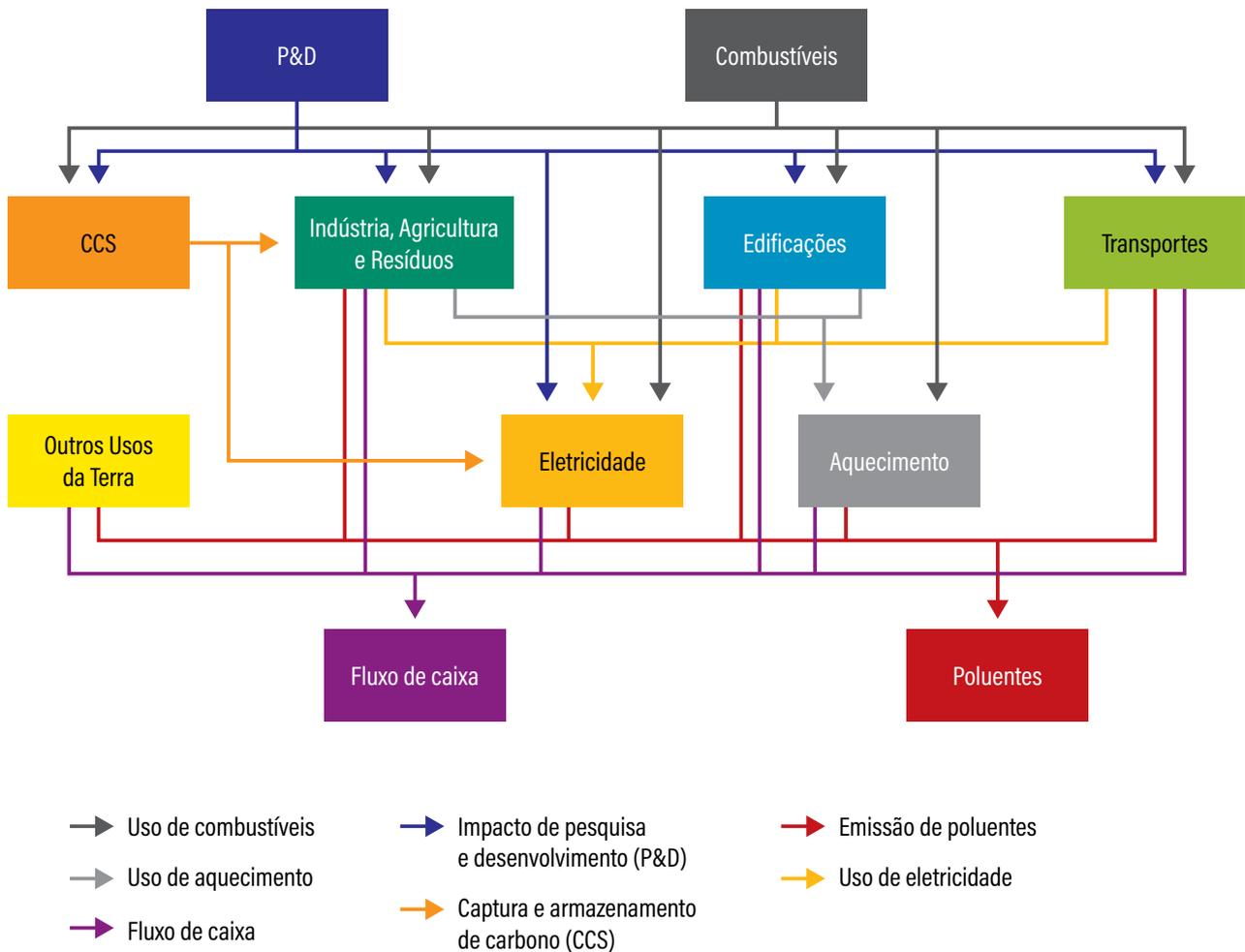
Por sua vez, as matrizes do setor de transporte consistem em categorias de veículos (veículos leves, veículos pesados, aeronaves, trens, navios e motocicletas), tipos de carga (passageiros ou frete) e tipos de combustível (gasolina, óleo diesel, eletricidade, entre outros). O modelo geralmente executa um conjunto separado de cálculos, com base em cada conjunto de dados de entrada, para cada combinação de elementos da matriz. Por exemplo, o modelo irá calcular diferentes impactos decorrentes da introdução de políticas que aumentem a eficiência no consumo de combustíveis em veículos pesados (passageiros e carga), aeronaves (passageiros e carga), e assim por diante.

O modelo tem cinco setores principais (indústria, agricultura e resíduos; edificações; transportes; eletricidade; e outros usos da terra), além de alguns módulos de apoio que lidam com outras funções, conforme ilustrado na Figura 1⁶. Os setores principais foram definidos e agrupados da mesma forma que na versão americana da ferramenta.

Cumpramos ressaltar que setores agregados ao nível da estruturação da ferramenta, como é o caso da indústria, agricultura e resíduos, tiveram os dados de entrada do cenário BAU, assim como opções de aplicação de políticas, desagregadas e particularizadas conforme as especificidades setoriais. Nesse caso, o subsetor da agricultura abrange emissões de CO₂ decorrentes do consumo de combustíveis associadas à produção de cultivos agrícolas temporários e permanentes, e o subsetor de resíduos, as emissões provenientes da disposição e queima de resíduos agrícolas.

Por sua vez, o setor de outros usos da terra considera emissões de metano e óxido nitroso decorrentes da produção de arroz e proteína animal e emissões de carbono decorrentes de mudanças no setor de florestas, como é o caso do desmatamento.

Figura 1 | Diagrama da estrutura do modelo EPS Brasil



Fonte: Elaboração própria.

O cálculo do modelo começa no módulo de combustíveis, em que as propriedades básicas de todos os tipos de combustíveis são definidas e as políticas que afetam o preço dos combustíveis são aplicadas (por exemplo, políticas tributárias). As informações sobre os combustíveis são utilizadas nos três “setores de demanda”: transportes; edificações; indústria, agricultura e resíduos.

Em seguida, são mensuradas nesses setores as emissões derivadas do consumo direto de combustíveis (por exemplo, combustíveis queimados em motores de combustão interna, na cocção e aquecimento de água doméstica e em fornos e caldeiras industriais). Esses setores também especificam uma quantidade de eletricidade ou calor que pode ser fornecida a outros setores do modelo. Esse é o caso da produção de eletricidade a partir do biometano proveniente de resíduos sólidos urbanos, que é ofertada ao Sistema Interligado Nacional (SIN). O setor de eletricidade e o módulo de calor distrital (aquecimento), que também abrange a produção de hidrogênio, consomem combustíveis para suprir as necessidades de energia dos três setores de demanda, sendo também contabilizadas as perdas de transmissão e distribuição. O quinto setor, de outros usos da terra, não consome combustíveis ou eletricidade.

Todos os cinco setores e o módulo de aquecimento e hidrogênio emitem diferentes gases, que são contabilizados no módulo de poluentes (Figura 1). Os fluxos de caixa relativos à adoção das políticas são calculados separadamente por grupos de atores e setores. O cálculo das mudanças nos gastos (por exemplo, custos de capital, operação e manutenção de equipamentos e com a aquisição de combustíveis), bem como benefícios sociais monetizados de impactos de saúde pública evitados e danos climáticos também são realizados no módulo de fluxo de caixa. Mais informações acerca da metodologia de cálculo dos fluxos de caixa podem ser acessadas no guia on-line da ferramenta.

Dois componentes do modelo afetam a operação de vários setores. O módulo de políticas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) possibilita que o usuário avalie o impacto de melhorias na economia de combustíveis, captura direta de CO₂ do ar e diminuições no custo de capital em face a investimentos tecnológicos em cada um dos quatro setores e no módulo de captura e armazenamento de carbono (CCS, em inglês, *Carbon Capture and Storage*). Por sua vez, o CCS pode reduzir emissões da indústria e da geração elétrica, sendo também contabilizada a penalidade energética e o custo de introdução da tecnologia.

DADOS DE ENTRADA

A elaboração do simulador EPS Brasil contemplou o mapeamento de parâmetros e a construção das bases de dados necessárias para formulação do cenário BAU. O simulador constrói esse cenário a partir da estruturação de dados de entrada que possuem importância muito alta, alta, média e baixa em termos de impactos gerados nas projeções do cenário para o período de 2018 a 2050. Tais dados estão dispostos em cerca de 250 planilhas em formato Microsoft Excel®, subdivididos em termos da estruturação da base de dados, segundo os módulos listados na Figura 1.

Para o desenvolvimento do EPS Brasil, o conjunto de variáveis que demandam atualização ou adaptação à realidade nacional foi definido com base no nível de suas contribuições para as emissões. Ou seja, variáveis com patamares de impactos sobre as projeções de muito alta, alta e média importância foram consideradas. A principal fonte de dados para a elaboração do simulador brasileiro foi o projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-chave do Brasil (MOP)⁷, que construiu cenários de baixo carbono para o Brasil no horizonte de 2015 a 2050, a partir de dados do ano de 2010. Tendo em vista a necessidade da obtenção de dados mais atuais para a elaboração do EPS Brasil, convencionou-se adotar o ano-base de 2018 para realizar projeções até 2050 no simulador. Considerando esses aspectos, o universo de dados que foram ajustados e/ou atualizados na EPS Brasil foi de cerca de 180 variáveis.

O modelo possui requisitos de entrada significativos, convencionando-se que deveriam ser atualizadas todas as variáveis, com exceção daquelas com baixa importância para a construção do cenário BAU. Para tanto, foram consideradas as seguintes fontes e tipologias de dados, em ordem de prioridade:

- Parâmetros técnico-econômicos oriundos de resultados publicados no projeto MOP. Trata-se de iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), que contou com recursos do Global Environment Facility (GEF) e parceria com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), por meio da qual foram mapeadas tecnologias de baixo carbono e estimados custos e potenciais de abatimento dos setores-chave da economia brasileira: indústria, energia, transportes, edificações, Afolu (Agricultura, florestas e outros usos do solo), resíduos e outras alternativas intersetoriais (CCS e redes inteligentes).
- Estimativas de emissões, taxas de desmatamento e matrizes de conversão de uso e cobertura da terra, relativas ao período de 2010 a 2016, disponibilizadas nos relatórios setoriais da Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (4CN). O documento brasileiro, cuja elaboração é coordenada pelo MCTI, foi submetido à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) em 31 de dezembro de 2020⁸.

- Dados de oferta e demanda de energia, relativos ao período de 2010 a 2018, do Balanço Energético Nacional da Empresa de Pesquisa Energética (BEN/EPE)⁹. Nesse particular, foram atualizadas todas as variáveis que consideram como entrada os dados de oferta e demanda de energia dos setores constantes no simulador.
- Quando dados nacionais não foram encontrados, escalou-se dados de outros países¹⁰ para representar o Brasil. Fatores de escala diferiram por variável, sendo selecionados com base na maior correlação relativamente à variável em questão. Por exemplo, uma variável relativa à produção de bens e serviços pode ser dimensionada considerando dados de PIB nacionais, enquanto uma variável relacionada à produção de resíduos sólidos urbanos pode ser estimada a partir da população.
- Quando os dados não estavam disponíveis e não foi possível adaptá-los a partir de informações de outros países, utilizou-se integralmente os dados internacionais. A classificação do potencial impacto das variáveis (dados) é irrelevante se esses dados não forem específicos do contexto brasileiro, como é o caso, por exemplo, dos potenciais de aquecimento global de gases poluentes. Também pode ser impróprio, por exemplo, para representar a vida útil esperada de equipamentos de edificações e de veículos, que pouco difere entre países em virtude da estrutura de mercado dos fabricantes. Contudo, os dados utilizados integralmente de outros países não são capazes de distorcer resultados da ferramenta.

O modelo utilizou apenas dados disponíveis publicamente. A Tabela 1, em Apêndice, indica as fontes de dados consideradas para cada variável e observa, quando os valores são específicos do Brasil, se foram utilizados em escala ou adotados dados internacionais. As variáveis de entrada – aquelas adaptadas à realidade nacional em face à estrutura do modelo dos EUA, que são as que definem os impactos de políticas e as que devem ser definidas pelos usuários do modelo – foram omitidas da versão brasileira.

Muitas variáveis têm mais de uma fonte de dados, portanto, às vezes, as informações completas da fonte podem ser extensas. Essas informações estão disponíveis no arquivo de planilha associado a cada variável, que pode ser acessado como parte do pacote do EPS Brasil em <https://brazil.stage.energypolicy.solutions/>.

COMPARAÇÕES COM OUTROS CENÁRIOS *BUSINESS AS USUAL* (BAU) E CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS DE ADOÇÃO DE POLÍTICAS SETORIAIS ADICIONAIS AO CENÁRIO BAU

A segunda fase de construção do cenário BAU objetivou a calibração das projeções até 2050, tendo em vista os cenários construídos para o Brasil segundo fontes de dados nacionais e internacionais. Esse procedimento metodológico é valioso por permitir identificar inconsistências nas projeções, em geral decorrentes de inadequações dos dados de entrada considerados setorialmente.

Por exemplo, projeções iniciais do cenário BAU do EPS Brasil, quando comparadas em termos de geração elétrica ao cenário base do projeto MOP, revelaram patamares semelhantes em termos totais e de participação das fontes de energia na matriz, a despeito de ganhos de competitividade das fontes eólica e solar a partir de 2018, assim como queda na demanda elétrica em função de impactos da pandemia da Covid-19 em 2020. Tais aspectos não puderam ser capturados no projeto MOP, tendo construído seu cenário base em condição conjuntural distinta, em meados de 2016. Em função desse procedimento de calibração, pôde-se ajustar o custo nivelado de geração eólica e solar, assim como as taxas de crescimento do PIB na base de dados do EPS Brasil, consequentemente resultando em cenário BAU com patamar de geração elétrica inferior ao projeto MOP em 2020, e geração significativamente superior a partir de fontes eólica e solar a partir de 2030 (Figura 5).

Em suma, a calibração permite identificar, a partir da análise comparativa entre cenários, inconsistências nas projeções, que uma vez remetendo a ajustes nos dados de entrada setoriais, trouxeram robustez ao cenário BAU do simulador.

A seguir, são apresentados comparativamente os resultados desse cenário BAU frente a projeções de outras iniciativas e fontes reconhecidas pela ciência no tema. Dependendo da qualidade da documentação de premissas e resultados das projeções utilizadas com vistas à calibração do cenário BAU, foi possível identificar os fatores que explicam as diferenças entre as estimativas do EPS Brasil, em particular em relação às iniciativas MOP e MOP+BEN. Como se trata da versão comparativa já ajustada e final do cenário BAU do simulador, somente são explicadas divergências importantes entre as projeções.

Cumpramos ressaltar que as fontes apresentaram resultados, geralmente, distintos. Isso porque nenhuma iniciativa considerada oferece resultados para todas as saídas do modelo. Como consequência, cada figura mostra um subconjunto das fontes externas com a do EPS Brasil.

As referências com as quais o cenário BAU da EPS Brasil são comparadas constam no box 1.

Box 1 | Referências para o cenário BAU

MOP: PROJETO OPÇÕES DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SETORES-CHAVE DO BRASIL

- Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono/organizador Régis Rathmann. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017. Cenários de linha de base de relatórios setoriais

https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html

BEN: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL

- Balanço Energético Nacional 2019: Ano-base 2018/Empresa de Pesquisa Energética

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>

ICCT: INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION

- Global Transportation Roadmap Model

<https://theicct.org/transportation-roadmap>

EIA: U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION

- International Energy Outlook 2019

<https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>

IEA: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

- World Energy Outlook 2018

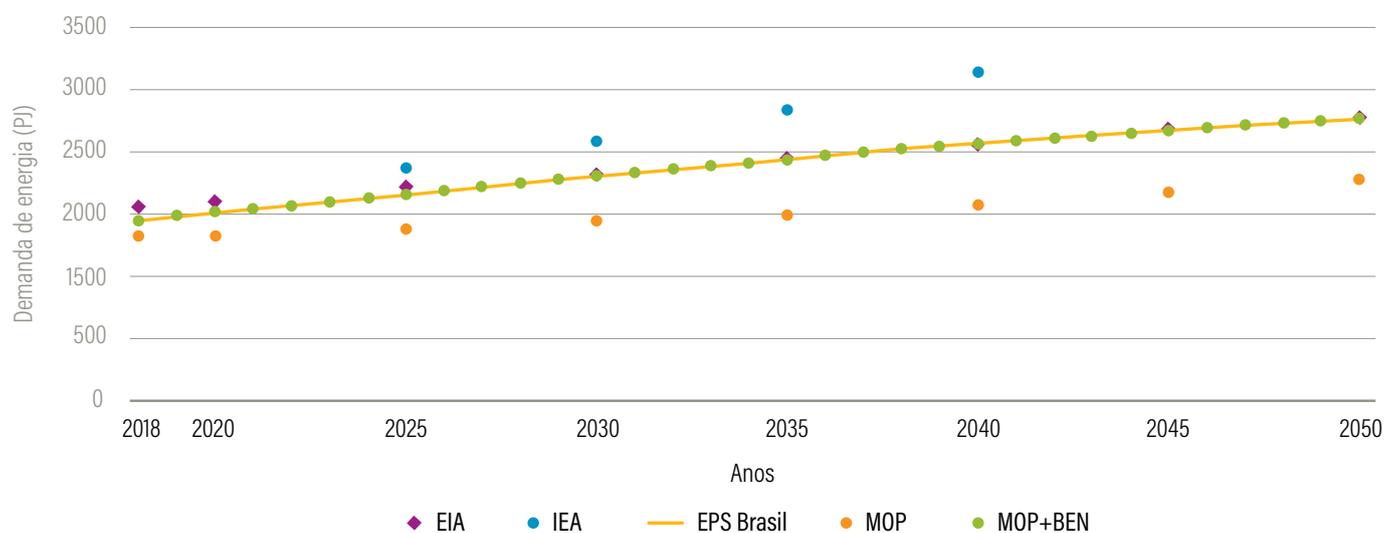
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>

COMMIT PROJECT

- Climate policy assessment and Mitigation Modeling to Integrate national and global Transition pathways – Scenario explorer

<https://themasites.pbl.nl/commit/>

Figura 2 | Projeções de demanda energética em edificações comerciais, residenciais e de serviços do Brasil, entre 2018 e 2050

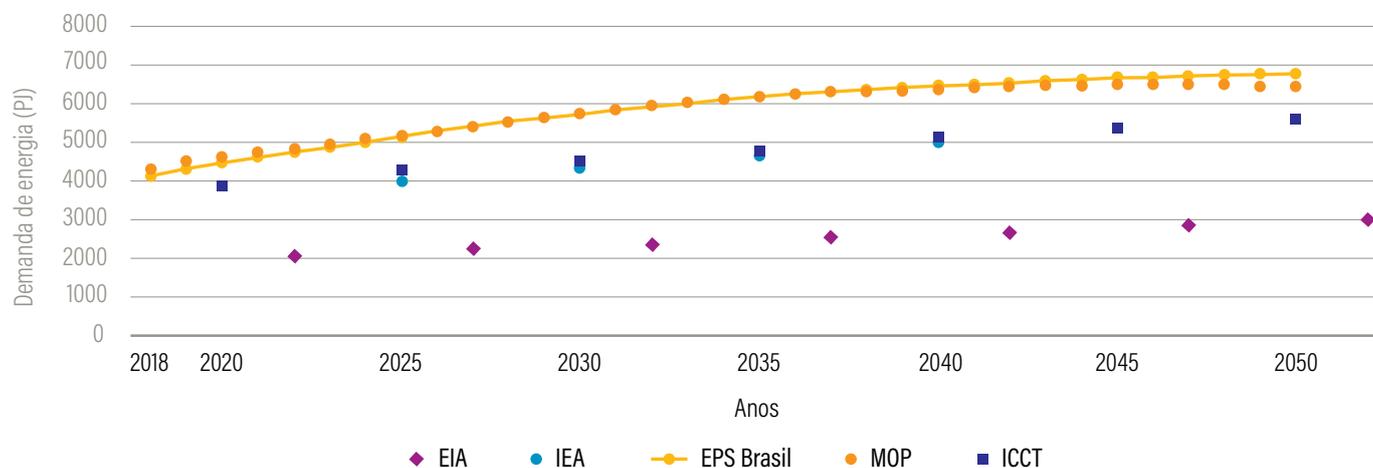


Fonte: EPS Brasil, cenário BAU; MOP, cenário de linha de base de edificações; MOP+BEN, cenário de linha de base de edificações do MOP calibrado a partir de dados do BEN de 2018; IEA, World Energy Outlook, Brazil, Stated Policies Scenario; EIA, International Energy Outlook 2019, Brazil, Reference Case, Delivered energy consumption in Brazil by end-use sector and fuel.

Observações:

- A diferença identificada entre EPS Brasil e MOP relativamente ao consumo energético de edificações ocorre, sobretudo, em virtude da diferença entre os anos-base das iniciativas, quais sejam 2018 e 2010, respectivamente.
- Em virtude dessa diferença, foram ajustadas as projeções do cenário BAU de MOP, com vistas a considerar o dado do ano-base disponível no BEN de 2018. Esse ajuste suscitou atualização dos dados de MOP, dando origem ao cenário MOP+BEN. As projeções desse cenário foram levadas à variável de demanda energética de edificações da EPS Brasil, assim calibrando as projeções relativamente a MOP+BEN.

Figura 3 | Projeções de demanda de energia no transporte de passageiros e de carga nos modais rodoviário, ferroviário, aéreo e hidroviário do Brasil, entre 2018 e 2050



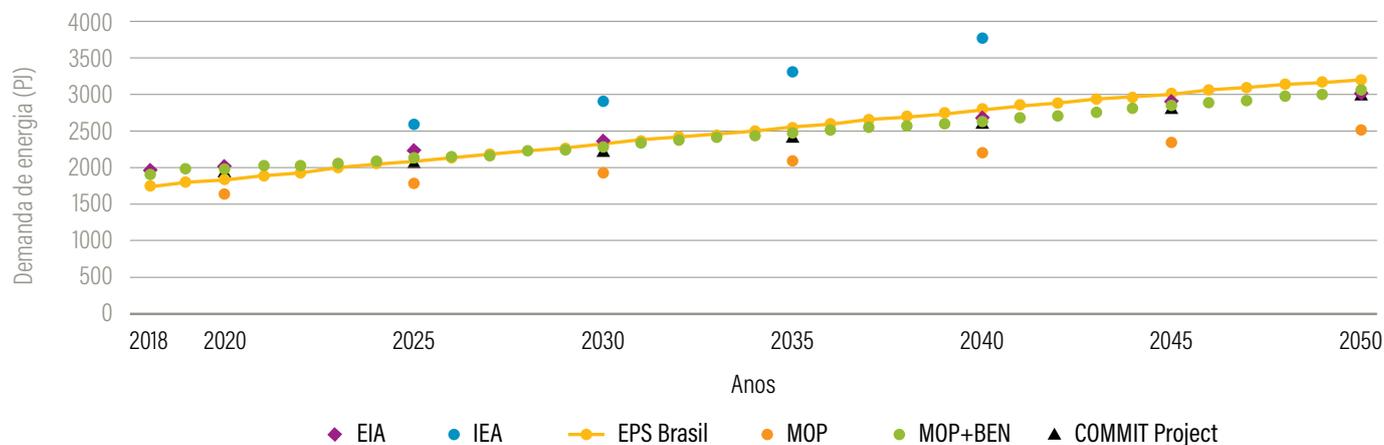
Fonte: EPS Brasil, cenário BAU; MOP, cenário de linha de base de transportes; ICCT, Roadmap 2017, Baseline, Brazil; IEA, World Energy Outlook, Brazil, Stated Policies Scenario; EIA, International Energy Outlook 2019, Brazil, Reference Case, Delivered energy consumption in Brazil by end-use sector and fuel.

Observações:

- Em EPS Brasil e ICCT, foram considerados veículos de três rodas, como motocicletas de carga.
- MOP não tem valores de uso de energia no transporte ferroviário separado em carga e passageiros. Ademais, não tem transporte rodoviário de carga separado em caminhões leves e pesados.
- Para contornar essa lacuna de dados, foram utilizadas as projeções de consumo energético no setor de transportes elaboradas por ICCT e EIA, que foram inicialmente compatibilizadas ao nível de desagregação e assim inseridas nas projeções de MOP. Mais do que isso, foi necessário atualizar o ano-base dos dados para 2018 a partir da obtenção da demanda energética de transportes em BEN 2018. Por fim, foram adicionadas as informações de demanda de energia dos modais de transporte no cenário BAU de EPS Brasil, assim convergindo as projeções relativamente ao cenário MOP.

- As diferenças entre EPS Brasil, ICCT e EIA são explicadas pelo fato de as fontes internacionais utilizarem em suas projeções dados subestimados da frota de veículos no modo rodoviário de passageiros.

Figura 4 | Demanda de eletricidade total proveniente dos setores industrial, agrícola, elétrico, de transportes e edificações

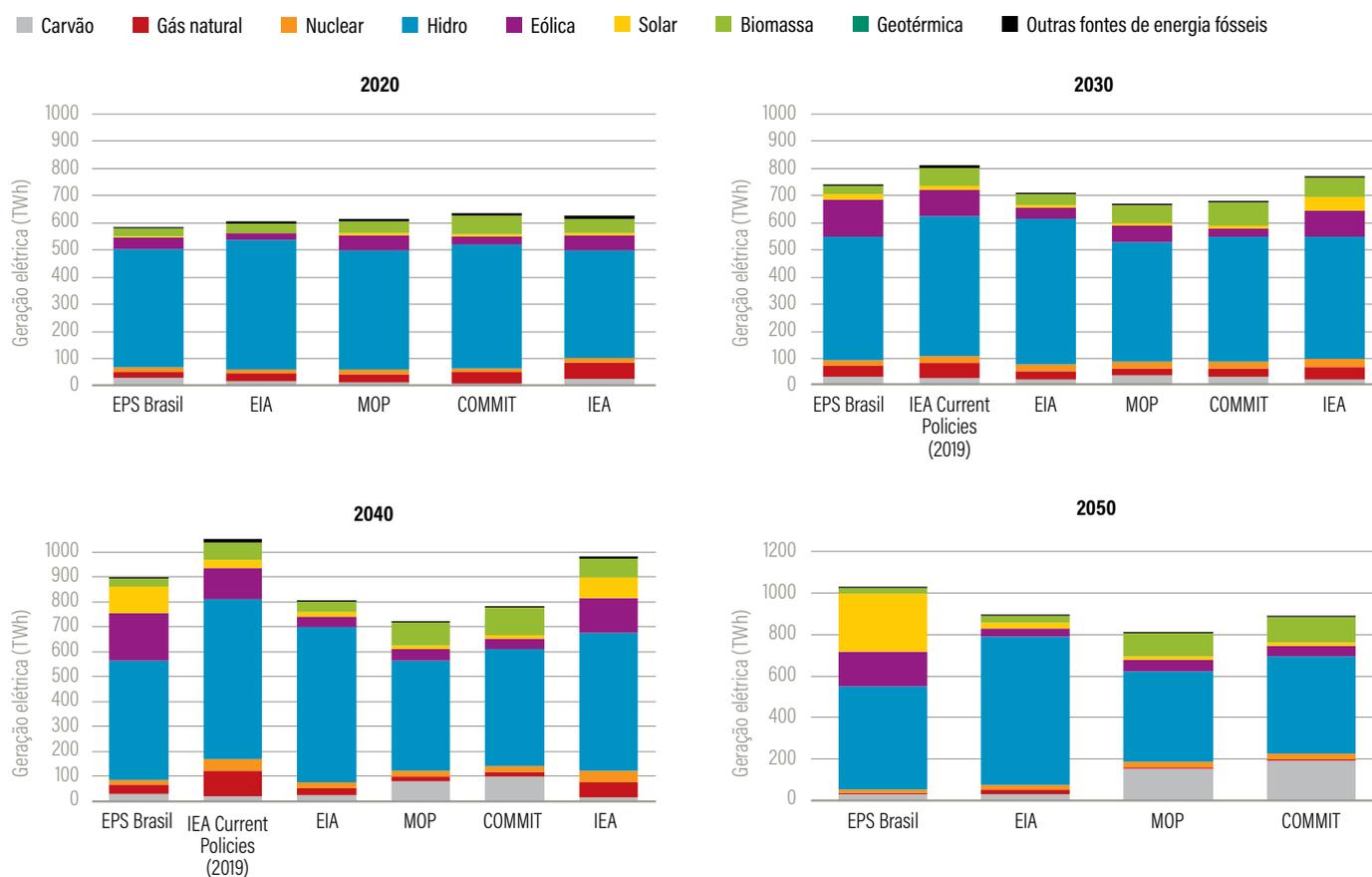


Fonte: EPS Brasil, cenário BAU; MOP, demanda elétrica total setorial; BEN+MOP, demanda elétrica total do cenário de linha de base do MOP, calibrada a partir de dados do BEN de 2018; IEA, World Energy Outlook, Brazil, Stated Policies Scenario; EIA, International Energy Outlook 2019, Brazil, Reference Case; COMMIT Project, Reference Case.

Observações:

- A diferença identificada entre EPS Brasil e MOP relativamente ao consumo elétrico ocorre, sobretudo, no uso comercial de energia em edificações e no setor químico, e se deve ao diferencial de anos-base entre as iniciativas.
- Assim, inicialmente o cenário BAU de MOP, relativamente à demanda elétrica em todos os setores, foi ajustado com vistas a considerar o mesmo ano-base de EPS Brasil a partir de dados de BEN 2018. Esse ajuste suscitou a revisão das variáveis setoriais de demanda elétrica, consequentemente permitindo a calibração e convergência da demanda elétrica total entre EPS Brasil e MOP+BEN.

Figura 5 | Composição da matriz de geração elétrica por fontes de energia, segundo diferentes fontes de dados, nos anos de 2020, 2030, 2040 e 2050



Fonte: EPS Brasil, cenário BAU; MOP, geração elétrica total do cenário de linha de base; IEA, World Energy Outlook, Brazil, Stated Policies Scenario; EIA, International Energy Outlook 2019, Brazil, Reference Case; COMMIT Project, Reference Case.

Observações:

- A eletricidade consumida localmente não está incluída na geração total de EPS Brasil, posto que se trata de autogeração em que não há sobra de energia pelo consumo ocorrer em nível setorial.
- A geração elétrica em EPS Brasil é maior do que a observada em MOP, a partir de 2030, em virtude do atual potencial de eletrificação de transportes.

- As gerações solar e eólica também assumem papel de destaque em EPS Brasil, assim corroborando uma expansão das fontes que já vem ocorrendo no Brasil (Figura 5 e Tabela 2, em Apêndice). Os dados de entrada de custo nivelado de geração de energia de EPS Brasil consideram informações mais recentes que as demais iniciativas, assim capturando perfeitamente a competitividade das fontes intermitentes até 2020. Mais do que isso, consideram o estado da arte de projeções de custos das fontes eólica e solar, oriundas de Irena (2020).

Na etapa final de construção do simulador, foram mapeados instrumentos de política pública passíveis de produzir impactos em termos ambientais, sociais, econômicos, energéticos e de saúde humana no Brasil. Foram considerados programas, planos, projetos e regulamentações em âmbito nacional, com aplicação setorial e/ou transversal, levando em conta a estrutura de desagregação do simulador: transportes; edificações; eletricidade; indústria; agricultura, florestas e outros usos da terra; aquecimento distrital e hidrogênio; transversal; e pesquisa e desenvolvimento (P&D). Mais do que isso, foram estimados e calibrados os dados que apontam o potencial de políticas em reduzir GEE, observando parâmetros constantes nos relatórios setoriais do projeto MOP e outras referências nacionais e internacionais, que podem ser visualizadas ao acessar o guia on-line do simulador.

INTERFACE COM O USUÁRIO

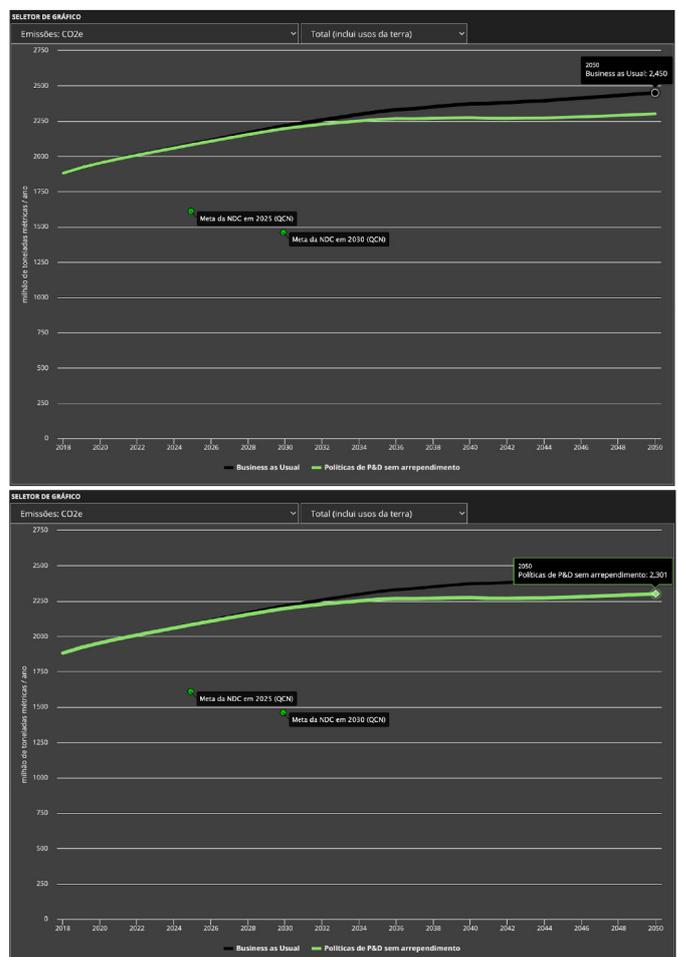
Ao acessar a ferramenta, para elaborar os cenários de aplicação de políticas, inicialmente deve-se escolher no “Seletor de cenário de política” a opção “Novo cenário”. A partir disso, o usuário do simulador pode selecionar diferentes opções de políticas, avaliando o impacto da introdução, por exemplo, em termos de emissões de dióxido de carbono equivalente, com relação ao cenário BAU. Ao selecionar as políticas, pode-se visualizar descrições e orientações para estabelecer valores ao clicar em “Veja mais sobre essa política”. Além disso, podem ser atribuídos diferentes níveis de implementação anual das políticas, no horizonte de 2018 a 2050, selecionando o item “Personalizar o cronograma de implementação”. Acessando esse item, há orientações acerca do estabelecimento dos níveis de adoção em “Como personalizar o cronograma de implementação”.

O simulador possui um cenário de adoção de políticas pré-definido para fins de exemplificação, que pode ser acessado no seletor de cenários e é intitulado “Políticas de P&D sem arrependimento”. P&D é o cenário *default* criado na ferramenta como exemplo de aplicação de políticas de pesquisa e desenvolvimento. Sem arrependimento é a designação utilizada, eis que as medidas adotadas são do tipo *no-regret*, ou seja, que se pagam e trazem receitas ao longo da vida útil da tecnologia.

O EPS Brasil considera o incentivo à adoção de políticas de P&D que promovem a redução do custo de capital e o consumo de energia de utilidades nos diferentes setores considerados na ferramenta. A primeira política leva em conta a adoção de medidas que promovem uma redução de custos de capital de novas soluções energéticas, em todos os setores, de 20% em 2050, partindo do nível de implementação de 10% desse potencial em 2022. Por sua vez, o incentivo de P&D que promove a redução no uso de combustíveis considera um potencial de redução de 30% em 2050, partindo do nível de implementação de 2,3% em 2021.

A adoção das políticas de P&D permite reduzir as emissões de 2.450 milhões, no cenário BAU, para 2.301 milhões de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente no cenário de políticas de P&D sem arrependimento em 2050 (Figura 6).

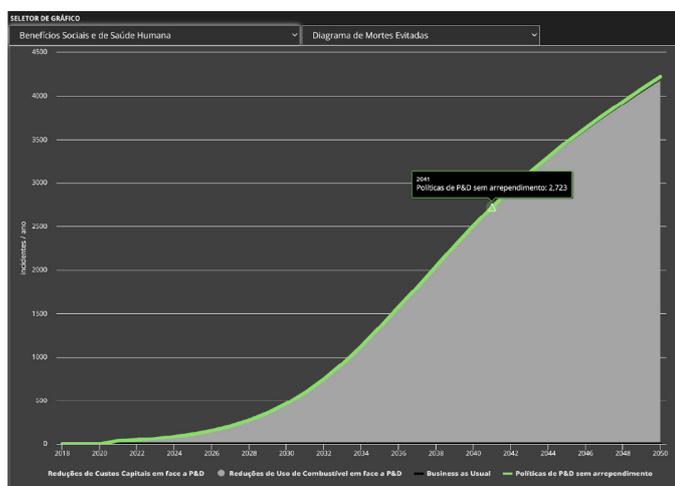
Figura 6 | Interface da ferramenta EPS Brasil simulando as emissões de CO₂e nos cenários BAU e de políticas de P&D



Fonte: EPS Brasil.

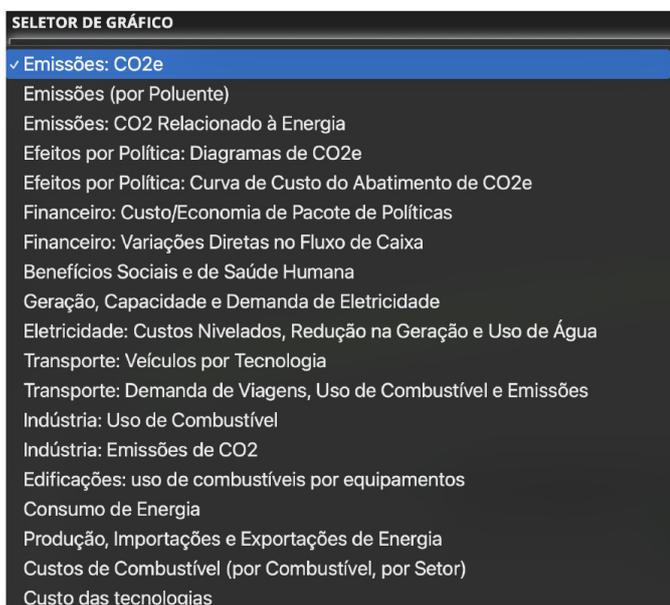
Também podem ser visualizados cobenefícios da adoção das políticas em termos de saúde humana decorrentes da diminuição das emissões, nesse caso, mortes evitadas em função das reduções na internação por problemas respiratórios (Figura 7). Todos os resultados da ferramenta podem ser vistos no “Seletor de gráficos”, conforme nível de desagregação constante na Figura 8.

Figura 7 | Interface da ferramenta EPS Brasil simulando os diagramas de mortes evitadas em face à adoção de políticas de P&D



Fonte: EPS Brasil.

Figura 8 | Interface da ferramenta EPS Brasil. Seletor de gráficos de resultados



Fonte: EPS Brasil.

LIMITAÇÕES E PREMISSAS

Modelos representam sistemas menos complexos que o mundo real, sendo sua formulação composta por premissas e simplificações. Similarmente, os resultados modelados podem ser afetados por limitações dos dados disponíveis.

Dois tipos de premissas fundamentam o EPS Brasil: premissas estruturais comuns a todas as versões da plataforma mundial do Energy Policy Simulator e premissas específicas relacionadas aos dados nacionais. Os pressupostos estruturais são descritos em detalhes na documentação on-line do modelo <https://us.energypolicy.solutions/docs/assumptions.html> (em inglês), sendo sintetizados a seguir:

- **A incerteza de resultados cresce proporcionalmente ao conjunto de políticas inseridas nos cenários.** Os dados de entrada na ferramenta devem ser estudados, medidos ou simulados sob determinado conjunto de hipóteses. Essas condições podem não refletir todas as combinações possíveis de configurações de política que um usuário pode selecionar no modelo. Geralmente, o cenário BAU é o mais próximo das condições refletidas pelos dados de entrada. Portanto, a incerteza dos efeitos da política é provavelmente menor quando poucas políticas são usadas, e quando estas são definidas com níveis baixos de implementação. A incerteza aumenta à medida que o pacote de políticas inclui um número maior de opções e as configurações delas se tornam mais extremas.
- **O modelo não avalia adicionalidades de medidas.** O usuário pode, livremente, testar o impacto da inserção dos 50 instrumentos de políticas públicas disponíveis na ferramenta, embora muitas não sejam adicionais. Esse é o caso, por exemplo, da taxação sobre o volume total ou apenas sobre o conteúdo de carbono dos combustíveis líquidos, em que apenas uma medida é passível de ser implementada, assim evitando a ocorrência de taxação em duplicidade para um mesmo objetivo.
- **Caracterizar o nível de incerteza, numericamente, não é possível.** Limites de incerteza não foram associados aos dados de entrada. Portanto, não é possível estimar o grau de incerteza relativo aos dados de saída (resultados). Como alternativa, o modelo oferece suporte à análise de Monte Carlo, que pode medir a sensibilidade dos resultados a alterações nos dados de entrada.

- **A ferramenta simula o impacto e não as metas de políticas públicas.** O EPS Brasil é um modelo que permite a simulação de cenários futuros, ou seja, de construção de trajetórias possíveis. Contudo, esses cenários factíveis estão sob a influência do operador da ferramenta do EPS Brasil, o qual faz a inserção e estabelece o nível de adoção de políticas. Assim, é viável construir uma alternativa para atingir determinado objetivo climático, como, por exemplo, as metas da NDC. Todavia, essa alternativa não necessariamente é a única e melhor trajetória, em termos de cobenefícios, para cumprimento do objetivo.
- **São limitadas as opções de políticas para o setor agrícola, florestas e outros usos da terra.** Na versão adaptada para o Brasil não foi possível adicionar, sobretudo, políticas da agricultura de baixo carbono. Futuros desenvolvimentos do modelo devem incluir opções de medidas que são adotadas no setor, como é o caso do plantio direto e da fertilização biológica de nitrogênio. Cumpre ressaltar, contudo, que não há distorção no cenário BAU, pois foi elaborado a partir de dados do projeto MOP, o qual considerou os níveis das medidas de baixo carbono constantes no Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Logo, a inserção da política permitiria verificar o impacto de níveis adicionais, por exemplo, de plantio direto, aos constantes na meta do referido plano e a partir de 2020.
- **Diversas técnicas são usadas para evitar dupla contagem de impacto de políticas, e essas técnicas envolvem *trade-offs*.** Políticas que alteram preços, como é o caso da taxaço de carbono, alteram a demanda por bens ou serviços e as decisões dos compradores que procuram novos equipamentos. Contudo, o modelo não considera todas as respostas possíveis que indivíduos e empresas podem ter sem duplicar certas respostas oriundas de outras políticas selecionadas. Nesses casos, os efeitos do nível de adoção das políticas devem ser aditivos aos efeitos de preços ou fornecer um piso ou teto que reja os efeitos subjacentes.

Por fim, podem ser citadas limitações e premissas relacionadas aos dados de entrada que foram considerados no cenário BAU do Brasil:

- No desenvolvimento do EPS Brasil, foram realizados pequenos ajustes para adaptar o modelo ao contexto brasileiro. Por exemplo, a utilização de energia no aquecimento do interior de edificações não é aplicável no país. Além disso, ao contrário de muitos países nos quais o setor energético é o principal emissor, uma grande parte das emissões no Brasil ocorre no setor de agricultura, florestas e outros usos da terra. Assim, esse setor foi representado no EPS com maior nível de detalhamento. Para refletir melhor a situação nacional, o EPS Brasil considera a inclusão de políticas de florestamento e reflorestamento; desmatamento evitado; e restauração florestal.
- A adaptação de um modelo baseado na matriz energética e de emissões norte-americanas para o Brasil se constituiu em enorme desafio, particularmente em função de características edafoagroclimáticas tão diferenciadas. Muitas limitações puderam ser superadas, como foi o caso do ajuste dos dados de entrada ao padrão de consumo de edificações de um país de clima preponderantemente temperado para tropical, em particular no que se refere ao consumo de utilidades de climatização e refrigeração. Outras características, contudo, não puderam ser perfeitamente ajustadas em termos dos dados de entrada, tendo em vista a diferenciação de composição subsetorial, como foi o caso dos segmentos da agricultura e pecuária.
- O nível de implementação da política de desmatamento evitado não pôde ser ajustado para considerar diferentes patamares de implementação. Ou seja, é possível somente ajustar o ano em que a política é adotada, pressupondo a partir disso que ela permaneça vigente e que o nível de desmatamento evitado, em área, se mantenha homogêneo. Mais do que isso, foi considerado o limite de desmatamento a ser evitado como a média verificada em todos os biomas no período de 2010 a 2016, que foi de 24.073 km².

- O escopo das mudanças que puderam ser feitas para personalizar a estrutura do modelo para o Brasil não foi ilimitado. Por exemplo, seria interessante ajustar o modelo para simular o impacto da adoção das políticas em termos de geração de emprego e renda, o que não foi possível em virtude das limitações da versão utilizada para adaptação no Brasil.
- No Brasil, há dificuldade no acesso a dados desagregados, como é o caso das elasticidades da demanda para diferentes modos de transporte e tipos de veículos. Além disso, a ferramenta simula políticas em nível nacional, enquanto alguns dados são coletados em nível local e não estão disponíveis para todas as regiões do país. Quando os dados nacionais para uma variável não puderam ser obtidos, foram utilizadas as bases de dados do EPS EUA, o que amplia a margem de incerteza dos resultados derivados.
- Foram usados dados nacionais de fontes confiáveis, tais como Balanço Energético Nacional da Empresa de Pesquisa Energética, projeto MOP e 4CN, ambos do MCTI. Ademais, foram utilizadas fontes diversas para calibrar o ano-base e as projeções do cenário BAU. Para entender como os dados EPS Brasil se comparam a tais fontes de dados, deve-se consultar a seção anterior que descreve a calibração do cenário BAU.

Outros aprimoramentos podem ocorrer em nível de discriminação de políticas setoriais, sobretudo no setor de agricultura, florestas e outros usos da terra. Nesse setor, idealmente podem ser adicionadas políticas de incentivo à agricultura de baixo carbono, como a adoção de sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta, plantio direto e fertilização biológica de nitrogênio. No setor florestal, podem ser consideradas políticas de incentivo ao plantio de florestas comerciais, assim como plantio misto de espécies exóticas e nativas.

Finalmente, ao nível do setor de transportes, podem ser considerados mandatos de vendas de veículos híbridos flex, levando em conta a vocação do país na produção de etanol. E, no caso do setor energético, incentivos à produção de biocombustíveis de segunda geração, que futuramente deverão encontrar nichos de consumo nos transportes aéreo e marítimo, tendo em vista metas de redução de emissões que terão que cumprir.

FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

No momento, a ferramenta contempla somente dois cenários: BAU e políticas de P&D sem arrependimento. Também é permitido que os usuários construam seus próprios cenários de políticas e para ajudá-los, orientações são fornecidas na interface da web. Esses cenários podem ser salvos ou compartilhados, e os resultados das simulações podem ser acessados em formato de planilhas.

Em um estágio futuro do EPS Brasil, a ferramenta pode ser aprimorada a fim de permitir variações quanto ao grau de implementação dessas políticas, em especial no nível de desmatamento. Ademais, pode apresentar impactos adicionais decorrentes de políticas, tais como a geração de emprego e renda associada à mitigação de emissões de GEE. Ainda, o modelo poderá ter o ano-base atualizado com vistas a produzir informações que sejam recorrentemente utilizadas para a proposição de políticas climáticas e de desenvolvimento sustentável.

APÊNDICE

Tabela 1 | Dados e fontes por variável do modelo EPS Brasil

PASTA	ACRÔNIMO	DESCRIÇÃO	VALORES ESPECÍFICOS PARA O BRASIL?	FONTE DE DADOS
additional outputs	BGDP	PIB do cenário BAU	Sim	OECD, MOP
additional outputs	SCoC	Custo social do carbono	Não	US Gov.
additional outputs	SCoHbP	Custo social dos impactos na saúde por poluente	Parcialmente	EPA
additional outputs	VoasL	Valor estatístico da vida para impactos da poluição na saúde	Sim	IPEA
buildings & appliances	BASoBC	Montante gasto na construção de componentes de edificações	Não	DOE
buildings & appliances	BCEU	Consumo de energia do cenário BAU por equipamento	Sim	MOP
buildings & appliances	BDEQ	Produção de eletricidade por fontes distribuídas no cenário BAU	Sim	MOP
buildings & appliances	BFoCSbQL	Fração de equipamentos vendidos por nível de qualidade no cenário BAU	Não	DOE
buildings & appliances	BRESaC	Custo de <i>retrofitting</i> de equipamentos por unidade de energia	Sim	Prato, Silva e Romero, 2018; MOP
buildings & appliances	CL	Vida útil dos equipamentos	Sim	MOP
buildings & appliances	CpUDSC	Custo da geração solar distribuída	Não	NREL; EnerNex, 2015
buildings & appliances	DSCF	Fator de capacidade da geração solar distribuída	Sim	MOP
buildings & appliances	ECiCpCU	Carbono embutido em equipamentos por unidade monetária	Não	RFF
buildings & appliances	EoBSDwEC	Elasticidade da demanda do segmento de serviços em relação ao custo de energia	Não	EIA
buildings & appliances	EoCEDwEC	Elasticidade da demanda energética de equipamentos em relação ao custo de energia	Não	EIA
buildings & appliances	EoCPwEU	Elasticidade de preço dos equipamentos em relação ao uso de energia	Não	EERE
buildings & appliances	EoDSDwSP	Elasticidade de implantação solar distribuída em relação à porcentagem de subsídio	Não	BNEF
buildings & appliances	FoBoBE	Fração de edificações por entidade	Parcialmente	MOP; DOE
buildings & appliances	MSCdtRPbQL	Mudanças na participação de mercado devido a subsídios por nível de qualidade de equipamentos	Não	Datta e Fillippini, 2012
buildings & appliances	PCFURfE	Substituição no uso de combustíveis por eletricidade em equipamentos (%)	Não	EIA
buildings & appliances	PEUDfSbQL	Ganhos de eficiência em face a incentivos fiscais para equipamentos	Não	ESP
buildings & appliances	PPEldtICEaT	Ganhos de eficiência devido ao treinamento do empreiteiro	Não	Bensch, Pigg e Anderson, 2006
buildings & appliances	PPEldtIL	Ganhos de eficiência devido à rotulagem de equipamentos	Não	ACEEE

PASTA	ACRÔNIMO	DESCRIÇÃO	VALORES ESPECÍFICOS PARA O BRASIL?	FONTE DE DADOS
CCS	BFoCPAbS	Fração do potencial de CCS alcançado por setor no cenário BAU	Sim	MOP
CCS	CC	Custo de capital do CCS por tonelada de CO ₂ capturado	Sim	MOP
cost outputs	DR	Taxa de desconto	Não	US Gov.
dist-heat	BFoHfC	Fração de calor provida por cogeração	Não se aplica	Não se aplica
dist-heat	BFoHPbF	Fração de calor provida por combustível	Não se aplica	Não se aplica
dist-heat	EoCtUH	Eficiência de conversão do calor útil	Não se aplica	Não se aplica
electricity supply	ARpUliRC	Incremento relativo de custo por fonte de geração retirada	Não	EIA
electricity supply	BCpUC	Custo da bateria por unidade de capacidade	Não	RMI; SNL
electricity supply	BCRbQ	Retirada de capacidade instalada por final de vida útil no cenário BAU	Sim	ANEEL
electricity supply	BDPbES	Ordem de despacho por fonte	Não se aplica	Não se aplica
electricity supply	BECE	Fatores de capacidade esperados no cenário BAU	Parcialmente	Portugal-Pereira <i>et al.</i> , 2016; EIA
electricity supply	BGCL	Vida útil da capacidade de geração no cenário BAU	Não	NREL; EIA
electricity supply	BGDPbES	Porcentagem de despacho por fonte no cenário BAU	Não se aplica	Não se aplica
electricity supply	BGrBSC	Capacidade de armazenamento por baterias do grid	Sim	MOP
electricity supply	BHRbEF	Eficiência de conversão elétrica por combustível	Sim	Koberle <i>et al.</i> , 2018
electricity supply	BPHC	Capacidade de bombeamento por usinas reversíveis	Sim	MOP
electricity supply	BTaDLP	Perdas percentuais de transmissão e distribuição no cenário BAU	Sim	ANEEL
electricity supply	BTC	Capacidade de transmissão no cenário BAU	Sim	ONS
electricity supply	CCaMC	Custos de capital e operação e manutenção de capacidade instalada	Parcialmente	Koberle <i>et al.</i> , 2018; IRENA
electricity supply	DCpUC	Custo de descomissionamento por unidade de capacidade	Não	RFF; CI; CEC
electricity supply	DRC	Resposta da demanda ao período de pico	Não	Brattle Group
electricity supply	DRCo	Resposta da demanda ao custo anual por unidade de geração	Não	EIA
electricity supply	ElaE	Importação e exportação de eletricidade	Sim	EPE; ONS
electricity supply	EoPPTSwFP	Elasticidade de preço por fonte de geração	Não	EIA
electricity supply	EoTTCwTC	Elasticidade de coeficiente de transmissão com relação ao fator de capacidade	Não	NREL; WECC
electricity supply	FoOMctiL	Fração de fator trabalho nos custos de operação e manutenção	Não	Sargent and Lundy, LLC
electricity supply	FoTCAMRBtPF	Parcela flexível da capacidade de transmissão	Não	NEB
electricity supply	FPC	Flexibilidade por unidade de geração	Não	PNNL; NREL; CEC; CPUC

PASTA	ACRÔNIMO	DESCRIÇÃO	VALORES ESPECÍFICOS PARA O BRASIL?	FONTE DE DADOS
electricity supply	FSCaFoCC	Custo de substituição de combustível como fração do custo de construção	Não	Herald News; ENN
electricity supply	MCGLT	Limites de crescimento da capacidade instalada anual por fonte	Sim	MOP; Rochedo <i>et al.</i> , 2018
electricity supply	MPCbS	Potencial técnico máximo de geração elétrica por fonte	Sim	EPE; Vinhoza, 2019
electricity supply	MPPC	Capacidade mínima de geração por planta	Não	DOE; EIA
electricity supply	NGEpUO	Conteúdo de carbono embutido por planta instalada	Sim	Portugal-Pereira <i>et al.</i> , 2016
electricity supply	NSDoDC	Desvio padrão normalizado de custos de despacho	Não	EIA; IEA
electricity supply	NSDoNCC	Desvio padrão normalizado de novos custos de capital	Não	CRS; NREL
electricity supply	PTCF	Fatores de capacidade no horário de pico	Sim	EPE
electricity supply	RM	Margem de reserva	Não	NAERC
electricity supply	SLF	Fator de carga do sistema	Sim	ONS
electricity supply	SYC	Capacidade de geração de eletricidade no ano inicial	Sim	ANEEL; EPE
electricity supply	TCAMRB	Capacidade de transmissão na região modelada	Sim	ONS
electricity supply	TCCpUCD	Custo de construção de linhas de transmissão por unidade de geração	Sim	EPE
electricity supply	WUbPPT	Uso de água por tipo de planta	Não	PNNL
endo-learn	BCbVT	Capacidade da bateria por tipo de veículo	Não	Irena; Lindon, 2016; Lambert, 2016
endo-learn	BCSG	CO ₂ total capturado no cenário BAU	Não	IEA
endo-learn	BGBSC	Capacidade total de armazenamento de energia por baterias	Não	Bloomberg, 2017a
endo-learn	BGSaWC	Capacidade total de geração solar e eólica	Não	IEA; Bloomberg, 2017a
endo-learn	GBEtPR	Taxa de armazenamento de energia em baterias relativamente ao grid	Não	Bloomberg, 2017a
endo-learn	PDiBCpDoC	Porcentagem de declínio no custo de baterias ao dobrar a capacidade de armazenamento de energia	Não	Bloomberg, 2018
endo-learn	PDiCCpDoC	Porcentagem de declínio no custo ao dobrar a capacidade de geração de energia	Não	Liebreich, 2013; Rubin <i>et al.</i> , 2015
endo-learn	PDiCECpDoC	Porcentagem de declínio no custo de CCS ao dobrar a capacidade de aplicação da tecnologia	Não	CRS
endo-learn	SYSoCCtaSC	Porcentagem de custos variáveis no custo de geração no ano-base do cenário BAU	Não	DOE; NREL; Irena
fuels	BFCpUEbS	Participação do custo de combustível por setor no cenário BAU	Parcialmente	ANP; EIA; EPE; MOP; Silva, 2017
fuels	BFPIaE	Produção, importação e exportação de combustíveis no cenário BAU	Sim	IAMC; MOP
fuels	BS	Subsídios a combustíveis no cenário BAU	Sim	Khanna <i>et al.</i> , 2016; IISD; ODI

PASTA	ACRÔNIMO	DESCRIÇÃO	VALORES ESPECÍFICOS PARA O BRASIL?	FONTE DE DADOS
fuels	BSoFPtit	Participação de impostos no preço dos combustíveis no cenário BAU	Sim	Cavalcanti, 2011; Guilhoto, 2015
fuels	ETRbF	Taxa de importação por combustível	Sim	KPMG
fuels	GbPbT	GWP por poluente	Não	IPCC
fuels	PEI	Intensidades de emissão de poluentes	Não	EPA; ANL; EIA; CETESB; FAPESP
fuels	PoFDCTAE	Porcentagem de mudança na demanda de combustível que altera as exportações	Sim	ANP; EPE; Deloitte
geoeng	DACD	Potencial de captura de CO ₂ direta do ar	Parcialmente	Realmonde <i>et al.</i> , 2019; IBGE
hydrogen	BHPSbP	Participação de rotas de produção de hidrogênio	Sim	Szklo <i>et al.</i> , 2012
hydrogen	EHPpUC	Capacidade de produção de hidrogênio por unidade	Não	Wang <i>et al.</i> , 2018
hydrogen	HPEbP	Eficiência da produção de hidrogênio por rota	Não	IEA; NREL
hydrogen	HPEC	Custos de produção de hidrogênio por rota	Não	IEA
hydrogen	HPPECbP	Capacidade excedente de produção de hidrogênio por unidade	Não	Wang <i>et al.</i> , 2018
industry	BIFUBC	Uso de combustíveis no cenário BAU, sem CCS	Sim	MOP; EPE
industry	BPEIC	Emissões de processo em CO ₂ eq	Parcialmente	MOP; EPA; PICIR; IEA
industry	BPOlFUFE	Proporção de combustíveis usados para fins energéticos no cenário BAU	Sim	MOP
industry	BSoAIgTAP	Participação de operações agrícolas destinadas à obtenção de produtos de origem animal	Sim	IBGE; IAMC
industry	CESTR	Imposto sobre vendas de equipamento (%)	Sim	SRFB
industry	CtIEPpUESoS	Custo para implementar a política de eficiência por unidade de energia economizada ou substituída	Não	MacCurdy <i>et al.</i> , 2013; RMI; Energy and Environmental Analysis, Inc.
industry	EoP	Elasticidades de produção	Não	Damodaran, 2014; RFF
industry	FLRbl	Taxa de vazamento de carbono da indústria	Não	RFF
industry	FoISaGPbE	Fração de bens da indústria adquiridos por entidade	Sim	Guilhoto <i>et al.</i> , 2015
industry	FoNETVwP	Fração de despesas não energéticas que variam com a produção	Sim	Guilhoto <i>et al.</i> , 2013
industry	MHV	Valor de aquecimento do metano	Não	Engineering Toolbox, 2016
industry	PERAC	Custos e reduções de emissões de processo	Não	IEA; EPA; WBCSD; USCA
industry	PIFURfE	Porcentagem de substituição de combustível por eletricidade na indústria	Não	EIA; DOE
industry	PPRiFUfERoIF	Redução potencial no consumo de combustíveis devido à aposentadoria antecipada de instalações ineficientes	Sim	MOP
industry	PPRiFUfICaWHR	Redução potencial no consumo de combustíveis a partir da cogeração e recuperação de calor residual	Sim	MOP

PASTA	ACRÔNIMO	DESCRIÇÃO	VALORES ESPECÍFICOS PARA O BRASIL?	FONTE DE DADOS
industry	PPRiFUfllaloE	Redução potencial no consumo de combustíveis a partir da melhoria de instalações e manutenção de equipamentos	Não	RMI
industry	RIFF	Fração de eletrificação por segmento industrial	Não	NREL; DMA/UR
industry	RoPSoPBvOD	Proporção de pessoas que optam pela dieta vegana em detrimento ao consumo de proteína animal	Não	Shepon <i>et al.</i> , 2018
industry	TNRbl	Receita total da indústria, excluindo combustíveis	Sim	MOP; IBGE
industry	WMITR	Imposto da renda marginal do trabalho	Sim	SRFB
land use & forestry	AOCoLUPpUA	Custo anual das políticas de uso da terra por unidade de área	Sim	MOP; IBGE; 4CN
land use & forestry	BLAPE	Emissões de poluentes antropogênicos no cenário BAU	Sim	4CN
land use & forestry	CiLVpUAAbP	Mudança unitária no valor da terra por área afetada pela política	Não	USFS
land use & forestry	CSpULApYbP	CO ₂ sequestrado por área pela política de uso da terra	Sim	4CN; MOP
land use & forestry	FoFObE	Porcentagem da propriedade de florestas por entidade	Sim	MAPA/SFB
land use & forestry	ICoLUPpUA	Custo de implementação das políticas de uso da terra por área	Sim	MOP
land use & forestry	PLANAbPiaSY	Área potencial por tipo de uso da terra afetada pela política em um único ano	Sim	4CN/MOP
land use & forestry	RPEpUACE	Emissões de gases poluentes por CO ₂ abatido por política de uso da terra	Não	EPA
transport	AVLo	Carregamento médio por tipo de veículo	Sim	MOP; ANAC; CNT; ANTAQ; Souza <i>et al.</i> , 2017
transport	AVMC	Custo anual de manutenção por tipo de veículo	Sim	TDI; CARB; ICAO; Jordan Stokes; RMRA; UGPTI; SPAR; Boats
transport	BAADTbVT	Distância média percorrida por tipo de veículo no cenário BAU	Sim	MOP; ANAC
transport	BCDTRtSY	Distância da carga transportada relativa ao ano-base no cenário BAU	Sim	MOP
transport	BLP	Porcentagem de energia livre de carbono consumida por veículos	Parcialmente	MOP; ANP; EPA
transport	BNVFE	Economia de combustíveis para veículos novos por tipo	Parcialmente	MOP; NARPC; INMETRO; Motoclube; USDEHP; IEA
transport	BNVP	Preço de veículos novos no cenário BAU	Parcialmente	MOP; Ocean Marine; EIA; EESI; Trucker; Michaels, 2012; Tita e Hagerty, 2014
transport	BPoEFUbVT	Porcentagem de combustíveis consumidos por tipo de veículo	Parcialmente	MOP; EPE; DOE
transport	BRAaCTSC	Custo sombra e de ansiedade no carregamento de veículos elétricos no cenário BAU	Não	Zhenhong e Greene, 2010
transport	ECpV	Carbono embutido por tipo de veículo	Não	PE International, 2013
transport	EoCSoEVMS	Efeito das estações de carregamento na participação de mercado de veículos elétricos	Não	Sierzchula <i>et al.</i> , 2014

PASTA	ACRÔNIMO	DESCRIÇÃO	VALORES ESPECÍFICOS PARA O BRASIL?	FONTE DE DADOS
transport	EoDfVUwFC	Elasticidade da demanda de uso do veículo em relação ao custo do combustível	Não	EPA; IATA; Sinha <i>et al.</i> , 2007
transport	EoFoNVFE	Efeito do <i>feebate</i> na economia de combustível do veículo novo	Parcialmente	Greene <i>et al.</i> , 2005; German e Mezsler, 2010; MOP; ME
transport	EoNVFEwFC	Elasticidade da economia de combustível do veículo novo em relação ao custo do combustível	Não	Small, 2010; Harrington e Krupnick; 2012; DOE
transport	EoVPwFE	Elasticidade do preço do veículo em relação à economia de combustível	Não	DOE; CAR
transport	EVCCC	Custo de capital do carregador de veículo elétrico	Não	DOE
transport	EVCLC	Custo de operação e manutenção do carregador de veículo elétrico	Não	DOE
transport	FoVObE	Fração de veículos adquiridos por entidade	Sim	MOP
transport	MPNVbT	Porcentagem máxima de veículos novos por tecnologia	Parcialmente	EIA; MOP; Clean Rider; RevZilla
transport	MPoEFUbVT	Máximo percentual por tipo de combustível usado por tecnologia veicular	Não	Ship&Bunker; IEA; DOE
transport	P	População	Sim	IBGE
transport	PCiCDTdtTDM	Mudança percentual na distância percorrida da carga em face à gestão da demanda de transporte	Sim	MOP
transport	PTFURfE	Redução percentual do uso de combustível por eletricidade no transporte	Não	EPA; Bradley & Associates
transport	SDoVPbT	Desvio padrão dos preços dos veículos por tecnologia	Não	Edmunds; Trucker
transport	SRPbVT	Poluentes regulados por tipo de veículo	Sim	Conama
transport	SYBSoEVP	Participação da bateria no preço do veículo elétrico no ano-base	Não	UBS
transport	SYVbT	Frota de veículos no ano-base por tipo	Sim	MOP
transport	VBDR	Taxa de desconto do veículo comprado	Sim	MOP
web-app	BCF	Fatores de conversão de energia	Não	EIA; ANL
web-app	CDCF	Fatores de conversão de transporte de cargas e de passageiros	Sim	MOP
web-app	OCCF	Fatores de conversão de unidades monetárias	Sim	Bacen

Tabela 2 | Geração elétrica por fontes de energia em diferentes cenários (TWh)

FONTE DE ENERGIA/DADO NO ANO	2020				
	EPS BRASIL	EIA	MOP	COMMIT	IEA
Carvão	29	17	14	9	24
Gás natural	24	29	29	41	60
Nuclear	17	13	16	15	16
Hidro	435	479	441	455	398
Eólica	42	23	53	29	56
Solar	1	2	10	10	7
Biomassa	30	35	45	66	55
Geotérmica	-	-	-	-	-
Outras fósseis	2	8	8	8	10

FONTE DE ENERGIA/DADO NO ANO	2030					
	EPS BRASIL	IEA CURRENT POLICIES	EIA	MOP	COMMIT	IEA
Carvão	29	22	21	32	31	16
Gás natural	42	55	30	27	28	50
Nuclear	17	26	22	27	27	26
Hidro	458	521	538	441	459	451
Eólica	137	93	41	58	32	100
Solar	20	15	12	13	12	52
Biomassa	31	66	41	64	84	68
Geotérmica	-	-	-	-	-	-
Outras fósseis	2	12	4	7	7	5

FONTE DE ENERGIA/DADO NO ANO	2040					
	EPS BRASIL	IEA CURRENT POLICIES	EIA	MOP	COMMIT	IEA
Carvão	27	20	24	79	97	15
Gás natural	39	101	26	18	18	60
Nuclear	17	47	22	27	27	47
Hidro	479	643	624	441	467	553
Eólica	193	126	42	44	43	139
Solar	106	29	20	15	14	84
Biomassa	30	71	41	92	111	76
Geotérmica	-	-	-	-	-	-
Outras fósseis	2	12	2	3	3	5

FONTE DE ENERGIA/DADO NO ANO	2050			
	EPS BRASIL	EIA	MOP	COMMIT
Carvão	27	28	150	189
Gás natural	9	27	6	6
Nuclear	17	17	27	28
Hidro	496	716	441	470
Eólica	168	42	54	54
Solar	277	26	15	15
Biomassa	30	38	112	123
Geotérmica	-	-	-	-
Outras fósseis	2	2	1	1

REFERÊNCIAS

- 2 DEGREES INSTITUTE – TDI. 2018. Comparing Fuel and Maintenance Costs of Electric and Gas Powered Vehicles in Canada. Disponível em: https://www.2degreesinstitute.org/reports/comparing_fuel_and_maintenance_costs_of_electric_and_gas_powered_vehicles_in_canada.pdf. Acesso em: 20 ago. 2020.
- AMERICAN COUNCIL FOR AN ENERGY-EFFICIENT ECONOMY – ACEEE. Overcoming Market Barriers and Using Market Forces to Advance Energy Efficiency. ACEEE, 2013. Disponível em: <http://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/e136.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- ARGONNE NATIONAL LABORATORY – ANL. 2016. GREET 1 2016. Disponível: https://greet.es.anl.gov/greet_1_series. Acesso em: 15 ago. 2021.
- BENSCH, B.; PIGG, S.; ANDERSON, M. 2006. How Much Is That Training Program Worth? Quantifying the Value of Training and Other 'Fuzzy' Education Events. Disponível em: http://aceee.org/files/proceedings/2006/data/papers/SS06_Panel6_Paper03.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.
- BLOOMBERG. 2017. New Energy Outlook 2017.
- _____. 2018. New Energy Outlook 2018.
- _____. 2017. Long-Term Electric Vehicle Outlook 2017.
- BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE – BNEF. 2015. How extending the investment tax credit would affect US solar build. Disponível em: http://www.seia.org/sites/default/files/resources/BNEF_SEIA%20Solar%20Forecast_15%20September%202015.pdf. Acesso em: 19 ago. 2021.
- BOATS. Boats.com. 2018. The Cost of Owning a Boat: Budgeting and Financial Planning. Disponível em: <https://www.boats.com/boat-buyers-guide/cost-of-owning-a-boat-budgeting-financial-planning/>. Acesso em: 19 set. 2019.
- BRADLEY & ASSOCIATES. 2007. Comparison of Energy Use & CO2 Emissions from Different Transportation Modes. Disponível em: <http://www.buses.org/files/ComparativeEnergy.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. Statistic data. ANAC, 2015. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Banco de Informações da Geração. ANEEL, 2020. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- _____. Perdas de Energia Elétrica na Distribuição. ANEEL, 2019. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relat%C3%B3rio+Perdas+de+Energia_+Edi%C3%A7%C3%A3o+1-2019.pdf/b43e024e-5017-1921-0e66-024fa1bed575. Acesso em: 20 ago. 2021.
- _____. Capacidade Instalada de Geração Elétrica Brasil e Mundo (2015). ANEEL, 2015. Disponível em: <http://www.aben.com.br/Arquivos/443/443.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. International LNG Market, Impacts on Brazil. 2019. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-183/LNG%20International%20Market%20Report%202018-2027_rev1.pdf. Acesso em 15 ago. 2021.
- _____. Fuel Production and Supply – Opportunities in Brazil. ANP, 2017. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/Fuel_Production_and_Supply_Opportunities_in_Brazil.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.
- _____. Anuário Estatístico 2018. ANP, 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/central-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/2018/anuario-2018-versao-impressao.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUÁTICO – ANTAQ. Characterization of supply and demand for river passenger and cargo transportation in the Amazon region. ANTAQ, 2017. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2018/08/Relat%C3%B3rio-Produto-5-Final-21.05.2018.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2020.
- BRASIL. BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN. Taxas de câmbio. Brasília: BACEN, 2020.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – Conama. Conama Resolution number 415/2009. Resolution about requirements for new light vehicles. CONAMA, 2009.
- BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Balanço Energético Nacional (BEN) 2019: ano-base 2018. Rio de Janeiro: EPE, 2015. BRASIL.
- _____. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018 - Ano-Base 2017. EPE, 2018.
- _____. Panorama e Perspectivas sobre Integração Energética Regional. EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Integracao%20Energetica%20Regional.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- _____. Brazilian Oil & Gas Report 2018/2019 – Trends and Recent Developments. EPE, 2019. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-448/topico-501/EPE_Brazilian_Oil_and_Gas_Report_2019.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.
- _____. NOTA TÉCNICA PR 07/18 – Premissas e Custos da Oferta de Energia Elétrica no Horizonte 2050. EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-456/NT%20PR%20007-2018%20Premissas%20e%20Custos%20Oferta%20de%20Energia%20El%C3%A9trica.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- _____. Estudos Para a Expansão da Geração: Custo Marginal de Expansão do Setor Elétrico Brasileiro Metodologia e Cálculo. EPE, 2019. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-423/topico-482/NT_CME_EPE_DEE-NT-057_2019-r0.pdf. Acesso em: 14 jan. 2021.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. National System Account. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=resultados>. Acesso em: 14 ago. 2021.

_____. Pesquisa Industrial Anual 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

_____. Censo Agropecuário 2006/2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

_____. Censo populacional. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

BRASIL. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. O custo econômico da poluição do ar: estimativa de valor da vida estatística para o Brasil. IPEA, 2019. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=35164. Acesso em: 10 ago. 2021.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Consumption / Energy Efficiency Tables. Light Motor Vehicles. INMETRO, 2019. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos_leves_2015.pdf. Acesso em: 22 dez. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES – MCTI. QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA – 4CN, 2021a. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/arquivos/SIRENE/Comunicacoes-Nacionais-do-Brasil-a-UNFCCC/2020_12_22_4CN_v5_PORT_publicada.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

_____. Sistema de Registro Nacional de Emissões. Cenários de mitigação/base de dados de tecnologias de baixo carbono. MOP, Brasília: MCTIC, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/cenarios>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES – MCTIC. Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para alcance das metas brasileiras no Acordo de Paris. Projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil – MOP, Brasília: MCTIC, 2017a. Disponível em: http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/2098519/Trajektorias-Ebook-b_final.pdf/29c11698-b71d-4009-850c-a162090e1108. Acesso em: 18 out. 2017.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para agricultura, florestas e outros usos do solo. MOP, Brasília: MCTIC, 2017b.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de alimentos e bebidas. MOP, Brasília: MCTIC, 2017c.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de cerâmica. MOP, Brasília: MCTIC, 2017d.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de cimento. MOP, Brasília: MCTIC, 2017e.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de ferro-gusa e aço. MOP, Brasília: MCTIC, 2017f.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de ferroligas. MOP, Brasília: MCTIC, 2017g.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de metalurgia de metais não ferrosos. MOP, Brasília: MCTIC, 2017h.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de mineração e pelotização. MOP, Brasília: MCTIC, 2017i.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de outras indústrias. MOP, Brasília: MCTIC, 2017j.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de papel e celulose. MOP, Brasília: MCTIC, 2017k.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor químico. MOP, Brasília: MCTIC, 2017l.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor têxtil. MOP, Brasília: MCTIC, 2017m.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de biocombustíveis. MOP, Brasília: MCTIC, 2017n.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de fontes renováveis de geração elétrica. MOP, Brasília: MCTIC, 2017o.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de óleo e gás natural. MOP, Brasília: MCTIC, 2017p.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de termelétricas e term nucleares. MOP, Brasília: MCTIC, 2017q.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de transportes. MOP, Brasília: MCTIC, 2017r.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de edificações. MOP, Brasília: MCTIC, 2017s.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de gestão de resíduos. MOP, Brasília: MCTIC, 2017t.

_____. Opções transversais para mitigação de emissões de gases de efeito estufa: captura, transporte e armazenamento de carbono. MOP, Brasília: MCTIC, 2017u.

_____. Opções transversais para mitigação de emissões de gases de efeito estufa: redes inteligentes. MOP, Brasília: MCTIC, 2017v.

_____. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de agricultura, florestas e outros usos do solo. MOP, Brasília: MCTIC, 2017w.

_____. Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono / organizador Régis Rathmann. MOP, Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017x.

BRASIL. MINISTÉRIO DA ECONOMIA – ME. 2018. Energy Efficiency of Inovar-Auto Program. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/setor-automotivo/inovar-auto/objetivo-geral-e-especifico-3>. Acesso em: 14 set. 2017.

BRASIL. OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA – ONS. Sobre o SIN – O Sistema em Números: Extensão da Rede de Transmissão. ONS, 2019. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 11 ago. 2021.

_____. Acompanhamento Mensal dos Intercâmbios Internacionais. ONS, 2019. Disponível em: http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/relat%C3%B3rio_intercambio_internacional_201904.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

_____. Relatório de Intercâmbio Internacional 2019. ONS, 2019. Disponível em: http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/relatorio_intercambio_internacional_201903.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

_____. Histórico da Operação: Geração de Energia. ONS, 2020. Disponível em: http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx. Acesso em: 14 ago. 2021.

BRASIL. SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL – SRFB. Tributação. Disponível em: <https://receita.economia.gov.br/orientacao/aduaneira/manuais/remessas-postal-e-expressa/topicos/tributacao>. Acesso em: 20 ago. 2021.

_____. Imposto sobre a Renda da Pessoa Física. SRFB, 2019. Disponível em: <http://receita.economia.gov.br/interface/cidadao/irpf/2019/perguntao/perguntas-e-respostas-irpf-2019.pdf>. Acesso em: 14 maio 2021.

BRASIL. SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB. Florestas do Brasil em resumo 2019. SFB, 2019, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4261-florestas-do-brasil-em-resumo-digital/file>. Acesso em: 14 abr. 2021.

_____. Boletim SNIF 2019. SFB, 2019. Disponível em: http://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Boletim-SNIF_Ed1_2019.pdf. Acesso em: 13 set. 2020.

BRATTLE GROUP. 2019. The National Potential for Load Flexibility. Disponível em: https://brattlefiles.blob.core.windows.net/files/16639_national_potential_for_load_flexibility_-_final.pdf. Acesso em: 19 ago. 2021.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD – CARB. 2016. Literature Review on Transit Bus Maintenance Cost. Disponível em: https://ww3.arb.ca.gov/msprog/bus/maintenance_cost.pdf. Acesso em: 4 fev. 2020.

CALLAM INSTITUTE – CA. 2017 Nuclear Decommissioning Funding Study. CA, 2017. Disponível em: <https://www.callan.com/wp-content/uploads/2017/09/Callan-2017-NDT-Survey.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2021.

CAVALCANTI, M.C.B. 2011. Tributação relativa etanol-gasolina no Brasil: competitividade dos combustíveis, arrecadação do estado e internalização de custos de carbono. Tese de Doutorado. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Marcelo_Castello_Branco_Cavalcanti.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

CLEAN RIDER. 2014. The electric scooter market. Disponível em: <http://cleanrider.com/electric-scooter-market/>. Acesso em: 4 abr. 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Relatórios de Emissões Veiculares no Estado São Paulo. CETESB, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>. Acesso em: 22 abr. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. TRANSPORTE METROFERROVIÁRIO DE PASSAGEIROS 2016. CNT, 2016. Disponível em: [http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/2016%20CNT%20Pesquisa%20Metroferrovi%C3%A1ria%20\(web\).pdf](http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/2016%20CNT%20Pesquisa%20Metroferrovi%C3%A1ria%20(web).pdf). Acesso em: 14 set. 2020.

CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE – CRS. 2008. Power Plants: Characteristics and Costs. Disponível em: <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/RL34746.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

_____. Carbon Capture: A Technology Assessment. CRS, 2013. Disponível em: <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R41325.pdf>. Acesso em: 14 maio 2021.

CURTAILMENT PERCENTAGE AT FP USAGE – CPUC. Impacts of High Variable Renewable Energy Futures on Wholesale Electricity Prices, and on Electric-Sector Decision Making. Lawrence Berkeley National Lab 2018. Disponível em: <https://emp.lbl.gov/publications/impacts-high-variable-renewable>. Acesso em: 14 ago. 2021.

DAMODARAN. A. 2014. Margins by Sector. Disponível em: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/margin.html. Acesso em: 20 set. 2019.

DATTA, S.; FILIPPINI, M. 2012. Analysing the Impact of Energy Star Rebate Policies in the U.S. Disponível em: http://www.cepe.ethz.ch/publications/workingPapers/CEPE_WP86.pdf. Acesso em: 19 ago. 2021.

DELOITTE. 2018. Brazilian E&P overview. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/br/en/pages/energy-and-resources/upstream-guide/articles/brazil-oil-exploration-production-overview.html>. Acesso em: 14 ago. 2021.

Department of Mechanics and Aeronautics, University of Rome – DMA/UR. 2008. Potential for Solar Heat in Industrial Processes. Disponível em: <http://www.inship.eu/docs/sh9.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

EDMUNDS. 2017. The 50 most researched new vehicles on Edmunds.com during May 2017. Edmunds.com. Disponível em: <https://www.edmunds.com/car-reviews/consumers-most-popular.html>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ENERGY AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS, INC. 2005. Characterization of the U.S. Industrial/Commercial Boiler Population. Disponível em: http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/distributedenergy/pdfs/characterization_industrial_commerical_boiler_population.pdf. Acesso em: 14 mar. 2021.

ENERGY NEWS NETWORK – ENN. 2017. Conversion to natural gas brings new life to aging coal plants. Disponível em: <https://energynews.us/2017/02/24/midwest/conversion-to-natural-gas-brings-new-life-to-aging-coal-plants/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ENERGY STAR – ESP. Certified Products. ESP program website, 2021.

ENERNEX, J.S. 2015. Production Levels of Utility-Scale and Residential-Scale PV Systems. Disponível em: http://brattle.com/system/publications/pdfs/000/005/188/original/Comparative_Generation_Costs_of_Utility-Scale_and_Residential-Scale_PV_in_Xcel_Energy_Colorado's_Service_Area.pdf?1436797265. Acesso em: 10 ago. 2021.

ENGINEERING TOOLBOX. 2016. Fuel Gases Heating Values. Disponível em: http://www.engineeringtoolbox.com/heating-values-fuel-gases-d_823.html. Acesso em: 14 fev. 2021.

ENVIRONMENTAL AND ENERGY STUDY INSTITUTE – EESI. Fact Sheet: Battery Electric Buses: Benefits Outweigh Costs. EESI, 2018. Disponível em: <https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-electric-buses-benefits-outweigh-costs>. Acesso em: 22 ago. 2020.

- FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO – FAPESP. Baterias de carros elétricos evoluem, mas ainda perdem em densidade energética para os combustíveis tradicionais. Pesquisa FAPESP 2017. Disponível em: https://revistaspesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2017/11/072-073_baterias_261.pdf. Acesso em: 15 nov. 2020.
- GERMAN, J.; MESZLER, D. Best Practices for Feebate Program Design and Implementation. ICCT, 2010. Disponível em: http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_feebates_may2010.pdf. Acesso em: 15 set. 2018.
- GREENE, D.L. *et al.* 2005. Feebates, rebates and gas-guzzler taxes: a study of incentives for increased fuel economy. *Energy Policy*, 33(6), 757-775.
- GUILHOTO, J.J.M. 2015. Sistema de Matrizes de Insumo-Produto para o Brasil 2013. Disponível em: <http://www.usp.br/nereus/?fontes=dados-matrizes>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- HARRINGTON, W.; KRUPNICK, A. 2012. Improving Fuel Economy in Heavy-Duty Vehicles. Disponível em: <http://www.rff.org/documents/RFF-DP-12-02.pdf>. Acesso em: 14 maio 2017.
- HERALD-NEWS. 2016. NRG announces completion of Joliet project. Disponível em: <https://www.theherald-news.com/2016/12/20/nrg-announces-completion-of-joliet-project/aw10gq7/>. Acesso em: 30 jul. 2017.
- INTERNATIONAL AIR TRANSPORTATION ASSOCIATION – IATA. 2008. Air Travel Demand: IATA Economics Briefing No 9. Disponível em: http://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/air_travel_demand.pdf. Acesso em: 14 set. 2019.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION – ICAO. 2017. Airline Operating Costs and Productivity. Disponível em: <https://www.icao.int/MID/Documents/2017/Aviation%20Data%20and%20Analysis%20Seminar/PPT3%20-%20Airlines%20operating%20costs%20and%20productivity.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2021.
- INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – IISD. 2010. Lessons Learned from Brazil's Experience with Fossil-Fuel Subsidies and their Reform. Disponível em: https://www.iisd.org/pdf/2010/lessons_brazil_fuel_subsidies.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.
- INTEGRATED ASSESSMENT MODELING CONSORTIUM – IAMC. 2017. Model Documentation: BLUES. Disponível em: https://www.iamcdocumentation.eu/index.php/Model_Documentation_-_BLUES. Acesso em: 15 set. 2020.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Projected Costs of Generating Electricity. IEA, 2010. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/projected_costs.pdf. Acesso em: 15 ago. 2021.
- _____. Energy Technology Perspectives 2017. IEA, 2017. Disponível em: <https://www.iea.org/etp2017/>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- _____. Methane Tracker 2020. IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/interactive-country-and-regional-estimates#abstract>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- _____. The Future of Hydrogen. IEA, 2019. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a02a0c80-77b2-462e-a9d5-1099e0e572ce/IEA-The-Future-of-Hydrogen-Assumptions-Annex.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- _____. Fuel Economy in Major Car Markets. IEA, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/fuel-economy-in-major-car-markets>. Acesso em: 12 set. 2020.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. IPCC Working Group 1. AR5 WG1: The Physical Science Basis. IPCC, 2013. Disponível em: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf. Acesso em 22 mar. 2021.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA. Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition). IRENA, 2019. Disponível em: www.irena.org/publications. Acesso em: 19 ago. 2021.
- _____. Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030. IRENA, 2017. Disponível em: <http://www.irena.org/publications/2017/Oct/Electricity-storage-and-renewables-costs-and-markets>. Acesso em 18 ago. 2021.
- _____. Renewable Power Generation Costs in 2019. IRENA, 2020. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf. Acesso em: 14 ago. 2021.
- JORDAN STOKES. 2018. The True Cost of Motorcycle Ownership: It's More than Just the Bike. Disponível em: <https://gorollick.com/articles/consumer/the-true-cost-of-motorcycle-ownership-its-more-than-just-the-bike/>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- KHANNA, M. *et al.* 2016. Who pays and who gains from fuel policies in Brazil? Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988315002935?casa_token=fXWNAyMtgPEAAAAA:UTUKFSEABfN4iTYCtXGL3lIxeGqPrYn_c8oLcumLJCnbo9K092BrHIL0a27n0QipcZcJ1BhBOYga. Acesso em: 15 ago. 2021.
- KOBERLE, A. *et al.* 2018. Are conventional energy megaprojects competitive? Suboptimal decisions related to cost overruns in Brazil. *Energy Policy*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.021>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- KPMG GLOBAL ENERGY INSTITUTE – KPMG. 2018. A Guide to Brazilian Oil & Gas Taxation. Disponível em: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/br/pdf/2018/10/br-a-guide-to-brazilian-oil-gas-taxation.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- LAMBERT, F. 2016. Daimler unveils its first all-electric eTruck: 26 tonnes capacity, massive 202 kWh battery for 125 miles of range. Disponível em: <https://electrek.co/2016/07/27/daimler-etruck-first-all-electric-truck-125-miles-range/>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- LIEBREICH, M. 2013. Bloomberg New Energy Finance Summit 2013 Keynote. Disponível em: <http://bnf.com/InsightDownload/7566/pdf/>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- LINDON, H. 2016. Electric Bus Batteries Could Soon Overtake Consumer Electronic Batteries. Disponível em: <https://cleantechnica.com/2016/03/12/electric-bus-batteries-could-soon-overtake-consumer-electronic-batteries/>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- MACCURDY, Alex *et al.* 2013. Dual Baselines for Industrial Retrofits that Trigger Energy Codes. Disponível em: http://aceee.org/files/proceedings/2013/data/papers/3_166.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.
- MICHAELS, D. The Wall Street Journal. 2012. The Secret Price of a Jet Airliner. Disponível em: <http://www.wsj.com/articles/SB10001424052702303649504577494862829051078>. Acesso em: 14 set. 2020.
- MOTOCLUBE. 2016. 10 motorbikes for 2016. Disponível em: <https://motoclube.com/10-motos-economicas-para-2016>. Acesso em: 14 abr. 2019.

- NATIONAL ASSOCIATION OF RAIL PASSENGER CARRIERS – NARPC. Balance of the Rail Sector 2018. Disponível em: <https://anprtilhos.org.br/wp-content/uploads/2019/05/anprtilhos-balancosetor-2019-web.pdf>. Acesso em: 22 maio 2020.
- NATIONAL ENERGY BOARD – NEB, Government of Canada. 2017. Canada's Energy Future 2017, Appendices. Disponível em: <https://apps.neb-one.gc.ca/ftprpndc/dflt.aspx?GoCTemplateCulture=en-CA>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY – NREL. 2018. Annual Technology Baseline 2018.
- _____. Reducing Wind Curtailment through Transmission Expansion in a Wind Vision Future. NREL, 2015. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67240.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- _____. Cost and Performance Assumptions for Modeling Electricity Generation Technologies. NREL, 2010. Disponível em: <http://www.nrel.gov/docs/fy11osti/48595.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2021.
- _____. Offshore Wind Balance-of-System Cost Modeling. NREL, 2015. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/64789.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- _____. Industrial Process Heat Demand Characterization. NREL, 2018. Disponível em: <https://data.nrel.gov/submissions/91>. Acesso em: 22 jan. 2021.
- _____. Hydrogen Pathways Updated Cost, Well-to-Wheels Energy Use, and Emissions for the Current Technology Status of Ten Hydrogen Production, Delivery, and Distribution Scenarios. NREL, 2013. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60528.pdf>. Acesso em: 14 maio 2021.
- NORTH AMERICAN ELECTRICITY RELIABILITY CORPORATION – NAERC. 2015. 2015 Summer Reliability Assessment. Disponível em: http://www.nerc.com/pa/RAPA/ra/Reliability%20Assessments%20DL/2015_Summer_Reliability_Assessment.pdf. Acesso em: 14 jun. 2021.
- OCEAN MARINE. 2017. Passenger Vessels. Disponível em: https://www.oceanmarine.com/catalog.cfm?Passenger%2DVessels&category_current=18. Acesso em: 29 out. 2020.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. Quarterly National Accounts: Real GDP long-term forecast. OECD, 2018. Disponível em: <https://data.oecd.org/gdp/gdp-long-term-forecast.htm>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- OVERSEAS DEVELOPMENT INSTITUTE – ODI. 2015. G20 subsidies to oil, gas and coal production: Brazil. Disponível em: <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/9989.pdf>. Acesso em 14 jan. 2021.
- PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY – PNNL. Energy Storage for Power Systems Applications: A Regional Assessment for the Northwest Power Pool (NWPP). PNNL, 2010. Disponível em: <http://energyenvironment.pnnl.gov/ei/pdf/NWPP%20report.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- PE INTERNATIONAL. 2013. Live Cycle CO₂e Assessment of Low Carbon Cars 2020-2030. Disponível em: http://www.lowcvc.org.uk/assets/reports/CONFERENCE%202013%20Final%20Report_Lifecycle%20CO2%20Assessment%20of%20Low%20Carbon%20Cars%202020-2030_PEJuly2013.pdf. Acesso em: 14 set. 2018.
- POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH – PICIR. 2018. The PRIMAP-hist national historical emissions time series (1850-2016) v2.0. Disponível em: <http://doi.org/10.5880/PIK.2019.001>. Acesso 15 set. 2020.
- _____. GCAM model v. 5.1.2. PNNL, 2018. Disponível em: <http://www.globalchange.umd.edu/gcam/>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- PORTUGAL-PEREIRA, J. *et al.* 2016. Overlooked impacts of electricity expansion optimisation modelling: The life cycle side of the story. Energy. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.03.062>.
- PRATO A., SILVA; ROMERO, A.C. 2018. Cost-benefit assessment of the retrofit of the envelope in a public building, with computer simulation support Architecture and Urbanism Notebooks. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/25640/22544>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- REALMONTE *et al.* 2019. An inter-model assessment of the role of direct air capture in deep mitigation pathways. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-019-10842-5>. Acesso em: 14 maio 2021.
- REVZILLA MOTORSPORTS. 2015. How Many Motorcycles wer Sold in the U.S. Last Year? Disponível em: <https://www.revzilla.com/common-tread/us-motorcycle-sales>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- RESOURCES FOR THE FUTURE – RFF. 2008. Impact of Carbon Price Policies on U.S. Industry. Disponível em: <http://www.rff.org/documents/RFF-DP-08-37.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- _____. Decommissioning US Power Plants: Decisions, Costs, and Key Issues. RFF, 2017. Disponível em: <https://www.rff.org/documents/578/RFF20Rpt20Decommissioning20Power20Plants.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE – RMI. The Economics of Grid Defection. RMI, 2014. Disponível em: http://www.rmi.org/electricity_grid_defection. Acesso em: 20 ago. 2021.
- _____. Reinventing Fire: Bold Business Solutions for the New Energy Era. RMI, 2011. Disponível em: http://www.rmi.org/RfGraph-Cumulative_2010_value_capital_investment_fuel_savings. Acesso em: 14 out. 2020.
- ROCKY MOUNTAIN RAIL AUTHORITY – RMRA. 2010. High-Speed Rail Feasibility Study. Disponível em: http://rockymountainrail.org/documents/RMRABP_CH7_OperatingCosts_03.2010.pdf. Acesso em: 14 set. 2019.
- RUBIN *et al.* 2015. A review of learning rates for electricity supply technologies. Disponível em: https://www.andrew.cmu.edu/user/ilimade/Ines_Azevedo/papers/Rubin_2015.pdf. Acesso em: 15 ago. 2021.
- SANDIA NATIONAL LABORATORY – SNL. Electricity Storage Handbook in Collaboration with NRECA. SNL, DOE/EPRI, 2013. Disponível em: <http://www.sandia.gov/ess/publications/SAND2013-5131.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- SARGENT AND LUNDY, LLC. 2009. New Coal-Fired Power Plant Performance and Cost Estimates. Disponível em: <http://www.epa.gov/airmarkets/resource/docs/CoalPerform.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- SHEPON, A. *et al.* 2018. The opportunity cost of animal-based diets exceeds all food losses. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/115/15/3804>. Acesso em: 14 ago. 2019.

- SHIP&BUNKER. 2016. Industry insight. Disponível em: <https://shipandbunker.com/news/features/industry-insight/637086-industry-insight-sustainable-marine-biofuel-scaling-up-for-a-crucial-role-in-a-low-emission-future-for-shipping>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- SIERZCHULA, W. *et al.* 2014. The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514000822>. Acesso em: 14 set. 2019.
- SILVA, G.N. 2017. Produção de hidrogênio renovável via power to gas para mitigação de emissões de CO₂ do refino do petróleo e maior aproveitamento da energia eólica. Dissertação de Mestrado. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Gabriela_Nascimento_da_Silva.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.
- SINHA, K. *et al.* 2007. Transportation Decision Making: Principles of Project Evaluation and Programming. <http://books.google.com/books?id=870LEFbxZTQC&pg=PA54>. Acesso em: 14 fev. 2012.
- SMALL, K. A. 2010. Energy Policies for Automobile Transportation: A Comparison Using the National Energy Modeling System. Disponível em: <http://www.rff.org/Documents/Features/NEPI/RFF-BCK-Small-AutoPolicies.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.
- SPAR Associates. 2012. Estimating Commercial Ship Life Cycle Cost & Required Freight Rate (3-Port Model). Disponível em: [http://www.sparusa.com/Presentations/Presentation-Commercial%20Ship%20Life%20Cycle%20&%20Required%20Freight%20Rate%20\(RFR\)%20Cost%20Model.pdf](http://www.sparusa.com/Presentations/Presentation-Commercial%20Ship%20Life%20Cycle%20&%20Required%20Freight%20Rate%20(RFR)%20Cost%20Model.pdf). Acesso em: 9 ago. 2020.
- SOUZA, P. *et al.* 2017. Performance evaluation of passenger ferries between Rio de Janeiro and Niterói. Administration Congress Society and Innovation 2017. Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/59910.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.
- SZKLO, A. *et al.* FUNDAMENTOS DO REFINO DE PETRÓLEO: Tecnologia e Economia. Interciência: Rio de Janeiro, 2012.
- TITA, B.; HAGERTY, J. The Wall Street Journal. 2014. Caterpillar Falls Behind GE in Locomotives Race. Disponível em: <http://www.wsj.com/articles/caterpillar-falls-behind-ge-in-locomotives-race-1405291739>. Acesso em: 4 out. 2019.
- TRUCKER. TruckerToTrucker.com: 2015 (snapshot of available trucks). New Conventional Daycab Trucks, New Conventional Sleeper Trucks. Disponível em: http://www.truckertotrucker.com/search_results.cfm?city=&Type=Trucks&Category=Conventional+Daycab&Make=&Model=&Keywords=&State=&YearGT=&YearLT=&PriceGT=&PriceLT=&NewUsed=New&perPage=25&hasPrice=1&Submit=. Acesso em: 22 maio. 2021.
- UBS. 2017. Q-Series: UBS Evidence Lab Electric Car Teardown – Disruption Ahead? Disponível em: <https://neo.ubs.com/shared/d1ZTxnvF2k/>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- UPPER GREAT PLAINS TRANSPORTATION INSTITUTE – UGPTI. 2013. Analysis of Railroad Energy Efficiency in the United States. Disponível em: <https://www.ugpti.org/resources/reports/downloads/mpc13-250.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2020.
- U.S. CALIFORNIA ENERGY COMMISSION – CEC. Economic Modeling of Relicensing and Decommissioning Options for the Klamath Basin Hydroelectric Project. CEC, 2006. Disponível em: <https://www.energy.ca.gov/2006publications/CEC-700-2006-010/CEC-700-2006-010.PDF>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- U.S. Climate Alliance – USCA. 2020. Provided upon request.
- UNITED STATES GOVERNMENT – US Gov. Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon. US Gov, 2015. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/infocoreg/scc-tsd-final-july-2015.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY – DOE. Buildings Energy Data Book (2011 edition). DOE, 2012.
- _____. Costs Associated with Non-Residential Electric Vehicle Supply Equipment. DOE, 2015. Disponível em: https://afdc.energy.gov/files/publication/evse_cost_report_2015.pdf. Acesso em: 1 fev. 2019.
- _____. 2014–2015 Offshore Wind Technologies Market Report Data Tables. DOE, 2015. Disponível em: https://energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/2014-2015-Offshore-Wind-Technologies-Market-Report-data-tables-9-25_0.xlsx. Acesso em: 13 abr. 2021.
- _____. Wind Vision: A New Era for Wind Power in the United States. DOE, 2015. Disponível em: https://www.energy.gov/sites/prod/files/wv_chapter2_wind_power_in_the_united_states.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.
- _____. How Gas Turbine Power Plants Work. DOE, 2021. Disponível em: <http://energy.gov/fe/how-gas-turbine-power-plants-work>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY HYDROGEN PROGRAM – USDEHP. 2006. Hydrogen Fuel Cells. Disponível em: https://www.californiahydrogen.org/wp-content/uploads/files/doe_fuelcell_factsheet.pdf. Acesso em: 1 set. 2019.
- U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – EIA. 2015. Assumptions to the Annual Energy Outlook 2015.
- _____. Annual Energy Outlook 2020. EIA, 2020. Disponível em: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/tables_side.php. Acesso em: 15 ago. 2021.
- _____. Annual Energy Outlook 2019. EIA, 2019. Disponível em: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/tables_side.php. Acesso em: 15 ago. 2021.
- _____. Manufacturing Energy Consumption Survey. EIA, 2013. Disponível em: <http://www.eia.gov/consumption/manufacturing/data/2010/#r5>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- _____. International Energy Outlook 2019. EIA, 2019. Disponível em: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- _____. Form EIA-860. EIA, 2020. Disponível em: <http://www.eia.gov/electricity/data/eia860/xls/eia8602012.zip>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- _____. Form EIA-861. EIA, 2012. Disponível em: <https://www.eia.gov/electricity/data/eia861/>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- _____. Form EIA-923. EIA, 2016. Disponível em: <https://www.eia.gov/electricity/data/eia923/>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- _____. Form EIA-923 Detailed Data (for Year 2014). EIA, 2015. Disponível em: https://www.eia.gov/electricity/data/eia923/xls/f923_2014.zip. Acesso em: 12 ago. 2021.

_____. Updated Buildings Sector Appliance and Equipment Costs and Efficiencies. EIA, 2018. Disponível em: <https://www.eia.gov/analysis/studies/buildings/equipcosts/pdf/full.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2021.

_____. Heat contents. EIA, 2016. Disponível em: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/appg.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. RSM-based Benefit Per Ton Estimates. EPA, 2013. Disponível em: <http://www2.epa.gov/benmap/response-surface-model-rsm-based-benefit-ton-estimates>. Acesso em: 10 ago. 2021.

_____. Emissions Factors for Greenhouse Gas Inventories. EPA, 2018. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-03/documents/emission-factors_mar_2018_0.pdf. Acesso em: 14 dez. 2019.

_____. 2017 and Later Model Year Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emissions and Corporate Average Fuel Economy Standards (Final Rule). EPA, 2017. Disponível em: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2012-10-15/pdf/2012-21972.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2018.

_____. All-Electric Vehicles (EVs). EPA, 2014. Disponível em: <http://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>. Acesso em: 14 ago. 2021.

_____. Global Non-CO2 Greenhouse Gas Emission Projections & Mitigation Potential: 2015-2050. EPA, 2019. Disponível em: <https://www.epa.gov/global-mitigation-non-co2-greenhouse-gases/global-non-co2-greenhouse-gas-emission-projections>. Acesso em: 5 jan. 2021.

_____. eGrid 2014. EPA, 2016. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-02/egrid2014_data_v2.xlsx. Acesso em: 20 ago. 2021.

_____. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2013. EPA, 2015. Disponível em: <http://www.epa.gov/climatechange/Downloads/ghgemissions/US-GHG-Inventory-2015-Main-Text.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

_____. AP-42 Emissions Factors for Subbituminous/Bituminous Coal and Lignite. EPA, 2016. Disponível em: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s01.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

_____. EPA Finalizes Regulations for the National Renewable Fuel Standard Program for 2010 and Beyond. EPA, 2010. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/420f10007.pdf>. Acesso em: 14 out. 2019.

_____. Climate Benefits of the SNAP Program Status Change Rule. July 2015. EPA, 2015. Disponível em: <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OAR-2014-0198-0239>. Acesso em: 1 mar. 2020.

U.S. FOREST SERVICE – USFS. 2014. New Cost Estimates for Carbon Sequestration Through Afforestation in the United States. Disponível em: http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr888.pdf. Acesso em: 14 set. 2020.

U.S. OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY – EERE. Technical Support Document: Energy Efficiency Program for Consumer Products: Residential Boilers. EERE, 2015. Disponível em: <https://www.regulations.gov/document/EERE-2012-BT-STD-0047-0070>. Acesso em 20 ago. 2021.

VINHOZA, A. 2019. Potencial Eólico Offshore no Brasil: Localização de Áreas Nobres através de Análise Multicritério. Master Thesis. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Dissert_AJVCSilva.pdf. Acesso em: 14 set. 2020.

ZHENHONG, L.; GREENE, D.L. 2010. Rethinking FCV/BEV Vehicle Range: A Consumer Value Trade-off Perspective. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/255218962_Rethinking_FCVBV_Vehicle_Range_A_Consumer_Value_Trade-off_Perspective. Acesso em: 11 maio 2018.

WANG *et al.* 2018. Quantifying the flexibility of hydrogen production systems to support large-scale renewable energy integration. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.07.101>. Acesso em: 20 ago. 2021.

WESTERN ELECTRICITY COORDINATING COUNCIL – WECC. WECC Path Reports. WECC, 2013. Disponível em: https://www.wecc.org/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/Reliability/TAS_PathReports_Combined_FINAL.pdf&action=default&DefaultItemOpen=1. Acesso em: 20 ago. 2021.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD. 2009. Cement Industry Energy and CO2 Performance: Getting the Numbers Right. Disponível em: <http://docs.wbcsd.org/2009/06/CementIndustryEnergyAndCO2Performance.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

ACRÔNIMOS E SIGLAS

4CN: Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima/Relatório de referência do setor de LULUCF

ACEEE: American Council for an Energy-Efficient Economy

ANAC: Agência Nacional de Aviação Civil

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

ANL: Argonne National Laboratory

ANP: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ANTAQ: Agência Nacional de Transportes Aquaviários

BACEN: Banco Central do Brasil

BNEF: Bloomberg New Energy Finance

CAR: Center for Automotive Research

CARB: California Air Resources Board

CEC: California Energy Commission

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CI: Callum Institute

CNT: Confederação Nacional dos Transportes

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPUC: California Public Utilities Commission

CRS: U.S. Congressional Research Service

DMA/UR: Department of Mechanics and Aeronautics, University of Rome

DOE: U.S. Department of Energy

EERE: U.S. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy

EESI: Environmental and Energy Study Institute

EIA: U.S. Energy Information Administration

ENN: Energy News Network

EPA: U.S. Environmental Protection Agency

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

ESP: Energy STAR Program

ETC: Energy Transport Commission

FAPESP: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

IAMC: Integrated Assessment Modeling Consortium

IATA: International Air Transportation Association

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICAO: International Civil Aviation Organization

IEA: International Energy Agency

IISD: International Institute for Sustainable Development

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

KPMG: KPMG Global Energy Institute

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Serviço Florestal Brasileiro

ME: Ministério da Economia do Brasil

MOP: Projeto Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave do Brasil/MCTI

N.A.: Não aplicável para o Brasil

NERC: North American Electric Reliability Corporation

NARPC: National Association of Rail Passenger Carriers

NEB: National Energy Board, Government of Canada

NREL: U.S. National Renewable Energy Laboratory

ODI: Overseas Development Institute

ONS: Operador Nacional do Sistema Elétrico

PIB: Produto Interno Bruto

PIK: Potsdam Institute for Climate Impact Research

PNNL: Pacific Northwest National Laboratory

RFF: Resources for the Future

RMI: Rocky Mountain Institute

RMRA: Rocky Mountain Rail Authority

SNL: Sandia National Laboratory

SRFB: Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil

TDI: Truck Driver Institute

UGPTI: Upper Great Plains Transportation Institute

USDEHP: U.S. Department of Energy Hydrogen Program

USFS: United States Forest Service

US Gov.: Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government

WBCSD: World Business Council for Sustainable Development

WECC: Western Electricity Coordinating Council

NOTAS

1. O EPS EUA pode ser acessado através do link: <https://us.energypolicy.solutions/>. Versões da EPS também foram lançadas para a China (<https://china.energypolicy.solutions/>), Índia (<https://india.energypolicy.solutions/>), Polônia (<https://poland.energypolicy.solutions/>), Arábia Saudita (<https://saudiArabia.energypolicy.solutions/>), México (<https://mexico.energypolicy.solutions/>), Indonésia (<https://indonesia.energypolicy.solutions/>) e Canadá (<https://canada.energypolicy.solutions/>).
2. O simulador inclui políticas não energéticas, como aquelas que afetam o uso da terra e processos industriais, bem como políticas energéticas, transversais e de ciência e tecnologia.
3. Criado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel, o Selo Procel estabelece índices de consumo e desempenho para cada categoria de equipamento e eletrodoméstico disponível no mercado brasileiro. Cada equipamento candidato ao Selo deve ser submetido a ensaios em laboratórios indicados pela Eletrobras. Apenas os produtos que atingem esses índices são contemplados com o Selo Procel.
4. Os modelos macroeconômicos podem ser particularmente úteis para a criação de um cenário BAU, uma vez que sua vantagem está na compreensão das interações econômicas, mas eles podem ter problemas para representar certas políticas, especialmente aquelas que economizam capital, causando ações que não são realizadas na ausência de políticas, por causa de falhas de mercado, comportamento irracional de atores econômicos, barreiras fora do mercado e assim por diante. Por sua vez, modelos tecnológicos podem ser muito úteis para entender o potencial máximo de redução que pode ser derivado de diferentes setores ou diferentes atividades, o que é útil ao decidir setores ou atividades a serem contemplados por políticas públicas. No entanto, eles podem não fornecer uma visão sobre quais políticas induziriam essas mudanças técnicas. Um modelo dinâmico, como é o caso do EPS Brasil, tem a vantagem de estimar como as políticas afetariam as emissões, oferta e demanda de energia, fluxos de caixa, saúde humana, etc., em relação ao caso BAU, sem a necessidade de adotar inúmeras premissas, como é requerido por modelos macroeconômicos e tecnológicos.
5. Para obter mais informações sobre como cada setor funciona, consulte a documentação on-line do modelo em <https://brazil.energypolicy.solutions/docs/>.
6. A agricultura está incluída em outras indústrias devido às semelhanças em como suas emissões podem ser tratadas dentro da estrutura do modelo. Por exemplo, implementos agrícolas consomem combustíveis, tal qual ocorre com fornos do setor industrial. Da mesma forma, assim como outras indústrias têm “emissões de processo” não relacionadas à combustão de combustível, a agricultura tem essas emissões (por exemplo, metano proveniente do cultivo de arroz ou animais ruminantes). Aspectos da agricultura relacionados à mudança no uso da terra, como substituição de florestas nativas por cultivo agrícolas, são tratados no módulo de “Outros usos da terra” do modelo.
7. As publicações e a base de dados de opções de mitigação podem ser acessadas nos seguintes links: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html; <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/cenarios>
8. A 4CN e os relatórios de referência setoriais podem ser acessados no link <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc>
9. Balanço Energético Nacional de 2019 (ano-base: 2018): <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>
10. Em geral, foram considerados dados originados dos EUA. Os dados inexistentes para o Brasil costumam ser os mesmos ausentes em outros países em desenvolvimento, o que não ocorre em países desenvolvidos.
11. Comparando os resultados com a realidade ou outros modelos: <https://us.energypolicy.solutions/docs/comparing-results.html>

AGRADECIMENTOS

O WRI Brasil e os autores deste estudo agradecem à OAK Foundation pelos apoios institucional e financeiro, sem os quais este trabalho e suas aspirações não seriam possíveis. Agradecemos também ao World Resources Institute, em especial ao Juan Carlos Altamirano, e aos nossos parceiros Energy Innovation LLC e Ministério da Ciência Tecnologia e Inovações (MCTI).

Os autores agradecem e reconhecem os revisores que acompanharam o desenvolvimento deste estudo em diferentes etapas (em ordem alfabética): Carolina Genin, Henrique Politi Corsi, Lara Schmitt Caccia, Márcio Rojas, Paulo Camuri, Regina Sales Magalhães, Roberto Kishinami e Roberto Schaeffer.

Estendemos nossos agradecimentos à equipe de comunicação do WRI Brasil, em especial a Bruno Felin, Fernanda Boscaini e Joana Oliveira. Agradecemos também a Anaélina Lima e André Caramoni pela preparação e revisão do texto para publicação, e à Anacê Design pela diagramação deste estudo.

SOBRE O WRI BRASIL

O WRI Brasil é um instituto de pesquisa que transforma grandes ideias em ações para promover a proteção do meio ambiente, oportunidades econômicas e bem-estar humano. Atua no desenvolvimento de estudos e implementação de soluções sustentáveis em clima, florestas e cidades. Alia excelência técnica à articulação política e trabalha em parceria com governos, empresas, academia e sociedade civil.

O WRI Brasil faz parte do World Resources Institute (WRI), instituição global de pesquisa com atuação em mais de 60 países. O WRI conta com o conhecimento de aproximadamente 1.000 profissionais em escritórios no Brasil, China, Estados Unidos, Europa, México, Índia, Indonésia e África.

SOBRE OS AUTORES

Alexandre Szklo é doutor em Planejamento Energético e professor do Programa de Planejamento Energético da Coppe/UFRJ e um dos agraciados com o Prêmio Coppe Giulio Massarani – Mérito Acadêmico 2010.

Berta Pinheiro é geógrafa, mestre em Engenharia de Transportes e especialista em Gestão Pública. Atuou nesta publicação como Especialista em Transporte e Clima do WRI Brasil.

Contato: bertacastelar@hotmail.com

Camila Callegari é doutoranda pelo Programa de Planejamento Energético da Coppe/UFRJ. É engenheira industrial e possui mestrado em Planejamento Energético.

Caroline Medeiros Rocha Frasson é Gerente do Programa de Clima do WRI Brasil. Formada pela Universidade do Pará e mestre e doutora em Direito Ambiental pela Universidade de São Paulo. Atuou como consultora da Oxford Sustainable Law Programme.

Contato: caroline.rocha@wri.org

Eduardo Casseres possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e em Engenharia Generalista pela École des Mines de Douai e mestrado em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É doutorando em Planejamento Energético na mesma universidade.

Eveline Arroyo é pós-doutoranda no Programa de Planejamento Energético. Doutora e mestre em Planejamento Energético da Coppe/UFRJ, com área de concentração em Planejamento Ambiental.

Gabriela da Silva é mestre em Planejamento Energético pelo Programa de Planejamento Energético da Coppe/UFRJ e engenheira química formada pela Universidade Federal Fluminense.

Lucas Carvalho é engenheiro de computação pela Universidade Federal do Rio Janeiro, mestre em Engenharia Elétrica pela Coppe/UFRJ e doutorando na Coppe/UFRJ.

Marianne Zottin é engenheira química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, mestre em Planejamento Energético e doutoranda na mesma área pelo Programa de Planejamento Energético (Coppe/UFRJ).

Megan Mahjan é gerente de Design de Política de Energia da Energy Innovation, com foco no programa de Soluções de Política de Energia da empresa.

Pedro Rochedo é doutor e pós-doutor pela Coppe/UFRJ e professor adjunto do Programa de Planejamento Energético da Coppe/UFRJ.

Rebecca Oliveira possui graduação em Estatística pela Universidade Federal Fluminense e é mestre e doutoranda em Estatística pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Régis Rathmann é doutor em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Contato: regisrat@hotmail.com

Robbie Orvis é Diretor Sênior de Design de Política de Energia da Energy Innovation, onde lidera o programa Energy Policy Solutions.

Roberto Schaeffer é Professor Titular do Programa de Planejamento Energético da Coppe/UFRJ. Colabora com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC) desde 1998, atuando nas áreas de energia e de mitigação de mudanças climáticas.

Contato: roberto@ppe.ufrj.br

Talita Esturba é engenheira ambiental pela Universidade Estadual Paulista e de segurança do trabalho pela Universidade Federal de São Paulo, mestre em Energia pela Universidade de São Paulo e graduada em Direito pela Fadi. Atuou nesta publicação como Analista Sênior do Programa de Clima do WRI Brasil.

Contato: talita.e@hotmail.com

Viviane Romeiro é advogada, doutora em Ciências pelo IEE/USP. Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas e especialista em Eficiência Energética e Mudanças climáticas pela Universidad Complutense de Madrid. Atuou nesta publicação como Gerente de Clima do WRI Brasil.

