

# Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Proposta de um sistema de mensuração

André Tosi Furtado<sup>1</sup>, Sílvia Angélica Domingues de Carvalho<sup>2</sup>, Daniela Scarpa Beneli<sup>3</sup>,  
Bárbara Bressan Rocha<sup>4</sup>, Marcelo Khaled Poppe<sup>5</sup>

## Resumo

Dado o caráter estratégico e portador de futuro do setor energético, para compreender as características que configuram a geração e a difusão de inovações tecnológicas em suas diversas dimensões, tornou-se essencial reunir métricas e indicadores. Assim, é possível obter os insumos necessários para identificar eventuais lacunas, fragilidades e potencialidades e, desta maneira, viabilizar políticas públicas estratégicas para este setor. Este artigo apresenta a proposta de um conjunto de métricas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) em energia para o

## Abstract

*Given the strategic character and bearer of the future of the energy sector, in order to understand the characteristics that configure the generation and diffusion of technological innovations in their various dimensions, it has become essential to gather metrics and indicators that offer the necessary inputs to identify eventual gaps, weaknesses and potentialities and, thus, enable strategic public policies for this sector. Thus, this article proposes a set of metrics for science, technology and innovation (ST&I) in energy*

1 Economista com graduação, mestrado e doutorado pela Universidade de Paris I e professor titular do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

2 Economista pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), doutora em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp e professora assistente doutora na Universidade Estadual Paulista (Unesp).

3 Economista pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), doutora em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp e professora da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas).

4 Engenheira eletricista pela Universidade de Brasília (UnB), MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getulio Vargas (FGV) e assessora técnica no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

5 Engenheiro eletricista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Diploma de Estudos Aprofundados (DEA) em economia de sistemas energéticos e inovação pela Universidade de Paris-Dauphine e INSTN e assessor técnico no CGEE.

Brasil. Esses indicadores estão organizados em nove dimensões, que contemplam aspectos específicos dos sistemas tecnológicos de inovação e que estão relacionadas às funções do sistema de inovação em energia. Espera-se que os indicadores subsidiem a formulação e a avaliação de políticas públicas mais eficientes e assertivas e apoiem a tomada de decisão de agentes brasileiros, a fim de intensificar os esforços em inovação na promoção de uma transição energética ambientalmente sustentável e socialmente mais justa para o País.

**Palavras-chave:** Inovação. Transição energética. Energias renováveis. Sustentabilidade. Políticas estratégicas.

*for Brazil. These indicators are organized into nine dimensions that cover specific aspects of technological innovation systems and that are related to the functions of the energy innovation system. It is expected that they will subsidize the formulation and evaluation of more efficient and assertive public policies, and support the decision-making of Brazilian agents to intensify efforts in innovation in promoting an environmentally sustainable and socially fairer energy transition for the country.*

**Keywords:** Innovation. Energy transition. Renewable energy. Sustainability. Strategic policies.

## 1. Introdução

A transição energética coloca desafios produtivos e tecnológicos que, para serem enfrentados, exigirão esforços significativos na construção de novas infraestruturas energéticas e no desenvolvimento de novas tecnologias. Contudo, muitas destas novas tecnologias estão em estágio de desenvolvimento e experimentação (IEA, 2021). Outras, que se encontram em estágio mais avançado de maturidade tecnológica em países desenvolvidos, precisam ser adaptadas e aprimoradas para contextos socioeconômicos específicos dos países em desenvolvimento. Além disso, as especificidades locais de cada país demandam desenvolvimentos tecnológicos próprios. Tais fatos justificam a necessidade de constituir sistemas de indicadores de inovação que permitam medir as capacidades e os desenvolvimentos tecnológicos que estão sendo endogenamente gerados em cada país em matéria de energias renováveis e de soluções energéticas sustentáveis.

Neste contexto, o presente artigo apresenta o mapeamento de um conjunto de indicadores para medir as capacidades, os esforços e seus resultados em termos de inovação para energias renováveis e soluções energéticas sustentáveis que possam subsidiar atores públicos e privados na formulação, avaliação e monitoramento de políticas de transição energética para a sustentabilidade. Esta proposta está vinculada ao referencial teórico dos sistemas tecnológicos de inovação e aos esforços desenvolvidos pela Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla

em inglês) (IEA, 2020b), discutidos no artigo Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Fundamentação teórica e desenho da metodologia (FURTADO *et al.*, 2023a).

Um primeiro esforço neste sentido ocorreu em 2019, no âmbito do projeto **Energy Big Push**, a partir de uma necessidade da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). À época, a discussão era focada na sistematização dos dados e informações em inovação no setor de energia no Brasil, especificamente no que diz respeito à organização de dados de investimentos públicos e publicamente orientados de pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em energia. A sistematização seria feita por meio da coleta, tratamento e análise de dados mantidos por instâncias nacionais, tais como Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), e Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) (CEPAL; CGEE, 2020). Os trabalhos decorrentes permitiram a constituição da plataforma **inova-e** (EPE, 2020), que é operada pela EPE e disponibiliza regularmente essa informação para tomadores de decisão e público interessado. Também se tornou possível a oportunidade para que essa informação fosse veiculada no exterior, na principal publicação internacional sobre o tema, veiculada pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2022). O Brasil é o único país não membro da Agência a ter os seus dados de dispêndio em PD&D reportados.

Esses resultados representaram um ponto de partida importante para iniciativas de organização e sistematização de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no setor de energia. O mapeamento destes indicadores para o cenário brasileiro é constituído por dimensões, subdimensões, indicadores e métricas possíveis e respectivos atributos para diferentes formas de análise, além das fontes de informação e bases de dados, ressaltando suas vantagens e possíveis limitações. Além desta introdução e das considerações finais, que encerram o texto, o presente trabalho foi estruturado em seções a partir das nove dimensões de análise propostas, apresentadas na seguinte ordem:

- Recursos humanos em CT&I;
- Investimentos em PD&D;
- Infraestrutura em CT&I;

- Relações de cooperação;
- Produção científica;
- Inovação e empreendedorismo;
- Cadeia produtiva e comércio exterior;
- Políticas e regulação; e
- Apoio sociopolítico.

## 2. Recursos Humanos em CT&I

A dimensão **Recursos Humanos em CT&I** inclui aspectos da qualificação e das ocupações (OECD, 1995) e divide-se nas subdimensões **formação de pessoal qualificado** e **pessoal ocupado em atividades de CT&I** (Tabela 1).

A primeira subdimensão quantifica a oferta de Recursos Humanos qualificados nos níveis de doutorado, mestrado e graduação em cursos nas áreas do conhecimento relacionadas ao setor de energia. A segunda subdimensão captura a demanda por pessoas nas atividades de CT&I, cujas qualificações podem ser adquiridas pela educação superior ou pela experiência na prática de atividades de CT&I.

O número de doutores e mestres titulados está disponível no Sistema de Informações Georreferenciadas da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Geocapes), que reúne diversas informações sobre alunos, professores e programas da pós-graduação *stricto sensu* (CAPES, 2021). A coleta envolve a extração do número de titulados em todas as áreas de conhecimento em determinado ano e a identificação dos titulados nas áreas de conhecimento associadas ao setor de energia, considerando a metodologia de seleção discutida no artigo *Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Classificações para a construção dos indicadores* (FURTADO *et al.*, 2023b).

Tabela 1. Caracterização da dimensão Recursos Humanos em CT&I

| Dimensão                 | Subdimensão                           | Indicador  | Fonte         | Atributo  |
|--------------------------|---------------------------------------|--|---------------|---|
| Recursos Humanos em CT&I | Formação de pessoal qualificado       | Razão entre o número de doutores titulados em áreas de conhecimento relacionadas ao setor de energia e a população residente (25-59)       | Capes (2021b) |   |
|                          |                                       | Razão entre o número de mestres titulados em áreas de conhecimento relacionadas ao setor de energia e a população residente (25 a 59 anos) |               | Sexo  |
|                          |                                       | Razão entre o número de graduados formados em áreas de conhecimento relacionadas ao setor de energia e a população residente (20-59)       | Inep (2021)   | Faixa etária  |
|                          |                                       | Razão entre as ocupações no setor energia em CT&I e o total de ocupações no setor energia  |               | Recorte geográfico: município, estado, região, país |
|                          | Pessoal ocupado em atividades de CT&I | Razão entre as ocupações em CT&I e o total de ocupações  | ME (2021)     |   |
|                          |                                       | Razão entre as ocupações no setor energia em CT&I e o total de ocupações em CT&I   |               |   |

Fonte: Elaboração própria.

No que se refere à variável **novos graduados**, os procedimentos são semelhantes, mas há ressalvas. A extração deve ser aplicada pelo Censo de Educação Superior, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), que coleta diversos atributos sobre as instituições de ensino superior, os cursos, os docentes e os alunos (INEP, 2019). Dentre os atributos por aluno, é possível identificar as áreas (geral e detalhada), os programas e os cursos de formação do concluinte, cujas classificações seguem a Classificação Internacional Normalizada de Educação, que não guarda uma relação direta com as áreas de conhecimento. Por isso, a seleção de quais cursos dos concluintes de graduação estão associados ao setor de energia exige um esforço metodológico de correspondência entre as áreas de conhecimento da Capes e os cursos categorizados pelo Inep. Desta maneira, é possível identificar o número de formandos da área.

Quanto aos indicadores da segunda subdimensão, **pessoal ocupado em atividades de CT&I**, todos os dados sobre ocupações estão disponíveis na base Relação Anual de Informações Sociais (Rais). Nesta base, é possível extrair o estoque de pessoas empregadas em 31 de dezembro

de determinado ano no setor de energia em CT&I. Para isso, aplicam-se dois filtros na busca: seleção do setor de energia e discriminação daquelas pessoas empregadas especificamente nas ocupações selecionadas que desenvolvem atividades de CT&I, metodologia esta detalhada por (FURTADO *et al.*, 2023b).

No que se refere às três bases mencionadas – Capes, Inep e Rais –, as variáveis extraídas possuem regularidade na coleta. No caso da Capes e do Inep, são obtidos atributos como áreas de conhecimento dos cursos concluídos, sexo e locais onde ocorreu a conclusão, detalhados por município, Unidade da Federação (UF) e região. Da Rais, extraem-se o sexo do trabalhador e o local onde está empregado, seja por município, UF e região.

Com isso, todos os indicadores pertencentes à dimensão Recursos Humanos em CT&I podem ser discriminados com base nas características socioeconômicas como sexo e recorte geográfico e, assim, oferecem várias possibilidades de reunir evidências relacionadas aos indicadores sobre igualdade de gênero e inclusão social. Tais atributos podem subsidiar análises e discussões para uma transição energética socialmente mais justa e igualitária.

### 3. Investimentos em P&D

A dimensão **investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)** é dividida em duas subdimensões: investimentos públicos e investimentos privados (Tabela 2). A primeira foi objeto de análise do projeto *Energy Big Push* (CEPAL; CGEE, 2020), no qual se chegou a uma primeira contabilização desses esforços com uma desagregação desses dispêndios por categoria energética da IEA (IEA, 2011) no nível de dois dígitos. Esse esforço permitiu contabilizar os dispêndios federais e parte dos dispêndios estaduais referentes aos recursos orçamentários e publicamente orientados, como no caso das obrigações de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e dos empréstimos públicos. Os dados desse primeiro esforço foram obtidos a partir do orçamento federal, das agências de fomento, de empresas estatais e de entidades públicas financeiras.

Os dados do dispêndio em P&D do setor privado podem ser obtidos por meio da Pesquisa de Inovação (Pintec) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, s.d.). Essa pesquisa é realizada com uma frequência trienal e publica seus dados por Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) (IBGE, 2007), tamanho de empresa e Unidade da Federação. No que diz respeito à CNAE, a desagregação adotada pela Pintec é muito menor do que aquela abordada no artigo anterior, variando de seção (um dígito), divisão (dois dígitos) e em alguns casos a grupo (três dígitos). Esse aspecto da classificação CNAE da Pintec é um claro

limitante para alcançar estatísticas que sejam capazes de abranger de forma satisfatória o setor energético, conforme discutido no artigo (FURTADO *et al.*, 2023b). Nesta dimensão, os dados não apresentam variáveis com atributos que possam trazer evidências sobre igualdade de gênero e inclusão social.

**Tabela 2.** Caracterização da dimensão Investimentos em PD&D

| Dimensão              | Subdimensão                | Indicador  | Fonte              | Atributo   |
|-----------------------|----------------------------|--|--------------------|--|
| Investimentos em PD&D | Dispêndio do setor público | Razão entre o dispêndio público e orientado por políticas públicas e o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil | Cepal, CGEE (2020) | Categorias de energia<br>Órgãos financiadores          |
|                       | Dispêndio do setor privado | Razão entre o dispêndio privado em P&D e a receita líquida   | Pintec (IBGE)      | Porte da empresa<br>Atividade econômica<br>UF e região |

Fonte: *Elaboração própria.*

## 4. Infraestrutura em CT&I

A dimensão **infraestrutura em CT&I** busca quantificar o conjunto de instalações físicas, equipamentos e recursos utilizados para a realização de atividades de CT&I no setor de energia. Esta dimensão está subdividida em três tipos de infraestrutura: laboratórios de pesquisa; instituições de teste e de certificações; e usinas experimentais e projetos-piloto (Tabela 3).

**Tabela 3.** Caracterização da dimensão Infraestrutura de CT&I

| Dimensão               | Subdimensão                            | Métrica  | Fonte  | Atributo                             |
|------------------------|--|--|--|--------------------------------------|
| Infraestrutura em CT&I | Laboratório de pesquisa                | Número de laboratórios de pesquisa               | Coleta de dado primário por meio de mapeamento prévio das instituições | Categorias de energia<br>UF e região |
|                        | Instituições de teste e certificações  | Número de instituições de teste e certificações  |  |                                      |
|                        | Usinas experimentais e projetos piloto | Número de usinas experimentais e projetos-piloto |  |                                      |

Fonte: *Elaboração própria.*

A constituição de um sistema de inovação em energia desenvolvido e maduro, capaz de promover a transição energética, pressupõe a existência de suficiente infraestrutura de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração. De Negri e Squeff (2016) destacam o crescimento significativo

do volume de investimentos realizados em infraestrutura de pesquisa brasileira, com destaque para os recursos aplicados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), pela Capes, pelas Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAP) e por empresas como a Petrobras. Os autores apontam também que as instalações de pesquisa são predominantemente públicas e internas às universidades, sendo poucas as instituições de pesquisa de grande porte. Dentre estas, os autores destacam o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). Essas constatações originaram-se do inédito levantamento de dados primários conduzido em 2013 por De Negri e Squeff (2016, p. 18). Um questionário foi aplicado aos coordenadores das “infraestruturas de pesquisa sediadas no País, em universidades e instituições de pesquisa, públicas e privadas, o que também inclui as unidades de pesquisa vinculadas ao MCTI”.

As métricas definidas para cada subdimensão podem ser reunidas por meio de coleta de dados primários, inspirada na metodologia desenvolvida por De Negri e Squeff (2016), mas com enfoque na composição amostral de instituições de pesquisa, de acordo com as categorias energéticas. Como atributos dos dados, sugere-se a classificação por categorias energéticas (IEA, 2011) e a coleta das informações de forma regionalizada, para permitir a análise da distribuição espacial dessa infraestrutura, discriminando-a por município, estado e região. Esse último ponto é especialmente importante, pois reuniria evidências para a definição de políticas públicas em energia direcionadas para deficiências localizadas e para potencializar o desenvolvimento de áreas energéticas de acordo com especificidades locais.

## 5. Relações de cooperação

A dimensão de **relações de cooperação** subdivide-se em cooperação em projetos de pesquisa, desenvolvimento, demonstração e inovação (PDDI); e redes de colaboração em inovação aberta (Tabela 4).

A primeira subdimensão diz respeito aos projetos de P&D supervisionados por agências reguladoras setoriais, cujo papel é central no fomento à inovação do setor energético brasileiro. Os recursos orientados por essas agências promovem deliberadamente a cooperação entre as empresas do setor energético e as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT). Também propiciam, em alguma medida, a colaboração vertical entre usuários e fornecedores e, eventualmente, cooperações horizontais entre empresas energéticas. As informações oriundas das bases de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) sobre projetos de P&D permitirão a elaboração dos indicadores propostos.

Tabela 4. Caracterização da dimensão **Relações de cooperação**

| Dimensão               | Subdimensão                | Indicador   | Fonte                                     | Atributo                           |
|------------------------|----------------------------|---|---|------------------------------------|
| Relações de cooperação | Parcerias público-privadas | Razão entre número de projetos em parceria e total projetos de P&D                                    | ANP, Aneel, Embrapii                      |                                    |
|                        |                            | Razão entre número de publicações em coautoria em energia e total de publicações em energia           | <i>Web of Science, Scopus</i>             | Categorias de energia              |
|                        | Redes de inovação          | Razão entre número de patentes em cotitularidade em energia e total de patentes em energia            | OECD Stat, Espacenet (EPO), Derwent, INPI | Atividade econômica<br>UF e região |
|                        |                            | Razão entre número de empresas que realizaram inovações com cooperação e total de empresas inovadoras | Pintec/IBGE                               |                                    |

Fonte: *Elaboração própria.*

A segunda subdimensão captura as relações mais amplas que podem estabelecer-se além do contexto de atuação das agências reguladoras. Foram identificadas diferentes bases de dados que podem oferecer estatísticas relevantes sobre a cooperação entre agentes no campo da energia. As bases de dados sobre publicações científicas e patentes são muito pertinentes ao desenvolvimento de indicadores de cooperação entre ICT e empresas em temas relacionados a energia, permitindo elaborar indicadores de cotitularidade na área.

Deve-se salientar que a correspondência entre as categorias de tecnologias energéticas da IEA encontra uma boa correspondência com a classificação de patentes Yo2 e Yo4 (FURTADO *et al.*, 2023b). A base da OECD Stat permite que se alcance o indicador **patentes coinventadas com estrangeiros**. No caso das bases do *Web of Science* e da *Scopus*, que cobrem as publicações científicas, a identificação das categorias energéticas da IEA poderá ocorrer por meio de palavras-chave ou termos de busca, seleção que não fez parte do escopo do presente trabalho. Uma vez desenvolvida esta etapa metodológica, o uso de palavras-chave também poderá fazer parte das estratégias de busca da base de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi), cuja vantagem será cobrir mais exaustivamente as patentes nacionais e de estrangeiros no País.

A Pintec também oferece importantes informações sobre a existência e a intensidade da colaboração para inovação e para P&D de **distintos** agentes econômicos com as empresas investigadas. Neste sentido, salienta-se que é possível extrair interessantes indicadores de

colaboração da Pintec, como o número de empresas que realizaram inovações com cooperação. Todavia, esse indicador está limitado pela baixa granularidade da CNAE usada pela Pintec, conforme discutido no artigo (FURTADO *et al.*, 2023b). Os atributos relacionados aos indicadores dessa dimensão permitiriam um diagnóstico da distribuição regional das relações de cooperação.

## 6. Produção científica

A dimensão da **produção científica** é dividida em duas subdimensões: artigos científicos e impacto das publicações (Tabela 5). Essas duas subdimensões estão vinculadas às mesmas bases de dados da *Web of Science* e da *Scopus* e enfrentam problemas metodológicos comuns. Essas bases permitem que, por meio de termos de busca selecionados, seja possível identificar publicações nas categorias energéticas da IEA. Os atributos associados às publicações científicas são nacionalidade e instituição dos autores, assim como sua localização no espaço, permitindo que se identifique a respectiva Unidade da Federação.

Tabela 5. Caracterização da dimensão **Produção científica**

| Dimensão            | Subdimensão             | Indicador   | Fonte                                  | Atributo              |
|---------------------|-------------------------|---|--|-----------------------|
| Produção científica | Artigos científicos     | Razão entre o número de artigos em energia no Brasil e o total de artigos em energia no mundo     | <i>Web of Science</i><br><i>Scopus</i> | Categorias de energia |
|                     | Impacto das publicações | Razão entre o número de artigos mais citados em energia e o total de artigos em energia do Brasil |  |                       |

Fonte: Elaboração própria.

Os indicadores da subdimensão **impacto das publicações** relacionam-se com o número de artigos mais citados em energia. Esses dados podem ser extraídos das bases *Scopus* e *Web of Science*. Assim como na subdimensão anterior, os atributos relacionados permitem identificar a distribuição regional da produção científica, de acordo com a afiliação dos autores. Não é possível, no entanto, reunir maiores evidências sobre inclusão social e igualdade de gênero.

## 7. Inovação e empreendedorismo

A dimensão **inovação e empreendedorismo** busca medir os resultados das atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação relacionadas à energia no País. Essa dimensão é dividida em duas subdimensões: **empresa e produtos, processos e serviços** (Tabela 6).

Tabela 6. Caracterização da dimensão **Inovação e empreendedorismo**

| Dimensão                    | Subdimensão   | Indicador   | Fonte   | Atributo   |                               |
|-----------------------------|---|---|---|--|-------------------------------|
| Inovação e empreendedorismo | Empresa   | Razão entre o número de empresas inovadoras em energia e o número total de empresas em energia                                      | Pintec (IBGE)   | Porte da empresa                                     |                               |
|                             |   | Razão entre o número de empresas inovadoras em energia e o número total de empresas inovadoras no País                              |   | Atividade econômica UF e região                      |                               |
|                             |   | Razão entre o número de pequenas empresas de alto crescimento em energia e o total de pequenas empresas em energia                  | Demografia das Empresas e Estatísticas de Empreendedorismo (IBGE)                                 | Porte da empresa                                     |                               |
|                             |   | Razão entre o número de pequenas empresas de alto crescimento em energia e o total de pequenas empresas de alto crescimento no País |   | Atividade econômica                                  |                               |
|                             |   | Razão entre o número de empresas criadas em energia e o total de empresas criadas no País   |   | Pessoal ocupado assalariado, por sexo e escolaridade |                               |
|                             | Razão entre o número de empresas fechadas em energia e o total de empresas fechadas no País |   | Produtividade e valor adicionado UF e região  |  |                               |
|                             | Produtos, processos e serviços  |   | Razão entre o número de patentes depositadas em energia e o total de patentes depositadas no País | OECDStat, Espacenet (EPO), Derwent                   | UF do inventor ou depositante |
|                             |   |   | Razão entre o número de patentes depositadas de residentes BR e o total mundial                   | INPI   |                               |

Fonte: *Elaboração própria.*

A primeira subdimensão compreende dois tipos distintos de base de dados. A primeira é a base da Pintec do IBGE, que possibilita a elaboração da taxa de inovação e a separação das inovações por grau de novidade (**novo para empresa** ou **novo para o mercado nacional**). A restrição para esse indicador consiste na baixa granularidade da Cnae utilizada pela Pintec.

A subdimensão **empresa** trata ainda de indicadores relacionados a empreendedorismo. O IBGE analisa o padrão demográfico das empresas formais brasileiras, tendo como base de dados seu Cadastro Central de Empresas (Cempre). O Cempre reúne informações das pesquisas estruturais por empresas nas áreas de Indústria, Construção, Comércio e Serviços, realizadas pelo IBGE. Empresas de alto crescimento são definidas como aquelas que apresentam, durante três anos, aumento médio anual de pelo menos 20% no pessoal ocupado assalariado. Além disso, para ser enquadrada como de alto crescimento, a empresa deve ter dez ou mais pessoas ocupadas assalariadas no ano inicial de observação.

O estudo *Demografia das Empresas e Estatísticas de Empreendedorismo* (IBGE, 2020) apresenta:

- Taxas de entrada, saída e sobrevivência, segundo o porte e a atividade econômica das entidades;
- Informações sobre o pessoal ocupado assalariado, segundo o sexo e a escolaridade, por tipo de evento demográfico;
- Um estudo da sobrevivência, até 2018, daquelas nascidas em 2013;
- Análise evolutiva da mobilidade, por porte, das sobreviventes desde 2012; e
- Considerações sobre a dinâmica de entrada e saída das unidades locais das empresas sobreviventes, com avaliação de resultados regionais, inclusive, sobre a sobrevivência das unidades nascidas em 2008 (IBGE, 2020).

As vantagens de utilizar os dados da pesquisa do IBGE são a regularidade das informações e a possibilidade de cruzamento com outras bases, como: Cempre, Rais, Pintec, Pesquisa Industrial Anual Empresa (PIA–Empresa); Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged); e Estatísticas de Comércio Exterior da Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (Secex/Mdic). Além disso, a classificação das empresas por Cnae permite alguma separação por categorias energéticas, ainda que limitada, e garante a comparabilidade internacional dos indicadores, uma vez que está pautada em metodologias similares adotadas pela OECD (2007) e UNECE (2018). Contudo, ressalta-se que

será necessário solicitar tabulações especiais em vários casos, podendo incluir os atributos que evidenciam aspectos relacionados à igualdade de gênero e à inclusão social.

Uma limitação desta metodologia é que, ao considerar empresas com dez ou mais pessoas ocupadas, excluem-se muitas empresas intensivas em tecnologia, *startups*, que comumente apresentam uma quantidade menor nas etapas de ideação e validação. Diante disso, sugere-se um mapeamento complementar dessas empresas, a partir, por exemplo, da Associação Brasileira de Startups, por meio da plataforma *Startupbase*, e da Liga Insights, por meio da plataforma *StartupScanner*. Além dessas plataformas, sugere-se que sejam buscadas informações sobre *startups* constituídas a partir dos programas Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Pipe/Fapesp); e Centelha, da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), ou ainda constituindo parcerias com associações como a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (Anprotec) e a Associação Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (Fortec).

A segunda subdimensão busca medir os resultados em termos de invenções, a partir das estatísticas de patentes, cuja vantagem é alcançar a desagregação por categoria energética da IEA. Neste caso, os indicadores a serem explorados estariam relacionados às patentes depositadas em energia e, especificamente, às patentes depositadas por residentes no Brasil. Para calcular o primeiro caso, pode ser usada a base do Inpi, restringindo a busca às categorias energéticas por meio de termos de busca. A outra forma de chegar a esses dois indicadores é apoiando-se sobre a base OECD Stat, a qual permite usar a classificação Y, mas possui uma cobertura menor, apoiada em famílias de patentes de bases internacionais, como discutido no artigo *Mapeamento estratégico de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em energia: Classificações para a construção dos indicadores* (FURTADO et al., 2023b), publicado nesta edição da **Revista Parcerias Estratégicas**. Essa base pode ser usada para estabelecer comparações internacionais e para medir a força relativa do sistema brasileiro de inovação em energia. Ressalta-se, contudo, que a classificação Y não recobre as energias fósseis. Nesta segunda dimensão, não seria possível reunir nenhum atributo além da localização do inventor nas Unidades da Federação.

## 8. Cadeia produtiva e comércio exterior

A dimensão **cadeia produtiva e comércio exterior** busca identificar a representatividade nacional da indústria energética na geração de produção e renda e as vantagens da economia brasileira associadas ao comércio exterior de bens do setor de energia e aos ingressos líquidos de investimentos diretos em participação do capital do setor energético. Essa dimensão está

subdividida em três subdimensões: produção industrial, balança comercial e investimento direto no País (Tabela 7).

**Tabela 7. Caracterização da dimensão Cadeia produtiva e comércio exterior**

| Dimensão                             | Subdimensão                 | Indicador   | Fonte  | Atributo  |
|--------------------------------------|-----------------------------|---|--|---|
| Cadeia produtiva e comércio exterior | Produção industrial         | Razão entre o valor da transformação industrial no setor energia e o valor da transformação industrial  | PIA (IBGE)                                     | Pessoal ocupado                                     |
|                                      |                             | Razão entre o valor da produção industrial no setor energia e o valor da produção industrial  |  |   |
|                                      | Balança comercial           | Razão entre o valor das exportações em energia e o valor total das exportações do País  | Comex stat (Mdic)                              | Recorte geográfico: município, estado, região, país |
|                                      |                             | Razão entre o valor das importações em energia e o valor total das importações do País  |  |   |
|                                      |                             | Saldo comercial em energia  |  |   |
|                                      | Investimento direto no País | Razão entre o valor dos investimentos diretos em participação no capital do setor de energia e o valor total dos investimentos diretos no País em participação no capital | Censo de Capitais Estrangeiros no País (Bacen) | Recorte geográfico: estado                          |
| Quantidade de empregados             |                             |   |  |   |
|                                      |                             |   | Salário médio                                  |   |

Fonte: *Elaboração própria.*

A primeira subdimensão refere-se à atividade produtiva industrial do setor energético. A base utilizada para coleta dos dados é a PIA–Empresa do IBGE, que investiga empresas classificadas nas seções B e C da Cnae 2.0. Associando estas seções com aquelas pertencentes às Cnae do setor energético propostas em (FURTADO *et al.*, 2023b) é possível coletar dados dos setores econômicos de carvão mineral; petróleo; gás natural; biocombustíveis; e de produtores de equipamentos, insumos e serviços para o setor energético. Porém, ressalta-se que, por não comporem o universo investigativo da PIA-Empresa, as atividades econômicas das divisões D e F não entram no cômputo. Além disso, não é possível coletar dados mais desagregados nos níveis geográficos regionais.

A segunda subdimensão é composta por dados sobre o comércio exterior do setor de energia e busca revelar as vantagens competitivas da pauta exportadora, além de possibilidades para

substituir produtos importados em determinadas etapas da cadeia produtiva. A base de coleta é a Comex Stat, um portal que permite acessar valores de exportações, importações e saldos comerciais do setor de energia. Basta aplicar a seleção de Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) proposta em (FURTADO *et al.*, 2023b). Sem ser exaustiva, a NCM constitui uma iniciativa importante, ao incluir produtos mais associados às tecnologias renováveis e ao uso de equipamentos e bens de consumo que promovem a eficiência energética. A base também permite aplicar diversos filtros, identificando a origem ou destino do comércio de bens (com recorte geográfico por país, estado e município), além de possuir ampla cobertura temporal, possibilitando uma série histórica desde 1997.

A terceira subdimensão propõe-se a quantificar os investimentos diretos realizados na participação do capital do setor energético. Esses valores podem criar vantagens econômicas relevantes, como gerar fluxos de comércio exterior e encadeamento na formação bruta de capital fixo, além de atrair moeda estrangeira. Aponta-se, por outro lado, que esses investimentos tendem a transferir a tomada de decisões produtivas para os agentes externos e, no longo prazo, geram fuga de moeda estrangeira na forma de lucros. A variável a ser coletada corresponde aos valores das transações dos Investimentos Diretos no País (IDP), especificamente aqueles destinados à participação no capital e realizados nas empresas residentes categorizadas na Cnae do setor energético, conforme já apontado. O Banco Central do Brasil (Bacen) é responsável por compilar as estatísticas do setor externo. Entre elas, estão as transações e posições de IDP, coletadas por meio da pesquisa de Censo de Capitais Estrangeiros no País e de sistemas de Registro Declaratório Eletrônico – Módulo de Registro de Operações Financeiras (RDE-ROF). O censo constitui a maior fonte de coleta e é realizado com periodicidade quinquenal e anual.

Essa dimensão traz indicadores cujos atributos não são condizentes com variáveis relacionadas à inclusão social e à igualdade de gênero. Apenas a distribuição geográfica dos volumes transacionados poderia ser identificada.

## 9. Políticas e regulação

A dimensão **políticas e regulação** – subdividida em fomento e inovação (Tabela 8) – é fundamental para viabilizar a transição energética. É imperativo que haja adequações na legislação e na regulação, a fim de que as novas tecnologias possam chegar ao mercado de maneira ágil e os novos mercados tenham estabilidade e segurança institucional para viabilizar a difusão das inovações. Assim, é importante que haja políticas com estratégias prioritárias e financiamentos

específicos para as áreas de interesse em energia. Isto diz respeito não somente à geração do conhecimento, mas, principalmente, à viabilidade técnica, à prototipação e à demonstração, de forma a acelerar a chegada das tecnologias ao mercado final. As políticas públicas, ao definirem as prioridades nacionais no curto, médio e longo prazos, oferecem os sinais que podem contribuir para a tomada de decisão no setor privado. Além disso, poderão ser considerados instrumentos como tarifas diferenciadas e incentivos, que promovam a difusão das novas tecnologias em energia e permitam o acesso facilitado da sociedade às mesmas.

**Tabela 8.** Caracterização da dimensão **Políticas e regulação**

| Dimensão              | Subdimensão | Métrica   | Fonte  | Atributo             |
|-----------------------|-------------|---|--|----------------------|
| Políticas e regulação | Fomento     | Número de instrumentos implantados por ano ou período | Coleta de dados primários, por meio de mapeamento em órgãos federais e estaduais | Categoria de energia |
|                       |             |   |  | Tipo de instrumento  |
|                       | Inovação    | Número de instrumentos implantados por ano ou período | IEA está organizando dados similares   | Abrangência          |
|                       |             |   |  | Vigência             |
|                       |             |   | Regionalização   |                      |

Fonte: *Elaboração própria.*

O mapeamento inicial destes instrumentos deverá ser feito em órgãos federais e estaduais – como BNDES, MCTI, Finep, FAP, ANP, Aneel, CNPq, Ministério de Minas e Energia (MME) e Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) –, caracterizando-os de acordo com os atributos apontados na Tabela 8. Utilizando tecnologias de informação mais avançadas, um algoritmo de busca poderia ser desenvolvido para mapear automaticamente políticas e regulação na área de energia, a partir das informações disponíveis nos diários oficiais da União e dos Estados. Buscar a automatização é um caminho mais complexo e inicialmente exigiria mais recursos, mas reduziria bastante a necessidade de uma equipe dedicada a esses processos. Além disso, a própria coleta de dados e informações seria quase instantânea. Esta dimensão propõe uma análise qualitativa e, como se trata de levantamento primário, é possível incluir mecanismos específicos para mapear os atributos relacionados à inclusão social, à igualdade de gênero ou ao beneficiamento de regiões menos desenvolvidas.

## 10. Apoio sociopolítico

A dimensão **apoio sociopolítico** refere-se aos processos por meio dos quais os atores sociais são mobilizados e posicionam-se à direção ou aos resultados das atividades do sistema de inovação em energia (IEA, 2020b), seja em apoio ou oposição. Essa dimensão acaba por pressupor também, aspectos relacionados à percepção pública da ciência e tecnologia, neste caso, com foco na percepção pública quanto à transição energética, mudanças climáticas e tecnologias limpas (Tabela 9).

**Tabela 9.** Caracterização da dimensão Apoio sociopolítico

| Dimensão            | Métrica   | Fonte   | Atributo                   |
|---------------------|---|---|----------------------------|
| Apoio sociopolítico | Número de menções em redes sociais, blogs e sites                                     | Coleta de dados primários                           | Categoria de energia       |
|                     |   | Plataforma Altmetrics                               | Local das menções          |
|                     | Pessoas e instituições da sociedade civil que apoiam pesquisas em energias renováveis | Coleta de dados primários                           | Características do público |
|                     |   | Percepção pública da ciência e da tecnologia – CGEE | Categoria de energia       |
|                     |   |   | Local das menções          |
|                     |   |   | Características do público |

Fonte: Elaboração própria.

A concepção dessa dimensão pauta-se na metodologia proposta pela IEA (IEA, 2020b), que considera necessário o apoio de uma ampla gama de atores para permitir que novas ideias surjam e alcancem os mercados. A relação com questões culturais e de comportamento também contribui para direcionar melhor as políticas e incentivos. Por exemplo: países que não têm tradição de investimentos em capital de risco e não têm a cultura da inovação e empreendedorismo terão maior resistência em desenvolver novos mercados e tecnologias.

O CGEE (2019) ressalta que conhecer e entender como a sociedade pensa e consome temas relacionados à Ciência e Tecnologia (C&T) tornaram-se fatores de grande importância, não apenas para pesquisadores, mas também para educadores, comunicadores, jornalistas e gestores envolvidos com o desenvolvimento e a implementação de políticas públicas. Nesse sentido, a pesquisa *Percepção Pública da Ciência e Tecnologia no Brasil* (CGEE, 2019) apresenta uma metodologia robusta e um questionário estruturado, que poderia vir a incluir uma sessão adicional, relativa à transição energética, com perguntas de interesse da plataforma.

Em complementação, sugere-se o uso de dados de altimetria, direcionados a mapear o impacto dos resultados de documentos específicos de interesse. Nesse caso, a busca pode associar um registro de resultado (título, doi, autores, entre outras informações) em buscas realizadas na plataforma Altmetrics, o que irá indicar o número de menções em todas as redes sociais

(Facebook, Twitter, Instagram, LinkedIn, Youtube, entre outras) e o tipo de público que a pesquisa está alcançando, permitindo análises de impacto. No caso desta dimensão, por tratar-se de coleta de dados primários, seria possível contemplar os atributos de interesse nos instrumentos de coleta, com exceção da Plataforma Altmetrics, na qual seria difícil realizar tal associação.

## 11. Considerações finais

Este trabalho representa um esforço pioneiro de sistematização de indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação para o setor de energia brasileiro. Para viabilizar esta proposta, foi realizado o mapeamento das fontes de dados disponíveis e a identificação de um conjunto de métricas de inovação que podem subsidiar políticas de transição energética para a sustentabilidade no Brasil.

Alguns desafios metodológicos foram reportados no artigo (FURTADO *et al.*, 2023b), relativos às principais formas de **classificação dos dados** levantados, que não são compatíveis plenamente com as classificações das categorias energéticas da IEA. Isso vale para atividades econômicas, áreas do conhecimento e ocupações profissionais. Apesar disso, foi possível propor uma forma de levantamento das informações que permite a elaboração de indicadores de CT&I para o sistema de inovação em energia do Brasil, assim como sua comparabilidade internacional.

Com o intuito de responder às perguntas norteadoras, foram desenhados caminhos possíveis para a construção de um conjunto de indicadores para as nove dimensões definidas. Essas dimensões desdobraram-se em 18 subdimensões, as quais conduziram a proposta de 32 indicadores e quatro métricas. Os indicadores foram apresentados, com destaque para as bases de dados e para os atributos sociogeográficos que poderiam ser associados. Ressalta-se que alguns dos indicadores e métricas propostos não possuem levantamento regular ou sequer foram objeto de levantamento preliminar, ou seja, necessitam da coleta primária do dado. Por outro lado, notou-se uma dificuldade muito grande de obter, a partir dos dados públicos disponíveis que foram mapeados, indicadores que evidenciem atributos sociais, como sexo, nível de escolaridade e distribuição geográfica por Unidades da Federação ou regiões.

Este trabalho foi importante para a melhor compreensão da sistemática da coleta dos dados e para uma validação inicial da metodologia proposta. Além disso, atestou-se que é possível criar um sistema inicial de indicadores que permita acompanhar parte do desempenho do sistema de inovação em energia do Brasil. Nesse sentido, este exercício tem a virtude de apontar um caminho para um sistema de indicadores que poderá subsidiar a política de inovação para a transição energética no País.

## Referências

BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego - MTE. **Classificação Brasileira de Ocupações**. 3. ed. Brasília: 2010. 828 p. (v. 1). Disponível em: [https://portalfat.mte.gov.br/wp-content/uploads/2016/04/CBO2002\\_Liv3.pdf](https://portalfat.mte.gov.br/wp-content/uploads/2016/04/CBO2002_Liv3.pdf)

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Percepção pública da C&T no Brasil – 2019**. Resumoeexecutivo. Brasília, DF: 2019. 24p. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/CGEE\\_resumoeexecutivo\\_Percepcao\\_pub\\_CT.pdf/ce15e51d-d49d-4d00-abc-f3b857940c4c7?version=1.2](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/CGEE_resumoeexecutivo_Percepcao_pub_CT.pdf/ce15e51d-d49d-4d00-abc-f3b857940c4c7?version=1.2)

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE - CEPAL. **Construir un nuevo futuro**: Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad. Naciones Unidas, CEPAL (LC/SES.38/3-P/Rev.1): Santiago de Chile, 2020. Disponível em: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46227/1/S2000699\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46227/1/S2000699_es.pdf)

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE - CEPAL; CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Panorama dos investimentos em inovação em energia no Brasil: dados para um grande impulso energético**, Documentos de Projetos (LC/TS.2020/62; LC/BRS/TS.2020/4). CEPAL: Santiago, 2020. Disponível em: <https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/45908-panorama-investimentos-inovacao-energia-brasil-dados-grande-impulso-energetico#:~:text=O%20Escrit%C3%B3rio%20da%20CEPAL%20em,energ%C3%A9tica%20em%20bases%20sustent%C3%A1veis%20no>

COORDENAÇÃO DE AERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES. **Tabela das Áreas do Conhecimento**. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/instrumentos/documentos-de-apoio-1/tabela-de-areas-de-conhecimento-avaliacao>. Acesso em: mar. 2021.

DE NEGRI, F.; SQUEFF, F.H.S. O mapeamento da infraestrutura científica e tecnológica no Brasil. In: DE NEGRI, F.; SQUEFF, F.H.S. (orgs.) **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**, Brasília: IPEA, FINEP, CNPq, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6016/1/Sistemas%20setoriais%20de%20inova%C3%A7%C3%A3o%20e%20infraestrutura%20de%20pesquisa%20no%20Brasil.pdf>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Panorama dos investimentos de inovação em energia no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com/inova-e/>

EUROPEAN PATENT OFFICE - EPO. **Finding sustainable technologies in patents**. European Patent Office. EPO: Munich, Germany, 2013. Disponível em: [https://e-courses.epo.org/pluginfile.php/1238/mod\\_resource/content/4/sustainable\\_technologies\\_brochure\\_en.pdf](https://e-courses.epo.org/pluginfile.php/1238/mod_resource/content/4/sustainable_technologies_brochure_en.pdf)

FURTADO, A.T. Trajetória tecnológica da Petrobrás na produção offshore. **Espacios** Caracas - Venezuela, v. 17, n.3, p. 31-66, 1996. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a96v17n03/30961703.html>

FURTADO, A.T.; SCANDIFFIO, M.I.G.; CORTEZ, L.A.B. The Brazilian sugarcane innovation system. **Energy Policy**, v. 39, p. 156-166, 2011. Disponível em: <https://www.nipe.unicamp.br/docs/publicacoes/thebrazil.pdf>

FURTADO, A.T.; CARVALHO, S.A.D. de; BENELI, D.S.; ROCHA, B.B.; Poppe, M. Mapeamento estratégico de indicadores em Ciência, tecnologia e inovação em energia; fundamentação teórica e desenho da metodologia. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 28, n. 53, jun. 2023a.

FURTADO, A.T.; CARVALHO, S.A.D. de; BENELI, D.S.; ROCHA, B.B.; Poppe, M. Mapeamento estratégico de indicadores em Ciência, tecnologia e inovação em energia; classificação para construção dos indicadores. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 28, n. 53, jun. 2023b.

FURTADO, A.T.; HEKKERT, M.P.; NEGRO, S.O. Ofactors, functions, and fuels: exploring a second generation ethanol transition from a technological innovation systems perspective in brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 70, p. 101706, dez. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629620302814?via%3Dihub>

GARCIA, R.C. (coord.). Dimensão Regional dos esforços de CT&I no Estado de São Paulo. In: FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, cap. 8, 2011. Disponível em: <https://fapesp.br/indicadores/2010/volume2/cap8.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Demografia das empresas e estatísticas de empreendedorismo: 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020, 131p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/empreendedorismo/22649-demografia-das-empresas-e-estatisticas-de-empreendedorismo.html>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas - Versão 2.0**: estrutura detalhada e notas explicativas. Rio de Janeiro: IBGE, 2007, 284p. Disponível em: [https://concla.ibge.gov.br/images/concla/downloads/revisao2007/PropCNAE20/CNAE20\\_NotasExplicativas.pdf](https://concla.ibge.gov.br/images/concla/downloads/revisao2007/PropCNAE20/CNAE20_NotasExplicativas.pdf). Acesso em: 03 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **PINTEC – Pesquisa e Inovação**. s.d. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Tracking clean energy innovation: a guide to the issues and indicators**. Paris: IEA. 2020a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy Technology Perspectives 2020**. Special Report on Clean Energy Innovation. Paris: IEA. 2020b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics**. Paris: OECD/IEA. 2011. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a2f370cf-873e-486f-935d-c2a117e14ba6/IEAGuidetoReportingEnergyRDDBudget-ExpenditureStatistics.pdf>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Net zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector**. Paris: IEA. 2021. 24p. Disponível em: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/7ebafc81-74ed-412b-9c60-5cc32c8396e4/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector-SummaryforPolicyMakers\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/7ebafc81-74ed-412b-9c60-5cc32c8396e4/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector-SummaryforPolicyMakers_CORR.pdf)

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Tracking public investment in energy technology research – A roadmap**. Paris: IEA. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-public-investment-in-energy-technology-research-a-roadmap>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA - INEP. **Instruções para a utilização dos Microdados do Censo de Educação Superior**. Brasília: Inep, 2019.

NEGRO, S.O.; HEKKERT, M.P.; SMITS, R.E. Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion—A functional analysis. **Energy Policy**, v. 35, n. 2, p. 925-938, fev. 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Mp-Hekkert/publication/46677625\\_Explaining\\_the\\_failure\\_of\\_the\\_Dutch\\_innovation\\_system\\_for\\_biomass\\_digestion\\_-\\_A\\_functional\\_analysis/links/5a83e9e545851504fb3aa994/Explaining-the-failure-of-the-Dutch-innovation-system-for-biomass-digestion-A-functional-analysis.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mp-Hekkert/publication/46677625_Explaining_the_failure_of_the_Dutch_innovation_system_for_biomass_digestion_-_A_functional_analysis/links/5a83e9e545851504fb3aa994/Explaining-the-failure-of-the-Dutch-innovation-system-for-biomass-digestion-A-functional-analysis.pdf)

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Eurostat-OECD manual on business demography statistics**. Paris: OECD; Luxembourg: Eurostat, 2007. 99 p. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/statmanuals/files/KS-RA-07-010-EN.pdf>

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD. **Manual on the measurement of human resources in science and technology**. Paris: Oecd Publishing, 1995. 111 p. (Família Frascati - Manual de Canberra).

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE - UNECE. **Guidelines on the use of statistical business registers for business demography and entrepreneurship statistics**. Geneva: Unece, 2018. 150 p. Disponível em: <https://unece.org/DAM/stats/publications/2018/ECECESSTAT20185.pdf>