

Proposta de indicadores sistêmicos de inovação para avaliação do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento regulado pela Aneel

Antônio Pedro Lima¹, Renata Lèbre La Rovere² e Guilherme Santos³

Resumo

O setor elétrico tem uma importante política pública de indução de inovação por meio do fomento à pesquisa e desenvolvimento. Trata-se do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que obriga as empresas a investirem em projetos de P&D. No entanto, adotou-se, em parte, uma visão linear, que limita os resultados obtidos. Este artigo aponta a importância da abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação para o programa de P&D da Aneel e a relevância de se definir um conjunto de indicadores, a fim de analisar o processo de desenvolvimento tecnológico das empresas de maneira sistêmica.

Abstract

The electrical sector has an important public policy for inducing innovation through the promotion of research and development. The National Electric Energy Agency's (ANEEL) Research and Development Program obliges companies to invest in innovative projects. However, a linear approach to innovation has been adopted in this Program that limits its results. This article seeks to indicate the importance of using the National Innovation System's Framework so that a set of indicators of technological innovation can be defined, with the purpose of analyzing the innovative process of companies in a systemic perspective.

1 Mestre no Programa de Pós Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento (PPED) do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ) e pesquisador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL) do IE/UFRJ.

2 Doutora pela Université Paris 7. Professora do Instituto de Economia da UFRJ.

3 Doutorando no PPED do IE/UFRJ, bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pesquisador do Grupo Economia de Inovação do IE/UFRJ.

Palavras-chave: Indicadores sistêmicos. P&D. Setor elétrico. Inovação.

Keywords: R&D. Electrical sector. Innovation. Innovation indicators.

1. Introdução

Estudos recentes (EDLER E FAGERBERG, 2017; CGEE, 2016) demonstram que as atuais políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) deveriam ter tanto a capacidade de coordenar diferentes atores públicos e privados quanto oferecer um direcionamento para setores específicos e demandas amplamente conhecidas, com significativa capacidade de fomento. O mercado sozinho não é capaz de induzir a criação das tecnologias e inovações radicais necessárias às mudanças de paradigmas tecno-econômicos (CGEE, 2017). Desse modo, a atuação do Estado é essencial para alavancar, por meio de ações relacionadas ao fomento da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), novas tecnologias consideradas fundamentais em um setor como o elétrico, a fim de induzir eficiência energética e aprimorar os serviços (CGEE, 2017). Ademais, há uma crescente preocupação da população com a sustentabilidade nos sistemas energéticos, o que demandará soluções para este processo de transição tecnológica (RAVEN *et al.*, 2009).

Na década de 1990, na esteira do processo de abertura e liberalização da economia, o Setor Elétrico Brasileiro (SEB) passou por uma reestruturação completa. Durante décadas, o Estado esteve à frente de toda a cadeia de fornecimento de energia por meio de empresas públicas federais, como a Eletrobrás, e estaduais, como a Companhia Paranaense de Energia (Copel). Ademais, a P&D do setor era basicamente realizada em grandes institutos de pesquisas dessas companhias, como o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel) e as áreas de Pesquisa e Desenvolvimento da Eletrobrás e da Copel. As privatizações e a entrada de novos atores, isto é, instituições de capital nacional e internacional, provocaram uma desverticalização do setor. Houve uma redução dos investimentos públicos e privados em P&D (WILLIAMS, 2001). Além disso, a liberalização transformou a eletricidade, que deixou de ser um serviço público e tornou-se uma *commodity* tecnicamente homogênea (JAMASB; POLLITT, 2008).

Diante desse quadro, o governo viu a necessidade de estimular uma cultura de inovação para o setor elétrico. Com isso, foi criado o Programa de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), instituído pela Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000 (BRASIL, 2000). O texto obrigava as concessionárias a investir e aplicar recursos em projetos com finalidade de criar novos equipamentos, estimular a prestação de serviços para a segurança do fornecimento de energia, diminuir o impacto ambiental do setor e a dependência tecnológica do País (ANEEL, 2017).

É preciso refletir, no entanto, em que medida os atuais indicadores de avaliação utilizados no âmbito desse programa são adequados. A primazia de projetos de inovação de cunho incremental reforça essa necessidade. Um estudo do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) observa que essas iniciativas não têm impactos expressivos na eficiência global do sistema e no atendimento às metas estabelecidas pelos planos de energia (CGEE, 2017).

Os objetivos deste artigo são expor uma breve crítica à abordagem linear de inovação e propor indicadores com base em uma abordagem alternativa, utilizando o conceito de Sistemas de Inovação (SI). Além disso, o texto procura sinalizar a importância de se definir um conjunto de indicadores - relacionados à inovação, aprendizagem, cooperação e desempenho tecnológico no SEB - que permitam analisar o desempenho inovativo da empresa de forma mais abrangente. A incorporação de novos elementos na análise permite compreender em que medida o Programa de P&D da Aneel está colaborando para o desenvolvimento de inovações tecnológicas no sistema.

O artigo está dividido em quatro seções, além desta introdução. A seção 2 discute a visão linear e apresenta os principais conceitos da abordagem sistêmica de inovação. Na seção 3, são examinadas as principais características do Programa de P&D da Aneel e a visão da agência sobre inovação. Na seção 4, são apresentados os principais indicadores tradicionais e discutidos possíveis indicadores baseados na abordagem sistêmica para o SEB. A seção 5 traz as considerações finais do estudo.

2. Visão linear de inovação e a necessidade de uma abordagem sistêmica

2.1. A visão linear de inovação

Coriat e Weinsten (2002) afirmam que tanto ciência e tecnologia quanto suas relações ocorrem como atividades institucionalizadas, isto é, em sistemas duradouros de regras e convenções sociais. A separação entre as duas é consequência de um processo histórico derivado da divisão do trabalho e envolve arranjos institucionais específicos (THIELMANN; LA ROVERE, 2016). Enquanto universidades e centros de pesquisa desenvolvem o conhecimento básico, empresas industriais, que têm atividades de P&D, adquirem capacidades para a absorção desse conhecimento (CORIAT; WEINSTEIN, 2002).

Nelson (1992), por sua vez, afirma que a tecnologia corresponde a um *design* ou prática específica que um conhecimento genérico proporciona para o entendimento de como ou por qual motivo as coisas

funcionam. A ciência propõe um retorno à ação concreta tendo como base um conjunto de instrumentos intelectuais, lógicos e descritivos resultante da decomposição e da sistematização.

Desse modo, o desenvolvimento de tecnologias tem desempenhado uma função catalisadora na formulação da agenda da ciência. Assim sendo, a agenda de políticas públicas para apoio à ciência e à tecnologia precisa estar relacionada às necessidades induzidas pela produção (THIELMANN; LA ROVERE, 2016).

Vannevar Bush, diretor do *U.S. Office of Scientific Research and Development* durante a Segunda Guerra Mundial e um dos criadores da *National Science Foundation* - agência norte-americana de fomento à pesquisa - produziu, em 1945, um relatório chamado *Science, the Endless Frontier*, com a finalidade de convencer o governo americano a manter o financiamento para a realização de pesquisa básica (STOKES, 2005). Nesse relatório, caracteriza-se o processo de produção de conhecimento de maneira linear, ou seja, como fruto de uma sequência de etapas sucessivas, sendo elas: pesquisa básica; pesquisa aplicada; desenvolvimento tecnológico; e produção e operações. Via-se, assim, a passagem e transformação de progresso científico para utilizações práticas através de um fluxo dinâmico que vai da pesquisa básica à comercialização.

Segundo o modelo linear de inovação, uma política tecnológica deveria servir para canalizar investimentos maciços em pesquisa básica e aplicada. De acordo com essa abordagem, as invenções – realizadas em departamentos de P&D ou áreas específicas dentro da empresa – passam, por fluxo contínuo e dinâmico, pelas demais etapas da cadeia do processo de inovação até se tornarem produtos no mercado. Desse modo, seria necessária apenas a resolução de falhas de mercados para que o fluxo contínuo desde a produção científica até a conversão em tecnologias se concretizasse.

2.2. Indicadores tradicionais de inovação

Indicadores são necessários para aferir se uma política pública está atingindo seus objetivos. São fundamentos que permitem elaborar e avaliar programas e projetos, além de acompanhar seu desempenho, seus resultados, efeitos e impactos (LINS, 2003). Durante décadas, indicadores tradicionais de inovação contemplavam dimensões de *input*, como gastos em P&D. Durante os anos 1980 e 1990, abordagens evolucionárias se tornaram populares na agenda de pesquisa da Economia e das Ciências Sociais. O aumento do interesse no estudo do processo de inovação e da mudança tecnológica, contudo, não foi acompanhado pela disseminação de dados estatísticos adequados. Tem havido, no entanto, esforços em diversos países no sentido de estender a série de dados para, além de atividades de P&D, investimentos intangíveis, como *softwares*, *design* e *marketing*. (KLEINKNECHT, 2000). Pesquisas como o *Community Innovation Survey* (CIS), elaborado para países da União Europeia, e a Pesquisa de Inovação Tecnológica

(Pintec), para o Brasil, são casos de iniciativas que buscam explorar o conhecimento relacionado aos aspectos microeconômicos das inovações.

Os indicadores tradicionais são basicamente de *input*, de *output* ou de impacto. Nas análises tradicionais sobre processos de inovação, geralmente há pelo menos um desses. Primeiro, uma mensuração de *input* mede gastos com P&D. Uma outra, de produção intermediária, verifica o número de invenções patenteadas, por exemplo. Finalmente, uma mensuração direta de produção avalia o impacto de determinado número de inovações comercializadas (LINS, 2003).

Kelinknecht (2000) destacou forças e fraquezas destes três indicadores de inovação tradicionais: P&D, patentes e vendas de produtos inovativos. Com relação ao primeiro, os pontos positivos se devem ao fato de que dados de despesas de P&D têm sido coletados há décadas, o que possibilita uma análise detalhada. Além disso, a partir desses dados, é possível realizar uma subdivisão de P&D por produto versus esforços de processos. Essa subdivisão é importante para a análise empírica do impacto sobre o desempenho da empresa, pois esforços de inovação de produtos e de outros processos são cruciais para o crescimento do empreendimento e para a geração de empregos (KELINKNECHT, 2000).

As fraquezas, no entanto, se devem ao fato de que o indicador de P&D é só o *input* do processo e, além disso, é apenas um entre vários. Outros incluem: *design* de produto, produção experimental, análise de mercado, treinamentos de funcionários e investimento em ativos fixos relacionados à inovação de produtos. Há uma série de estudos que confirmam que os dados de P&D tendem a subestimar a inovação em serviços, pois a metodologia da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) está mais enviesada para capturar inovação em indústrias manufaturadas. Outro problema com dados de P&D refere-se à medição. Evidências de levantamentos apontam para o fato de que questionários tradicionais de P&D tendem a subestimar atividades informais e de menor escala de P&D em empresas pequenas (KELINKNECHT, 2000).

O segundo indicador apresentado por Kelinknecht (2000) diz respeito às patentes, utilizadas como *output* para mensurar inovação. Os pontos positivos referem-se às bases de dados de registros: diversas séries históricas e consolidadas são disponibilizadas. Contudo, esses indicadores não captam diversas invenções não patenteáveis. Além disso, uma patente pode servir para refletir pequenas melhorias de baixo valor agregado, enquanto outras são muito valiosas. Ou seja, comparar patentes é uma tarefa complexa, pois são muito diferentes entre si e seus valores econômicos são, portanto, altamente heterogêneos.

O terceiro indicador tradicional de inovação é o de vendas de produtos inovativos, que se baseia na avaliação de uma empresa em pesquisas do tipo *survey* sobre introdução de novos produtos. O ponto positivo é que esse indicador mede inovações introduzidas no mercado e que resultaram em fluxo de

caixa positivo. As fraquezas estão ligadas ao fato de que muitas empresas dão estimativas brutas das participações das vendas de produtos inovadores. Não obstante, tais participações podem ser sensíveis ao ciclo de negócios.

Em vista do que foi apresentado, é possível afirmar que a análise tradicional do processo inovativo se restringe à P&D, patentes e quantidade de inovações comercializadas. A visão sistêmica, tratada a seguir, valoriza aspectos para além de *input* e *output* da empresa, como fatores organizacionais, institucionais e econômicos, não contemplados nas métricas tradicionais. A análise de um setor e das empresas do SEB, a partir de indicadores mais sofisticados, permite avaliar, de forma mais acurada, a caracterização do processo de inovação, em um cenário no qual há cada vez mais empresas de serviços intensivos em conhecimento e tecnologia.

2.3. A visão sistêmica de inovação

A visão linear de inovação tem uma série de falhas. Para Metcalfe (2003), a primeira decorre do fato de que essa visão cobre apenas uma parte das atividades envolvidas no processo de inovação. A criação de conhecimento e riqueza depende de instituições não necessariamente científicas que não desenvolvem atividades de produção de pesquisa básica. A segunda falha é que há distinção entre os atributos de ciência e tecnologia. O modelo linear considera que avanços científicos determinam integralmente o desenvolvimento tecnológico, mas, na prática, observa-se que ciência e tecnologia podem ter propósitos diferentes, conforme exposto por Stokes (2005).

A abordagem sistêmica de inovação, que se contrapõe à linear, é mais ampla e envolve criações de novos espaços econômicos, isto é, produtos e processos; formas de produção; fontes de matérias-primas; e mercados. Para essa visão, o processo de inovação caracteriza-se pela cumulatividade da atividade. A chance de serem realizados avanços em empresas, organizações e países constitui uma função dos níveis tecnológicos já alcançados por eles.

Ainda pela abordagem sistêmica, o processo de inovação se caracteriza pela constante interação entre usuários e produtores, cuja relação deve estar pautada em aspectos de confiança mútua e na inserção de códigos de comportamentos, situação na qual os atores envolvidos se beneficiam. As interações, além da existência de qualificações no entorno, são elementos essenciais no desenvolvimento de uma nova tecnologia (CASSIOLATO; PODCAMENI, 2016). O processo inovativo é, portanto, resultado de aprendizagem coletiva a partir de vínculos da empresa, tanto internos quanto externos, isto é, com outras organizações (LUNDVALL, 1985). Portanto, o aprendizado tem importância tanto dentro do

empreendimento – relacionado às principais funções, como P&D – quanto fora – fruto da interação e cooperação com outros agentes (LUNDVALL, 1992).

A abordagem de Sistemas de Inovação (FREEMAN, 1987; LUNDVALL, 1992; NELSON, 1993) incorpora o conjunto de instituições que tanto contribuem quanto afetam o desenvolvimento da capacidade de aprendizado, uso e criação de competências (FREEMAN, 1987). Esta abordagem, portanto, enfatiza a interação entre instituições e os processos para criar, compartilhar, difundir, acumular e aplicar conhecimento, a fim de promover competitividade por meio de mudanças tecnológicas e inovações (LUNDVALL; JOHNSON, 1994). Além disso, Von Hippel e Tyre (1995) reforçaram a importância de mecanismos de aprendizagem como *learning by doing* para o acúmulo de conhecimento e para auxiliar na resolução de problemas. Devido a sua crescente sofisticação e complexidade, inovações são, cada vez mais, resultado de colaboração e produção por meio de uma rede de atores que pode envolver empresas consolidadas, *startups*, universidades, instituições de pesquisa, organizações governamentais e organizações da sociedade civil.

O foco em conhecimento, interatividade e aprendizado constituem a base do conceito de sistemas de inovação. Deste modo, políticas públicas de CT&I precisam incluir, além dos esforços tradicionais de fomento à pesquisa e desenvolvimento de tecnologia, o apoio a habilidades gerenciais e à geração de conhecimento organizacional, econômico e administrativo (THIELMANN; LA ROVERE, 2016).

A agenda de políticas sistêmicas de fomento avança no sentido de criticar as políticas baseadas no modelo linear de inovação, como o programa de P&D da Aneel. Mazzucato e Semieniuk (2017), por exemplo, criticam os argumentos relacionados à perspectiva de falhas de mercados como únicos instrumentos para fomento à agenda de CT&I, clamando por uma visão mais sistêmica, que englobe as dimensões de aprendizado e construção de capacidades inovadoras.

A perspectiva trazida pela abordagem de SI de que “todas as partes e aspectos da estrutura econômica e do arcabouço institucional afetam os processos de aprendizagem, bem como a busca e exploração de inovações” (LUNDVALL, 1992) tem implicações diretas nos instrumentos de política recomendados para estimular o desenvolvimento, inclusive em programas como o da Aneel.

3. O Programa de P&D e a visão de inovação da Aneel

3.1. O Programa de P&D da Aneel

O objetivo do Programa de P&D da Aneel é alocar adequadamente os recursos humanos e financeiros em projetos que demonstrem originalidade, aplicabilidade, relevância e viabilidade econômica de produtos e serviços nos processos e usos finais de energia (ANEEL, 2017). A agência é o ator central do programa, responsável por analisar os relatórios referentes aos projetos das empresas – obrigadas a investir em P&D, nos quais há informações importantes sobre o grau de inovação ou avanço tecnológico pretendido. A gestão é feita por meio de um sistema de autenticação e carregamento de formulários e relatórios.

Os percentuais de investimentos obrigatórios que as empresas precisam destinar ao Programa de P&D da Aneel sofreram variação ao longo dos anos, devido às alterações na legislação, e são definidos no Manual de P&D, que dispõe sobre as diretrizes do programa. O documento regulamenta os principais aspectos dos projetos, como procedimentos para confecção; forma de submissão junto à agência e aprovação; contabilização de gastos; acompanhamento da execução e fiscalização; e áreas autorizadas para investimentos.

O Manual de P&D estipula que as empresas dos segmentos de geração e de transmissão devem investir 1% da Receita Operacional Líquida (ROL) no programa de P&D, e as do segmento de distribuição, 0,75% da ROL. Os recursos das empresas de transmissão e geração são administrados pelos seguintes órgãos: Aneel (40%), Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (40%) e Ministério de Minas e Energia (20%). Isto é, nos segmentos de geração e de transmissão, as empresas deverão gerir e alocar recursos na ordem de 0,4% da ROL para projetos inovadores, enquanto que no segmento de distribuição esse percentual é de 0,3% (ANEEL, 2012).

O programa também obriga as empresas a executar projetos de P&D em parceria com as universidades. A Aneel seleciona previamente iniciativas apoiadas com base em quatro indicadores: originalidade, aplicabilidade, relevância e razoabilidade de custos (ANEEL, 2012).

O Programa de P&D da Aneel constitui a maior iniciativa de fomento à inovação no setor elétrico - mobilizou R\$ 8 bilhões em 4,4 mil projetos desde a implementação (ANEEL, 2017) - e já foi objeto de análise de estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) (2011) e do CGEE (2015). Algumas propostas de aprimoramento dessas análises foram levadas em consideração, mas a agência ainda mantém uma visão linear sobre o processo de inovação.

3.2. A visão de inovação da Aneel e os indicadores utilizados

Pela visão linear de inovação, o esforço do Estado deve ser deslocado para o lado da oferta, estimulando o avanço científico nas universidades e nos laboratórios públicos, ofertando mão-de-obra qualificada e provendo suporte financeiro para grandes programas de P&D em empresas. A Aneel afirma que busca incentivar “iniciativas que disponham de escala apropriada para desenvolver conhecimento e transformar ideias, experimentos laboratoriais bem-sucedidos e qualidade de modelos matemáticos em resultados práticos” (ANEEL, 2012).

Neste sentido, apesar do programa de P&D da Aneel considerar elementos sistêmicos na sua formulação, como a interação universidade-empresa, prevalece uma visão linear que afeta a avaliação dos projetos. A iniciativa tem gerado majoritariamente inovações de baixa intensidade tecnológica, com perfil incremental e de pouco impacto para o setor, empresas e consumidor final (IPEA, 2011; CGEE, 2015). É possível afirmar que os critérios de avaliação utilizados são muito limitados para analisar o processo inovativo das empresas e direcionar estratégias de inovação no SEB, pois não levam em consideração diversos elementos, como acumulação de conhecimento e interações entre atores, valorizados pela abordagem sistêmica.

4. Proposta de indicadores sistêmicos de inovação para o setor elétrico

Para uma compreensão mais abrangente das atividades inovativas do Setor Elétrico Brasileiro torna-se necessário levar em consideração outros indicadores que analisam o programa de P&D a partir da abordagem de SI, contemplando fatores econômicos, culturais e institucionais mais amplos. Com isso, reivindica-se uma abordagem que incorpore fatores que vão além do programa - mas que permitem sua avaliação - e valorize a interação entre os atores e a acumulação e circulação de conhecimento entre as empresas.

Tendo como base a abordagem de SI, os autores Stallivieri, Campos e Britto (2009, p. 216-218) e Matos e Stallivieri (2016, p. 30) propuseram indicadores que podem ser usados para mapear o processo de inovação no SEB e o cumprimento dos objetivos do programa de P&D da Aneel. A avaliação considera cinco categorias, construídas com base na Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec), elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). São elas: esforço inovador, aprendizado, cooperação, desempenho tecnológico e impacto sobre competência.

A Pintec segue a metodologia do Manual de Oslo da OCDE (2006) e é estruturada a partir de dados coletados das próprias empresas, por meio de entrevista pautada por um questionário. A criação dos indicadores sistêmicos de inovação busca compreender questões específicas das empresas do setor

elétrico, tais como: caracterização; dinâmica econômica; aprendizado, cooperação, inovação e redes de subcontratação; articulações com o território; e as políticas dessas empresas (MATOS; STALLIVIERI, 2016).

Indicadores de inovação específicos aos esforços dos atores do SEB contemplam a construção de capacitações a partir de processos internos e interativos; esforços sistêmicos de inovação; introdução de novidades no mercado – que podem ser novos produtos, processos ou mudanças organizacionais; magnitude dos impactos no SEB; articulação com as dimensões local e regional; e potenciais convergências e conflitos. Assim, Castro *et al.* (2018), adaptando a metodologia proposta por Matos e Stalivieri (2016), propuseram seis categorias de indicadores, que permitem um mapeamento de todo o processo de inovação do SEB: esforço inovador, aprendizado, cooperação, desempenho tecnológico, impacto direto em competências e fomento a *startups*. Estes últimos foram incluídos devido às oportunidades que o fomento às *startups* traz para as empresas do SEB ao permitir uma resposta mais rápida das grandes empresas às necessidades específicas dos clientes, que tendem a se tornar mais complexas devido às transformações tecnológicas do setor.

Os indicadores de esforço inovador permitem mapear atividades relacionadas a treinamentos e programas de capacitações de recursos humanos na empresa, tanto internamente quanto em parcerias com universidades, empresas ou outras instituições. Além disso, precisam definir esforços inovativos relacionados ao desenvolvimento dessas atividades, à realização de projetos de P&D, à aquisição de novas tecnologias e à constância na atualização organizacional.

Os indicadores de aprendizado permitem abarcar diversas dimensões desse fator decorrentes do processo de inovação. O aprendizado pode ocorrer dentro do departamento de P&D ou derivar de outras fontes internas, mas também pode ser relacionado a agentes produtivos ou de ciência e tecnologia.

Os indicadores de cooperação, por sua vez, permitem analisar a estrutura e as diferentes formas de cooperação das empresas, que podem ser concretizadas com agentes produtivos, com agentes de C&T ou com sindicatos, órgãos de apoio e agentes financeiros.

Os indicadores de desempenho tecnológico procuram contemplar dimensões relacionadas tanto a melhorias em produtos e processos quanto nas capacidades administrativas e metodológicas. Também procuram medir a introdução de novos produtos para o mercado internacional ou novos processos para o setor de atuação; de produtos e processos para a empresa; e de inovações organizacionais. Em síntese, esses indicadores permitem dimensionar o impacto gerado pela introdução de inovações.

Os indicadores de impacto direto em competências, por seu turno, se referem a avanços em competências produtivas, tecnológicas, organizacionais e nas esferas de comercialização e *marketing*. Além disso, medem o impacto sobre custos produtivos, operacionais, de energia e de fatores.

Por fim, os indicadores de fomento a *startups* buscam captar a frequência de eventos relacionados a esse tipo de empresa, o número de *startups* criadas, o número de funcionários e o volume de financiamento envolvido. Tais indicadores, portanto, são capazes de mensurar o engajamento e a influência que as empresas possuem na criação e desenvolvimento de empresas inovadoras de base tecnológica. O Quadro 1 sintetiza os indicadores e suas principais *proxies* e objetivos.

Quadro 1. Resumo dos indicadores propostos e suas principais *proxies* e objetivos

Indicadores	Proxies	Objetivos
Indicadores de Esforço Inovador	Treinamento e capacitação de recursos humanos (RH); constância do desenvolvimento de atividades inovativas; constância na realização de projetos de P&D; constância na aquisição de novas tecnologias; constância no esforço pré-inovativo; constância na atualização organizacional.	Mapear treinamentos e programas de capacitação de recursos humanos, tanto desenvolvidos internamente quanto em parcerias com universidades, empresas ou outras instituições. Mapear os esforços inovativos relacionados ao desenvolvimento dessas atividades, à realização de projetos de P&D, à aquisição de novas tecnologias e à constância na atualização organizacional.
Indicadores de aprendizado	Aprendizado interno; aprendizagem interna no departamento de P&D; aprendizagem interna demais fontes; aprendizado externo – agentes produtivos; aprendizado externo – agentes de C&T; aprendizado externo – demais agentes.	Abarcar diversas dimensões de aprendizagem decorrentes do processo de inovação: interno à empresa, dentro do departamento de P&D, derivado de outras fontes internas; relacionado a outros agentes, tais como agentes produtivos ou de Ciência e Tecnologia.
Indicadores de cooperação	Cooperação com agentes produtivos; cooperação com agentes de C&T; cooperação com sindicatos, órgãos de apoio, agentes financeiros e representações.	Analisar as diferentes formas de cooperação das empresas, estabelecidas com agentes produtivos, agentes de C&T ou com sindicatos, órgãos de apoio e agentes financeiros. Analisar também a estrutura dessas cooperações.
Indicadores de desempenho tecnológico	Melhora em produtos e processos; melhoras nas capacidades administrativas e mercadológicas; introdução de novos produtos para o mercado internacional ou novos processos para o setor de atuação; introdução ou melhorias de produtos ou processos novos para a empresa; introdução de inovações organizacionais; impacto gerado pela introdução de inovações.	Captar as melhorias em produtos e processos e nas capacidades administrativas e metodológicas. Medir a introdução de novos produtos para o mercado internacional ou novos processos para o setor de atuação, a introdução ou melhorias de produtos ou processos novos para a empresa e a introdução de inovações organizacionais.
Indicadores de impacto direto em competências	Avanço de competências produtivas e tecnológicas; avanço de competências organizacionais; avanços nas esferas de comercialização e <i>marketing</i> ; faturamento relativo a novos produtos e serviços; impacto sobre custos produtivos e operacionais; impacto sobre custos de fatores; impactos sobre custos de energia.	Mensurar os avanços em competências produtivas e tecnológicas, competências organizacionais e competências nas esferas de comercialização e <i>marketing</i>. Medir o impacto sobre custos produtivos, operacionais, de energia e de fatores.
Indicadores de fomento a <i>startups</i>	frequência de eventos relacionados a <i>startups</i> ; número de <i>startups</i> criadas; número de funcionários envolvidos em projetos com <i>startups</i> ; volume de financiamento.	Mensurar o engajamento e a influência que as empresas possuem na criação e desenvolvimento de <i>startups</i> .

Fonte: Elaboração própria com base em Castro et al. (2018).

5. Considerações finais

Vimos neste artigo que o programa de P&D da Aneel, apesar de levar em consideração a interação universidade-empresa, não adota uma visão sistêmica de inovação. Ao contrário, a abordagem parece ser linear, ao enfatizar os investimentos em infraestrutura e ao adotar critérios de avaliação do tipo *input-output*.

A visão linear aporta uma série de limitações. Este estudo propõe, por meio de uma abordagem sistêmica, a incorporação de uma perspectiva mais abrangente das etapas e dos agentes envolvidos para a avaliação do programa de P&D da Aneel e do processo de inovação no setor elétrico. Os indicadores apresentados podem servir de apoio para uma proposta de aprimoramento. Para essa visão mais abrangente, torna-se necessário considerar outros indicadores sistêmicos, para além dos tradicionais *output*, *input* e impacto, usados pela Aneel na avaliação dos projetos de P&D.

Assim, este artigo apresentou seis categorias de indicadores sistêmicos, que permitem um mapeamento de todo o processo de inovação: esforço inovador, aprendizado, cooperação, desempenho tecnológico, impacto direto em competências e fomento a *startups*. A partir das informações derivadas desses indicadores, pode-se ter um diagnóstico mais aprimorado, realizar projeções e desenvolver um planejamento mais eficaz para o processo de inovação das empresas do Sistema Elétrico Brasileiro.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Informações técnicas/pesquisa e desenvolvimento (P&D) e eficiência energética/programa de P&D/**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d>. Acesso em: 29 ago. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica**. Brasília (DF): 2012.

BRASIL. **Lei nº 9991, de 24 de julho de 2000**. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9991.htm. Acesso em: 15 maio 2018.

CASSIOLATO, J.; PODCAMENI, M.G. A Relevância da abordagem de sistemas de inovação para a área de energia elétrica. In: CASTRO, N. de; DANTAS, G. **Políticas públicas para redes inteligentes**. Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais, 2016. p. 49-80.

CASTRO, N.; MATOS, M.; LA ROVERE, R.; LIMA, A.P.; BATISTA, A.; SALLES, D. Indicadores de inovação tecnológica para o Setor Elétrico Brasileiro aderente ao P&D da ANEEL. GESEL-UFRJ. **Texto de Discussão do Setor Elétrico - TDSE**, n. 80, jan. 2018. Disponível em: http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/48_TDSE%2080.pdf. Acesso em: 15 maio 2018.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica: agenda estratégica de CT&I no setor elétrico brasileiro**. Brasília, DF: v. 8, 2017. 622 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/aneel_2017_8-8.pdf/ce6aoec6-bcd8-4392-9875-435dabaf3566?version=1.2.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Sugestões de aprimoramento ao modelo de fomento à PD&I do Setor Elétrico Brasileiro: programa de P&D regulado pela Aneel**. Brasília, DF, 2015. 320 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro_Setor_elet_brasileiro_06082015_10217.pdf/coc26725-2fe2-46e7-8c22-1365c9196a1c?version=1.1.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **The Brazilian innovation system: a mission-oriented policy proposal**. Avaliação de Programas em CT&I. Apoio ao Programa Nacional de Ciência (Plataformas de conhecimento). Brasília, DF: 2016. 119 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/1774546/The_Brazilian_Innovation_System-CGEE-MazzucatoandPenna-FullReport.pdf.

CORIAT, B.; ORSI, F.; WEINSTEIN, O. **Science-based, innovation regimes and institutional arrangements: from Science-based “1” to Science-Based “2” regimes. Towards a new science-based regime?** Paper to be presented at the DRUID Summer Conference on “Industrial Dynamics of the New and Old Economy - who is embracing whom?”. Copenhagen/Elsinore, jun., 2002. Disponível em: http://www.academia.edu/5849611/SCIENCE-BASED_INNOVATION_REGIMES_AND_INSTITUTIONAL_ARRANGEMENTS_FROM_SCIENCE_BASED_1_TO_SCIENCE_BASED_2_REGIMES_TOWARDS_A_NEW_SCIENCE-BASED_REGIME_Draft._Comments_Welcome.

EDLER, J.; FAGERBERG, J. **Innovation Policy: what, why, and how**. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 33, n. 1, p. 2-23, 2017.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**. Londres: Frances Pinter, 1987.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Inovação tecnológica no SEB: uma Avaliação do Programa P&D Regulado pela ANEEL**. Brasília: 2011.

JAMASB, T.; POLLITT, M. Liberalization and R&D in network industries: the case of the electricity industry. **Research Policy**, n. 37, p. 995-1008, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733308000851>.

KLEINKNECHT, A. Indicators of manufacturing and service innovation: their strengths and weaknesses. In: METCALFE J.S.; MILES I. (eds). **Innovation systems in the service economy. economics of science, technology and innovation**, v. 18. Spring, Boston, MA, 2000.

LINS, F.E. **Mensurando a inovação tecnológica: indicadores e determinantes**. 2003. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5781/1/arquivo7352_1.pdf.

LUNDVALL, B.-Å. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national innovation systems. In: DOSI, G. *et al.* (Eds.). **Technical change and economic theory**. Londres: Pinter Publishers, 1988.

LUNDVALL, B.- Å.; JOHNSON, B. The learning economy. **Journal of Industry Studies**, v. 1, n. 2, p. 23-42, 1994. <https://doi.org/10.1080/13662719400000002>

MATOS, M. P.; STALLIVIERI, F. **A metodologia e pesquisa implementada pela RedeSist**. 36p. Disponível em: http://www.ie.ufrj.br/intranet/ie/userintranet/hpp/arquivos/021220162352_MatoseStallivieri2016TextoMetodologiaAPLsLivro20anosRedeSist.pdf. 2016. Acesso em: 11 ago. 2017.

MAZZUCATO, M.; SEMIENIUK, G. Public financing of innovation: new questions. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 33, n. 1, p. 24-48, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313509465_Public_financing_of_innovation_New_questions.

METCALFE, J. S. Equilibrium and evolutionary foundations of competition and technology policy: new perspectives on the division of labour and the innovation process. **Revista Brasileira de Inovação**. v.2, n.1, 2003.

NELSON, R. The role of firms in technical advance: a perspective from evolutionary theory. In: DOSI, G.; GIANNETTI, R.; TONINELLI, P.A. (eds.) **Technology and enterprise in a historical perspective**. Clarendon Press: Oxford, 1992.

NELSON, R (ed.). **National Systems of Innovation: A comparative study**. Oxford, Oxford University Press, 1993.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO – OECD. **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, 2006. Disponível em: http://download.finep.gov.br/imprensa/manual_de_oslo.pdf.

RAVEN, R.; JOLIVET, E.; MOURIK, R.M.; FEENSTRA, Y. ESTEEM: Managing societal acceptance in new energy projects: A toolbox method for project managers. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 76, n. 7, p. 963977, 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162509000250>.

STALLIVIERI, F.; CAMPOS, R.R.; BRITTO, J.N. Indicadores para a análise da dinâmica inovativa em arranjos produtivos locais: uma análise exploratória aplicada ao arranjo eletrometal-mecânico de Joinville/SC. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 39, n 1, p. 185-219, jan.-mar. 2009.

STOKES, D. **O quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica**. Trad. José Emílio Maiorino. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2005.

THIELMANN, R.; LA ROVERE, R.L. **Políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação**. In: CASTRO, N.; DANTAS, G. (org.). **Políticas públicas para redes inteligentes**. Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais, 2016. p. 15-48.

VON HIPPEL, E.; TYRE, M.J. How learning by doing is done: problem identification in novel process equipment, **Research Policy**, v. 24, n. 1, p. 1-12, 1995.

WILLIAMS, R.H. Addressing challenges to sustainable development with innovative energy technologies in a competitive electric industry. **Energy for Sustainable Development**, n.2, v. 5, 2001.