



Indicadores de Inovação Tecnológica para o Setor Elétrico Brasileiro aderente ao P&D da ANEEL

Nivalde de Castro
Marcelo Matos
Renata Lèbre La Rovere
Antônio Pedro Lima
Alexandre Batista
Diogo Salless

TDSE

Texto de Discussão do Setor Elétrico
Nº 80

janeiro de 2018
Rio de Janeiro



Texto de Discussão do Setor Elétrico n.º 80

**Indicadores de Inovação Tecnológica para o Setor Elétrico
Brasileiro aderente ao P&D da ANEEL**

Nivalde de Castro
Marcelo Matos
Renata Lèbre La Rovere
Antônio Pedro Lima
Alexandre Batista
Diogo Salles

ISBN: 978-85-93305-48-1

Rio de Janeiro
Janeiro de 2018

Sumário

Introdução	5
2. Apresentação do Programa	7
2.1 O Programa de P&D	7
2.2 Contextualização	8
2.3 Visão linear de inovação: a lógica da ANEEL	14
3 Visão sistêmica de inovação	16
3.1 Abordagem do Sistema Nacional de Inovação	16
3.2 Visão sistêmica no Setor Elétrico Brasileiro.....	18
4 Conhecimento e inovação nas empresas	20
5 Indicadores de Inovação: visão sistêmica do Programa de P&D da ANEEL.....	23
5.1 Crítica aos indicadores tradicionais de inovação.....	23
5.2 Propostas de indicadores de inovação para o Setor Elétrico Brasileiro.....	27
Conclusão	34
Referências bibliográficas.....	36

Indicadores de Inovação Tecnológica para o Setor Elétrico Brasileiro aderentes ao P&D da ANEEL¹

Nivalde de Castro
Marcelo Matos
Renata Lèbre La Rovere
Antônio Pedro Lima
Alexandre Batista
Diogo Salles

Introdução

Durante muitas décadas, analisou-se o processo de inovação por meio de uma perspectiva linear. Posteriormente, consolidou-se a visão sistêmica de tal processo, a qual reforça a importância da interação entre os atores no sistema. Dentro desse escopo, foi estruturada a abordagem do Sistema Nacional de Inovação (SNI).

Este Sistema é formado pelas relações entre empresas, o Estado, as instituições de pesquisa e as universidades, interligados por canais de troca de conhecimento ou articulados em redes. O SNI constitui, portanto, *“uma rede de instituições públicas e privadas, cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam, criam, desenvolvem e difundem tecnologias”* (Freeman, 1987).

Este artigo tem como objetivo central sistematizar críticas à abordagem linear de inovação, adotada, em parte, pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em seu Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (Programa de P&D) do Setor Elétrico.

¹ Este estudo está vinculado a pesquisa que busca avaliar o desempenho do Programa de P&D da ANEEL no período de 2008-2015 desenvolvido pela equipe do GESEL e RedeSist do Instituto de Economia da UFRJ. A pesquisa conta com o apoio dos Grupos CPFL, EDP e Energisa. As opiniões e análises são de exclusiva responsabilidade dos autores.

Nesse Programa, construiu-se uma visão de inovação como um processo de “(...) etapas sucessivas, em sequência natural das atividades de pesquisa básica e aplicada para o desenvolvimento experimental, e, em seguida, para a produção e comercialização” (Cavalcante, 2009). Este texto procura confrontar esta visão com a abordagem sistêmica do SNI, o qual, segundo Viotti e Macedo (2003), enfatiza a influência simultânea de fatores organizacionais, institucionais e econômicos nos processos de geração, difusão e uso da ciência e da tecnologia.

O uso do conceito do Sistema Nacional de Inovação, o qual destaca o papel central do conhecimento, da inovação e do aprendizado interativo como fatores de competitividade sustentada, exige a elaboração de mecanismos de coleta de dados (indicadores de inovação) que possam captar dimensões não encontradas em outros textos sobre o Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Os indicadores de inovação são um conjunto de dados estruturados para responder questões sobre mudanças nas empresas, sua estrutura interna, suas relações com o mundo exterior e suas atividades inovativas.

Este estudo procura indicar a importância de se definir um conjunto de indicadores relacionados à inovação tecnológica, à aprendizagem tecnológica, à cooperação e ao desempenho tecnológico para as empresas do SEB, com a finalidade de analisar a interação dessas companhias com outros atores do setor, como universidades, centros de pesquisas, empresas fornecedoras e concessionárias do Setor Elétrico, das áreas de geração, distribuição e transmissão de energia elétrica. Assim, pode-se compreender em que medida o Programa de P&D da ANEEL está colaborando para o desenvolvimento de inovações tecnológicas nas empresas do SEB.

2. Apresentação do Programa

2.1 O Programa de P&D

O objetivo central 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 da energia. Deseja-se, com isso, fomentar uma cultura de inovação no Brasil, ao estimular a pesquisa e o desenvolvimento no SEB, criando novos equipamentos e aprimorando a prestação de serviços, que contribuam à segurança do fornecimento de energia elétrica, à modicidade tarifária e à diminuição do impacto ambiental do setor e da dependência tecnológica do país.²

A gestão do Programa de P&D da ANEEL é feita por meio de um sistema de autenticação e carregamento de formulários e relatórios, acessados exclusivamente pela ANEEL e pelas empresas do setor. Estas empresas estão obrigadas a investir em projetos de P&D, conforme estabelecido na Lei nº 9.991/2000³, que *“dispõe sobre a 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”*⁴. Esta lei, por sua vez, foi regulamentada pelo Decreto nº 3.867/2001.

A ANEEL é o ente central do programa, pois recebe os projetos das empresas obrigadas a investir em P&D, nos quais há informações importantes sobre o grau de inovação ou avanço tecnológico pretendido. A companhia de

² Programa de P&D da ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d>. Acesso em: julho de 2017.

³ Gestão do Programa de P&D da ANEEL. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/-/asset_publisher/ahiml6B12kVf/content/gestao-do-progra-1/656831?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-de-p-d%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_ahiml6B12kVf%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D3#. Acesso em: julho de 2017.

⁴ Lei nº 9991/2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9991.htm. Acesso em: julho de 2017

energia elétrica deve enviar à ANEEL, portanto, os relatórios finais de auditoria contábil e financeira do projeto de P&D para avaliação de reconhecimento do investimento realizado. Ademais, a empresa precisa encaminhar à Agência o plano estratégico de investimento em P&D, sendo as obrigações legais de investimento em projetos de P&D constituídas a partir de reconhecimento contábil dos itens que compõem a Receita Operacional Líquida (ROL).⁵

2.2 Contextualização

Na década de 1990, no SEB, houve uma transição e evolução institucional, em que o Estado passou de “produtor” para “produtor e gestor” dos esforços em ganhos de competitividade, isto é, tendo como finalidade fomentar a inovação no país. A construção institucional de um marco regulatório que visa induzir a atividade de P&D por parte das empresas é fundamental, porém esbarra na característica da cadeia de produção do Setor Elétrico. A cadeia produtiva, entretanto, é determinada pela lógica de inovação dominada por fornecedores, que são, em sua maioria, empresas de origem de capital externo, o que inibe os esforços inovativos dos demais atores do setor (Pompermayer *et al.*, 2011). Com a criação da ANEEL, extrapola-se a função “usual” de uma agência reguladora, pois a mesma assume o papel de estimular atividades de P&D no Setor Elétrico Brasileiro.

Em ambientes onde a atividade econômica é dominada por um monopólio natural, como o Setor Elétrico, a regulação é essencial, porque o mercado não é um mecanismo viável para controlar comportamentos (Corry, 1995). No Setor Elétrico, a regulação tem como objetivo preservar o fornecimento, desenvolver serviços e impedir com que empresas do setor atuem de forma ineficiente e extraiam lucros a partir de uma situação monopolística de longo prazo (Corry, 1995).

⁵ Resolução Normativa nº 504/2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/ren2012504.pdf>. Acesso em: julho de 2017.

Nota-se que o Setor Elétrico tem uma série de especificidades, tendo em vista que produz uma mercadoria não armazenável, sob custos muito baixos e em grande escala, cujo consumo deve ser instantâneo - no momento em que é gerado - e o sistema deve operar de forma contínua (Junior, 2003). A interligação do setor entre geração, transmissão e distribuição é um fator de suma importância para o correto abastecimento de energia elétrica dos consumidores finais.

Nesse contexto, as agências reguladoras atuam para desestimular práticas monopolistas abusivas e alcançar o equilíbrio entre as funções alocativa, distributiva e produtiva, além de introduzir mecanismos seletivos que possam resultar em ganhos de eficiência, baseados nas inovações sobre produtos e processos (Junior, 2003).

No SEB, a regulação tarifária é realizada com base no custo de serviço (mais adotada), no custo marginal ou no *price cap* (Junior, 2003). Na década de 1990, foi tomada uma série de medidas para transformar o Setor Elétrico monopolista em um mercado concorrencial (Abreu, 1999) e essas decisões estavam no bojo da discussão sobre a reforma e o novo papel do Estado.

Em 1996, a ANEEL foi criada com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica e, assim, garantir um ambiente de equilíbrio, com empresas com resultados satisfatórios e consumidores satisfeitos (Pompermayer *et al.*, 2011). A criação da ANEEL realizou-se no processo de ordenação do novo papel pretendido para o Estado no setor de infraestrutura, passando este a ser mais um árbitro e regulador das relações econômicas do que um promotor direto de investimentos e de desenvolvimento (Junior, 2003).

Christensen e Laegred (1999) afirmam que as reformas dos sistemas de serviços públicos que ocorreram na década de 1990 representaram um modelo universal de organização e de governança, cujo foco era a eficiência. Essas reformas da administração pública no Brasil e em vários países do mundo tiveram como fundamento um modelo criado para aproximar o Estado do

cidadão-contribuinte, tendo em vista os constrangimentos impostos pela crise fiscal e a caducidade do modelo burocrático weberiano e do Estado de bem-estar (Junior, 2003).

Como mencionado, na década de 1990, o SEB sofreu uma evolução institucional, em que o Estado passou de “produtor” para “produtor e gestor” dos esforços em ganhos de competitividade e de inovação (Pompermayer *et al.*, 2011). Nessa década, as políticas de ciência, tecnologia e inovação, no Brasil, passaram a incorporar mecanismos de fomento dirigidos ao setor produtivo. Devido à crescente ênfase em inovação, foram realizadas algumas criações no marco institucional de ciência e tecnologia do país, como os fundos setoriais de ciência e tecnologia (1999) e a promulgação da Lei de Inovação⁶ (Pompermayer *et al.*, 2011). No Setor Elétrico, esses movimentos refletiram-se na promulgação da Lei nº 9991/2000 – a lei que instaura o Programa de P&D regulado pela ANEEL -, depois de algumas leis importantes, como a Lei das Concessões⁷.

A Lei das Concessões e a Lei nº 9.074/1995 trouxeram algumas inovações para o Setor Elétrico, quais sejam, (i) as concessões de distribuição poderão ser prorrogadas por um prazo de até 20 anos, (ii) as concessões ganharam outorga por um período de 30 anos, (iii) abriu-se a possibilidade para estabelecimento de subconcessões e (iv) o órgão regulador passou a ter o poder de estabelecer tarifas (Junior, 2003).

A crise energética de 2001 demonstrou como o consumidor de energia elétrica não teve participação no processo de reforma do setor, além de mostrar a inexistência de autonomia e de independência regulatória da ANEEL. Destaca-se que o modelo do SEB, desenhado pelo governo com consultores internacionais, não considerou a possibilidade de crise de abastecimento de energia elétrica. Ademais, não houve preocupação de estabelecimento de um planejamento estratégico que prevenisse a ocorrência de falhas e que buscasse harmonizar os interesses provenientes de geradores, transmissores e distribuidores (Junior, 2003).

⁶ Lei nº 10.973 de 2004.

⁷ Lei nº 8.987/1995.

Com isso, o novo modelo do Setor Elétrico de 2001 retoma a responsabilidade do planejamento setorial por parte do Estado para garantir a segurança no suprimento de energia e a promoção da modicidade tarifária, da inserção social e dos programas de universalização (Guedes, 2010).

O SEB passou por mudanças institucionais significativas, nas décadas de 1980 e 1990, as quais culminaram no novo marco regulatório, consolidado em 2004. As reformas carregaram as características de um movimento global de privatização de setores regulados, com importantes impactos nas então operadoras federais e estaduais verticalizadas (Vianna, 2004).

De acordo com a ANEEL (2009), as principais alterações do novo modelo do SEB introduzidas em 2004 são:

(i) a substituição do critério utilizado para concessão de novos empreendimentos de geração,

(ii) a instituição de dois ambientes para celebração de contratos de compra e venda de energia: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), para consumidores cativos, do qual participam agentes de geração e de distribuição de energia elétrica, e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), do qual participam geradoras, comercializadoras, importadores, exportadores e consumidores livres,

(iii) a introdução do princípio da modicidade tarifária, com base em uma revisão periódica da tarifa a cada quatro ou cinco anos, no intuito de reposicioná-la a partir de uma análise detalhada dos custos, investimentos e receitas das distribuidoras, e, por fim,

(iv) as mudanças na estrutura institucional do setor, com a introdução de novos agentes.

A Lei nº 9.991/2000, que deu início ao Programa de P&D regulado da ANEEL, discrimina que parte dos recursos destinados ao Programa devem ser geridos pela empresa e outra parte deveria ser destinada ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, sendo os investimentos regulados pela Agência.

Os recursos disponíveis variam segundo o segmento:

- (i) Geração: P&D de 1% da ROL, sendo 0,4% regulado pela ANEEL;
- (ii) Transmissão: P&D de 1% da ROL, sendo 0,4% regulado pela ANEEL; e
- (iii) Distribuição: até 2015, P&D de 0,5% da ROL, sendo 0,2% regulado pela ANEEL. A partir de 2016, o percentual de P&D passa a ser 0,75%, em que 0,3% é regulado pela ANEEL, 0,15% pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e 0,15% pelo Ministério de Minas e Energia (MME).

As geradoras, distribuidoras e transmissoras de energia possuem recursos que precisam ser gastos com projetos de P&D, os quais podem ser realizados internamente ou de forma colaborativa com outras empresas e centros de pesquisa, enquanto que a outra parte é coletada pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

A fatia do valor de P&D administrada pela concessionária é mantida em uma conta contábil específica de cada empresa. Esses recursos devem ser investidos em projetos de pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico e inovação de interesse da companhia, com a finalidade de resolver problemas tecnológicos e aprimorar a operação da mesma, além de torná-la mais eficiente e, conseqüentemente, menos custosa (CGEE, 2015).

A Lei nº 9.991/2000 torna-se importante, porque, no setor de energia elétrica global, de acordo com o *Industrial R&D Investment Scoreboard*, predominam empresas com percentuais inferiores a 1% de investimento em

P&D (Hernandez, 2015). Somente em segmentos mais intensivos em tecnologia, como a energia nuclear, os percentuais são acima desse nível. Destaca-se que o Setor Elétrico deve estimular soluções, por meio de P&D, para superar desafios tecnológicos nas áreas de eficiência (geração, transmissão e distribuição), armazenamento de energia, meio ambiente e sustentabilidade, sistemas de gestão energética inteligente e fontes alternativas de energia (Pompermayer *et al.*, 2011).

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, há pouca tradição em investimentos em P&D, especialmente no setor de energia (Januzzi, 2005). Países desenvolvidos, em 2005, concentravam aproximadamente 95% do investimento em P&D na área de energia (Dooley, 2002), o que torna os países pobres mais dependentes tecnologicamente daqueles países.

Tradicionalmente, o Setor Elétrico demonstrou apoio à eficiência energética e ao P&D de energia, com a criação do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), em 1974, e do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), em 1985.

Desde o início dos processos de privatizações, em 1994, os contratos de concessão tinham cláusulas que obrigavam investimentos em eficiência energética e P&D, as quais eram, no entanto, muito genéricas e de difícil monitoramento (Januzzi, 2005). Nesse contexto, a ANEEL estabeleceu regras mais precisas de investimentos totais anuais pelas concessionárias, assim como delimitou os procedimentos para submissão, aprovação e verificação dos projetos no Programa, o que foi importante para evitar que o departamento de P&D das empresas recém privatizadas fosse transferido para outros países (Bourgeois e Jacquier-Roux, 2001).

A fim de estabelecer diretrizes e orientações para a regulamentação dos projetos de P&D, a ANEEL criou o Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (Pompermayer *et al.*, 2011). Este manual regulamenta os principais aspectos dos projetos de P&D, como os procedimentos para confecção dos projetos, forma de submissão e

aprovação pela Agência, contabilização de gastos, acompanhamento da execução e fiscalização.

2.3 Visão linear de inovação: a lógica da ANEEL

O Programa de P&D da ANEEL parte de uma visão não sistêmica de inovação. Segundo Cassiolato e Lastres (2005), na abordagem linear de inovação, historicamente o debate estendia-se para dois grupos, aqueles que davam maior importância ao desenvolvimento científico (*science push* ou *technology push*) e aqueles que destacavam a importância das pressões da demanda por novas tecnologias (*demand pull*).

Os adeptos da visão *science/technology push* assumem que o esforço deve se concentrar no fortalecimento da pesquisa básica, considerando que os avanços neste campo geram uma reação em cadeia que levaria às inovações. O mercado, por sua vez, é somente um receptáculo para os frutos da P&D. Nesse contexto, quanto mais P&D, mais inovação. Destaca-se que a função do Estado é focar no lado da oferta, estimulando o avanço científico nas universidades e nos laboratórios públicos, além de prover suporte financeiro para grandes programas de P&D em empresas, como o Programa de P&D da ANEEL.

Para essa visão, deve-se fortalecer o ciclo completo da cadeia de P&D, o que constitui uma missão da ANEEL com o Programa de P&D. A Agência 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).

Devido a esse ciclo, um aspecto positivo resultante do Programa é a capacitação de pessoal e o desenvolvimento tecnológico das empresas de energia elétrica. Dessa forma, destaca-se a importância da qualificação técnico-científica dos pesquisadores envolvidos na execução dos projetos (ANEEL, 2012).

A visão linear que a ANEEL tem sobre o Programa de P&D afeta a avaliação dos projetos. O Programa tem gerado majoritariamente inovações com baixa intensidade tecnológica e baixos impactos para a sociedade, para as empresas e para o SEB (Pompermayer *et al.*, 2011; CGEE, 2015). Parte disso se deve ao sistema de avaliação de projetos da ANEEL, uma vez que a Agência considera quatro indicadores para avaliação inicial e final dos projetos, sendo eles originalidade, aplicabilidade, relevância e razoabilidade de custos (ANEEL, 2012). Esses critérios são muito limitados para tangenciar o processo inovativo das companhias e as inovações para o SEB, pois não consideram diversas dinâmicas das empresas, processos internos de acumulação de conhecimento e a interação entre elas.

A originalidade, primeiro dos quatro critérios de avaliação da ANEEL, é “a qualidade do que é diferente ou novo” (ANEEL, 2012). Pelo manual da Agência (2012), para que um projeto seja aceitável, isto é, não ter glosa e ser aceito, precisam ser atendidos, no procedimento de avaliação, dois critérios dos cinco enumerados a seguir: (i) inexistência de produto similar no mercado nacional; (ii) ineditismo da aplicação da metodologia, do material ou do procedimento; (iii) registro de patente ou de *software*; (iv) geração de metodologia ou produto inovador, podendo o produto ser acadêmico, como artigo, dissertação ou tese; e (v) publicações relacionadas ao produto ou à metodologia em periódicos internacionais ou nacionais conceituados (A1, A2 ou B1).

Esses quesitos geram uma série de problemáticas às empresas, ao processo de inovação no setor e ao consumidor final de energia. Os quesitos delimitados no Manual de P&D da ANEEL reforçam uma visão sequencial de inovação, realizada em etapas sucessivas, em que se parte de uma pesquisa básica (primeira etapa) até levar o produto à comercialização (última etapa).

Deste modo, surgem vários problemas com esta abordagem linear de inovação no procedimento de avaliação dos projetos. Para preencher e garantir a aprovação no critério de originalidade, por exemplo, ocorre a valorização do registro de patente ou de *software* nos projetos por parte das empresas

financiadoras, portanto estas acabam priorizando os projetos que gerem *softwares* – não necessariamente inovadores e importantes para levar melhorias ao SEB. Os *softwares*, no entanto, muitas vezes são pequenas adaptações de códigos de programação feitas em versões padronizadas de programas. Assim, atende-se a um primeiro critério da ANEEL e, depois, publica-se um *paper* sobre o *software* rodando uma pequena simulação, o que atende a um segundo critério. Por atender dois de cinco critérios no item de originalidade, esse exemplo de projeto receberia a nota “aceitável” e seria aprovado pela Agência neste quesito. Porém, a inovação gerada nesse exemplo é claramente incremental, o que ocorre devido à sobrevalorização de um critério, por parte da ANEEL, decorrente da sua visão fechada de inovação. Torna-se, portanto, de suma importância a elaboração de novos indicadores para avaliar o processo inovativo dos projetos de P&D, com a finalidade de fomentar inovação no SEB.

O objetivo da regulação do P&D foi promover inovação no Setor Elétrico, mas alguns autores, como Amaral (2012), afirmam que a política de estímulo ao Programa da ANEEL não consegue induzir adequadamente as relações entre os agentes envolvidos na geração de inovações e nem garante bons resultados em termos de padrões mais elevados de desenvolvimento tecnológico.

Essa falta de interação é uma característica do modelo linear de inovação. Por sua vez, com uma visão sistêmica de inovação, seu conceito passa a ser visto como um processo de aprendizado não linear, cumulativo e específico da localidade, não mais como um ato isolado. Essa revisão conceitual foi influenciada por dois grandes programas de pesquisa empírica: o Projeto SAPPHO e o *Yale Innovation Survey* (Lunvall, 2007).

3 Visão sistêmica de inovação

3.1 Abordagem do Sistema Nacional de Inovação

O foco na interatividade é um dos alicerces da visão sistêmica de inovação. A construção de competências passa a ser vista como um processo

sistêmico e os processos inovativos são caracterizados por um aprendizado interativo. Os agentes, principalmente empresas, universidades, centros de pesquisa, governos em suas esferas de poder respectivas, e relações interfirmas, especialmente do tipo usuário-produtor, produziram o conhecimento necessário, em grande parte tácito, para o processo de inovação, por meio de relações rotineiras conhecidas como *learning-by-doing*, *learning-by-using* e *learning-by-interacting* (Lundvall, 1998).

Para a abordagem sistêmica, a inovação é um processo interativo. O modelo sistêmico “*ênfatiza a influência simultânea de fatores organizacionais, institucionais e econômicos nos processos de geração, difusão e uso de ciência e da tecnologia*” (Cavalcante, 2009). A noção básica do conceito de Sistemas de Inovação é de que o desempenho inovativo depende não apenas do desempenho de empresas e organizações de ensino e pesquisa, mas também de como elas interagem entre si e com vários outros atores e de como as instituições – inclusive políticas – afetam o desenvolvimento dos sistemas (Lastres e Cassiolato, 2004). Os sistemas, portanto, não contêm somente as organizações voltadas exclusivamente ao desenvolvimento científico tecnológico, mas também, e sobretudo, contêm todas aquelas organizações que, direta ou indiretamente, afetam as estratégias dos agentes.

A ideia básica do SNI é que as novas tecnologias não são invenções isoladas, mas envolvem um conjunto de inovações tecnológicas e organizacionais inter-relacionadas (Freeman, 1979). A literatura sobre o SNI tem como marcos os trabalhos de Freeman (1987), Lundvall (1992) e Nelson (1993). Esses autores desenvolvem um *framework* analítico alternativo à teoria econômica tradicional – neoclássica – para explicar competitividade, desenvolvimento e crescimento econômico, além de servir como ferramenta prática para o desenho e a implementação de políticas de inovação.

Em resumo, o conceito de SNI está inserido em um arcabouço mais geral da economia evolucionária, o qual confere grande importância à capacidade de aprendizado e remete à contribuição de Nelson e Winter (1982). O aprendizado

tem importância tanto dentro da empresa – relacionado às principais funções da companhia, como P&D –, quanto fora da empresa – fruto da interação e cooperação com outros agentes (Lundvall, 1992).

A perspectiva trazida pelo conceito de SNI 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 nos programas da ANEEL, como o Programa de P&D.

Chaminade e Edquist (2010) afirmam que as políticas de inovação baseadas na perspectiva de Sistemas de Inovação têm por objetivo solucionar problemas ou falhas sistêmicas, os quais não são automaticamente resolvidos por atores privados. Os autores destacam algumas possíveis falhas sistêmicas, como (i) a provisão de infraestrutura e falhas de investimentos, (ii) as falhas na transição de paradigma tecnológico, (iii) os problemas de *lock-in*, (iv) as falhas em instituições “duras” (*hard*) e “suaves” (*soft*), (v) as falhas de *networking*, (vi) as falhas de aprendizado e de competências e (vii) as falhas de complementaridade. Além disso, no que se refere a instrumentos de política, uma intervenção baseada na visão sistêmica combina medidas que estimulam tanto a oferta quanto a demanda, ao mesmo tempo.

3.2 Visão sistêmica no Setor Elétrico Brasileiro

Sagar e Zwaan (2006) discutiram o papel de P&D e do *learning-by-doing* na inovação tecnológica no setor de energia. Eles argumentam que o aprendizado tecnológico tem um papel fundamental no setor de energia e que as atividades de P&D realizadas no setor privado são importante, assim como as realizadas no setor público.

A criação do CEPEL, em 1974, foi fundamental no fomento inicial das relações entre universidades e empresas do SEB (Pompermayer *et al.*, 2011) e, ainda hoje, é um catalisador de esforços tecnológicos no Sistema Setorial de

Inovação (SSI) do Setor Elétrico. Além do CEPEL, há outros atores do SEB que têm ampla influência no desenvolvimento de políticas, regulamentação e estímulo às atividades de pesquisa e desenvolvimento. No âmbito do macroambiente, o MME tem forte atuação para a formulação, planejamento e implementação de ações no escopo da política energética nacional e o inter-relacionamento e a especificidade das funções exercidas pelos atores do SSI subsidiam as ações por parte do Ministério (Justen, 2016).

Com relação aos atores, pode-se afirmar que a principal empresa do SEB é a Eletrobrás, com controle acionário do Estado, mas há uma diversidade e variedade de empresas públicas e privadas na geração, distribuição e transmissão de energia (Pompermayer *et al.*, 2011). Como há a ausência de um ator nacional robusto no setor, as empresas de geração, transmissão e distribuição trabalham de forma desconectada da cadeia produtiva local. Assim, o processo de aprendizado e de desenvolvimento tecnológico fica comprometido (Pompermayer *et al.*, 2011).

Quanto ao processo de aprendizado tecnológico, Pompermayer (2011) considera que, no início, a relação entre os atores do SEB era muito dependente das ações do CEPEL, especialmente no que se refere à mão-de-obra especializada para o setor. Atualmente, esse processo de aprendizado concentra-se nas empresas fornecedoras de equipamentos, que são, majoritariamente, de capital estrangeiro e fazem atividades de P&D próximas às matrizes. Furtado (2011) constatou que, a despeito da evolução do modelo institucional do SEB nos últimos anos, as principais inovações se deram nos laboratórios de P&D das indústrias de materiais e equipamentos elétricos. De acordo com a taxonomia proposta por Pavitt (1984), as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica podem ser classificadas como dependentes de fornecedores - *supplier dominated*. A relação entre as concessionárias de energia e os fornecedores de equipamentos elétricos é próxima e constante, principalmente devido aos processos produtivos de ciclo longo, com grandes períodos de fabricação e instalação dos equipamentos nos empreendimentos (Massaguer, 2013).

A dinâmica de inovação no Setor Elétrico, em outros países, é ditada pelos fornecedores, responsáveis pelas inovações ao longo da cadeia de produção (Pompermayer *et al.*, 2011). Esse cenário foi descrito por Pavitt (1984), que sinalizou que a inovação em alguns setores é coordenada por fornecedores, em função de especificidades de ativos bastante singulares presentes em algumas atividades econômicas.

No Setor Elétrico, pode-se constatar que, com a implantação da infraestrutura de geração, transmissão e distribuição de energia, as inovações surgem na atualização de equipamentos e sistemas, o que permite ganhos de produtividade em função do tempo. Como na fase de implantação da nova infraestrutura elétrica há elevados investimentos, induz-se ao uso de equipamentos na fronteira tecnológica, com a finalidade de postergar a necessidade de atualização, o que contribui para a dependência de grandes fornecedores (Pompermayer *et al.*, 2011).

Para saber se houve a sinergia desejada dos esforços voltados às atividades inovativas, deve-se conhecer a relação entre o primeiro componente, que pode ser o conhecimento, o processo de aprendizado ou a tecnologia, e a eficiência do desempenho dos atores envolvidos nesse processo (Malerba, 2004).

4 Conhecimento e inovação nas empresas

A capacidade de inovar é a pedra angular da competitividade das companhias. Quando se estudam os processos de inovação em uma indústria, pode-se constatar que as empresas não inovam de forma isolada (Lundvall, 1992). Para obter êxito na inovação, as mesmas precisam procurar novas fontes de conhecimento e de tecnologias, com a finalidade de desenvolverem continuamente produtos e serviços. Com isso, a competitividade das empresas está se tornando mais dependente do conhecimento complementar com outras empresas, como fornecedores de conhecimentos, universidades, institutos de pesquisa e consultorias (Nooteboom, 1999).

Pode-se afirmar que mudanças na base de conhecimento e em processos de aprendizagem das companhias induzem a transformações no comportamento e na estrutura dos agentes e em suas relações entre si (Vonortas *et al.*, 2009). Mudanças na estrutura, no conteúdo e na função de uma rede são resultados de um processo coevolucionário que envolve atores, conhecimento, tecnologia e instituições. Esses processos são específicos em cada setor e, às vezes, *path dependent* (Vonortas *et al.*, 2009).

O conhecimento é sistêmico quando consiste em uma integração de diferentes conhecimentos científicos ou disciplinas de engenharia necessários para a inovação, formando parte de um sistema maior (Teece, 1986). Por outro lado, ele é autônomo quando pode ser considerado como relativamente isolado de outros conhecimentos (Malerba e Breschi, 1997).

Destaca-se que o conhecimento não é apenas uma informação processada, mas também um processo de busca de respostas a problemas identificados pelos agentes, que estimulam, pela cumulatividade, o desenvolvimento de novas soluções (Fransman, 1994). O uso de conhecimento refere-se à assimilação, transformação e exploração de conhecimento novo e é enfatizado como importante fator das atividades inovadoras (Chesbrough, 2003). A intensidade, velocidade e direção das tentativas de identificar e coletar informações relevantes pode determinar a qualidade das capacidades das empresas. Essas atividades podem variar em complexidade, o que ressalta a necessidade de haver áreas de expertise dentro da empresa para internalizar o conhecimento de informação gerada externamente (Malerba *et al.*, 2016).

Nesse contexto, o desenvolvimento de capacidades dinâmicas torna-se um aspecto crítico para alavancar o crescimento das empresas. As capacidades dinâmicas podem ser desagregadas nas capacidades de (i) perceber e desenhar oportunidades e ameaças ou *sensing*, (ii) aproveitar e decidir pelas oportunidades ou *seizing* e (iii) manter a competitividade, reforçando, combinando, protegendo e, quando necessário, reconfigurando os ativos intangíveis e tangíveis da empresa - *reconfiguring* (Teece, 2007).

Subjacentes a essas três capacidades genéricas e corporativas estão os microfundamentos, definidos por Teece como habilidades, processos, procedimentos, estruturas organizacionais, regras de decisão e disciplinas distintas, os quais constituem a base organizacional das capacidades dinâmicas. Os microfundamentos são difíceis de serem implementados e desenvolvidos nas empresas, mas companhias com amplas capacidades dinâmicas são intensivamente empreendedoras. Elas adaptam e moldam o ecossistema de negócios, por meio de inovação e de colaboração com outros empreendimentos, entidades e instituições (Teece, 2012).

Sem as capacidades dinâmicas, uma empresa não consegue sustentar, no longo prazo, retornos competitivos e de escala. A companhia deve adquirir capacidades dinâmicas para se tornar mais blindada à concorrência, sendo que o seu êxito dependerá, em grande parte, da criação de novos produtos, processos, formas organizacionais e modelos de negócios, os quais são impulsionados por um empreendedorismo de gestão. Para que isso ocorra, os gerentes empreendedores possuem enorme responsabilidade para moldar o futuro da companhia, investindo em conhecimento, preservando a propriedade intelectual e estabelecendo uma nova combinação de ativos (Teece, 2012).

A gestão empreendedora não é só “intraempreendedorismo”, uma vez que existe um grande papel para o gerente empreendedor em atividades externas à empresa. São necessárias habilidades de liderança para sustentar as capacidades dinâmicas e uma importante função gerencial é assegurar uma orquestração semicontínua e uma renovação corporativa, incluindo o redesenho das rotinas (Teece, 2012).

Pela abordagem das capacidades dinâmicas, deve haver uma presunção por parte dos CEO's e de outros altos executivos de que a base do êxito de uma empresa deve passar a simples boa produtividade no Programa de P&D e que deve englobar a adoção de práticas melhores e a entrega de produtos e serviços com qualidade. O empreendimento precisa colocar em prática as inovações organizacionais e de gestão para alavancar a competitividade. Além

disso, o Programa de P&D é considerado uma fonte local para novos processos e produtos. Em ambientes de rápido crescimento, com alto percentual de novos produtos sendo introduzidos de fontes externas, tanto a atividade de pesquisa quanto a exploração não podem ser apenas locais. A pesquisa precisa ser realizada com potenciais colaboradores, como fornecedores ativos em atividades inovativas (Teece, 2012).

Os *frameworks* da gestão empreendedora devem reconhecer a importância dos efeitos da rede, da dispersão nas fontes de inovação de produtos complementares, dos problemas de interoperabilidade e das trajetórias de base instalada nas tomadas decisões. Decisões de qualidade exigem previsões incomuns e a capacidade de moldar os resultados. Os executivos devem, portanto, reconhecer o efeito da interação e das redes.

5 Indicadores de Inovação: visão sistêmica do Programa de P&D da ANEEL

5.1 Crítica aos indicadores tradicionais de inovação

Esforços para compreender os aspectos microeconômicos das inovações tecnológicas, como os fatores que levam uma empresa a inovar, a mensuração da inovação e os impactos aos agentes econômicos, têm sido objetos de estudos nos últimos anos. Pesquisas como o *Community Innovation Survey* (CIS), elaborado para países da União Europeia, e a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), para o Brasil, são casos de iniciativas que buscam explorar o conhecimento nessa área. O CIS, por exemplo, realizou medidas mais complexas de *inputs* de inovação, como custos totais de inovação, incluindo custos que não incluem P&D (Kleinknecht, 2000).

O desenvolvimento de indicadores, resultantes dessas pesquisas, é fundamental para manter a comparabilidade entre países e setores e direcionar políticas tanto públicas quanto privadas de incentivo à inovação (Lins, 2003). Os indicadores de inovação permitem tanto uma avaliação *ex-ante* de um programa

ou projeto quanto um monitoramento e acompanhamento dos resultados, efeitos e impactos do programa.

Com relação ao estudo de processos inovativos em empresas e de mudanças tecnológicas em determinados setores, há uma ausência de formas de mensuração que permitam compreender o conhecimento e sua contribuição para o progresso tecnológico (Lins, 2003). O objetivo de realizar uma análise por meio de indicadores de inovação é justamente ter um quadro do estado das atividades inovativas, além de antecipar as consequências dos avanços científicos das mudanças tecnológicas nas empresas e no Setor Elétrico.

Os indicadores tradicionais de inovação são indicadores de *output*, de *input* ou de impacto. Nas análises tradicionais sobre um processo de inovação, geralmente há, pelo menos, um dos três indicadores citados. Primeiro, uma mensuração de *input* do processo de inovação, que mede gastos com P&D. Depois, uma mensuração de produção intermediária, com o número de invenções patenteadas. Finalmente, uma mensuração direta de produção, como o impacto de certo número de inovações comercializadas (Lins, 2003). Pode-se afirmar que a análise tradicional do processo inovativo se restringe à análise de P&D, patentes e quantidade de inovações comercializadas, isto é, são basicamente indicadores de resultado. A visão sistêmica, tratada nas seções anteriores, valoriza os aspectos para além de *input* e *output* da empresa, como fatores organizacionais, institucionais e econômicos, os quais não estão contemplados nas métricas tradicionais.

Kelinknecht (2000) destacou as forças e fraquezas dos três indicadores de inovação tradicionais:

- (i) P&D,
- (ii) Patentes e
- (iii) Vendas de produtos inovativos.

Com relação ao primeiro, os pontos positivos desse indicador se devem ao fato de que dados de P&D têm sido coletados desde os anos 1950, os quais são compilados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento

Econômico (OCDE), que realizou inúmeros esforços em direção à harmonização internacional da coleta de dados. Além de dados coletados por setores, as séries históricas são disponibilizadas e os dados são frequentemente utilizados para políticas de análise entre países, entre indústrias e para comparações entre empresas. Além disso, cada vez mais é possível realizar uma subdivisão de P&D por produto *versus* esforços de processos. Essa subdivisão é importante para a análise empírica do impacto da inovação sobre a performance da empresa, pois esforços de inovação de produtos e de outros processos são cruciais para o crescimento da companhia e para geração de empregos. Podem ser realizadas, também, análises intersetoriais (Kelinknecht, 2000).

As fraquezas derivam do fato de que o indicador de P&D é só o *input* do processo de inovação. Assim, é recomendado haver uma complementação de indicadores que possam analisar o *output* da inovação. Além disso, o P&D é apenas um dos vários *inputs*. Outros *inputs* 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 OCDE está enviesada para capturar mais inovações em indústrias manufaturadas do que inovações de serviços. Pavitt e Patel (1995) afirmam que a subestimação das atividades tecnológicas relacionadas à produção ocorre em virtude de as atividades de P&D capturarem imperfeitamente o desenvolvimento de tecnologia de pequenas empresas e subestimarem o desenvolvimento do processo de informação.

Nesse contexto, Kelinknecht (2000) destaca a necessidade de se criar indicadores de inovação que sejam mais adequados para capturar não só o desenvolvimento de tecnologia nova, mas também a aplicação criativa da tecnologia já disponível. Além disso, 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 as atividades informais e de menor escala de empresas pequenas, o que pode afetar as análises

correlacionais entre tamanho de empresa e inovação e distorcer as comparações entre setores, pois há setores com mais ou menos companhias pequenas que outros (Kelinknecht, 2000).

O segundo indicador apresentado por Kelinknecht (2000) constitui o indicador de patentes, usado como *output* para medir inovação. Os pontos positivos das patentes referem-se às suas bases de dados de registros, as quais são públicas e contêm classificações por campo técnico, com séries históricas e consolidadas disponibilizadas. O registro de patentes oferece uma visão detalhada do conhecimento técnico em um determinado momento do tempo e a desagregação de patentes também pode ser regional.

O indicador de patentes possui, no entanto, uma série de pontos negativos, pois não captam várias invenções não patenteadas, assim como alguns tipos de tecnologias não-patenteáveis. Além disso, há várias patentes que nunca chegam a ser comercializadas, uma vez que podem servir como estratégia competitiva de empresas, o que impede seus competidores de as utilizarem. As patentes têm enormes diferenças entre si, sendo que uma patente pode servir para refletir pequenas melhorias de pequeno valor econômico, enquanto outras se provam extremamente valiosas. Cohen e Levin (1990) afirmaram que o valor econômico das patentes é altamente heterogêneo e várias empresas dependem das patentes para proteger suas atividades inovativas, enquanto para outras as patentes fazem pouca diferença no seu esforço inovativo.

O terceiro indicador de inovação tradicional é o de vendas de produtos inovativos, o qual se baseia na avaliação de uma empresa em pesquisa de *survey* sobre introdução de novos produtos. As empresas são convidadas a dividir a sua gama de produtos em (i) produtos essencialmente inalterados, (ii) produtos que sofreram alterações incrementais e (iii) produtos que estiveram sujeitos a mudanças radicais ou foram introduzidos inteiramente novos. Em seguida, pergunta-se se o produto é novo para a empresa ou novo para o setor. Quando

o produto for novo para o setor, é uma inovação, quando o produto for novo para a empresa, é uma imitação.

As fraquezas desse indicador referem-se ao fato de que muitas empresas apresentam estimativas brutas das participações das vendas de produtos inovadores, as quais podem ser sensíveis ao ciclo de negócios. Na comparação entre setores, deve-se atentar à diferença entre ciclos de negócios dos setores, portanto nos questionários, precisa sempre haver uma pergunta sobre a amplitude do ciclo de vida dos produtos inovadores da empresa.

A análise de um setor e das empresas do setor - como o Setor Elétrico -, a partir de indicadores de inovação mais sofisticados que apenas os indicadores tradicionais de *output*, como registro de patentes e gastos em P&D, deixa mais robusta a caracterização de inovação em um mundo cada vez mais dominado por empresas de serviços intensivos em tecnologia. Os *outputs* tradicionais reforçam a análise do processo de inovação por meio de uma perspectiva linear. Por outro lado, os indicadores de inovação apresentados por Kleinknecht (2000), como percentual de produtos e serviços imitativos, percentual de produtos e serviços inovadores e novos produtos e serviços anunciados em jornais, permitem uma visão mais completa de inovação nos setores da economia.

5.2 Propostas de indicadores de inovação para o Setor Elétrico Brasileiro

Além dos indicadores tradicionais de inovação, apresentados na seção anterior, para uma compreensão mais abrangente das atividades inovativas do Setor Elétrico Brasileiro, torna-se necessária a consideração de outros indicadores que analisam o Programa de P&D a partir da abordagem do SNI, contemplando, portanto, fatores econômicos, culturais e institucionais mais amplos. Assim, tem-se um estudo que incorpora fatores que vão além do Programa de P&D, valorizando a interação entre os atores e a circulação de conhecimento entre as empresas.

Em um país em desenvolvimento, como o Brasil, torna-se necessária a construção de indicadores que estejam em sintonia com a realidade econômica e social de um país que ainda não está em um estágio avançado de maturidade tecnológica. Matesco (1998) afirma que indicadores de inovação de países em desenvolvimento devem considerar a absorção do conhecimento técnico-científico introduzido nos produtos e processos industriais já em desenvolvimento externamente. Processos de cópia, de imitação, de adaptação e de aperfeiçoamento são fundamentais no Brasil.

Na esteira da abordagem do SNI, os autores Stallivieri, Campos e Britto (2009) e Matos e Stallivieri (2016) propuseram indicadores de inovação que podem ser utilizados para mapear a inovação no SEB e o cumprimento dos objetivos do Programa de P&D da ANEEL, quanto às seguintes categorias: (i) esforço inovador, (ii) aprendizado, (iii) cooperação, (iv) desempenho tecnológico e (v) impacto sobre competência.

As categorias dos indicadores foram construídas com base na PINTEC, uma pesquisa de inovação elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Seguindo a metodologia do Manual de Oslo da OCDE, a PINTEC é estruturada a partir de dados coletados das próprias empresas, por meio de entrevista pautada por um questionário.

Os resultados dos indicadores são extraídos a partir das entrevistas com os representantes das empresas do Setor Elétrico, as quais são realizadas por meio de questionários semiestruturados que contêm perguntas construídas com base na Escala de Likert - uma escala de importância de um a três, sendo que o valor zero é atribuído quando o assunto não foi realizado pelo entrevistado - e perguntas de “sim” ou “não”. A partir destas perguntas são extraídas estatísticas básicas com pesos específicos dependendo da importância da questão.

Por meio da criação dos indicadores de inovação, busca-se compreender algumas questões específicas das empresas do Setor Elétrico, como (i) a caracterização, (ii) a dinâmica econômica, (iii) o aprendizado, a cooperação, a

inovação e as redes de subcontratação, (iv) as articulações com o território e (v) as políticas dessas empresas (Matos e Stallivieri, 2016). Assim, deseja-se ter uma visão mais abrangente do processo inovativo das companhias no SEB, o que permitirá avaliar a inovação a partir de uma abordagem sistêmica.

Além disso, deseja-se avaliar os esforços para inovação das empresas do setor e como estes esforços se articulam, sintetizados nos seguintes tópicos: (i) construção de capacitações a partir de processos internos e interativos, (ii) esforços sistemáticos de inovação, (iii) introdução de novidades no mercado, como produtos, processos e mudanças organizacionais, (iv) magnitude dos impactos no Setor Elétrico, (v) articulação com as dimensões local e regional e (vi) potenciais convergências e conflitos.

Tigre (2007) elenca as atividades inovativas que constam na PINTEC, quais sejam, (i) atividades internas de P&D, (ii) aquisição externa de P&D, (iii) aquisição de outros conhecimentos externos, (iv) treinamento de recursos humanos, (v) introdução de inovações tecnológicas no mercado e (vi) projeto industrial.

A proposta de indicadores de Matos e Stallivieri (2016) constitui um esforço para mapear essas atividades de forma mais objetiva, o que pode ser visto a seguir. Portanto, o questionário deve ser elaborado para que os indicadores possam ser extraídos diretamente, por meio de fórmulas, a partir das respostas dos entrevistados - representantes das empresas do SEB, como mencionado.

Matos *et al* (2016) afirmam que as perguntas foram escolhidas de modo a contemplar dimensões como a ampliação de estoque de conhecimentos e o incremento de capacitações na empresa. Outro ponto chave na escolha das questões foi analisar o desempenho inovativo dos agentes através da introdução de inovações nas empresas. Em termos de impactos da introdução de inovações sobre o desempenho das companhias, são consideradas na análise tanto medidas quantitativas (ex: aumento de sua participação nos mercados de atuação), quanto qualitativas (ex: impactos no Setor Elétrico). Assim, busca-se

obter informações de *outputs* e impactos que vão além daquelas usualmente consideradas em pesquisas de inovação, como indicadores de patentes e gastos com P&D.

(i) Indicadores de esforço inovador

Treinamento e capacitação de Recursos Humanos (RH).	Indicador de esforço relacionado ao treinamento e capacitação de RH.
Constância do desenvolvimento de atividades inovativas.	Indicador de esforço relacionado à forma e à constância das atividades inovativas.
Constância na realização projetos de P&D.	Indicador afere tanto a realização de projetos de P&D dentro da empresa do SEB, quanto a aquisição externa de projetos de P&D.
Constância na aquisição de novas tecnologias.	Indicador mede a aquisição de máquinas e equipamentos que implicaram em significativas melhorias tecnológica, assim como aquisição de outras tecnologias, como <i>softwares</i> , licenças, patentes, marcas e segredos industriais.
Constância no esforço pré-inovativo.	Indicador relacionado ao projeto associado a produtos e processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados e a programas de treinamento associados à introdução de produtos e processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados.
Constância na atualização organizacional.	Indicador relacionado à implementação de programas de gestão da qualidade ou de modernização organizacional, além de novas formas de comercialização ou de distribuição de produtos novos ou significativamente melhorados.

(ii) Indicadores de aprendizado

Aprendizado interno.	Indicador de aprendizado interno (<i>learning by doing</i>).
Aprendizagem interna do departamento de P&D.	Indicador relacionado ao departamento de P&D como fonte de informação relevante para inovação.
Aprendizagem interna demais fontes.	Indicador mede o grau de aprendizagem interna derivado de outras fontes, como a área de produção, a área de vendas e marketing e a área de serviços de atendimento aos clientes.
Estrutura do aprendizado interno.	Indicador de estruturação do aprendizado interno, que indica a formalização das fontes

	internas de aprendizagem.
Aprendizado externo - agentes produtivos.	Indicador de aprendizagem externa relacionada a outros agentes produtivos (<i>learning from inter-industry spillovers</i>), calculado a partir da importância atribuída às fontes externas de aprendizagem.
Estrutura do aprendizado externo - agentes produtivos.	Indicador de estruturação do aprendizado externo derivado de outros agentes produtivos, que indica a formalização das fontes externas de aprendizagem ligadas a outros agentes produtivos.
Aprendizado externo - agentes de Ciência e Tecnologia (C&T).	Indicador de aprendizagem externa ligada a fontes de C&T (<i>learning from advances S&T</i>), calculado a partir da importância atribuída às fontes externas de aprendizagem ligadas à estrutura de C&T.
Estrutura do aprendizado externo - agentes de C&T.	Indicador de estruturação do aprendizado externo relacionado à estrutura de C&T, que indica a formalização das fontes externas de aprendizagem ligadas à estrutura de C&T.
Aprendizado externo - demais agentes.	Indicador de aprendizado externo ligado a outros agentes, calculado a partir da importância atribuída às fontes externas de aprendizagem associadas a outros agentes - outras fontes de informação.
Estrutura do aprendizado externo - demais agentes.	Indicador de estruturação do aprendizado externo ligado a outras fontes de informação, que indica a formalização das fontes externas de aprendizagem vinculadas a outras fontes de informação.

(iii) Indicadores de cooperação

Cooperação com agentes produtivos.	Indicador da abrangência de parceiros envolvidos nas atividades cooperativas da firma, que também são agentes produtivos, calculado a partir da importância atribuída pela empresa às atividades cooperativas realizadas.
Estrutura da cooperação com agentes produtivos.	Indicador de estruturação das atividades cooperativas desenvolvidas com outros agentes produtivos, que indica a formalização das atividades cooperativas desenvolvidas com outros agentes produtivos.
Cooperação com agentes de C&T.	Indicador da abrangência de parceiros envolvidos nas atividades cooperativas da firma, ligadas a universidades e centros de pesquisa, calculado a partir da importância

	atribuída pela empresa às atividades cooperativas realizadas.
Estrutura da cooperação com agentes de C&T.	Indicador de estruturação das atividades cooperativas desenvolvidas com universidades e centros de pesquisa, que indica a formalização das atividades cooperativas desenvolvidas com universidades e centros de pesquisa.
Cooperação com sindicatos, órgãos de apoio, agentes financeiros e representações.	Indicador da abrangência de parceiros envolvidos nas atividades cooperativas da firma ligadas a demais agentes, calculado a partir da importância atribuída pela empresa às atividades cooperativas realizadas.
Estrutura da cooperação com sindicatos, órgãos de apoio, agentes financeiros e representações.	Indicador de estruturação das atividades cooperativas desenvolvidas com os demais agentes, que indica a formalização das atividades cooperativas desenvolvidas com universidades e centros de pesquisa.

(iv) Indicadores de desempenho tecnológico

Melhora em produtos e processos.	Indicador de aprimoramento de capacitações da empresa, devido às atividades e processos de treinamento e aprendizagem, calculado a partir da importância atribuída pela companhia à melhora de suas capacitações, em função dos processos de treinamento e aprendizagem.
Melhora nas capacidades administrativas e mercadológicas.	Indicador de aprimoramento de capacitações da empresa, devido às atividades e processos de treinamento e aprendizagem, calculado a partir da importância atribuída pela companhia à melhora de suas capacitações, em função dos processos de treinamento e aprendizagem.
Introdução de novos produtos para o mercado internacional ou novos processos para o setor de atuação.	Indicador de inovação em produtos e processos novos para o setor de atuação, sendo que a inovação em produtos pode ser radical ou incremental.
Introdução ou melhorias de produtos ou processos novos para a empresa.	Indicador de inovação em produtos e processos que já existiam no setor de atuação.
Introdução de inovações organizacionais.	Indicador das inovações organizacionais introduzidas pela empresa.
Impacto gerado pela introdução de inovações.	Indicador de impacto da atividade inovativa, calculado a partir da importância atribuída pela empresa ao impacto gerado pela introdução de inovações.
Melhora nas capacidades produtivas e organizacionais derivadas dos processos de cooperação.	Indicador de resultados das parcerias e cooperações realizadas pela empresa para as capacitações produtivas e organizacionais,

	calculado a partir da importância atribuída pela companhia aos resultados das atividades cooperativas realizadas.
Melhora nas capacidades administrativas e mercadológicas derivadas dos processos de cooperação.	Indicador de resultados das parcerias e cooperações realizadas pela empresa nas capacitações administrativas e mercadológicas, calculado a partir da importância atribuída pela companhia aos resultados das atividades cooperativas realizadas.

(v) **Indicadores de impacto direto em competências**

Avanço de competências produtivas e tecnológicas.	Indicador relacionado ao impacto dos projetos na geração e consolidação de competências, tanto produtivas quanto tecnológicas.
Avanço de competências organizacionais.	Indicador relacionado à consolidação e instauração de competências organizacionais.
Avanço de competências nas esferas de comercialização e marketing.	Indicador relacionado à consolidação e progressão de competências nas áreas comerciais.
Faturamento relativo a novos produtos e serviços.	Indicador que tem como finalidade aferir a correlação entre os novos produtos e serviços da empresa e o seu faturamento.
Impacto sobre custos produtivos e operacionais.	Indicador relacionado aos efeitos dos projetos nos custos internos de produção e de operação da empresa.
Impacto sobre custos de fatores.	Indicador relacionado aos efeitos dos projetos sobre os custos dos fatores.
Impactos sobre custos de energia.	Indicador relacionado aos efeitos dos projetos nos custos de energia da empresa.

(vi) **Indicadores de fomento a *startups***

Frequência de eventos relacionados a <i>startups</i> .	Indicador mede o engajamento da empresa com <i>startups</i> .
Número de <i>startups</i> criadas.	Indicador procura aferir a criação de pequenas empresas inovadoras pela companhia prestadora de produtos e serviços.
Número de funcionários envolvidos em projetos com <i>startups</i> .	Indicador busca determinar a quantidade de funcionários que estão envolvidos em projetos com <i>startups</i> .
Volume de financiamento.	Indicador busca delimitar quantidade de recursos empregados para financiar <i>startups</i> .

Conclusão

Este trabalho parte da premissa neoschumpeteriana de que a mudança tecnológica e a inovação são aspectos fundamentais para o crescimento econômico e o desenvolvimento. É consenso entre acadêmicos e *policymakers* que a competitividade de firmas, regiões e nações se assenta cada vez mais na geração e difusão de conhecimento e inovações tecnológicas *lato senso*.

A visão linear do mecanismo de inovação traz limitações a esse processo. Ao fazer tal crítica, propõe-se uma abordagem sistêmica da inovação, capaz de realizar uma análise mais abrangente das etapas e das relações entre os agentes envolvidos nos processos inovativos, com uma maior eficiência destes processos.

O SEB apresenta características particulares e a abordagem linear de inovação, nesse ambiente, tem consequências negativas. Observa-se que, em diversos casos, não só o processo inovativo pode ser ineficiente, como também desencorajado. Por isso, para o SEB, faz-se necessária uma mudança de paradigma que torne a inovação realmente efetiva para o setor.

Mudanças de natureza regulatória têm ocorrido no sentido de promover uma evolução do SEB rumo a um ambiente mais fértil ao processo de inovação. A criação da ANEEL e a regulamentação de seu Programa de P&D são exemplos deste movimento. Nas suas quase duas décadas de existência, o Programa de P&D da ANEEL tem gerado inovações importantes para o setor, mas ainda está aquém de seu pleno potencial.

Os indicadores de inovação apresentados neste Texto de Discussão podem servir de apoio para uma proposta de aprimoramento do Programa de P&D da ANEEL. Para uma compreensão mais abrangente das atividades inovativas do SEB, além dos indicadores tradicionais de inovação - de *output*, *input* ou de impacto -, utilizados pela ANEEL na avaliação dos projetos de P&D, torna-se necessária a consideração de outros indicadores, que analisem o

Programa de P&D a partir da abordagem do Sistema Nacional de Inovação e que contemplem fatores mais amplos.

Este artigo apresentou seis categorias de indicadores, os quais permitem um mapeamento de todo o processo desencadeado pela iniciativa de inovação, sendo eles:

- (i) indicadores de esforço inovador,
- (ii) indicadores de aprendizado,
- (iii) indicadores de cooperação,
- (iv) indicadores de desempenho tecnológico,
- (v) indicadores de impacto direto em competências e

(vi) indicadores de fomento a *startups*. Por meio desses instrumentos, consegue-se quantificar resultados e localizar externalidades e limitações dos esforços dedicados ao processo inovativo. A partir dessas informações, é possível melhorar diagnósticos, projeções e planejamentos do processo de inovação das empresas e do SEB.

Referências bibliográficas

Amaral, G. S. G. *A Pesquisa e Desenvolvimento no SEB: uma Investigação da Política Tecnológica para o Setor com Base na Teoria Evolucionária da Mudança Técnica*. (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica*. Brasília: ANEEL, 2008.

_____. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. Brasília: ANEEL, 2009

_____. *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica*. Brasília: ANEEL, 2012.

Cassiolato, J. E.; Lastres, H. M. M. *Sistema de Inovação e Desenvolvimento as Implicações de Política*. São Paulo Perspec. vol.19nº 1 São Paulo. Jan./Mar., 2005.

Cavalcante, L. R. *Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: uma análise com base nos indicadores agregados*. In: Textos para Discussão do IPEA, Rio de Janeiro, nº 1458, 2009.

Chaminade, C.; Edquist, C. *Rationales for Public Policy Intervention in the Innovation Process: a System of Innovation Approach*. In: SMITS, R. E.; Kuhlmann, S.; Shapira, P. (Eds.). *The Theory and Practice of Innovation Policy: An International Research Handbook*. Cheltenham, E. E., pp. 95-114, 2010.

CGEE. *Sugestões de Aprimoramento ao Modelo de Fomento à PD&I do Setor Elétrico Brasileiro*. Programa de P&D Regulado pela ANEEL, 2015.

Cohen, W; Levin, R.C. *Empirical Studies of Innovation and Market Structure*. In: Schmalensee, R. *Handbook of Industrial Organization*. New York: Elsevier Science, v2, pp. 1060-1107, 1990.

Christensen, T.; Laegreid, P. *New Public Management - Are Politicians Losing Control?* Texto apresentado no ECPR Joint Sessions of Workshops. *Politicians, Bureaucrats and Institutional Reform*. Mannheim, Alemanha, 26-31 Março, 1999.

Corry, D. *Regulating in the Public Interest: Looking at the Future*. Institut for Public Policy Research, London, 1995.

Dooley, J. J. U. S. Federal Investments in Energy R&D: 1961-2008. Oak Ridge: U.S. Department of Energy. Outubro, 2010.

Fransman, M. *Information, Knowledge Vision and Theories of the Firm. Industrial and Corporate Change - IND CORP CHANGE*. 3. 713-757. 10.1093/icc/3.3.713, 1994.

Freeman, C. *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London, Pinter Publishers, 1987.

Furtado, A. *O Sistema Setorial de Inovação do SEB e o CTenerg*. 2010.

Guedes, C. F. B. *Políticas Públicas de Estímulo à P&D: uma Avaliação dos Resultados do Programa Regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)*. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília (UnB)/Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação (Face)/Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA). Brasília, 2010.

Hernandez, G, A. Tubke, A. Brandsma. *The 2015 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*. DG Resarch, Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological, 2015.

Januzzi, G. M. *Power Sector Reforms in Brazil and its Impacts on Energy Efficiency and Research and Development Activities*. *Energy Policy*, v. 33, pp. 1753-1762, 2005.

Junior, J. C. B. *O Debate sobre Reformas e Regulação e o Caso da ANEEL*. Dissertação (Mestrado em Economia) - Fundação Getúlio Vargas, 2003.

Disponível em:
<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/3859/000316771.pdf?sequence=1> Acesso em: agosto de 2017.

Justen, C. R. *Inovação Tecnológica no SEB: Contribuições para a Avaliação do Programa de P&D Regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)*. Dissertação: PUC-Rio, 2016.

Kleinknecht, A. *Indicators of Manufacturing and Service Innovation: Their Strengths and Weaknesses* in J.S. Metcalfe & I. Miles (eds.): *Innovation systems in the service economy*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000, pp. 169-186.

Lastres, H. M. M.; Cassiolato, J. E. *Glossário de Arranjos e Sistemas Produtivos e Inovativos Locais*. Rio de Janeiro. Janeiro, 2004.

Lins, F. E. *Mensurando a Inovação Tecnológica: Indicadores e Determinantes*. Dissertação: UFPE, 2003.

Lundvall, B. A. *National Systems of Innovation*. London, Pinter Publishers, 1992.

_____. *Why Study National Systems and National Styles of Innovation?* *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(4), 407-421, 1998.

Malerba, F. *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

Malerba, F; Thomas, B. *Dynamics of Knowledge-Intensive Entrepreneurship, Business Strategy and Public Policy*. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, vol. 22. Issue: 3, pp. 461-463, 2016.

Malerba, F.; BRESCHI, S. *Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics and Spatial Boundaries*. In: C. Edquist (ed.), *Systems of Innovation, Technologies, Institutions and Organizations*, London, Pinter, 1997.

Matesco, V. R. *Inovação Tecnológica das Empresas Brasileiras: a Diferenciação de Competitividade e a Motivação para Inovar*. In: Santos, S. M. *Determinantes de Investimentos em Capacitação Tecnológica nas Empresas Brasileiras*. Tese de Doutorado em Ciências Econômicas, UFPE, 1998.

Matos, M. P.; Stallivieri, F. *A Metodologia e Pesquisa Implementada pela Redesist*.

Disponível em:

http://www.ie.ufrj.br/intranet/ie/userintranet/hpp/arquivos/021220162352_MatoseStallivieri2016TextoMetodologiaAPLsLivro20anosRedeSist.pdf. 2016.

Acesso em: agosto de 2017.

Miles, I; Metcalfe, J. S. *Innovation Systems in the Service Economy: Measurement and*

Case Study Analysis. ESRC Center for Research on Innovation and Competition, The University of Manchester, U.K. Springer Science + Business Media, LLC, 2000.

Miles, I. *Introduction to Service Innovation. Case Studies in Service Innovation Service Science: Research and Innovations in the Service Economy*, 1-15. Doi: 10.1007/978-1-4614-1972-3_1, 2012.

Moszkowicz, M.; Penna, C.; Alves, C.; Castro, N.; Miranda, K.; Zamboni, L. *O Programa de P&D da ANEEL e o Processo de Inovação no SEB*. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/00_xcbpe0251.pdf, 2016. Acesso em: agosto de 2017.

Nelson, R. R. (ed.). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford, Oxford University Press, 1993.

Nooteboom, B. *The Dynamic Efficiency of Networks*. In: Grandori, A. (ed.), *Interfirm Networks: Organizational and Industrial Competitiveness*, London, Routledge, 1999.

Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). *Manufacturing performance: a scoreboard of indicators*. Paris, 1994.

Pavitt, K. *Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory*. *Research Policy*, v. 13, pp. 343-373, 1984.

Pavitt, P.; Patel, K. *Patterns of Technological Activity in their Measurement and Interpretation*. In: Stoneman, P. *Handbook of Economics of Innovation Change*. Cambridge: Blackwell, 1995.

Pomermayer, F. M.; de Negri, F.; Cavalcante, L. R. *Inovação tecnológica no SEB: uma Avaliação do Programa P&D Regulado pela ANEEL*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2011.

Sagar, A. D; Zwaan, B. *Technological Innovation in the Energy Sector: R&D, Deployment, and Learning-by-Doing*. *Energy Policy*, v. 34, pp. 2601-2608, 2006.

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, nº 1, pp. 185-219. Janeiro-Março 2009.

Teece, D. J. *Profiting from Technological Innovation: Implications for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy*. Research Policy, 15, pp. 285 – 305, 1986.

_____. *Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of sustainable enterprise performance*. Strategic Management Journal, 28: pp. 1319-1350, 2007.

_____. *Dynamic Capabilities: Routines versus Entrepreneurial Action*. Journal of Management Studies 49:8, 2012.

Tigre, P. B. *Gestão da Inovação – A Economia da Tecnologia no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

Viotti, E. B. *Fundamentos e Evolução dos Indicadores de CT&I*. In: Viotti, E. B.; Macedo, M. M. (Orgs.) *Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil*. Campinas: Editora da UNICAMP, pp.41-87, 2003.

Vonortas, N. S.; Malerba, F. (eds.) *Innovation Networks in Industries*. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2009.



Grupo de Estudos do Setor elétrico

Gesel

Toda a produção acadêmica e científica do GESEL está disponível no site do Grupo, que também mantém uma intensa relação com o setor através das redes sociais Facebook e Twitter.

Destaca-se ainda a publicação diária do IFE - Informativo Eletrônico do Setor Elétrico, editado desde 1998 e distribuído para mais de 10.000 usuários, onde são apresentados resumos das principais informações, estudos e dados sobre o setor elétrico do Brasil e exterior, podendo ser feita inscrição gratuita em <http://cadastro-ife.gesel.ie.ufrj.br>

GESEL – Destacado think tank do setor elétrico brasileiro, fundado em 1997, desenvolve estudos buscando contribuir com o aperfeiçoamento do modelo de estruturação e funcionamento do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Além das pesquisas, artigos acadêmicos, relatórios técnicos e livros – em grande parte associados a projetos realizados no âmbito do Programa de P&D da Aneel – ministra cursos de qualificação para as instituições e agentes do setor e realiza eventos – work shops, seminários, visitas e reuniões técnicas – no Brasil e no exterior. Ao nível acadêmico é responsável pela área de energia elétrica do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia (PPED) do Instituto de Economia da UFRJ

SITE: gesel.ie.ufrj.br

FACEBOOK: facebook.com/geselufrj

TWITTER: twitter.com/geselufrj

E-MAIL: gesel@gesel.ie.ufrj.br

TELEFONE: (21) 3938-5249

ENDEREÇO:

UFRJ - Instituto de Economia.
Campus da Praia Vermelha.

Av. Pasteur 250, sala 226 - Urca.
Rio de Janeiro, RJ - Brasil.
CEP: 22290-240