

## **INOVAÇÃO E TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NO SETOR ELÉTRICO: ESTUDO DE CASO COM AS EMPRESAS PRESTADORAS DE BENS E SERVIÇOS AO SETOR**

Antônio Pedro Lima\*  
Renata Lèbre La Rovere\*\*  
Guilherme Santos\*\*\*

### **Resumo:**

As transformações pelas quais o setor elétrico vem passando demandarão ajustes na atual política nacional de fomento à inovação no setor. O principal instrumento desta política é o Programa de P&D da ANEEL. O desenvolvimento dos projetos, no âmbito do Programa de P&D, depende de uma rede de parcerias, pois a ANEEL estimula a realização de projetos com universidades e empresas fornecedoras de bens e serviços do setor. Este artigo tem como objetivo analisar o processo inovativo das empresas fornecedoras, por meio da análise de parcerias, dos tipos de projetos desenvolvidos, das capacitações e treinamentos realizados e quais seriam as principais tendências tecnológicas para o futuro do Setor Elétrico Brasileiro na visão destas empresas.

**Palavras-Chave:** P&D, inovação, redes, empresas fornecedoras, setor elétrico

The electrical sector is undergoing transformations that will require adjustments in the current innovation policies for the sector. The National Electric Energy Agency's (ANEEL) Research and Development Program is the main public policy for inducing the promotion of innovation in the sector. The development of projects under ANEEL's R&D Program depends on a network of partnerships, since the agency encourages joint projects with universities and suppliers of goods and services to the sector. This article aims to analyze the innovative process of supplier companies to the electrical sector, through the analysis of partnerships, the types of projects developed, the training programs carried out by the companies, and the main technological trends for the future of the Brazilian Electrical Sector in the view of these companies.

### **Abstract:**

**Keywords:** R&D, innovation, networks, suppliers, electric sector

### **Área 4.4: Redes de inovação – alianças de P&D, interações universidade-empresa, outras redes**

\* Mestrando no Programa de Pós Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento (PPED) do Instituto de Economia da UFRJ (IE/UFRJ) e pesquisador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL) do IE/UFRJ. Contato: [antonio.lima@gesel.ie.ufrj.br](mailto:antonio.lima@gesel.ie.ufrj.br)

\*\* Doutora pela Université Paris 7. Professora do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Contato: [renata@ie.ufrj.br](mailto:renata@ie.ufrj.br)

\*\*\* Doutorando no Programa de Pós Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento (PPED) do Instituto de Economia da UFRJ (IE/UFRJ), Bolsista CNPq, e pesquisador do Grupo de Pesquisa Economia de Inovação do IE/UFRJ. Contato: [guilhermedeoliveirasantos.gos@gmail.com](mailto:guilhermedeoliveirasantos.gos@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

O paradigma tecnológico do setor elétrico vem passando por mudanças importantes. A geração de energia, ainda hoje concentrada, será cada vez mais distribuída. O consumidor será produtor de sua própria energia e, futuramente, poderá armazená-la para consumi-la quando lhe interessar. As trocas de energia entre consumidor – transações *peer-to-peer* – se tornarão realidade, devido às novas tecnologias que permitem isso, como *blockchain* e outras *distributed ledger technologies*<sup>1</sup>. A rede elétrica terá acúmulo de funções, isto é, deixará de apenas prestar serviços de transmissão de energia (Castro e Dantas, 2016). Assim, as redes elétricas terão de se tornar mais inteligentes, com o objetivo de permitir interação entre prestadores e tomadores de serviços de eletricidade.

Este cenário traz uma série de desafios. Por um lado, os consumidores terão cada vez mais acesso a informações sobre a forma que consomem energia. Além disso, os consumidores serão micro geradores e micro armazenadores, podendo realizar armazenamento de energia, o que possibilita o consumo em um momento posterior. Por outro, as empresas terão de lidar com volatilidade cada vez maior na produção e no consumo de energia. Ademais, os operadores da rede terão que desenvolver e investir em aplicações para automação e para assegurar a qualidade de serviços num contexto de intermitência – devido à expansão das fontes renováveis – de consumo e de produção (Castro e Dantas, 2016). Os serviços de automação irão otimizar a confiabilidade e o desempenho dos sistemas de distribuição.

As unidades de produção dos consumidores forçarão uma evolução das redes elétricas, em específico, no contexto das redes de distribuição. No entanto, com a evolução das tecnologias de informação e de comunicação, permite-se que esses consumidores, de baixa tensão, tenham oportunidades para uma participação mais ativa no setor elétrico (Esteves *et al.*, 2016). Como observado por La Rovere (2006), o atual paradigma tecnoeconômico tem como recurso-chave as tecnologias de informação e comunicação, que possibilitam maior interação entre produtores e consumidores.

A energia elétrica precisa ser suprida por soluções mais eficientes e, também, sustentáveis, de modo a beneficiar o consumidor, por meio de provimento de energia segura, com qualidade, baixo impacto ambiental e menor custo (ANEEL, 2017). Essas soluções são resultados do desenvolvimento de inovações tecnológicas que conformam o atual paradigma tecnológico do setor.

Entretanto, o setor elétrico tem uma série de características que fazem com que o processo de inovação ocorra de forma exógena à dinâmica do setor (Castro e Dantas, 2016). Torna-se necessária, portanto, a adoção de políticas públicas para o fomento de inovações e a adoção de parcerias para concretizar e desenvolver inovações para o setor.

Como maneira de estimular os investimentos em inovação no Setor Elétrico Brasileiro (SEB), foi instituída a Lei nº 9.991, de 2000 (BRASIL, 2000), que instaura o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da ANEEL. Essa Lei estabelece uma obrigação às empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de investirem um percentual de sua Receita Operacional Líquida (ROL) em projetos de P&D, de acordo com regulamentação definida pela ANEEL. Os projetos de P&D, no entanto, ainda não estão sendo suficientemente capazes de incitar a criação e difusão das inovações tecnológicas (Castro *et al.*, 2016).

O desenvolvimento dos projetos, no âmbito do Programa de P&D, depende de uma rede de parcerias, pois a ANEEL estimula a realização de projetos com universidades e empresas fornecedoras de bens e serviços do setor. Dessa forma, este artigo tem como objetivo analisar o processo inovativo das empresas fornecedoras, por meio da análise de parcerias, dos tipos de projetos desenvolvidos, das capacitações e treinamentos realizados e quais seriam as principais tendências tecnológicas para o futuro do SEB na visão destas empresas.

Na seção 2, será discutido o referencial teórico deste artigo, e ela se divide em três subseções: a subseção

---

<sup>1</sup> A tecnologia DLT permite a realização de transações entre partes diferentes de modo confiável, sem necessidade de haver intermediários. As transações são registradas num livro-razão público, com transparência e registros imutáveis. *Blockchain* é uma DLT.

2.1 analisará a visão sistêmica de inovação, a subseção 2.2 discutirá as capacidades dinâmicas e subseção 2.3 fará referência à literatura sobre inovação no setor elétrico. Na seção 3, será apresentado o Programa de P&D da ANEEL, com as especificidades sobre os projetos realizados – e com relatórios já finalizados – de 2008 a 2015. Na seção 4, será apresentada a metodologia de elaboração dos questionários aplicados às empresas fornecedoras. Na seção 5, serão discutidos os resultados da pesquisa em quatro subseções: a subseção 5.1 apresentará os tipos de projetos inovadores desenvolvidos pelas empresas fornecedoras tanto no âmbito do Programa de P&D quanto fora, a subseção 5.2 analisará as parcerias das empresas fornecedoras para a realização dos projetos, a subseção 5.3 discorrerá sobre as tendências tecnológicas apontadas pelas empresas fornecedoras, e a subseção 5.4 versará sobre as capacitações e os treinamentos desenvolvidos pelas fornecedoras. Por fim, a seção 6 irá trazer as considerações finais.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Visão Sistêmica de Inovação**

A inovação é resultante de um conjunto de mecanismos que conduz as organizações ao desenvolvimento de novos produtos, novos processos produtivos e novas conformações organizacionais (Dosi, 1988). A inovação envolve incerteza, que está presente em todo o processo inovativo, devido aos tipos de atividades desenvolvidas, à interdependência das novas oportunidades tecnológicas e à complexidade das atividades (Thielmann e La Rovere, 2016). Metcalfe (2003) afirma que os investimentos feitos no processo de inovação são incertos, com desdobramentos imprevisíveis.

As inovações podem ser radicais ou incrementais. Enquanto as primeiras rompem a estrutura econômica existente, permitindo mudanças de longo prazo na tendência da taxa de crescimento econômico, as últimas estão associadas à difusão de inovações radicais na economia (Freeman, 1985).

As inovações decorrem do fato de haver problemas técnico-econômicos com formas de resolução desconhecidas e com a impossibilidade de mapear as consequências das ações adotadas (Dosi, 1988). Para a OCDE (2005), as inovações incluem atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais. As atividades de Pesquisa e Desenvolvimento são apenas uma das atividades envolvidas.

Em 1945, Vannevar Bush, , chefe do *Office of Scientific Research and Development* e um dos criadores da *National Science Foundation*, instituição de apoio à pesquisa dos Estados Unidos, produziu um relatório chamado *Science, the Endless Frontier*, com o objetivo de manter o apoio do governo dos Estados Unidos à realização de pesquisas e ciência básica (Stokes, 2005). Nesse relatório, caracteriza-se o processo de produção de conhecimento e de inovação a partir de uma lógica linear, que é fruto de uma série de etapas sucessivas, quais sejam: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e produção e operações. Via-se, portanto, a passagem de progresso científico em utilizações práticas através de um fluxo dinâmico.

Porém, a visão linear de inovação tem uma série de falhas. Para Metcalfe (2003), a primeira falha da visão linear decorre do fato dela cobrir apenas uma parte das atividades envolvidas no processo de inovação. A criação de conhecimento e de riqueza depende de instituições não necessariamente científicas que não desenvolvem atividades de produção do conhecimento básico. A segunda falha da abordagem linear decorre do fato de que há distinção entre os atributos de ciência e tecnologia. Esse modelo considera os avanços da ciência como determinando integralmente o desenvolvimento da tecnologia.

A visão sistêmica da inovação, que se contrapõe à abordagem linear, é mais ampla, pois envolve a criação de novos espaços econômicos, isto é, novos produtos e processos, novas formas de produção e dos mercados, novas fontes de matérias-primas e novos mercados. O processo inovador se caracteriza pela cumulatividade da atividade de inovação (Dosi, 1988). A probabilidade de serem realizados avanços tecnológicos nas empresas, organizações e países constitui uma função dos níveis tecnológicos já alcançados por eles. Devido à complexidade do processo de inovação, Von Hippel e Tyre (1995) reforçaram a importância de mecanismos de aprendizagem como *learning by doing* para o processo de acúmulo de conhecimento e para auxiliar na resolução de problemas.

Pela abordagem sistêmica, o processo de inovação se caracteriza por ser um processo de interação entre os usuários das inovações e os produtores desta inovação. A relação entre usuários e produtores deve estar pautada em aspectos de confiança mútua e na inserção de códigos de comportamento, situação em que todos os atores envolvidos se beneficiam desse processo. As interações entre produtores e usuários, além da existência de qualificações no entorno, são elementos essenciais no processo de desenvolvimento de uma nova tecnologia (Cassiolato e Podcameni, 2016). O processo inovativo é, portanto, resultado de aprendizagem coletiva, a partir de vínculos dentro da empresa e entre a empresa e outras organizações (Lundvall, 1985).

A abordagem sistêmica da inovação enfatiza a interação das instituições e os processos interativos para criar, compartilhar, difundir e aplicar conhecimento. Tais interações são fundamentais para produzir, gerar e acumular conhecimento e para promover a competitividade por meio de mudanças tecnológicas e inovações (Lundvall e Johnson, 1994).

O foco em conhecimento, interatividade e aprendizado é, portanto, a base do conceito de sistemas de inovação, que consistem no conjunto de instituições que tanto contribuem quanto afetam o desenvolvimento da capacidade de aprendizado, de uso e de criação de competências (Freeman, 1987). Deste modo, o processo de geração de inovações precisa incluir, além dos esforços tradicionais em pesquisa e desenvolvimento e tecnologia, habilidades gerenciais e conhecimento organizacional, econômico e administrativo (Thielmann e La Rovere, 2016). Devido à crescente sofisticação e complexidade das inovações, requer-se colaboração e produção através de uma rede de atores.

Diversos tipos de conhecimento são envolvidos no processo de inovação, incluindo conhecimentos sobre organização da empresa e referentes a oportunidades de mercado (Metcalf, 2007). A inovação constitui, portanto, uma possibilidade de construção de capacidades competitivas.

## **2.2. Capacidades Dinâmicas**

O processo de inovação segue um caminho evolutivo, através das capacidades acumuladas e das ações tomadas para o aprendizado e para a assimilação de conhecimento pela organização (Gomes, 2017). O processo de inovação das empresas constitui uma forma de angariar vantagens competitivas e crescer mais rapidamente.

Nas empresas, as capacidades tecnológicas são criadas e desenvolvidas a partir de relações e de interações nas quais o conhecimento é transferido e absorvido. No passado, a empresa internalizava o desenvolvimento de tecnologias e acumulação de capacidade de inovação. Atualmente, devido ao crescimento da economia e à quantidade expressiva de empresas e agentes, o conhecimento torna-se mais difuso e depende, cada vez mais, de outros agentes. Essas interações são desenvolvidas com universidades e com centros de pesquisa por estas terem os conhecimentos requisitados pelas empresas e por lograrem desenvolver tecnologias (Bell e Figueiredo, 2012).

O conceito de capacidades dinâmicas como um processo de gestão coordenada abre a porta para o potencial do aprendizado interorganizacional. Aprendizado é um processo por meio do qual repetição e experimentação permitem que tarefas sejam realizadas de forma melhor e mais rápida. Também permite a identificação de novas oportunidades de produção (Teece, 1997). Em um contexto de capacidades dinâmicas, a capacidade de integrar e combinar ativos, incluindo conhecimento, é uma habilidade básica. A combinação de *know-how* dentro da empresa, e entre a empresa e organizações externas – como, por exemplo, outras empresas ou universidades – é importante. Integrar o *know-how* de fora e de dentro da empresa é especialmente importante para o êxito quando sistemas e redes estão presentes. Bom *design* de incentivos, compartilhamento de conhecimento e integração de conhecimento são elementos importantes para o desempenho empresarial, além de serem chave para a construção de capacidades dinâmicas (Chesbrough, 2003).

As capacidades dinâmicas podem ser desagregadas em capacidades das empresas para: (i) perceber e desenhar oportunidades e ameaças (*sensing*); (ii) aproveitar e decidir pelas oportunidades (*seizing*); (iii) manter a competitividade por meio de proteção, combinação e reconfiguração dos 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 empresas 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).

### 2.3. Inovação no Setor Elétrico

Os sistemas elétricos têm basicamente as mesmas estruturas desde o início do século XX. A energia é produzida em larga escala, de forma concentrada, para depois ser transmitida em linhas de alta voltagem e finalmente tem sua tensão rebaixada para ser distribuída ao consumidor final (Castro e Dantas, 2016). Desse modo, pode-se afirmar que o setor elétrico pode ser caracterizado como pertencendo ao setor de serviços, pois o consumo de energia deve ocorrer de forma concomitante à produção (Metcalf e Miles, 1997). Além disso, o atendimento de segurança e de qualidade no fornecimento de energia elétrica reforça a necessidade de desenvolvimento de inovações tecnológicas neste setor (Castro e Dantas, 2016).

Inovações tecnológicas no setor são necessárias para enfrentar os novos desafios do setor elétrico, dentre os quais: (i) redução de perdas; (ii) gerenciamento de picos de carga; e (iii) abastecimento de veículos elétricos. Ademais, o desenvolvimento de inovações tecnológicas no setor está atrelado à melhoria da eficiência energética. Desse modo, estas inovações derivarão da necessidade de aumentar a eficiência energética, o que irá reduzir tanto a demanda como a necessidade de aumentar a capacidade instalada de geração (Thomas, 2009).

Segundo Esteves *et al.* (2016), a rede elétrica tradicional, do início até o final do século XX, teve como principais aspectos: (i) fluxo de energia unidirecional, passando de alta para baixa de tensão; (ii) geração centralizada de energia longe das residências e dos centros urbanos; (iii) comunicações limitadas; (iv) automação limitada da rede; e (v) uma rede em que o consumidor recebia energia de forma passiva. Na percepção dos autores, o futuro das empresas do setor elétrico terá características bem diferentes quando comparadas às do setor elétrico do século passado, como: (i) um *mix* energético alicerçado em dois pilares de sustentação – grandes produtoras e geração distribuída – e baseado, majoritariamente, em fontes energéticas não despacháveis e com variabilidade; (ii) uma rede elétrica que incorpora novas tecnologias e novas técnicas de controle e de operação; (iii) uma participação ativa do consumidor final, que pode contribuir, inclusive, para a manutenção do equilíbrio do sistema; (iv) fluxo bidirecional de energia, com sistemas de controle descentralizado; e (v) soluções de armazenamento distribuído de energia elétrica, com frota de carros elétricos que injetarão energia à rede. Esses constituem os pilares das redes inteligentes.

O desenvolvimento de redes inteligentes é pedra angular do processo de mudança do paradigma tecnológico do sistema elétrico. Uma rede inteligente pode ser definida como uma rede elétrica que integra ações de todas as partes ligadas à rede – produtores, consumidores e prosumidores<sup>2</sup> – para assegurar um sistema eficiente, sustentável e com baixas perdas e segurança no abastecimento e na proteção (ERGEG, 2009). Desse modo, as redes inteligentes passarão a ter produtos e serviços inovadores, assim como soluções inteligentes de monitoramento e de controle, para: (i) facilitar a ligação e a operação entre as tecnologias; (ii) possibilitar papel mais ativo e interativo dos consumidores; (iii) fornecer aos consumidores mais opções de escolhas e informações; (iv) aumentar a flexibilidade da rede, auxiliando na mitigação de danos e reestabelecimento de funções em casos de incidentes; (v) reduzir o impacto ambiental; e (vi) fornecer altos níveis de segurança de abastecimento (Esteves *et al.*, 2016).

Em linha com o que se observa em outros países, a redução de medições no local e a melhoria da qualidade do serviço serão motivadores de investimentos em redes inteligentes. No entanto, a redução de aspectos técnicos – especialmente perdas não técnicas de energia – será o principal motivo para investimentos em redes inteligentes, devido ao impacto financeiro desses aspectos (Galo *et al.*, 2014).

A difusão de redes inteligentes não é apenas uma inovação tecnológica, mas, também, uma transição

---

<sup>2</sup> Prosumidor constitui a junção entre o consumidor e produtor de energia, isto é, produz e consome energia ao mesmo tempo.

tecnológica (Castro e Dantas, 2016). A análise desse processo precisa perpassar o estudo das variáveis tecnológicas, sendo necessário, portanto, a consideração do ambiente organizacional, as instituições e os interesses dos atores participantes. O desenvolvimento de redes inteligentes precisa estar associado com medidas de gerenciamento da demanda, difusão da mobilidade elétrica, aumento da geração distribuída e introdução de sistemas de armazenamento.

Os investimentos na automação de redes são fruto de um aumento da pressão pela melhoria na qualidade de serviços, em um contexto em que se acentua a interação e a proximidade com o cliente, que deixa de ser um mero consumidor de energia para se tornar um prosumidor. O cliente deixa de ser passivo e se converte em um “agente” ativo na distribuição. Nesse sentido, a incorporação de medidores inteligentes permitirá mais trocas de informações com o consumidor (Castro e Dantas, 2016).

Esteves *et al.* (2016) afirmam que a evolução do armazenamento de energia elétrica é a próxima fronteira tecnológica da rede elétrica do futuro. O armazenamento via baterias permitirá ao consumidor dispor da venda de capacidade de armazenamento. A partir desta possibilidade, surgem dois novos tipos de clientes: o cliente com produção solar para autoconsumo e armazenamento, que se mantém ligado à rede para garantir segurança de abastecimento e vender excedente; e o cliente com produção para autoconsumo e armazenamento, que decide se desligar da rede elétrica.

Nesse contexto em que os prosumidores poderão injetar energia à rede e em que há novos fluxos de energia na rede, o conceito de flexibilidade torna-se fundamental. Os clientes passam a contribuir para a operação da rede, portanto, no sistema elétrico do futuro, a demanda contribuirá com a produção e para o equilíbrio do sistema. A flexibilidade tem impacto nos custos de energia, pois evita investimentos na rede, ao resolver questões de congestionamento. A depender do sistema elétrico, as necessidades de flexibilidade serão diferentes, o que torna imprescindível o uso de ferramentas diversas para responder às especificidades dos desafios (Esteves *et al.*, 2016). Neste sentido, tanto preços de energia quanto tarifas dinâmicas em tempo real podem ser medidas eficientes, mas não suficientes, para auxiliar na flexibilidade da rede.

O Brasil, atualmente, não tem uma efetiva implementação de redes inteligentes. Dantas *et al.* (2016) afirmam que, no médio prazo, em 2030, o Brasil estará em estágio intermediário de desenvolvimento de redes inteligentes. Por um lado, quase toda a rede terá monitoramento *online*, será automatizada e haverá instalação de medidores digitais com telemetria. Por outro lado, a presença de medidores efetivamente inteligentes, que permitam taxas dinâmicas, ainda será relativamente limitada. Desse modo, é importante analisar não só o desenvolvimento econômico do país como também o desenvolvimento da evolução tecnológica do setor para identificar desafios e para formular políticas capazes de superar esses obstáculos.

A presença de uma rede automatizada, com medidores inteligentes, é imprescindível para lidar com o paradigma tecnológico emergente. No contexto do novo paradigma, se inserem alguns outros elementos que terão impacto no setor, como: (i) veículos elétricos, que aportam desafios de ordem de abastecimento e de exportação de energia à rede; (ii) medidas de *demand response*, em que o uso dos aparelhos elétricos pode ser modulado de forma automática, em função da cotação de energia em cada momento; (iii) viabilização de *smart homes*, da automação doméstica, por meio de aplicações como internet das coisas (IoT), que integrarão todos os dispositivos eletrônicos de uma residência (IEA, 2011).

Tendo em vista todas essas tendências tecnológicas, precisa-se discutir sobre as características mais estruturais do setor elétrico. O setor tem como características a verticalização, a integração e a coordenação (Araujo *et al.*, 1995). Além disso, o setor elétrico tem uma série de características técnico-econômicas específicas – como ser capital intensivo, com produtos diferenciados, possuir tarifas reguladas, ter demanda quase inelástica e necessitar de um equilíbrio instantâneo entre oferta e demanda – que fazem com que o processo inovativo ocorra de forma exógena à dinâmica do setor (Castro e Dantas, 2016). Torna-se necessária, portanto, a adoção de políticas públicas para o fomento de inovações.

Por mais que o SEB disponha de uma importante política pública com finalidade de fomentar inovação no setor, o Programa de P&D da ANEEL tem abrangência e difusão limitada para os projetos de P&D

(Castro *et al.*, 2016). A indústria tem participação reduzida no programa, o que reforça o fato de que os projetos de P&D não estão conseguindo criar e difundir as inovações tecnológicas necessárias para o desenvolvimento de aplicações necessárias para as redes inteligentes no Brasil.

É possível afirmar que o setor elétrico constitui uma indústria em rede, em que a inovação sempre ocorreu de forma sistêmica. Há um conjunto de informações e de conhecimentos essenciais que favorecem a geração e a incorporação de inovação. Esses processos se caracterizam por constituírem mecanismos de tentativa e erro e de *feedbacks* (Cassiolato e Podcameni, 2016). O processo de acumulação de conhecimento, apesar de ser essencialmente um processo intra-empresa, é fundamentalmente influenciado por relações entre empresas e outras organizações. Deste modo, inovação não é um único ato, mas, sim, processos de *redesign*, de modificação e de pequenas melhorias (Rosenberg, 1976). O processo de inovação de uma empresa é, também, desenvolvido por relações com outras empresas e organizações como universidades dentro de um contexto mais amplo (Cassiolato e Podcameni, 2016).

### 3. O PROGRAMA DE P&D DA ANEEL

As empresas brasileiras têm apresentado um baixo desempenho com relação à geração de inovações. Segundo o Índice Global de Inovação, de 2017, do *World Intellectual Property Organization* (WIPO), o Brasil ocupa a 69ª posição no *ranking* mundial (Dutta *et al.*, 2017). Para Erber (2010), o Brasil tem uma série de particularidades com relação ao processo de inovação: (i) investe-se pouco em P&D; (ii) o aprendizado é passivo; (iii) as inovações são defensivas; (iv) e o sistema de inovação nacional é fragmentado e imaturo. Nesse contexto, um Programa de fomento à inovação em um setor como o elétrico é muito positivo para o desenvolvimento de inovações tecnológicas.

O Programa de P&D da ANEEL constitui o maior programa de fomento à inovação no setor elétrico, tendo mobilizado 8 bilhões de reais em 4.400 projetos desde o início de sua implementação. O Programa cria uma obrigação para as empresas dos segmentos de geração, distribuição e transmissão investirem um percentual de sua Receita Operacional Líquida (ROL) em projetos inovadores para o setor. Os percentuais são definidos pelo manual de P&D da ANEEL, a partir de regulamentação específica<sup>3</sup>.

Neste estudo, serão apresentados resultados de uma pesquisa realizada tanto com empresas fornecedoras no âmbito do Programa da ANEEL quanto fora deste Programa, no período entre 2008 a 2015. O primeiro horizonte temporal, período entre 2000 e 2007, foi objeto de análise de estudos do Ipea (2011) e do CGEE (2015). Algumas propostas de aprimoramento dessas análises foram levadas em consideração para aprimorar o Programa da ANEEL.

Como apontado, o objetivo principal do programa de P&D da ANEEL é criar uma cultura de inovação e de investimentos em P&D no SEB. A agência mostrou avanços nesse sentido entre 2008 e 2015. Houve 2.528 projetos de P&D com relatório final nesse período, distribuídos entre os segmentos de distribuição (52,1%), geração (36,3%), transmissão (10,7%) e comercialização (0,9%), como se pode verificar na Tabela 1 (ANEEL, 2017). A tabela 1 considera os projetos com relatório final entre 2008 e 2015: observa-se que de um total de 2.528 projetos, metade está ligada à área de distribuição, que tem potencial de gerar inovações tecnológicas para as redes inteligentes, ainda em estágio inicial de desenvolvimento no Brasil.

Com relação aos temas dos projetos de P&D, verifica-se, na Tabela 2, que os mesmos estão mais concentrados em “Supervisão, controle e proteção” (16%), “Fontes alternativas de energia” (12,6%) e “Operação de sistemas elétricos” (10,5%) (ANEEL, 2017). A tabela demonstra que uma quantidade expressiva de projetos tem como foco resolver problemas operacionais das empresas. Há, também, percentual expressivo de projetos para fontes alternativas, o que demonstra preocupação com o componente ambiental e de descentralização da produção que estão a afetar o SEB.

---

<sup>3</sup> Atualmente, as empresas de geração e transmissão investem 0,4% de sua ROL em projetos de P&D, e as distribuidoras investem 0,3% de sua ROL em projetos de P&D. O Manual de P&D está disponível neste link: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/Manual-PeD\\_REN-504-2012.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/Manual-PeD_REN-504-2012.pdf) Acesso em: 04/03/2017.

**Tabela 1 - Segmentos dos projetos do Programa de P&D da ANEEL (2008-2015)**

<b>Segmento dos projetos de P&amp;D</b>	<b>Número de projetos</b>	<b>%</b>
Distribuição	1318	52,1%
Geração	918	36,3%
Transmissão	270	10,7%
Comercialização	22	0,9%
<b>Total geral</b>	<b>2528</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Banco de dados da ANEEL.

**Tabela 2 – Temas dos projetos do Programa de P&D da ANEEL (2008-2015)**

<b>Temas dos projetos de P&amp;D</b>	<b>Número de projetos</b>	<b>%</b>
Supervisão, controle e proteção	415	16%
Fontes alternativas de energia	319	12,6%
Operação de sistemas elétricos	266	10,5%
Outros	259	10,2%
Meio ambiente	210	8,3%
Medição e faturamento	198	7,8%
Qualidade e confiabilidade	193	7,6%
Planejamento de sistemas elétricos	192	7,6%
Eficiência energética	163	6,4%
Segurança	140	5,5%
Geração termelétrica	89	3,5%
Gestão de bacias e reservatórios	84	3,3%
<b>Total geral</b>	<b>2528</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Banco de dados da ANEEL.

Mais da metade dos projetos do Programa de P&D da ANEEL entre 2008 e 2015 foi direcionada à fase de pesquisa aplicada (54,9%). É importante destacar que a empresa só pode selecionar uma fase da cadeia de inovação para definição do projeto, o que pode limitar potenciais inovações que poderiam surgir e dificultar a execução de projetos que poderiam incluir duas ou mais etapas da cadeia de inovação. Na Tabela 3, pode-se observar que mais de 90% dos projetos estão nas primeiras três etapas da cadeia de inovação – Pesquisa aplicada, Desenvolvimento experimental e Cabeça de série – com apenas 4 projetos chegando ao mercado. Muitos projetos acabam ficando “engavetados” e não chegam ao consumidor final. É possível afirmar, portanto, que há um direcionamento do Programa para as fases iniciais da cadeia de inovação. Isso se deve tanto aos critérios de avaliação – aplicação dos mesmos critérios para todas as fases de inovação – quanto ao medo das empresas com relação à glosa de projetos mais inovadores de lote pioneiro ou inserção de mercado.



**Tabela 3 – Fases dos projetos do Programa de P&D da ANEEL (2008-2015)**

<b>Fase dos projetos de P&amp;D</b>	<b>Número de projetos</b>	<b>%</b>
Pesquisa aplicada	1389	54,9%
Desenvolvimento experimental	773	30,6%
Pesquisa básica dirigida	196	7,8%
Cabeça de série	124	4,9%
Lote pioneiro	42	1,7%
Inserção no mercado	4	0,2%
<b>Total geral</b>	<b>2528</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Banco de dados da ANEEL.

#### **4. METODOLOGIA**

O principal objetivo deste trabalho é discutir os processos inovativos de empresas fornecedoras de bens e serviços para o Setor Elétrico Brasileiro, com base nos resultados de uma pesquisa dedicada a avaliar o Programa de P&D da ANEEL. Esta pesquisa teve como principal forma de coleta de dados a realização de 49 entrevistas com empresas fornecedoras – presenciais, por *Skype* e *online*<sup>4</sup> –, baseadas em um questionário semiestruturado. A construção da amostra considerou as maiores empresas fornecedoras do setor elétrico e as empresas com mais projetos de P&D no âmbito do Programa de P&D da ANEEL<sup>5</sup>.

A elaboração do questionário foi feita a partir de três eixos principais: as categorias de análise da Pesquisa de Inovação do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (PINTEC/IBGE); do Manual de Pesquisa e Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) – que apresenta as diretrizes para os projetos de fomento à inovação no âmbito do Programa de P&D da ANEEL –; e das características específicas do setor elétrico.

Em relação à forma, os questionários foram estruturados a partir de três tipos de questões: i) discursivas, nas quais se busca respostas detalhadas; ii) sim e não; iii) escala de importância de 0 a 3 (Escala de Likert), sendo zero o valor atribuído quando o assunto questionado não é realizado pelo respondente e 3 quando aquele assunto era percebido como de grande importância ou era realizado frequentemente pelo entrevistado. Este último tipo de pergunta permitiu o cálculo de índices de inovação. Tais índices servem para aferir a importância concebida pelos entrevistados em relação a determinados tópicos e permitem comparar a relevância dos diversos assuntos analisados.

Os índices em questão resultam das médias ponderadas dos graus da escala considerados (0 a 3), e sendo calculados da seguinte forma: atribui-se o valor 0 para o total de empresas que marcou este resultado; multiplica-se por 0,33 o conjunto de empresas que atribuiu grau 1 ao quesito; multiplica-se por 0,66 o agregado de empresas que concedeu grau 2 ao quesito; e, finalmente, multiplica-se por 1 o agrupamento de empresas que conferiu grau 3 ao quesito. Em seguida, divide-se o total encontrado pelo somatório de empresas que responderam ao quesito<sup>6</sup>. O índice varia, portanto, de 0 a 1. Deste modo, quanto mais

<sup>4</sup> O questionário *online* foi elaborado na Plataforma *Survey Monkey* com as mesmas perguntas do questionário presencial. Das 49 entrevistas, 19 foram realizadas no *Survey Monkey*.

<sup>5</sup> Das 49 empresas entrevistadas, 5 empresas não fazem parte do Programa de P&D da ANEEL.

<sup>6</sup> A média ponderada do índice segue a seguinte formulação matemática: Índice =  $(0 \times \text{agregado não relevante} + 0,33 \times \text{agregado baixa} + 0,66 \times \text{agregado médio} + 1 \times \text{agregado alta}) / (\text{somatório total agregado})$ .

próximo de 0 menos importante e relevante é o que foi questionado na visão do entrevistado; e quanto mais próximo de 1 significa que o respondente atribui àquele quesito maior importância e relevância.

Em relação ao conteúdo, o questionário possui sete blocos de questões que buscam identificar diversos aspectos do processo inovativo das empresas fornecedoras. O Quadro 1 detalha os principais tópicos do questionário e seus respectivos objetivos.

**Quadro 1 – Tópicos e Objetivos do Questionário**

<b>Tópicos</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Caracterização das Empresas</b>	Identificar a atividade principal da empresa e dos seus clientes, a estrutura de capital, o acesso da empresa à tecnologia externa - caso seja filial de empresa multinacional -, e a capacidade de desenvolvimento de inovações da empresa, medida pelo número de funcionários com nível superior, mestrado e doutorado.
<b>Caracterização do Portfólio da Empresa</b>	Identificar quais são os elementos mais importantes para o posicionamento estratégico da empresa. Para tanto, busca-se compreender melhor os tipos de serviços que as empresas prestam ao setor elétrico, além de descobrir os determinantes para a manutenção da capacidade competitiva na oferta de produtos e serviços.
<b>Inovação na Estratégia da Empresa</b>	Identificar como a inovação é avaliada e como se situa na empresa, permitindo constatar o nível de preocupação da empresa com relação às mudanças tecnológicas atuais. Com isso, é possível averiguar os vetores que a empresa pratica para promover inovação.
<b>Atividades Inovativas e Resultados</b>	Descobrir os tipos de inovações introduzidas pelas empresas no setor elétrico no período de 2008 a 2015. Além disso, as perguntas deste bloco informam as características dos projetos de inovação mais importantes para a empresa no período citado e as parcerias que as empresas realizaram para desenvolver os projetos.
<b>Formação de Pessoal e Aprendizado</b>	Analisar a fundo como as empresas realizam treinamentos e capacitações de pessoal.
<b>Financiamento e Uso de Recursos Públicos</b>	Identificar as fontes de obtenção de recursos por parte das empresas fornecedoras.
<b>Barreiras e Possíveis Soluções</b>	Captar a percepção dos envolvidos sobre dificuldades relacionadas ao fomento e ao desenvolvimento de atividades inovativas dentro das empresas.

Fonte: Elaboração Própria

Buscou-se, portanto, investigar os esforços relacionados aos processos inovativos das empresas do setor elétrico a partir dos seguintes aspectos: i) construção de capacitações por meio 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; vi) potenciais convergências e conflitos.

Cabe ressaltar ainda que a escolha das questões teve como objetivo abarcar os processos de aprendizagem das empresas do setor e das prestadoras de serviços e produtos para descobrir como se deu a ampliação do estoque de conhecimentos e o incremento das capacitações. Neste sentido, foram criados índices para o aprendizado dentro da empresa, com a finalidade de analisar a rotina das atividades da empresa, os treinamentos e as capacitações, além de índices de aprendizado por interação para englobar o caráter coletivo do aprendizado.

Além disso, outro ponto levado em consideração na escolha das questões foi a possibilidade de analisar o desempenho inovativo dos agentes, abordando a introdução de inovações nas empresas. Em termos de impactos da introdução de inovações sobre o desempenho as empresas foram consideradas na análise tanto medidas quantitativas (p. ex.: aumento de sua participação nos mercados de atuação), quanto qualitativas (p. ex.: impactos no setor elétrico). Assim, buscou-se obter indicadores de *outputs* e impactos que vão além daqueles usualmente considerados em pesquisas de inovação, como, por exemplo,

indicadores de patentes e de vendas.

Por fim, após realizadas, as entrevistas foram transcritas e analisadas com base na técnica de Análise de Conteúdo (Bardin, 1977). O *software* MAXQDA possibilitou ordenar e classificar as informações em categorias de análise relevantes, que foram definidas tanto *a priori* quanto *a posteriori*. O objetivo desta análise foi o de categorizar as informações em diferentes códigos ou “nós” de informações. Este processo permitiu a sistematização das falas dos entrevistados em categorias-chave para o estudo das empresas fornecedoras.

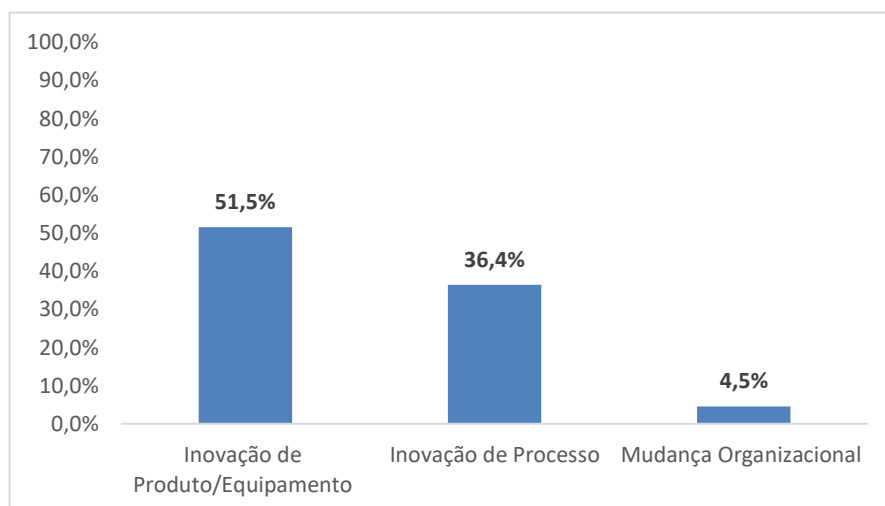
## 5. RESULTADOS DA PESQUISA

### 5.1. Projetos Desenvolvidos

As empresas fornecedoras foram questionadas sobre as principais características de até três projetos inovadores que consideraram relevantes no período entre 2008 e 2015. Os projetos foram realizados no âmbito do Programa de P&D, fora do Programa ou em ambos. Desta forma, as empresas entrevistadas discutiram sobre as características de 66 projetos, que serão analisados a seguir.

Com relação às inovações introduzidas pelas empresas ao desenvolver os projetos, houve inovação de produto ou de equipamento em mais da metade dos projetos (51,5%). Houve inovação de processo em 36,4% dos projetos e inovações organizacionais em apenas 4,5% dos projetos. Nota-se, com isso, que as empresas fornecedoras para o setor elétrico realizam poucas inovações organizacionais tanto dentro quanto fora do Programa de P&D da ANEEL. O Gráfico 1 apresenta os resultados.

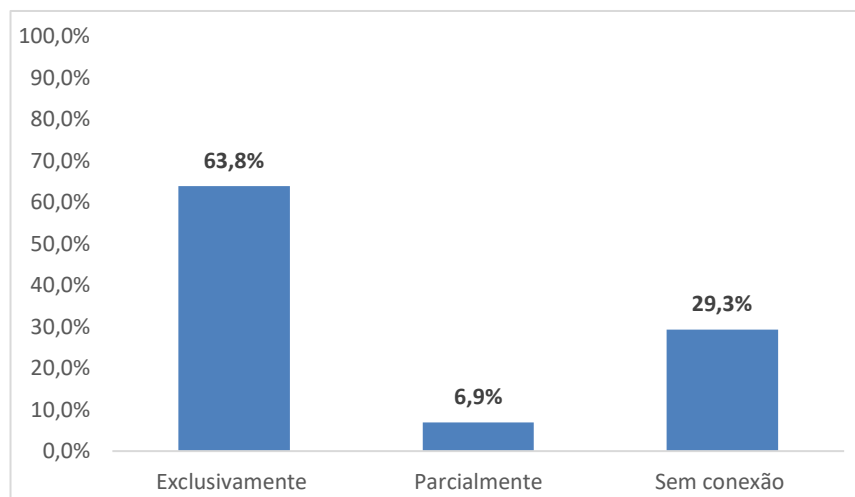
**Gráfico 1 – Classificação dos projetos por tipo de inovação gerada (2008 – 2015)**



Fonte: Pesquisa de Campo

Dentre os projetos relevantes que os entrevistados mencionaram, 63,8% foram realizados no âmbito do Programa de P&D, 29,8% foram feitos fora do Programa de P&D e 6,9% foram realizados tanto dentro quanto fora do Programa de P&D da ANEEL. Os projetos relevantes de inovação foram feitos, portanto, majoritariamente no âmbito do Programa da ANEEL, como mostra o Gráfico 2.

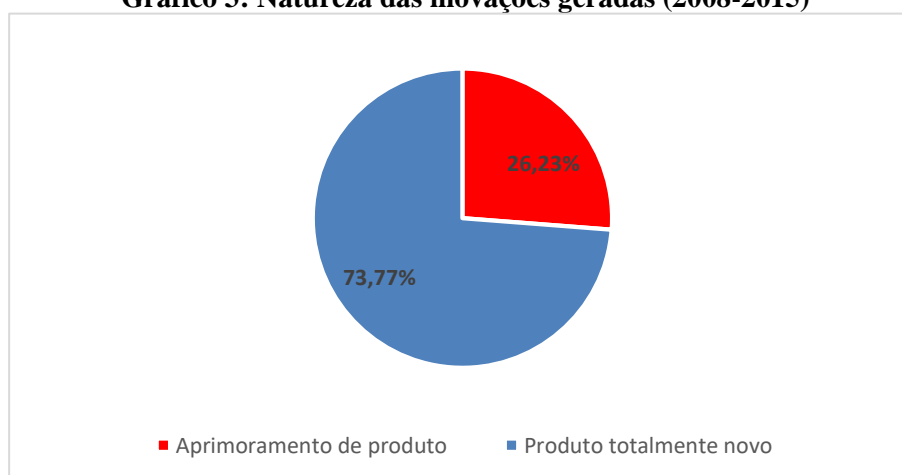
**Gráfico 2: Projetos feitos no âmbito do Programa de P&D da ANEEL (2008 – 2015)**



Fonte: Pesquisa de campo

No âmbito das características dos projetos citados, 73,8% das empresas fornecedoras afirmaram que seus projetos geraram produtos inteiramente novos, e 26,23% afirmaram que os projetos foram de aprimoramentos de produtos, como ilustra o Gráfico 3. Nota-se que a maioria das empresas consideraram seus projetos inovadores.

**Gráfico 3: Natureza das inovações geradas (2008-2015)**



Fonte: Pesquisa de Campo

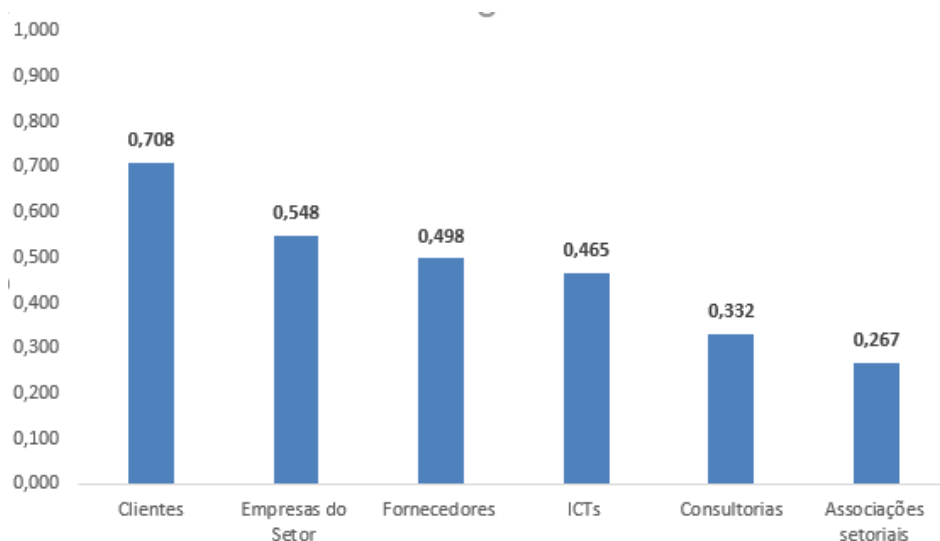
Em linhas gerais, pode-se inferir que o Programa cumpre papel relevante no estímulo à inovação no setor. Entretanto, cabe ressaltar que grande parte dessas inovações estão concentradas em produtos e equipamentos em detrimento de inovações de processo e mudanças organizacionais, que são fundamentais para o estímulo ao aprendizado e à acumulação de conhecimento, sobretudo tácito, nas empresas. Se considerarmos que muitas das empresas fornecedoras são prestadoras de serviços, esta constatação se torna mais crítica, pois as inovações com maior potencial de geração de conhecimento em empresas do setor de serviços são as inovações de processo e organizacionais (Metcalf, 2007).

## 5.2. Parcerias

Os projetos inovadores das empresas fornecedoras de bens e serviços ao SEB foram desenvolvidos com diversos tipos de parceiros. Para essas empresas, os parceiros de alto grau de importância são os clientes (61,5%), outras empresas do setor (37,5%), outros fornecedores (32,5%) e as instituições de ciência e tecnologia (32,5%). Os parceiros que as empresas fornecedoras atribuíram menor importância foram as associações setoriais e as consultorias, os quais, respectivamente, apenas 18,9% e 13,9% dos entrevistados citaram como sendo de alta importância. Os índices de inovação, explicitados no Gráfico 4,

demonstram que os clientes têm um índice bastante superior ao de as associações setoriais.

**Gráfico 4: Indicadores de importância de parcerias para a inovação (2008-2015)**



Fonte: Pesquisa de Campo

Quanto aos parceiros mais citados pelos entrevistados, tem-se:

- (i) Fornecedores: Axxion, Reason Tecnologia, Lacerda Sistemas, WEG, Siemens, Elic, Hunstmann 3M, Geoambiente;
- (ii) Clientes: BID, AES Eletropaulo, ANEEL, Petrobras, Energisa, Celesc, CPFL, Elektro, British Gas;
- (iii) Associações setoriais: IABRADE;
- (iv) Empresas do setor: Cemig, Energisa, EDP, EDF, Grupo Rede, CTG;
- (v) ICTs: UNIFEI, USP, PUC, COPPE-UFRJ, UFPE, CPQT, Unicamp, UFSC, UFRGS, Lactec;
- (vi) Consultorias: Versatus, Siglasul;
- (vii) Outros: EPE, ONS.

De modo geral, as empresas entrevistadas afirmaram que as parcerias com as universidades ficam muito restritas à publicação de *papers* para a aplicação do conhecimento e para divulgação de trabalhos em seminários e *workshops* que existem na área.

Os entrevistados enfatizaram também que as parcerias possibilitam apoio para questões técnicas a serem desenvolvidas, o que reforça a teoria apresentada na seção 2 deste artigo. Observou-se ainda que, onde se vislumbra um potencial de cooperação, é sugerida uma parceria para o apoio no desenvolvimento de projetos. Uma empresa disse que desenvolve uma das partes da cadeia de produção, enquanto os parceiros desenvolvem outras:

A gente trabalha mais na fase de protótipo, a gente trabalha também em parceria com a universidade que tem laboratório, mas a parte de industrialização, a gente até faz a parte da consultoria, mas é um fabricante que leva ele pra frente. (Entrevistado 1 - 04/12/2017)

Outra empresa reforçou a importância das parcerias para o desenvolvimento de produtos na cadeia de produção:

Ou você monta uma linha de produção ou você se associa com uma empresa fabricante para construir em parceria, uma empresa fabricante que já tenha escala, que já tenha um parque que consiga construir várias unidades, e aí você ganha a escala no seu produto, pra você levar isso pro mercado. (Entrevistado 2 - 16/11/2017)

Também se destacou, nas entrevistas, a importância de parceiros na fabricação de equipamentos, mais especificamente no processo de transformar o desenho industrial em produto industrial. Assim, os

parceiros apoiam a transformação dos protótipos em produtos comercializáveis. Uma empresa detalhou esse tipo de formação de parceria:

Algumas questões técnicas a gente desenvolve, onde a gente vislumbra um potencial... propõe uma parceria para ajudar a desenvolver. E apresentar alguns clientes nossos pra eles. (Entrevistado 3 - 9/11/2017)

Outra empresa reforçou este ponto:

Assim, a minha empresa não é industrial, mas eu tenho parceiros industriais pra produzir as inovações que eu estou colocando nos setores (Entrevistado 4 - 03/11/2017)

As entrevistas demonstram que as interações entre os fornecedores e seus parceiros são elementos essenciais no processo de desenvolvimento de uma nova inovação tecnológica. O processo inovativo é, portanto, resultado de aprendizagem coletiva, a partir de vínculos entre a empresa e outras organizações. No entanto, a constatação de que a maior parte das parcerias é estabelecida com clientes, outras empresas do setor e fornecedores indica que estas inovações, em muitos casos, derivam mais de questões técnicas pontuais a serem resolvidas e menos da aplicação sistemática de conhecimento científico no desenvolvimento de novos produtos e processos. A reduzida participação das parcerias com universidades e a percepção de que as mesmas se restringem à publicação de artigos reforça este ponto.

### 5.3. Tendências Tecnológicas no Setor Elétrico

As empresas fornecedoras entrevistadas foram questionadas sobre quais são as principais tecnologias no setor elétrico, nos segmentos de geração, transmissão e distribuição, que terão grande potencial para o desenvolvimento futuro do setor num horizonte de 15 anos. Cada entrevistado poderia mencionar até três tecnologias que considera relevantes para o SEB, além de apontar quais seriam as universidades e empresas mais relevantes para desenvolver a tecnologia destacada. O Quadro 2 apresenta as 10 tecnologias mais promissoras para o desenvolvimento do setor elétrico, segundo os entrevistados.

**Quadro 2: Tendências tecnológicas do setor em um horizonte de 15 anos**

Tecnologias	Ocorrências nas Entrevistas	Universidades Brasileiras	Universidades Estrangeiras	Empresas	Centros de Pesquisa e Outras Instituições
Armazenamento	12	Unicamp, USP, UFSC		Elipse software, GE	CNPQ, COPPE
Redes inteligentes ( <i>smart grid</i> )	11	UFRJ, UFMG, UNIFEI, USP		Axxion	
Geração Distribuída	8	USP, UNIFEI, UFRJ, FGV, PUC, UFJF	Universidade de Málaga	Startups	GESEL
Bateria	6	UFSC, FGV-RJ, Unicamp, UFRJ	Caltech, Universidade de Málaga, MIT	Engenho, PSR, AES	Lactec, IMA, COPPE
Inteligência Artificial	4	UFMG, Fumec		IBM	
Internet das Coisas (IOT)	4	UFSC, UFMG, Fumec			
Fotovoltaica	3	UFSC		WEG	
Carro elétrico	3	FGV, Unicamp, UFRJ	Universidade do Chile, Berkeley, MIT, Comillas (Espanha)	Engenho, PSR, CPFL, Itaipu	COPPE, Lactec, World Bank
Monitoramento	3	UFMG, UFSC		Ivision, Goeambiente Sensoriamento Remoto Ltda.	

Tarifa dinâmica	3	UNIFEI, USP		
-----------------	---	-------------	--	--

Fonte: Pesquisa de Campo

As três tecnologias mais citadas pelos entrevistados são: armazenamento, redes inteligentes e geração distribuída. Essas tecnologias estão em linha com o que a literatura apontou, na seção 2.3, como as principais transformações do setor elétrico do futuro. Geração distribuída foi citada porque a geração, ainda concentrada principalmente nas hidrelétricas de grande porte, será cada vez mais distribuída. Armazenamento foi citado, pois o consumidor será produtor de sua própria energia e, futuramente, poderá armazená-la para consumi-la quando lhe interessar. As trocas de energia entre prosumidores se tornarão realidade, devido às novas tecnologias que permitem transações sem intermediários, como *blockchain* e outras *distributed ledger Technologies* – também citadas por dois entrevistados. Redes inteligentes foram mencionadas pois a rede elétrica terá acúmulo de funções, deixando de ser apenas uma prestadora de serviços de transmissão de energia, aumentando a interação entre os prestadores e consumidores de serviços de eletricidade.

Os entrevistados afirmaram que existem competências científicas e tecnológicas no Brasil para o desenvolvimento dessas tecnologias em universidades brasileiras, principalmente as públicas, universidades estrangeiras, empresas e centros de pesquisa ou outras instituições. Nesse contexto, destacam-se as universidades brasileiras, que, segundo os entrevistados, possuem competências para as dez tecnologias consideradas mais promissoras.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) tem competências científicas para desenvolver metade das dez tecnologias mais promissoras. A Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) possuem competências científicas para desenvolver quatro das dez tecnologias apontadas como mais promissoras. A Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), a Unicamp, a Universidade Federal de Minas Gerais e a Fundação Getúlio Vargas foram citadas como importantes centros de pesquisa que poderiam avançar a trajetória tecnológica de três das dez tecnologias mais promissoras.

Dentre os centros de pesquisa, tem destaque o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) da UFRJ, que tem buscado avançar em pesquisas em três trajetórias tecnológicas dentre as mais relevantes para os entrevistados. Vale destacar que, para os entrevistados, as dez tecnologias deveriam ser ou já são objeto de apoio do Programa de P&D da ANEEL, devido à sua relevância para o setor elétrico.

A ANEEL, com base em sua visão sobre os desafios que se colocam diante do setor elétrico do futuro, costuma realizar um direcionamento de sua política pública por meio de chamadas estratégicas de projetos em determinadas áreas temáticas. Para a ANEEL, os projetos estratégicos são: *“são aqueles cujo desenvolvimento é de interesse nacional e de grande relevância para o setor elétrico, envolvendo elevada complexidade em termos científicos e/ou tecnológicos e baixa atratividade para investimento como estratégia empresarial isolada ou individual. Além disso, necessitam esforços conjuntos e coordenados de várias empresas e entidades executoras e grande aporte de recursos financeiros”*<sup>7</sup>.

Dentre as três tecnologias mais citadas pelos entrevistados, a ANEEL realizou duas chamadas públicas para armazenamento e geração distribuída: (i) armazenamento: Chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 021/2016 – “Arranjos Técnicos e Comerciais para a Inserção de Sistemas de Armazenamento de Energia no Setor Elétrico Brasileiro”; e (ii) geração distribuída (solar): Chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 013/2011: Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira.

Não obstante, como mostram os resultados, a parceria com universidades ainda é pequena e restrita a

<sup>7</sup> Projetos de chamada estratégica da ANEEL. Disponível em:

[http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/-/asset\\_publisher/ahiml6B12kVf/content/temas-para-investimentos-em-p-d/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](http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/-/asset_publisher/ahiml6B12kVf/content/temas-para-investimentos-em-p-d/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: 20/02/2018.

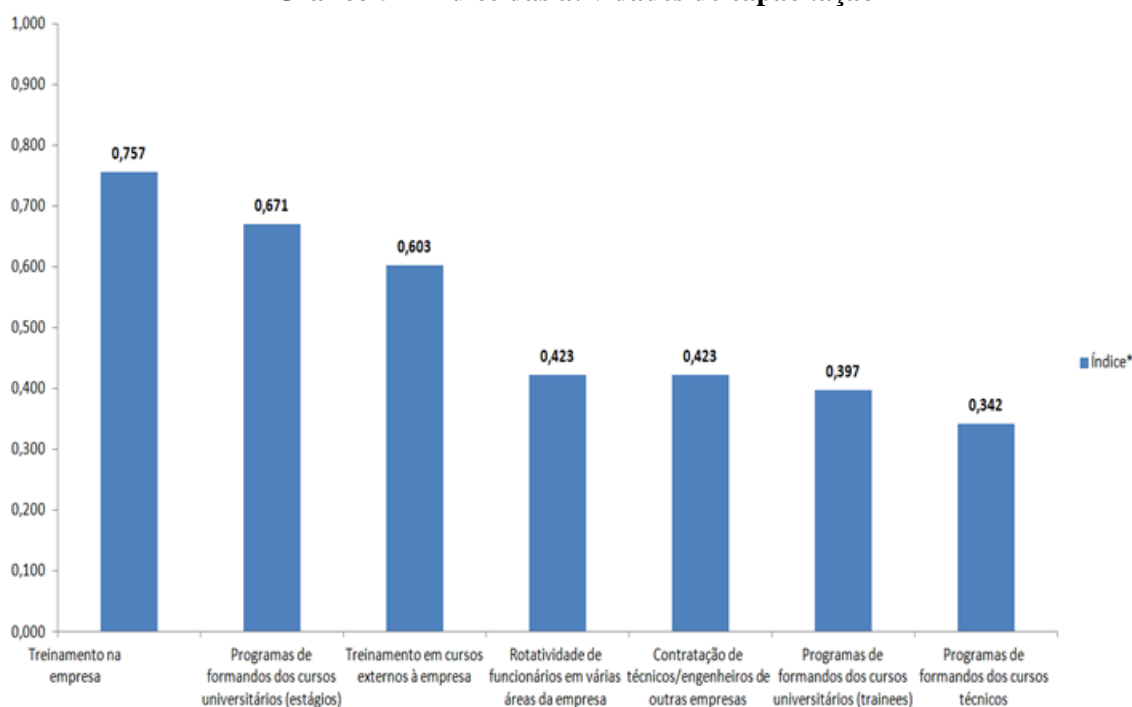
apresentação de resultados em eventos acadêmicos e publicação de *papers*. É preciso que o Programa adote uma visão mais sistêmica do processo e inovativo e desenvolva mecanismos para fortalecer as redes entre os diversos atores, permitindo o aprendizado interativo e a inovação aberta. Estes elementos são pré-requisitos para que as empresas do setor possam acompanhar e se adaptar às tendências tecnológicas apontadas no médio prazo e para que os conhecimentos gerados nas ICTs sejam melhor aproveitados.

#### 5.4. Capacitações

As atividades de capacitação de recursos humanos de maior importância, promovidas pelas empresas fornecedoras, foram treinamentos na empresa, programas de estágio e treinamentos externos à empresa. Verificou-se que 62,9% das empresas deram grau de máxima importância para treinamentos na empresa, e apenas 11,4% dos entrevistados disseram que treinamentos internos não tinham importância dentro de suas empresas.

Dentre as atividades de capacitação que receberam mais notas nulas (0), estão incluídos: os programas de formandos de cursos técnicos e de aperfeiçoamento profissional (51,5%) e de programas de *trainees* (45,7%). As empresas fornecedoras preferem investir seus recursos em capacitação de estagiários de cursos universitários para treiná-los e efetivá-los posteriormente no caso de desempenho satisfatório. O Gráfico 5 apresenta os índices das atividades de capacitação, que mostram a importância dos treinamentos dentro das empresas e de programas de estágios para as fornecedoras.

**Gráfico 5 – Índice das atividades de capacitação**



Fonte: Pesquisa de Campo

As empresas fornecedoras informaram as fontes que utilizaram para obter informações para aprendizado nos últimos três anos. As fontes de informação foram divididas em quatro categorias: (i) fontes internas; (ii) fontes externas; (iii) universidades e outros institutos de pesquisa; (iv) e outras fontes de informação. Dentre as quatro categorias, as fontes que as empresas fornecedoras citaram mais vezes com alta relevância foram: (i) área de P&D, com 61,8% atribuindo relevância alta – fonte interna; (ii) clientes, com 54,5% atribuindo relevância alta – fonte externa; (iii) universidades, com 48,5% atribuindo relevância alta. Com relação às outras fontes de informação, as empresas citaram também a alta relevância de conferências, seminários, cursos e publicações especializadas. Dentre as fontes internas de informação listadas, as menos relevantes para os entrevistados foram as áreas de *marketing* e de vendas. Das fontes externas de informação listadas, as menos relevantes para os entrevistados foram centros de capacitação profissional, de assistência técnica e de manutenção e instituições de testes, ensaios e certificações; respectivamente, 56,3% e 48,4% das empresas conferiram relevância nula para estas subcategorias.



Mais uma vez, verifica-se que as empresas valorizam bastante clientes e recursos internos em detrimento de parcerias com atores externos, a exemplo de centros de capacitação profissional e instituições de testes e certificação. A baixa importância de programas de formandos de cursos técnicos corrobora este quadro. É reforçada, portanto, a percepção de que as empresas desenvolvem majoritariamente inovações baseadas em questões técnicas pontuais a serem solucionadas junto a clientes e fornecedores. Consequentemente, inovações de maior impacto que necessitam da aplicação de conhecimento científico produzido por universidades e instituições de pesquisa são menos frequentes, o que constitui um desafio para o Programa de P&D da ANEEL.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo mostrou que as transformações pelas quais o setor elétrico vem passando demandarão ajustes na atual política nacional de fomento à inovação no setor. O principal instrumento desta política – o Programa de P&D da ANEEL – vem obtendo êxito no desenvolvimento de inovações, conforme observado pela pesquisa. Porém, a pesquisa também apontou que a utilização de inovações desenvolvidas no âmbito do Programa fica restrita aos seus desenvolvedores, uma vez que a taxa de introdução de inovações no mercado é irrisória. Os motivos pelos quais isto vem ocorrendo merecem mais estudos, mas pode-se adiantar a hipótese de que a limitada inserção de produtos no mercado decorre da própria natureza das empresas fornecedoras: ou são empresas pequenas extremamente especializadas que atuam em nichos – cujas inovações tecnológicas ficam retidas dentro das empresas proponentes de projetos de P&D que são seus clientes – ou são empresas grandes com pleno acesso a tecnologias internacionais e pouco interesse em desenvolver inovações no Brasil.

Os resultados indicam que apesar do Programa ser efetivo em estimular inovações no setor, grande parte delas está concentrada em produtos em detrimento de processos e mudanças organizacionais, que são relevantes para inovações em empresas de serviços. Além disso, verifica-se que as empresas interagem basicamente com clientes, fornecedores e outras empresas do setor, indicando que os projetos desenvolvidos são para resolver questões técnicas pontuais. A interação com universidades é pequena e restrita à publicação de artigos, o que reduz a possibilidade de desenvolvimento de inovações de maior impacto baseadas na aplicação de conhecimento científico. Este último ponto dificulta no médio prazo que as empresas possam se adaptar às tendências tecnológicas do setor elencadas pelos entrevistados. O Programa, portanto, tem como desafio elaborar mecanismos que estimulem a formação e fortalecimento de redes entre os diversos atores, sobretudo universidades, com objetivo de ampliar o impacto das inovações produzidas, fazendo com que estas cheguem efetivamente ao mercado e assim tenham capacidade de estimular a geração de conhecimento no setor.

Em síntese, cabe observar que o Programa de P&D da ANEEL vem fomentando pesquisa e desenvolvimento de soluções tecnológicas pontuais, ficando aquém do seu objetivo maior que é fomentar inovações. A natureza sistêmica da inovação coloca a necessidade de geração de conhecimento tecnológico através de redes de conhecimento e de difusão deste conhecimento através da colocação de novos produtos e processos no mercado. A limitada difusão do conhecimento gerado pelo Programa coloca a necessidade de ajustes que se fazem urgentes dada à natureza das transformações pelas quais o setor vem passando.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 29/08/2017. 2017.

BARDIN, L. *L'Analyse de contenu*. Ed: Presses Universitaires de France, 1977.

BELL, M; FIGUEIREDO, P. *Building Innovative Capabilities in Latecomer Emerging Market Firms: Some Key Issues*. In: *Innovative Firms In Emerging Market Countries*, cap. 2. Oxford University Press.

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, PERMISSONÁRIAS E AUTORIZADAS DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.* Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9991.htm](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, Nivalde de; DANTAS, Guilherme. *Políticas Públicas para Redes Inteligentes.* Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais, 2016. p. 49-80.

CASTRO, N.; DANTAS, G (Org.). *Políticas Públicas para Redes Inteligentes.* Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais, 2016.

CASTRO, N. *et al. Desenvolvimento de Redes Inteligentes no Brasil: abordagem a partir da Perspectiva Multinível.* In: CASTRO, Nivalde de; DANTAS, Guilherme. *Políticas Públicas para Redes Inteligentes.* Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais, 2016. p. 159-194.

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

CHESBROUGH. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology.* Boston, Mass: Harvard Business School Press, 2003.

DANTAS, G; CASTRO, N; BRANDÃO, R; ROSENTAL, R; LAFRANQUE, A. *Prospects for the Brazilian electricity sector in the 2030s: Scenarios and guidelines for its transformation.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016.

DOSI, G. *The nature of the innovative process.* In: DOSI G. et al. (eds.). *Technical Change and Economic Theory.* Pinter Publishers. London, 1988. p. 221-238.

DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. *The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World.* Cornell University, INSEAD, and the World Intellectual Property Organization. Disponível em: [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2017.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017.pdf). 2017.

ERBER, F. *Inovação tecnológica na indústria brasileira no passado recente: uma resenha da literatura econômica.* Brasília, DF: CEPAL-Escritório no Brasil/IPEA, 2010. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 17).

ERGEG – EUROPEAN REGULATORS GROUP FOR ELECTRICITY & GAS. *Position paper on Smart grids – An ERGEG Public Consultation Paper, E09-EQS-30-04, 2009.*

ESTEVES, J. *et al. Smart Grid: Uma Visão da Regulação.* In: CASTRO, Nivalde de; DANTAS, Guilherme. *Políticas Públicas para Redes Inteligentes.* Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais, 2016. p. 105-128.

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

GALO, J.J.M; MACEDO, M.N.Q; ALMEIDA, L.A.L; LIMA, A.C.C. *Criteria for smart grid deployment in Brazil by applying the Delphi method.* Energy;70:605–11, 2014.

GOMES, F. A. F. *Gestão da inovação no setor elétrico em empresas atuantes no Brasil: uma abordagem pelo sistema setorial de inovação.* Dissertação (mestrado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa, 2017.

- IEA. International Energy Agency, 2014. *Technology Roadmap: Smart Grids*. IEA. Paris, 2011.
- IPEA. *Inovação tecnológica no SEB: uma Avaliação do Programa P&D Regulado pela ANEEL*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2011.
- 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.
- 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.
- \_\_\_\_\_. *Policy for innovation*. IN: HANUSCH and PYKA (eds.). *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*. Edgard Elgar Publishing Limited, 2007.
- METCALFE, S.; MILES, I (1997) *Services: Invisible Innovators*. In: CSLS Conference on Service Sector Productivity and the Productivity Paradox. April 11 - 12, 1997 Chateau Laurier Hotel Ottawa, Canada.
- OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação*. 3. ed. Paris: OCDE, 2005.
- ROSENBERG, N. *Perspectives on technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
- STOKES, D. *O quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica*. Tradutor: José Emílio Maiorino. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2005.
- TEECE, D. J.; PISANO, G. SHUEN, A. *Dynamic Capabilities and Strategic Management*. Strategic Management Journal vol.18 n.7, p.509-533, 1997.
- TEECE, D. J. *Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of sustainable enterprise performance*. Strategic Management Journal. 28: 1319–1350, 2007.
- \_\_\_\_\_. *Dynamic Capabilities: Routines versus Entrepreneurial Action*. Journal of Management Studies 49:8, 2012.
- THIELMANN, R; LA ROVERE, R. L. *Políticas Públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação*. In: CASTRO, Nivalde de; DANTAS, Guilherme. *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, p. 1-12, 1995.