

# **Avaliação de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento: influências e desafios do contexto do setor elétrico brasileiro**

**PEDRO XAVIER RODRIGUEZ MASSAGUER**

Department of Science and Technology Policy  
Institute of Geosciences - State University of Campinas (Unicamp)  
E-mail: pedromassaguer@ige.unicamp.br

**SERGIO LUIZ MONTEIRO SALLES-FILHO**

Department of Science and Technology Policy  
Institute of Geosciences - State University of Campinas (Unicamp)  
E-mail: monteirosalles@gmail.com

**ADRIANA BIN**

Faculty of Applied Sciences  
State University of Campinas (Unicamp)  
E-mail: adriana.bin@gmail.com

**CAMILA ZEITOUN**

Department of Science and Technology Policy  
State University of Campinas (Unicamp)  
E-mail: camila.zeitoun@gmail.com

**JANAINA PAMPLONA DA COSTA**

Department of Science and Technology Policy  
State University of Campinas (Unicamp)  
E-mail: jpamplonadacosta@gmail.com

**FLAVIO ARANTES**

Fundação do Desenvolvimento Administrativo  
E-mail: flarantes@gmail.com

**FÁBIO ROCHA CAMPOS**

Department of Science and Technology Policy  
Institute of Geosciences - State University of Campinas (Unicamp)  
E-mail: fabiorochacampos@gmail.com

## **Abstract**

The Brazilian National Energy Agency Research and Development (R&D) Programme enforces electrical concessionaries to invest 1% of their Net Operating Income in local R&D activities. The main aim of the Programme is to foster the engagement of actors involved in electricity generation, transmission and distribution in innovation activities as a mean to supersede technological challenges through their greater interaction with electrical machinery and equipment suppliers, universities and research centres. It becomes crucial that electrical concessionaries foster a strategic management capacity in relation to their R&D investments in the scope of the Programme. An appropriate evaluation of projects, ex-ante and ex-post targeting prioritization, can be a powerful tool to direct the area of R&D investment and not waste significant resources to expand the innovative effort on the electricity sector. This study aims to discuss three issues: i) firstly, the background in which the Brazilian electrical sector has been developed; ii) secondly, the main features that influence the innovation dynamics in this sector; and iii) thirdly, how i) and ii) pose methodological challenges in the creation of an evaluation system aiming the R&D projects of electrical concessionaries. Hence, we propose a new approach to evaluate their projects. The approach employs specific dimensions of analysis that must be considered when evaluation metrics are developed for prioritization and measurement of R&D outputs.

## **Resumo**

O Programa de Pesquisa & Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica do Brasil determina que as empresas concessionárias do serviço público de energia invistam 1% da Receita Operacional Líquida em atividades de Pesquisa e Desenvolvimento. O objetivo é engajar os agentes de geração, transmissão e distribuição de energia em atividades de inovação que lhes permitam enfrentar os desafios tecnológicos, por meio de uma interação maior com a indústria de máquinas e equipamentos elétricos e as universidades e centros de pesquisa. Deste modo, torna-se crucial o estabelecimento de ações voltadas a uma gestão estratégica dos recursos investidos. Uma adequada avaliação de projetos, visando sua priorização, pode ser um instrumento poderoso para direcionar a área de P&D das empresas e não desperdiçar recursos expressivos de ampliação do esforço inovador no setor elétrico nacional. Nesse sentido, o trabalho propõe uma discussão das características do contexto do setor elétrico brasileiro e dos elementos que influenciam a dinâmica da inovação no setor, e que se configuram como desafios à construção de uma metodologia de avaliação. Propõe-se, ainda, dimensões de análise que devem ser consideradas na composição de um sistema de métricas de avaliação para priorização e aferição de resultados de P&D.

## 1. Introdução

Os estímulos às atividades de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (P,D&I) é tema recorrente na agenda de discussão a respeito das políticas públicas voltadas à competitividade do setor produtivo brasileiro. No caso do setor elétrico, esse esforço resultou na promulgação da Lei 9.991/2000, que instaurou o Programa de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e determinou que as empresas concessionárias do serviço público de energia elétrica realizassem investimentos mínimos em atividades de P&D.

O objetivo do programa foi engajar os agentes do segmento em atividades de inovação que lhes permitam enfrentar seus desafios tecnológicos e de mercado através da formação de uma rede de pesquisa envolvendo: i) as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia; ii) a indústria de máquinas e equipamentos elétricos; e iii) universidades e centros de pesquisa.

Desde o início do programa, houve razoável evolução no fortalecimento do relacionamento entre institutos de pesquisa, universidades e concessionárias de energia na execução dos projetos de pesquisa. No entanto, no que tange à promoção da inovação, as concessionárias e a ANEEL ainda carecem de amadurecimento no direcionamento de seus esforços. Essa carência é verificada principalmente pela baixa relação entre a indústria de máquinas e equipamentos elétricos (principais fornecedores do setor) e as concessionárias de energia na execução dos projetos, assim como pelo baixo índice de comercialização e/ou utilização pelas próprias empresas dos produtos advindos das atividades de P&D, dado o montante de recursos alocados (aproximadamente R\$ 3 bilhões desde o início do programa) (IPEA, 2012, POMPERMAYER, 2011).

Esta carência decorre da complexidade do ambiente no qual as atividades de P&D são realizadas, o que impõe desafios para o estabelecimento de uma metodologia de priorização e avaliação de projetos de P&D, objeto este manuscrito. Dentre os elementos que compõe a complexidade deste ambiente destacam-se: i) a dinâmica inovativa da indústria de energia elétrica; ii) os reflexos da regulação tarifária e das atividades de P&D sobre a conduta das concessionárias e sobre as atividades inovativas; iii) a competição entre diferentes alternativas tecnológicas, em patamares de desenvolvimento diferenciados e atores distintos; iv) as especificidades ligadas às inter-relações das diferentes classes de atores envolvidos nas atividades de pesquisa e inovação no setor (concessionárias de energia, universidades, centros de pesquisa públicos e privados e indústria de máquinas e equipamentos elétricos). Deste modo, verifica-se a necessidade de se pensar metodologias de priorização e avaliação de projetos de P&D capazes de considerar o desenvolvimento tecnológico e seus impactos.

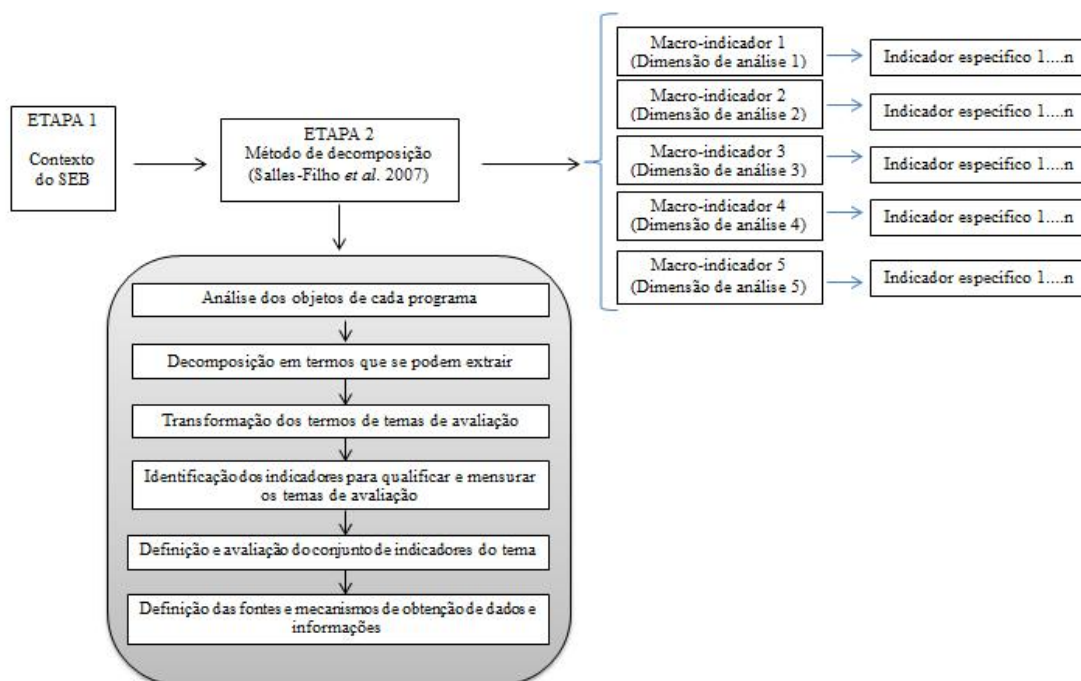
Neste contexto, o presente trabalho busca analisar as influências e desafios na priorização e avaliação de projetos de P&D no contexto do setor elétrico brasileiro (SEB). Além disso, com base na análise setorial, definir as dimensões que irão pautar esta análise.

O método empregado incorpora duas etapas. A primeira baseia-se numa análise setorial composta por quatro estudos realizados com base em documentos e relatórios sobre o setor, mídia impressa e trabalhos acadêmicos. Os estudos foram realizados com o intuito de ampliar e aprimorar o conhecimento da equipe sobre a dinâmica setorial de inovação tanto da indústria elétrica como também do setor elétrico brasileiro, embasando assim, o delineamento das diferentes dimensões de priorização e avaliação das propostas de projetos de P&D.

- **Estudo 1** - objetivo: a definição, histórico e características do setor elétrico nos mais importantes contextos da estrutura político-econômica de países comparados (Canadá, Índia, Alemanha).
- **Estudo 2** - objetivo identificar, para o setor elétrico brasileiro, os atores principais e seus papéis na estrutura funcional, dados os desafios que ele encontra/encontrará no horizonte de 10 e 20 anos nos macro-segmentos G (Geração) - T (Transmissão) - D (Distribuição) - C (Comercialização) - UF (Uso Final) - MG (Micro-Geração).
- **Estudo 3** – objetivo: analisar os processos de financiamento, operação e retorno de investimentos no setor.
- **Estudo 4** – objetivo: a caracterização do sistema setorial de inovação, de como se configuram as atividades de P&D e inovação no setor, levando em conta as cadeias produtiva, inovativa e de valor.

A segunda etapa volta-se a análise das conclusões do estudo setorial e através do método de decomposição (SALLES-FILHO *et. al.* 2007) busca identificar os principais indicadores voltados a priorização e avaliação de projetos de P&D no SEB, conforme sugerido no diagrama abaixo (Figura 1). A discussão esta dividida em duas partes. A primeira é composta por duas seções que apresentam uma revisão sobre o marco regulatório recente do SEB com foco na regulação das atividades de P&D e a dinâmica inovativa da indústria de energia. A segunda parte, sob a ótica de uma nova institucionalidade para as atividades de P,D&I, discute a metodologia utilizada. Além disso, são apresentadas as diferentes dimensões de análise propostas para a avaliação de projetos de P&D. O intuito é de contribuir com os diferentes esforços que já vem sendo empreendidos no setor, voltados à construção de metodologias de avaliação de projetos de P&D. Por fim, a seção 4 apresenta as considerações finais do trabalho.

**Figura I - Método de decomposição**



Fonte: Elaboração própria, baseado em Salles-Filho *et. al.* (2007)

## **2. P&D no Setor Elétrico Brasileiro (SEB): histórico recente**

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) nasce e se estrutura calcado na atuação e regulação do Estado, seja por conta das grandes obras de engenharia, caracterizadas por longo período de retorno, seja por conta dos desafios tecnológicos a serem superados. Com a liberalização do mercado de energia e a concessão de segmentos do SEB para a atuação do setor privado nos anos 1990 é criada a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica no país. Apesar da abertura do setor a novos empreendimentos, historicamente controlado pelo setor público, a iniciativa privada não se interessou em fazer novos investimentos.

No caso da geração hidroelétrica, por exemplo, custos ambientais crescentes por conta de uma legislação ambiental rigorosa tornava a aquisição de ativos existentes mais atrativa do que a realização de novos empreendimentos. Somam-se a isso ainda o ambiente de incerteza quanto ao processo jurídico de aprovação dos novos empreendimentos, que cria aversão ao risco por parte da iniciativa privada; a busca pela maximização do valor das vendas das empresas estatais, que não garante o investimento futuro; e o planejamento da expansão calcado primordialmente na atuação do capital privado torna-se insuficiente, culminando no desequilíbrio entre oferta e demanda e consequente racionamento de energia em 2001.

Sendo a crise energética de 2001 um reflexo da falta de planejamento de longo prazo do SEB, as políticas ao longo dos anos 1990 se voltaram à segurança de abastecimento e à redução da dependência de combustíveis fósseis, implicando maior participação regulatória do Estado no setor. Neste sentido, é promulgada a Lei 9991/2000, que instaura o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da ANEEL.

É importante ressaltar, conforme será discutido mais profundamente no próximo item, que as atividades de P&D representam um dos fatores chave da dinâmica de evolução dos serviços de geração de energia e fornecimento de eletricidade. Estas atividades são majoritariamente conduzidas pelos fornecedores de máquinas e equipamentos elétricos, em sua maioria empresas multinacionais. A atividade de P&D influencia diretamente as interações entre os agentes, os processos de aprendizagem, o desenvolvimento tecnológico e a aquisição de novas competências, sendo essencial para a introdução e difusão de inovações no setor. Outro elemento importante são as instituições governamentais e suas possibilidades de ações de coordenação. A ação governamental seria capaz de influenciar os elementos que condicionam a intensidade e direção dos processos de inovação, de suportar a pesquisa pública, promover a cooperação e o intercâmbio com a pesquisa privada e desenvolver formas de financiamento para as atividades de P&D (DEFEUIELLY & FURTADO, 2000).

A criação do programa de P&D da ANEEL parte destas premissas e se encaixa nesse papel devido à necessidade de manutenção das iniciativas de infraestrutura de P&D materializadas principalmente no papel do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Assim, a criação do programa estaria alicerçada na premissa da atividade de P&D associada com ações de coordenação governamentais como fundamentais para a inovação no setor.

Assim, o objetivo do programa foi engajar os agentes do setor em atividades de pesquisa e desenvolvimento que lhes permitam enfrentar seus desafios tecnológicos e de mercado através da formação de uma rede de pesquisa envolvendo: i) as empresas de geração,

transmissão e distribuição de energia; ii) a indústria de máquinas e equipamentos elétricos; e iii) as universidades e centros de pesquisa. A premissa do órgão regulador é de que, por meio de um arranjo que estimulasse a capacitação tecnológica nacional voltada ao setor elétrico, poderiam advir ganhos para o usuário final por meio de modicidade tarifária.

O programa de P&D da ANEEL estabelece um encargo tarifário de forma que 1% da Receita Operacional Líquida (ROL) de cada concessionária seja destinado a atividades de P&D, programas de eficiência energética (PEE), Fundo Nacional de Ciência e Tecnologia (FNDCT) especificamente o fundo setorial de energia (CTEnerg) e Ministério de Minas e Energia (MME) (ANEEL, 2008). O financiador desse programa é o consumidor (por meio do pagamento de energia) e o programa é regulado pela ANEEL, embora administrado pelas concessionárias do setor. Estão isentos da contribuição aquelas empresas que geram energia exclusivamente a partir de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), biomassa, cogeração qualificada, usinas eólicas ou solares.

Os projetos podem ser desenvolvidos pelas próprias empresas, cooperativamente entre duas ou mais empresas, com instituições públicas ou privadas de ensino e/ou de pesquisa, bem como com empresas de consultoria e fabricantes de materiais e equipamentos. Estas últimas devem atuar como instituição parceira (ANEEL, 2008).

Desde a sua promulgação a lei vem sofrendo alterações como, por exemplo, no que concerne à divisão dos recursos a serem aplicados em P&D e eficiência energética. O Quadro I apresenta a atual distribuição do percentual destinado à P&D, PEE, FNDCT e MME com vigência até 2015, e a divisão percentual de recursos prevista para ser implementada a partir de 2016.

#### **Quadro I - Distribuição percentual dos recursos destinados às atividades de P&D e eficiência energética**

Segmento	Lei 12.212/2010 (alterou incisos I e III do art. 1º da 9.991/2000)							
	Vigência: 21/01/2010 a 31/12/2015				A partir de 1º/01/2016			
	P&D	PEE	FNDCT	MME	P&D	PEE	FNDCT	MME
<b>D</b>	0,20	0,50	0,20	0,10	0,30	0,25	0,30	0,15
<b>G</b>	0,40		0,40	0,20	0,40		0,40	0,20
<b>T</b>	0,40		0,40	0,20	0,40		0,40	0,20

G, T, D: geração, transmissão, distribuição.

Fonte: ANEEL, 2012.

O Programa de P&D da ANEEL também determina que, dos recursos obrigatoriamente destinados à P&D, 40% deverão ser aplicados diretamente pelas empresas do setor elétrico em projetos de seu interesse. É responsabilidade da ANEEL definir as condições para a execução das pesquisas e acompanhar e avaliar seus resultados. Para isso, a agência estabelece as diretrizes e orientações que regulamentam a elaboração de projetos de P&D por meio do Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica. Desde a aprovação da lei que estabelece o programa, vigoraram quatro versões do manual.

É importante ressaltar que o último manual da ANEEL que estabelece as regras para a aplicação dos recursos de P&D, que data de 2008, representa uma mudança substancial no modelo regulatório praticado pela ANEEL. A principal mudança é o processo de aprovação dos projetos, que deixa de ser *ex-ante* e passa a ser *ex-post*, dando assim maior ênfase aos resultados em detrimento dos processos e aumentando o risco regulatório. O

fluxo de submissão de projetos também se tornou contínuo ao invés de anual. Além disso, novas categorias de resultado das pesquisas foram incorporadas pelo programa que até então contava apenas com as categorias: pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. A inclusão das categorias de cabeça-de-série, lote pioneiro e inserção no mercado teve o objetivo de incentivar projetos mais voltados para a inovação. Assim, os projetos também passaram a ser analisados sob a ótica de possibilidades de ganhos através de sua inserção no mercado.

A partir da nova regulamentação, o reconhecimento do investimento passa a ocorrer somente após a avaliação dos resultados dos projetos e da comprovação dos gastos realizados. A principal motivação para a mudança é a otimização dos investimentos, tornando mais ágil o início da execução dos projetos. Até então, devido à necessidade de aprovação prévia por parte da ANEEL, o início era marcado por atrasos resultantes do processo de avaliação por parte da agência. Assim, é importante destacar que a regulamentação das atividades de P&D e particularmente estas novas mudanças são elementos que trazem ainda maior protagonismo para o tema da avaliação uma vez que se trata de uma prerrogativa institucional que deve ser levada em conta por parte das concessionárias de energia elétrica do setor na confecção de suas estratégias de P&D. O Quadro II apresenta o número de projetos e recursos alocados no período entre 1998-2012 pelo programa de P&D da ANEEL.

#### **Quadro II - Número de projetos e recursos alocados 1998-2012 pelo programa de P&D da ANEEL.**

Projetos Plurianuais com início até o ciclo 2006/2007 (Res nº 219/2006 e anteriores)				Projetos de P&D de temas prioritários regidos pela Res. Normativa nº 316/2008		
Ciclo	Número de Empresas	Projetos <sup>1</sup>	Recursos (R\$) <sup>2</sup>	Ano de submissão à Aneel	Quantidade de projetos	Custo Estimado do projeto (R\$)
1998/1999	13	63	12.899.198,00	Res. 219/2006 e anteriores		
1999/2000	43	164	29.744.579,18			
2000/2001	67	439	113.304.660,35			
2001/2002	72	535	156.226.300,86			
2002/2003	101	672	198.801.240,00			
2003/2004	81	602	186.974.737,70			
2004/2005	96	600	191.681.208,67			
2005/2006	143	917	352.224.605,86			
2006/2007 <sup>3</sup>	91	647	336.754.621,17			
2007/2008	42	-	81.051.134,95		2008	34
2008/2009	12	-	9.078.386,89	2009	292	430.143.365,00
2009/2010	1	-	29.940,00	2010	571	886.319.685,63
				2011	462	839.441.722,95
				2012	128	284.555.438,61
Total	762	4.639	1.668.770.613,63	Total	897	1.360.729.036,99

<sup>1</sup> Somente projetos novos

<sup>2</sup> Total de investimentos no ciclo, o que inclui as continuidades de projetos iniciados em ciclos anteriores

<sup>3</sup> Dados parciais (programas ainda em avaliação)

Fonte: ANEEL, 2012.

Os Projetos desenvolvidos sob a égide da Resolução Normativa nº 316, de maio de 2008 somente serão reconhecidos após a sua conclusão, quando serão avaliados pela Aneel

### **3. A dinâmica da inovação na indústria de energia e no SEB: principais elementos**

Esta seção tem o objetivo de analisar os diferentes elementos que configuram e influenciam a dinâmica da inovação no SEB. Para tanto, foi dividida em dois tópicos. O primeiro busca analisar elementos relacionados à dinâmica inovativa da indústria de energia elétrica de forma ampla, discutindo como estes elementos se relacionam com a criação, uso, difusão e apropriação de conhecimentos e processos de aprendizagem específicos (Malerba, 2002). Já o segundo item analisa características do sistema de inovação setorial elétrico brasileiro e as influências do mecanismo de regulação tarifária sobre a demanda de projetos de P&D no SEB.

#### **3.1. A dinâmica da inovação na indústria de energia: principais elementos**

O setor de energia elétrica é fortemente caracterizado como *supplier-dominated* (PAVITT, 1984), em que o desenvolvimento de novas tecnologias do setor é realizado majoritariamente por fornecedores de equipamentos de geração de energia elétrica (JACQUIER-ROUX & BOURGEOIS, 2002), empresas estas multinacionais e globalizadas. Esta característica do setor limita o desenvolvimento tecnológico a ser realizado por seus usuários, que recorrem mais a fontes externas de inovação do que a pesquisa e desenvolvimento realizados internamente. Ademais, quando a interação entre usuários e fornecedores ocorre para a realização de pesquisa e/ou desenvolvimento colaborativo, a questão da proximidade geográfica entre este dois atores pode ser relevante, tornando-se um fator importante (e muitas vezes limitante) para usuários e desenvolvedores de tecnologias complementares que estão baseados em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil (FURTADO, 2003).

Outro elemento importante do setor de energia elétrica é sua forte característica de *path dependence* e aprisionamento tecnológicos (DAVID, 1994). Isto é, tecnologias altamente difundidas dominam o desenvolvimento de novas tecnologias, pois o custo de mudança de paradigma tecnológico (DOSI, 1982) se mostra muito alto (FOXON, 2002).<sup>1</sup> Isso ocorre não somente pelos altos riscos financeiros relacionados ao desenvolvimento de novas tecnologias por parte de empreendedores, mas também pelo risco em mudanças regulatórias/institucionais e pela forte aversão ao risco por parte dos consumidores. Estes, normalmente dão preferência ao uso de tecnologias bem difundidas, e tendem a evitar a migração para o uso de novas tecnologias porque frequentemente não sabem avaliar a eficiência da nova tecnologia que está em fase inicial de difusão e não querem incorrer em possíveis custos maiores de consumo.

Uma outra característica relevante do setor é a organização da sua cadeia inovativa, compreendendo: 1) pesquisa e desenvolvimento (P&D), atividades estas normalmente realizadas em laboratórios industriais ou em universidades; 2) demonstração (Dem), quando o produto piloto é testado para sua inserção no mercado; 3) difusão inicial, quando os produtos costumam ser lançados por empresas orientadas para a comercialização; e 4) difusão generalizada, quando as empresas normalmente competem sem suporte e dentro de um amplo contexto regulatório (HOLDREN, 2003; GROSS *et al.*, 2005).

---

<sup>1</sup>ROGGE e HOFFMANN (2010) discutem que o *lock-in* tecnológico do setor de energia elétrica está relacionado a grandes sistemas tecnológicos que evoluem vagarosamente, já que o ciclo de vida dos equipamentos para a geração de energia elétrica varia de 20 a 90 anos.



Conforme mencionado acima, o desenvolvimento de tecnologias no setor de energia elétrica é dominado por fornecedores, sendo seus principais atores empresas multinacionais (MNs) localizadas em países de economia desenvolvida (FURTADO, 2008; ROGGE & HOFFMANN, 2010). Desta forma, percebe-se que as atividades mais complexas da cadeia inovativa do setor pesquisa, desenvolvimento e demonstração (P,D&Dem) estão relacionadas às etapas superiores da cadeia produtiva e da cadeia de valor, e não são normalmente realizadas em países de economias em desenvolvimento (como é o caso do Brasil).

Essa questão torna-se importante para o entendimento do papel das empresas operadoras de energia atuantes nestes países uma vez que estas empresas tendem a estar à margem das atividades de P,D&I de fronteira do setor de energia elétrica. A relação usuário-fornecedor geograficamente distante explica em grande medida esta marginalidade de economias em desenvolvimento, podendo trazer implicações negativas às empresas de geração, transmissão, distribuição e comercialização (GTD) nestes países (principais usuárias de tecnologias desenvolvidas pelos fornecedores), como por exemplo, um baixo aproveitamento de *spillover* tecnológicos relacionados à capacitação tecnológica dos fornecedores.

### **3.2. A dinâmica de inovação no SEB: principais elementos**

No caso do Brasil, deve-se considerar também condições específicas que podem favorecer o desenvolvimento tecnológico de empresas, tais como a capacitação tecnológica local e a capacidade local de produção industrial (BELL & PAVITT, 1993). Tais condições são relevantes para o entendimento do papel das operadoras de energia baseadas em países como o Brasil, assim como sua posição na cadeia de valor global do setor.

No caso do SEB, durante a década de 1990 houve uma intensa reconfiguração do SEB resultante da globalização e desregulamentação do setor em países desenvolvidos (RAMOS-REAL *et al.*; FURTADO, 2010; SILVESTRE, HALL *et al.*, 2010; RAMOS-REAL *et al.*, 2011).<sup>2</sup> Houve, desde então, um grande número de fusões e aquisições das grandes multinacionais atuantes no setor, uma redução dos gastos públicos e privados direcionados para as atividades de pesquisa e desenvolvimento (WIESENTHAL, LEDUC *et al.*, 2012) e um significativo aumento das patentes dos fornecedores de equipamentos de geração de energia elétrica, tendo como contrapartida um decréscimo destes gastos por parte das operadoras (JACQUIER-ROUX & BOURGEOIS, 2002).

Com relação à inovação realizada no setor de energia elétrica brasileiro, especificamente o segmento de máquinas e equipamentos elétricos, encontra-se na pesquisa de inovação do IBGE (PINTEC), para os anos de 2006-2008, que as empresas fornecedoras deste segmento são os principais atores inovadores de produto e, em sua maioria, o grau de novidade representava inovações para a empresa; ou seja, dentro dessa amostra, trata-se mais bem de modernizações, ou, no melhor dos casos, de inovações incrementais. As inovações de processo foram realizadas majoritariamente por outras empresas ou institutos de pesquisa, seguindo a mesma dinâmica das inovações de produto (PINTEC, 2010).

Ainda que a inovação do setor não se tenha mostrado de fronteira, percebe-se um aumento substancial na produção do conhecimento relacionado ao setor no país, principalmente dos atores filiados ao sistema acadêmico de universidades públicas brasileiras e situados nas

---

<sup>2</sup> Segundo FURTADO (2010: 18) a reforma institucional do setor de energia elétrica brasileiro foi bastante inspirada no modelo britânico de desverticalização e privatização do setor.

regiões sudeste e sul do país. No período anterior a 1997 (quando houve mudança na legislação do SEB) encontravam-se 65 grupos de pesquisa cadastrados no país que desenvolviam algum tipo de conhecimento relacionado ao setor, em 2011 este número aumentou para 311.

Apesar do aumento da produção do conhecimento relacionado ao setor, dados sobre projetos completados dentro de dois ciclos de P&D ANEEL (2006/2007 e 2007/2008) evidenciam que apesar de se ter encontrado um total de 261 organizações participantes como executoras de projetos do P&D ANEEL, a grande maioria é representada por universidades e organizações de pesquisa, fundações e centros de pesquisa públicos e privados, revelando que praticamente todo o valor financiado foi executado extra-muros das empresas e em sua maioria em organizações de pesquisa e não em empresas capazes de alcançar o desenvolvimento de produtos e processos em escala comercial.

Com exceção da cadeia de transmissão, em que a origem do capital das empresas selecionadas é toda nacional, os outros segmentos têm forte presença de capital internacional. Este dado indica dois pontos importantes. O primeiro é que as empresas de capital internacional podem, em tese, facilitar a interação das empresas baseadas no Brasil com parceiros internacionais. Entretanto, sabe-se que a distância geográfica pode ser um impedimento para que tais interações ocorram, além do fato de que a criação de redes de conhecimento exigirem um horizonte de longo prazo.

O segundo ponto se refere à apropriação (e absorção) por parte das empresas estrangeiras do conhecimento desenvolvido localmente ao longo das últimas décadas. A formação da capacitação tecnológica em um determinado setor requer um investimento de longo prazo (TEECE & PISANO, 1994) e, mesmo contendo um alto teor de conhecimento tácito, a compra de empresas nacionais por capital estrangeiro sugere que a apropriação do conhecimento acumulado no setor está deixando de ser realizada exclusivamente por capital nacional. Além disso, considerando-se que as principais atividades de P,D&I do setor ocorrem em países desenvolvidos, existe a possibilidade destas atividades até então realizadas localmente passarem por um *downgrading* (isto é, processo de diminuição da complexidade das atividades), movimento este já ocorrido em outras indústrias que passaram por processos de liberalização e privatização como, por exemplo, a indústria de telecomunicações (SZAPIRO, 2003).

Considerando-se o contexto descrito acima, encontram-se alguns obstáculos presentes no SEB que devem ser levados em conta para estratégias corporativas de P&D assim como a avaliação que auxilie na priorização de projetos que estejam alinhados a tais estratégias. Neste sentido destacam-se os seguintes aspectos:

i) O arranjo institucional do SEB mostra algumas fraquezas para a evolução virtuosa do sistema setorial de inovação no país, já que se encontra uma pluralidade de atores dotados de grande autonomia, o que acarreta uma indefinição dos papéis a serem desempenhados dentro do sistema por cada um dos atores. A principal consequência dessa indefinição é o surgimento de problemas de coordenação do atual arranjo institucional, afetando o caráter sistêmico do setor.

ii) Quanto ao desenvolvimento tecnológico local, a principal fraqueza do sistema é a dependência de tecnologia desenvolvida por fornecedores estrangeiros, já que o desenvolvimento tecnológico do setor é dominado por fornecedores. Outra fraqueza relacionada à capacitação tecnológica do setor é a falta de diretrizes tecnológicas que possibilitem o posicionamento dos atores dentro da cadeia inovativa, tanto para as novas

fontes alternativas, como para as fontes tradicionais de geração de energia, assim como incentivos que proporcionem a entrada de atores locais em vários pontos da cadeia de valor.

iii) Com relação à interação entre os principais atores do sistema, percebe-se que há um elevado grau de concentração de recursos humanos mais qualificados na academia, o que demonstra não somente uma baixa capacidade da indústria de absorver a mão-de-obra especializada no setor, mas também uma baixa capacidade da formação de redes de conhecimento sobre o setor. Isso porque se sabe da importância da interação das comunidades do setor privado (parte formada por ex-alunos universitários) e acadêmico para a formação de redes de conhecimento que favorecem o desenvolvimento tecnológico.

iv) No caso da governança na formulação da política para o setor, há baixa participação dos *stakeholders* na formulação das políticas, encontrando, desta forma, um caráter indicativo do planejamento governamental para o setor, em que se pressupõe que os atores irão aderir aos incentivos criados para o fortalecimento setorial. Não menos importante, o risco de mudança regulatória possivelmente resultante de mudanças de governo associada a questões políticas é uma ameaça à evolução do sistema setorial.

Além dos elementos relacionados à dinâmica de inovação da indústria elétrica e das fraquezas do sistema setorial elétrico brasileiro merece atenção a influência do atual modelo de regulação tarifária sobre a demanda de projetos de P&D no SEB e, conseqüentemente, sobre a dinâmica inovativa do setor. No caso do SEB, foram desenvolvidos três modelos básicos de tarifação: tarifação pelo custo do serviço (historicamente adotado no Brasil), tarifação com base no custo marginal e tarifação baseada no preço-teto (*price-cap*). Ao final da década de 90 a ANEEL substituiu o modelo de regulação tarifária do custo do serviço pelo modelo tarifário conhecido como do “preço-teto”. Neste modelo, é fixado o valor máximo da tarifa depois de estabelecida uma premissa de receita requerida por parte da concessionária.

Este mecanismo define um preço-teto para os preços médios da concessionária de distribuição, corrigido de acordo com a evolução de um índice de preços ao consumidor, o *Retail Price Index* (RPI), menos um percentual equivalente a um fator X de produtividade, para um período prefixado de anos. A revisão tarifária periódica ocorre de quatro em quatro ou cinco em cinco anos, dependendo do contrato de concessão, e compreende duas etapas: o reposicionamento tarifário (RT) e a determinação do Fator X. O reposicionamento tarifário estabelece o nível de custos operacionais eficientes e a justa remuneração do capital investido. O Fator X representa o mecanismo de repasse dos ganhos de produtividade e eficiência das distribuidoras aos consumidores através de uma redução no índice de reajuste das tarifas, característica usual da regulação por incentivos do tipo *Price-Cap*.

No Brasil, o segmento de distribuição de energia elétrica é regulado pelo tipo “*Price Cap with cost pass through*”, onde os custos que estão fora do controle da concessionária são repassados na tarifa anualmente entre os períodos de revisão tarifária. Os custos das concessionárias são divididos em dois grupos: o primeiro denominado “parcela A”, representa os custos não gerenciáveis como a compra de energia, custos de transmissão e encargos tarifários, e é repassado diretamente aos consumidores. A “parcela B” representa os custos gerenciáveis da concessionária, custos operacionais, depreciação e remuneração do capital. Já no segmento de transmissão de energia elétrica, tem-se um esquema de “*Revenue Cap*”, onde são limitadas as receitas totais das empresas. Ambas as regulações impõem restrições ao papel estratégico da P&D no desenvolvimento de tecnologias

reduzoras de custos, uma vez que possíveis ganhos de eficiência são absorvidos no processo de revisão tarifária no intuito de proporcionar modicidade tarifária ao usuário final.

Assim, destaca-se que a atual sistemática de regulação econômica por preço teto adotada para os consumidores cativos das distribuidoras de energia elétrica não estimula a realização de programas de eficiência energética, nem a proposição de novas tarifas horosazonais ou de fornecimentos interruptíveis, já que todas estas alternativas, se tiverem sucesso, podem reduzir as vendas e/ou as receitas das concessionárias, o que tende a diminuir seus lucros no médio prazo.

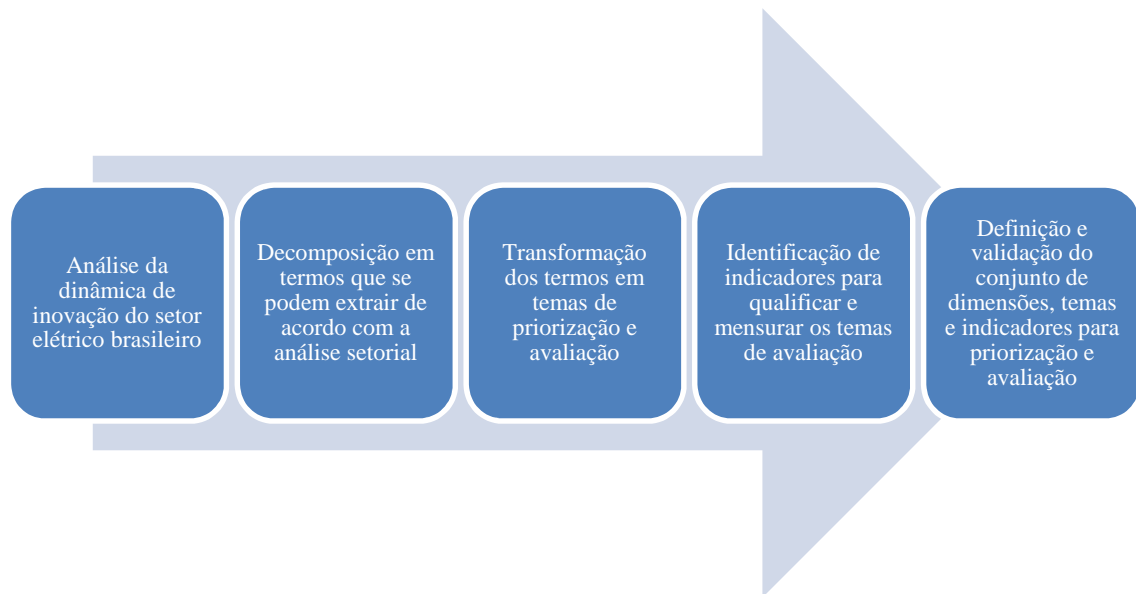
Em geral, no que tange os segmentos de transmissão e distribuição, os projetos de P&D podem contribuir principalmente nos aspectos regulatórios relacionados aos padrões de qualidade do serviço prestado, o que implica numa atuação limitada relacionada à melhoria dos processos de operação e manutenção. A apropriação dos ganhos de eficiência é permitida entre os períodos de revisão tarifária. No caso do segmento de geração, os ganhos obtidos com projetos de P&D podem ser absorvidos pelas geradoras, principalmente os projetos relacionados a tecnologias que reduzem o custo da geração e possibilitam redução no valor da energia que será ofertada nos leilões voltados a licitações de novos empreendimentos. Dentre os projetos de P&D que podem gerar ganhos capazes de serem apropriados pelas concessionárias de energia, destacam-se aqueles voltados para o segmento de comercialização, especificamente os processos de operação e metodologias de comercialização.

#### **4. Dimensões de análise para o caso do SEB**

A priorização e avaliação das atividades de P&D constituem-se como um desafio metodológico devido ao seu caráter em grande parte das vezes coletivo, de elevada indeterminação quanto aos produtos e conhecimentos gerados e sujeito a elementos imponderáveis que, ao longo do seu desenvolvimento, podem fazer com o que os resultados alcançados sejam diferentes daqueles originalmente esperados. Neste sentido, um dos principais desafios relacionados à priorização e avaliação de projetos de P & D reside no desenvolvimento de um conjunto variado de dimensões de análise e seus respectivos indicadores. Tais indicadores devem ser aptos a representar as diferentes dimensões que se inter-relacionam e influenciam estas atividades, e capazes de incluir atores distintos, abrangendo resultados e impactos diretos e indiretos e, na medida do possível, capazes de mensurar múltiplas dimensões simultânea e integradamente, assim como de lidar com as questões de causalidade (Bach *et al*, 1992).

A metodologia utilizada tem como elemento fundamental a identificação de temas, indicadores e métricas para a avaliação capazes de apreender a diversidade dos impactos resultantes das atividades de P&D no contexto do SEB. Assim, trata-se de uma metodologia que combina ações dedutivas (por decomposição de objetivos) e indutiva (por discussão com atores envolvidos) com o objetivo de avaliar resultados e impactos em dimensões específicas ligadas à natureza dos projetos de P&D. Um esquema sintético da metodologia de decomposição é apresentado na figura a seguir (Figura II):

Figura II – Esquema do método de decomposição



Fonte: Adaptado de Salles-Filho et al. (2007)

A partir do estudo setorial, brevemente apresentado nas seções anteriores, partiu-se para a decomposição dos objetivos da priorização e avaliação. As dimensões de análise são as ideias principais que derivam dos objetivos caracterizados e que são capazes de revelar a extensão dos resultados e impactos deles esperados de acordo com o contexto no qual a atividade de P&D é desempenhada no SEB. Uma vez identificadas às dimensões, procede-se a um rearranjo dos mesmos em temas que os traduzam de forma mais concisa e consistente para fins de priorização e avaliação dos projetos de P&D. Não há uma regra fixa para esta conjugação de termos.

O agrupamento dos termos e a forma com que se pretende analisar as propostas de projetos P&D devem, na medida do possível, buscar o entendimento dos objetivos motivadores e das especificidades do objeto em avaliação. Deve também, levar em conta os objetivos da avaliação, prestação de contas, planejamento ou aprendizado interno. A finalidade última da identificação dos temas é, portanto, organizar o enfoque que se pretende com a priorização e avaliação de acordo com os elementos contextuais que influenciam a dinâmica de inovação do SEB.

Compreendidos, assim, o histórico da P&D e a dinâmica de inovação no SEB, bem como alguns dos elementos que tornam complexa a decisão sobre projetos de P&D a serem executados e a aferição de resultados advindos de tais projetos, apresenta-se a seguir uma proposta de dimensões sugeridas para a avaliação *ex-ante* e *ex-post* de projetos de P&D no setor: (i) Mercado; (ii) Aquisição de Competências; (iii) Interações e Parcerias; (iv) Regulação (institucional); e (v) Tecnologia<sup>3</sup>.

A ideia central é que a partir dessas dimensões seja possível avaliar *ex-ante* a pertinência e o potencial dos investimentos em P&D nos segmentos GTD. Da mesma forma, a avaliação *ex-post* deve atender a essas dimensões. De uma forma geral, não é possível falar em pertinência ou prioridade de um investimento em P&D em um cenário que não considere as características da estrutura de mercado, do modelo e aquisição de competências, das interações com parceiros, da regulação e das próprias perspectivas tecnológicas.

<sup>3</sup>Deve-se destacar que a construção de um sistema de avaliação que seja passível de aplicação pelas concessionárias do SEB requer o desenvolvimento de critérios específicos para o direcionamento da escolha dos projetos e para verificação de seus resultados. As dimensões aqui apontadas sinalizam aspectos relevantes para a definição de tais indicadores, que podem ser alvo de estudos e trabalhos futuros.

- Mercado: a análise da dimensão mercado está diretamente relacionada ao processo de liberalização da economia brasileira pós crise financeira do Estado e à desverticalização recente do (SEB) e seus impactos sobre as estratégias das concessionárias atuantes no mercado. Sendo assim, destaca-se que, através das reformas implementadas a partir de 2004, configura-se um mecanismo híbrido de mercado composto de dois ambientes de contratação de energia: um regulado (ACR) e um livre (ACL). Isto proporciona maior grau de liberdade para os grandes consumidores (livres e especiais), possibilitando, de forma inédita, novos padrões de concorrência. Desta forma, observa-se uma expansão do mercado livre, caracterizado pelo aumento do número de agentes atuantes, e impactando em suas estratégias, que passam a visar a uma maior diversificação de produtos e serviços. Observa-se também um aumento do número de agentes internacionais, evidenciado pelas fusões e aquisições no setor, um expressivo número de transações além-fronteiras e aumento do número de grandes players internacionais.
  
- Aquisição de Competências: a aquisição de competências está diretamente ligada à estrutura da cadeia de valor da indústria de energia elétrica. Este setor é fortemente caracterizado como “dominado por fornecedores”. Isto significa que o desenvolvimento de tecnologia do setor, então realizado majoritariamente por fornecedores de equipamentos de geração de energia elétrica (JACQUIER-ROUX & BOURGEOIS, 2002), limita o desenvolvimento tecnológico a ser realizado por seus usuários. Estes tendem a recorrer mais a fontes externas de inovação do que a pesquisa e desenvolvimento realizados internamente e são, dessa forma, menos propensos a se engajar com organizações científicas e de conhecimento em seus processos inovativos (se comparados aos fornecedores). No caso brasileiro, as mudanças nas regras de uso dos recursos do P&D ANEEL para a inclusão de projetos relacionados à gestão de projetos de P&D (de 5% para 7%) se reflete na formalização dos departamentos de P&D nas concessionárias brasileiras como um recurso para a obtenção de vantagens competitivas. O gerenciamento da P,D & I é um ativo importante no nível da empresa, pois possibilita uma evolução no seu nível de aprendizado, não somente tecnológico como também organizacional.
  
- Interações e Parcerias: considerando os principais componentes do sistema de inovação (governos, universidades, institutos de pesquisa - públicos e privados, organizações não-governamentais e as firmas) (FREEMAN, 1987; LUNDVALL, 1992), a caracterização de seus atores e o entendimento das inter-relações estabelecidas entre eles auxiliam no entendimento deste sistema, uma vez que esclarecem quais atores estão envolvidos nas diversas atividades do setor, tanto na cadeia produtiva, como na cadeia inovativa - relações estas que são de alta importância para o aprendizado por interações (LUNDVALL, 1992) e que constituem o caráter sistêmico das atividades inovativas desempenhadas no SEB (EDQUIST, 2004).  
No caso do setor elétrico, o estímulo às atividades de P&D tem sido alvo de diversas medidas regulatórias. A principal tem sido o P&D ANEEL que, desde o ano 2000, vem fomentando a interação entre diferentes classes de atores num arranjo que inclui as universidades, os centros de pesquisa, a indústria de máquinas e equipamentos elétricos e as concessionárias de energia, com vistas a alavancar as competências tecnológicas nacionais relacionadas ao setor.

A análise de diferentes trabalhos relacionados direta ou indiretamente ao P&D ANEEL (PINTEC, 2008; FURTADO, 2011; POMPERMAYER, 2011 & IPEA,

2012) indicam que, na execução de seus projetos, as concessionárias têm interagido mais fortemente com os centros de pesquisa e universidades e obtido, como resultado principal, a produção científica. Já a interação entre as concessionárias e a indústria de máquinas e equipamentos elétricos tem ocorrido com menor frequência, assim como a introdução de novos produtos e processos no mercado, resultantes dos projetos de P&D. Se, por um lado, este cenário pode ser visto como a emergência de uma cultura de inovação nas empresas do setor, por outro levanta a hipótese de que os agentes, por não possuírem uma estratégia definida de P&D, vêm optando por terceirizar essas atividades para universidades e grupos de pesquisa no Brasil. Assim, os dados sugerem que o programa foi capaz de incentivar a interação das concessionárias com as instituições de pesquisa, mas não obteve tanto êxito na formação de uma rede de pesquisa com outras empresas fornecedoras de serviços e equipamentos ou consumidoras (IPEA, 2012).

- **Regulação (institucional):** o setor elétrico no país apresenta grande importância socioeconômica, industrial e ambiental, seja devido à importância da eletricidade como insumo produtivo ou às características de alto valor agregado e alta complexidade tecnológica do setor. As políticas governamentais para o setor elétrico estão voltadas ao estímulo da capacidade produtiva nacional. Além disso, vale ressaltar o contexto de transição paradigmática no qual o setor está inserido, caracterizado pela substituição de combustíveis fósseis, aumento da eficiência energética e consequente redução de impactos ambientais, que também se refletem na atuação regulatória-institucional através de programas como o Programa de Incentivo as fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), e o Programa de Eficiência Energética (PEE). A dimensão regulatória também trata de aspectos relacionados à coordenação sistêmica no setor, o monitoramento das tendências regulatórias relacionadas à inserção de novos padrões tecnológicos e a implementação de ações que viabilizem um alinhamento dos vários atores atuantes no sistema setorial, de forma que as atividades de P&D possam resultar em uma evolução virtuosa deste sistema.
- **Tecnologia:** a importância desta dimensão de análise reside em dois pontos principais: 1) conforme visto na Dimensão Regulatória, a alavancagem das capacitações tecnológicas relacionadas ao setor é uma premissa do órgão regulador; 2) conforme discutido na Dimensão Mercado, um ambiente que possibilite estratégias de diversificação atribui, por consequência, um novo papel à tecnologia, que deixa de estar exclusivamente relacionada a soluções de demandas específicas e também contempla o desenvolvimento de vantagens competitivas. Nos aspectos levantados sobre a categoria cadeia de inovação do setor elétrico brasileiro, podem-se identificar questões relacionadas ao investimento na fase inicial da cadeia de inovação (i.e., pesquisa, desenvolvimento e demonstração), assim como atividades de inovação relacionadas a tecnologias que se encontram em suas fases de difusão em massa. O outro aspecto desta categoria de análise refere-se a oportunidades de investimento em P&D, tanto em tecnologias que se encontram na sua fase inicial do ciclo tecnológico quanto na sua fase de difusão.

Os filtros acima representados pelas dimensões de análise, especialmente pelo marco regulatório, que é um referencial contraditório entre estimular e desestimular o investimento em P&D, acabam apontando para um modelo de inovação tecnológica baseado na busca de novos modelos de negócios e não no core business das empresas do

setor. É justamente onde a regulação é favorável à apropriação do ganho do inovador que o interesse das empresas deverá se voltar.

Caso essas dimensões de análise sejam adotadas, sugere-se que este direcionamento poderia influenciar positivamente uma mudança na trajetória dos investimentos das empresas de GTD na direção de novos negócios e na direção de internalizar competências e começar a tratar seus investimentos em pesquisa como diretrizes estratégicas corporativas, coisa que até o momento não se consolidou no país, apesar e justamente por conta do marco regulatório, que apesar de obrigar o investimento em P&D, pune o esforço do inovador naquele que lhe é mais importante que é a apropriação de valor.

## 5. Conclusões

Este trabalho analisa os elementos contextuais do setor elétrico brasileiro, suas influências, e os desafios para a condução de projetos de P&D como forma de criar indicativos para um processo mais consistente de priorização e avaliação destes esforços nas empresas. Dentre os principais elementos analisados, destacam-se: *i*) a dinâmica inovativa da indústria de energia elétrica *ii*) os reflexos da regulação tarifária e das atividades de P&D sobre a conduta das concessionárias e sobre a atividade inovativa; *iii*) as influências tecnológicas que englobam a competição entre diferentes alternativas, em patamares de desenvolvimento diferenciados e atores distintos, *iv*) as especificidades ligadas às inter-relações das diferentes classes de atores envolvidos nestas atividades.

Além destes, um elemento considerado central na análise proposta é a obrigatoriedade dos investimentos através do programa de P&D da ANEEL. É importante destacar que este programa através das recentes alterações regulatórias vem impondo dois aspectos fundamentais sobre as estratégias de P&D das concessionárias do SEB. Em primeiro lugar, a evolução de um processo básico de P&D incremental para um processo de inovação de ciclo completo, isto é, a influência de um programa regulatório institucional com “espírito” de lei de inovação, uma vez que quando recursos de P&D passam por empresas, eles ganham dimensão de inovação e não meramente de P&D. Em segundo lugar, com as recentes mudanças na regulamentação do programa houve uma alteração no perfil do risco dos projetos de P&D, que passou de “baixo risco” para “alto risco”. Isso significa que, os riscos que eram compartilhados com a ANEEL por uma aprovação *ex-ante* com foco no mérito de P&D dos projetos, passaram a ser riscos somente das concessionárias, pela aprovação da ANEEL apenas *ex-post*, com foco em resultados concretos dos projetos. Uma vez mais repete-se a postura dúbia do órgão regulador entre estimular e desestimular o esforço inovador.

Do ponto de vista das concessionárias, o empenho em desenvolver uma metodologia de priorização embasada em diferentes dimensões de análise de acordo com os elementos contextuais do setor tem o objetivo de prover meios para que os esforços de P&D possam influir de forma assertiva convertendo-se em inovação.

Para o processo de desenvolvimento tecnológico e inovação avançar é imperativo um reposicionamento da ANEEL como parte do suporte e liderança institucional governamental para que o programa de P&D eletro energético evolua de um varejo desconexo de projetos de estudos e protótipos para ações de inovação coordenadas e focadas em nichos de mercado específicos no setor. Neste sentido, é imperativo que as concessionárias tenham maior protagonismo nas deliberações relacionadas à regulamentação das atividades de P&D. O principal desafio, portanto é o estabelecimento de um ambiente propício à inovação. Assim, é inescapável que o SEB, em algum



momento, saia da trajetória atual de punição do esforço do inovador, (seja por meio do mecanismo de regulação tarifária que impacta diretamente a motivação do esforço inovador ou através da legislação atual que obriga o investimento em P&D), e passe a incentivar modelos nos quais a concessionária inovadora seja premiada e tenha capacidade e interesse em ampliar o esforço de pesquisa e inovação.

## Bibliografia

ANEEL. Informações Gerenciais Brasília: ANEEL, 2012.

ANEEL (2008 B) Manual do programa de Pesquisa e Desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica. Brasília: ANEEL, Maio 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=75&idPerfil=6>, Acesso em: 05/08/2011.

BACH, L.; LAMBERT, G. Evaluation of the economic effects of large R&D programmes: the case of the European space programme. *Research Evaluation*, v. 2, n.1, pp. 17-26, 1992.

BELL, M.; PAVITT, K. Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developed and Developing Countries. **Industrial and Corporate Change**, v. 2, n. 1, p. 157-210, January 1, 1993 1993. Disponível em: <http://icc.oxfordjournals.org/content/2/1/157.short>.

DAVID, P. A. Why are institutions the carriers of history?: Path dependence and the evolution of conventions, organizations and institutions. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 5, n. 2, p. 205-220, 1994. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VFN-45GNY3B-2/2/660bd85c734d0950bde912b3c921aeae>.

DOSI, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories : A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V77-45BCNM0-21/2/e3657d09b1e4d35bd792120e5f8fdebf>.

FOXON, T. J. Technological and institutional 'lock-in' as a barrier to sustainable innovation. **ICCEPT Working Paper**, v. November, p. 2123-2137, 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142150400120X>.

FOXON, T. J. et al. UK innovation systems for new and renewable energy technologies: drivers, barriers and systems failures. **Energy Policy**, v. 33, n. 16, p. 2123-2137, 2005. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142150400120X>.

FREEMAN, C. **Technology and economic performance: lessons from Japan**. London: Pinter Publishers, 1987.

FURTADO, A. T. **Crise energética e trajetórias de desenvolvimento tecnológico**. Brasil em desenvolvimento: Ciclo de seminários 2003 2003.

\_\_\_\_\_. **O arranjo institucional da inovação no setor elétrico brasileiro.** GEOPI/DPCT. Campinas: Março, p.1-23. 2008

\_\_\_\_\_. **O Sistema Setorial de Inovação do Setor Elétrico Brasileiro e o CTenerg.** Campinas: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA): 1-57 p. 2010.

HOLDREN, J. P. The Global Energy Innovation System. International Conference on Innovation in Energy Technologies, 2003, Washington, DC. p.1-52.

JACQUIER-ROUX, V.; BOURGEOIS, B. New Networks of Technological Creation in Energy Industries: Reassessment of the Roles of Equipment Suppliers and Operators. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 14, n. 4, p. 399-417, 2011/12/14 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/0953732022000028791>>.

LUNDVALL, B.-Å. User-Producer Relationships, National Systems of Innovation and Internationalisation. In: LUNDVALL, B.-Å. (Ed.). **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning.** London: Pinter Publisher, 1992.

MALERBA, F. Sectoral Systems of Innovation and Production. **Research Policy**, v. 31, n. 2, p. 247-264, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V77-459H02Y-5/2/805c2d6a3af53b43a33f2a221520a7f0>>.

PAVITT, K. Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V77-45D0PHD-5/2/f8e8b71adbe2b2a2137052e2c33f0715>>.

PINTEC. **Pesquisa de Inovação Tecnológica: Publicação Completa.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Rio de Janeiro, p.1-158. 2010

RAMOS-REAL, F. J. et al. The evolution and main determinants of productivity in Brazilian electricity distribution 1998-2005: An empirical analysis. **Energy Economics**, v. 31, n. 2, p. 298-305, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988308001679>>.

ROGGE, K. S.; HOFFMANN, V. H. The impact of the EU ETS on the sectoral innovation system for power generation technologies - Findings for Germany. **Energy Policy**, v. 38, n. 12, p. 7639-7652, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151000577X>>.

SALLES FILHO, S.; ZACKIEWICZ, M.; BONACELLI, M. B.; CASTRO, P. F. D.; BIN, A. *Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia de Avaliação de Programas de Fomento a C,T&I: o método de decomposição.* Anais do XII Seminario de Gestión Tecnológica - ALTEC, 2007, Buenos Aires.

SILVESTRE, B. et al. Privatization of electricity distribution in the Northeast of Brazil: The good, the bad, the ugly or the naive? **Energy Policy**, v. 38, n. 11, p. 7001-7013, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510005458>>.

SZAPIRO, M. Downgrading Local Capabilities in IT: the Telecom Innovation System in Campinas. In: CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M., *et al* (Ed.). **Systems of Innovation and Development: Evidence from Brazil**. Cheltenham: Edward Elgar, 2003. p.470-498. (New Horizons in the Economics of innovation).

TEECE, D.; PISANO, G. The Dynamic Capabilities of Firms: an Introduction. **Industrial and Corporate Change**, v. 3, n. 3, p. 537-556, 1994. Disponível em: <<http://icc.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/3/3/537-a>>.

TOVAR, B.; JAVIER RAMOS-REAL, F.; DE ALMEIDA, E. F. Firm size and productivity. Evidence from the electricity distribution industry in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, n. 2, p. 826-833, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510008074>>.

WIESENTHAL, T. et al. Bottom-up estimation of industrial and public R&D investment by technology in support of policy-making: The case of selected low-carbon energy technologies. **Research Policy**, v. 41, n. 1, p. 116-131, February 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733311001648>>.