



**Oferta e Demanda de Energia – o papel da tecnologia da
informação na integração dos recursos**
26 a 28 de setembro de 2016
Gramado – RS

O Programa de P&D da ANEEL e o Processo de Inovação no Setor Elétrico Brasileiro

Mauricio Moszkowicz

Caetano Penna

Cristóvão Alves

Nivalde de Castro

Kelli de Miranda

Lucca Zamboni

RESUMO

O setor elétrico mundial está passando por profundas mudanças devido à difusão no mercado de novas tecnologias; processo este que pode ser caracterizado como o início de uma transição tecnológica. Em julho de 2000, a lei brasileira nº. 9.991 criou o Programa de P&D do Setor Elétrico, que determina que 1% da receita operacional líquida (ROL) das empresas do setor elétrico deve ser investido em projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Quais foram os principais resultados atingidos pelo Programa? E como isso contribuiu (ou não) para o processo de transição em curso? Até o momento, nenhum estudo analisou esses aspectos de forma crítica e formal. Este artigo traz as primeiras percepções de um projeto de pesquisa em curso, cujo objetivo é endereçar essas questões e suprir esta lacuna na literatura. O estudo apresenta uma visão geral dos projetos de P&D desenvolvidos desde 2000, e propõe uma nova metodologia para avaliar, sob o ponto de vista quantitativo e qualitativo, os benefícios do programa. Esta metodologia considera quatro perspectivas: empresas do setor elétrico, o setor elétrico, o setor acadêmico e os

fornecedores de sistemas e serviços. O trabalho também traz cenários a serem considerados para aprimorar o Programa de P&D.

Palavras-chave: Setor Elétrico Brasileiro, Inovação, Pesquisa e Desenvolvimento, Programa de P&D da ANEEL, Sistema Setorial de Inovação

ABSTRACT

The electrical sector is in the eve of profound modifications due to the market diffusion of several related and disruptive technologies; a process that can be characterized as a technological transition. Since July 2000, Brazilian law n. 9.991 established the Brazilian Electrical Sector R&D Program, coordinated by the Brazilian electrical sector regulatory agency, ANEEL, mandating that 1% of the income of the electric companies must be invested in R&D (research and development) projects. What was achieved by the Program? And how has it contributed (or not) to the ongoing transition process? To date, no systematic and comprehensive study has looked at the whole period of the Program. This paper introduces the first insights of an ongoing two-year research project that seeks to address these questions and to fill this gap. It presents an overview of the characteristics of the 4,300 projects that have been carried out from 2000 to 2014. Besides systematizing and presenting the data, the paper discusses the emerging methodology that will be used to evaluate the qualitative and quantitative benefits of the Program. The systematization and analysis of the data and the development of the methodology also aim to develop scenarios and recommendations for the improvement the R&D Program.

Keywords: Brazilian Electrical Sector, Innovation, Research and Development, ANEEL's R&D program, Sectorial System of Innovation

1. INTRODUÇÃO

Desde julho de 2000, a lei 9.991, que criou o Programa de P&D do Setor Elétrico Brasileiro, estabelece que 1% da receita operacional líquida das empresas do setor elétrico deve ser investida em projetos de P&D. O objetivo deste trabalho é trazer alguns resultados preliminares desse programa entre 2008 e 2014, assim como sugestões para aumentar sua efetividade e eficiência. Para tal, apresentaremos um rápido panorama do processo de inovação do Setor Elétrico Brasileiro, assim como os riscos e oportunidades associados a esse processo.

Alguns trabalhos anteriores tentaram mensurar os impactos do programa de P&D da ANEEL (IPEA, 2008 e CGEE, 2015) mas para diferentes períodos e com

profundidade de análise mais modesta. Portanto, este trabalho também tem como objetivo preencher essa lacuna na literatura. Cabe ressaltar que este artigo resume o escopo de uma pesquisa mais ampla que se propõe a fazer uma análise crítica, formal e sistemática do programa de P&D da ANEEL, assim como promover alternativas regulatórias, com base nas melhores práticas internacionais.

Na seção 2 apresentamos um resumo das principais tendências de inovação tecnológica para o setor elétrico e uma breve descrição do processo de inovação no Brasil. O programa de P&D da ANEEL é apresentado em detalhes na seção 3. Na seção 4 apresentamos a metodologia que será adotada durante o projeto de pesquisa que será desenvolvido como continuidade desse estudo; e na seção 5 trazemos alguns resultados preliminares da avaliação do programa. Na seção 6 tecemos nossas observações finais.

2. A TRANSIÇÃO TECNOLÓGICA DO SETOR ELÉTRICO

O setor elétrico mundial vem sofrendo drásticas mudanças. Pressões ambientais e relacionadas à segurança no fornecimento de energia desencadearam essas rápidas transformações. Alguns aspectos como geração distribuída, novas tecnologias de geração de energia, as redes inteligentes (smart grids), tecnologias para consumo eficiente de energia, tecnologias de transporte - com destaque para a introdução de veículos elétricos -, devem aumentar ainda mais a complexidade do setor.

Melhorias tecnológicas no processo produtivo e o desempenho crescente de fontes de geração distribuída, associadas a novas tecnologias de armazenamento de energia criam condições para um segmento de geração mais descentralizado, impactando pesadamente o negócio tradicional.

A inovação tem um papel proeminente no novo paradigma tecnológico que vem emergindo, gerando oportunidades para diversos segmentos da economia e estabelecendo condições para aprimoramento e consolidação de um Sistema Setorial de Inovação, de forma a acelerar e articular a agenda de desenvolvimento setorial.

Além da geração distribuída, o setor elétrico no futuro irá se defrontar com diversas tecnologias novas de iluminação, refrigeração, aquecimento, além da introdução de veículos elétricos na matriz de transporte. O desenvolvimento de microgrids, plantas virtuais que aproximam a geração de energia do ponto de consumo, e sistemas inteligentes para transportar e armazenar energia, irão

contribuir também para um setor mais descentralizado. Existe também uma tendência de difusão em larga escala de dispositivos de sensoriamento, comunicação e controle, a partir do qual os indivíduos poderão utilizar equipamentos de alta capacidade de processamento, melhorando as condições de observabilidade do setor. Tais desenvolvimentos irão gerar uma importante contribuição para melhorar o desempenho do setor e reduzir custos.

Dentro dessa configuração do setor elétrico, movido por inovações chave, é esperado que os consumidores tenham um papel mais proativo no que diz respeito a geração e consumo de energia, com o surgimento da figura do consumidor-produtor (*prosumer*). A perspectiva é que nos próximos anos ou décadas, o setor elétrico irá se desenvolver, mas os resultados dessa mudança ainda são imprevisíveis. Um grande número de pesquisadores no tema tem surgido, o que pode também gerar oportunidades para inovação no setor.

No Brasil, os fornecedores de equipamento possuem um papel proeminente no processo de inovação, dado que eles são tradicionalmente os principais agentes difusores de novas tecnologias no setor elétrico. Tais fornecedores geralmente são empresas multinacionais com grande participação na economia brasileira, como a GE, Siemens, ABB, Areva e Alstom. Portanto, podemos concluir que o processo de inovação no setor elétrico brasileiro é fortemente dependente desses grandes fornecedores.

De acordo com Pavitt (1984), a proeminência desses atores globais coordenando o processo de inovação deriva da especificidade dos ativos do setor elétrico. Tais especificidades se tornam claras quando observamos que depois da instalação da infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, a maior parte das inovações provem da atualização do equipamento já instalado, o que torna possível um constante ganho de produtividade.

Fornecedores, geralmente grandes empresas internacionais, se tornam responsáveis pela modernização desse equipamento, assim como se beneficiam de elevadas barreiras à entrada. Mesmo na fase de instalação de novas estruturas elétricas, o gasto intensivo em capital necessário demanda o uso de equipamentos na fronteira tecnológica, de forma a postergar novas atualizações, o que eleva o grau de dependência de tais fornecedores.

Diante do cenário supracitado, se faz necessário o desenvolvimento de mecanismos internos de promoção à inovação, de forma a reduzir a dependência de empresas multinacionais e criar oportunidade para uma indústria de bens de capital

mais integrada. Um dos incentivos regulatórios que se propunham a cobrir essa lacuna veio com a lei 9.991, que será apresentada na próxima seção.

3. O PROGRAMA DE P&D DA ANEEL

O Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL (Agência Nacional do Setor Elétrico) é importante não somente como uma iniciativa para reduzir a dependência do país de companhias transnacionais durante o processo de inovação, mas também para qualificar recursos humanos e difundir conhecimento. O decreto 2.335/97 deu à ANEEL a responsabilidade de promover pesquisa e desenvolvimento tecnológico no setor elétrico. O aparato regulatório estabelecido pela lei 9.991/2000 passou a obrigar as empresas do setor elétrico a alocar 1% de sua receita operacional líquida (ROL) em programas que tivessem como objetivo promover a inovação no setor. Quarenta por cento desse valor é direcionado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 40% fica sob discricionariedade da empresa (e regulado pela ANEEL), enquanto os 20% restantes vão para o Ministério de Minas e Energia. Algumas áreas de pesquisa e desenvolvimento sugeridas pela ANEEL são: eficiência energética, fontes renováveis, meio ambiente, qualidade e confiabilidade, planejamento e operação de sistemas elétricos, mensuração e cobrança, transmissão de dados por redes elétricas, novos materiais e componentes de pesquisa estratégica.

Entre 2000 e 2007 o programa alocou aproximadamente R\$ 3,5 bilhões (US\$ 885 milhões) em cerca de 2.400 projetos de P&D. As principais áreas de investimento em P&D durante esse período foram pesquisa estratégica (25%), distribuição de energia (21%) e geração de energia (14%). Dado que o programa já vem sendo executado por 15 anos, os principais questionamentos que emergem são “como criar um ambiente favorável para elevar a eficiência e eficácia dos projetos de P&D, de forma a gerar inovação no setor elétrico brasileiro?” Depois de 2008, diversas melhorias foram introduzidas no programa de P&D da ANEEL de forma a atingir esses objetivos. A principal alteração introduzida foi que os investimentos em P&D começaram a ser reconhecidos e aprovados somente após a avaliação dos projetos e verificação das despesas. Os efeitos de tais alterações serão detalhadamente estudados do escopo do estudo descrito na próxima seção, que indica as linhas gerais metodológicas a serem adotadas.

4. ESTUDO PROPOSTO

O estudo proposto possui o objetivo de avaliar o Programa de P&D da ANEEL e compreende os seguintes pontos:

- 1) Avaliação dos impactos econômicos e tecnológicos do Programa sobre o setor elétrico Brasileiro (incluindo consumidores), compreendendo tendências e alternativas em estágio de desenvolvimento tecnológico, mercado existente e potencial. O trabalho compreende entrevistas com os principais agentes do setor elétrico para avaliar: obstáculos na formulação de novos projetos, estratégias para mitigação de investimentos arriscados, parceria estratégica com a academia e o setor industrial, resultados efetivos e esperados do programa e barreiras para a comercialização de novas tecnologias;
- 2) Avaliação dos impactos qualitativos e quantitativos do programa sobre o setor elétrico brasileiro. Entrevistas com gerentes de P&D e fornecedores de equipamentos e serviços para avaliar o alinhamento dos projetos de P&D com a estratégia das empresas, capacidade de disseminação de uma cultura de inovação dentro das empresas, estabelecimento de novas métricas para avaliar e monitorar os projetos de P&D;
- 3) Avaliação dos projetos de P&D no setor acadêmico incluindo: identificação dos principais centros acadêmicos, linhas de pesquisa e especialistas envolvidos nos projetos; produção científica (patentes, artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado entre outros); investimentos em laboratórios e aquisição de equipamentos; iniciativas de treinamento de recursos humanos para as empresas. A metodologia inclui diversas reuniões técnicas e entrevistas com profissionais selecionados, de forma a avaliar: impactos dos projetos de P&D no levantamento de fundos para infraestrutura de pesquisa nas universidades; principais obstáculos relacionados à execução de projetos;
- 4) Avaliação dos impactos dos projetos no fornecimento de novos bens e serviços: avaliação da participação de fornecedores de equipamentos e serviços em programas de P&D, de forma a analisar os impactos dos projetos no fornecimento de novos equipamentos e serviços. Também vamos analisar os principais obstáculos e propor medidas para obter uma execução de projetos de forma mais eficiente;
- 5) Avaliação do potencial de criação de valor do programa de P&D dados seus recursos disponíveis e baseado em modelagem para avaliar o valor gerado por

- pelo desenvolvimento tecnológico, incluindo a seleção/priorização de áreas prioritárias a uma avaliação quantitativa dos benefícios potencialmente gerados;
- 6) Avaliação das melhores práticas internacionais para maximizar o valor gerado pelos programas de inovação: Essa fase inclui a seleção de casos bem-sucedidos. Para aqueles casos selecionados, será realizada uma extensa revisão bibliográfica, assim como entrevistas a especialistas locais de forma a gerar uma avaliação detalhada do: quadro regulatório, financiamento disponível, tecnologias do setor elétrico e promoção de produtos usando estes em sua instalação, políticas industriais e setoriais e políticas governamentais para estimular a inovação e o papel das empresas startup;
 - 7) Desenvolvimento de políticas públicas e recomendações para estimular P&D e inovação percebida no setor elétrico Brasileiro através de regulação e leis, de forma a articular e aprimorar um sistema setorial de inovação.

No final de cada ponto supracitado, iremos realizar um workshop para públicos alvo especializados, incluindo o corpo técnico da ANEEL. Também realizaremos seminários para um número maior de partes interessadas, incluindo instituições do setor público como o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), MIDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior), MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia), além de realizar um seminário internacional ao final do estudo. Este trabalho gerará dissertações de mestrado e teses de doutorado, além de artigos técnicos e acadêmicos. Pretendemos também realizar cursos sobre o programa para agentes chave além de publicar um livro sobre a análise conduzida ao final do estudo.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS PRELIMINARES

Primeiramente, pode-se observar, com base em informações públicas da ANEEL, quais temáticas tecnológicas¹ foram desenvolvidas através do Programa de P&D da ANEEL (Tabela 1). Destacamos os seguintes pontos:

- Elevada incidência de projetos em áreas como fontes de energia alternativa. Essa tendência está alinhada com a tendência internacional de pesquisa em novas fontes de energia e também pode ser explicado pelas chamadas públicas

¹ Pare efeitos de comparação, pode-se observar os temas prioritários desenvolvidos com financiamento do Departamento de Energia dos EUA. Do total de investimentos em P&D executados por este Departamento entre 1961-2008 (US\$ 172 bilhões), 36% foram para energia nuclear, 34% para pesquisa básica e combustíveis fósseis, e 36% energias renováveis e eficiência energética.

da ANEEL, com foco nas seguintes áreas: energia solar, biomassa e energia eólica;

- Existe um foco evidente em projetos associados a gestão, operação e manutenção das empresas. Tais projetos estão relacionados à necessidade atual que as empresas possuem de melhorar a gestão e desempenho de seus ativos;
- O pequeno número de projetos associados à eficiência energéticas e energia térmica chama atenção para a necessidade de um melhor entendimento do papel estratégico que tais temas têm.

Tabela 1: Quantidade de valor dos investimentos em projetos de P&D sob regulação da ANEEL por área, entre 2008-2014

Ano	2008 a 2011		2012		2013		2014		Total	
	Quant.	Total (Milhões R\$)	Quant.	Total (Milhões R\$)	Quant.	Total (Milhões R\$)	Quant.	Total (Milhões R\$)	Quant.	Total (Milhões R\$)
Fontes Alternativas	70	330	40	533	11	90	17	120	138	1073
Supervisão e Controle	141	345	44	105	15	35	15	42	215	527
Operação	77	192	32	63	12	34	16	39	137	328
Meio Ambiente	51	111	29	95	10	38	19	36	109	280
Planejamento	56	111	20	60	4	32	14	51	94	254
Qualidade de energia	58	168	17	37	5	9	10	17	90	231
Medição e Faturamento	62	127	14	37	6	13	14	29	96	206
Gestão de Bacias	18	71	14	96	4	6	5	9	41	182
Segurança	48	95	12	19	8	24	9	27	77	165
Eficiência Energética	49	89	16	34	6	22	5	18	76	163
Geração Térmica	17	20	4	12	3	8	12	64	36	104
Outros	79	245	13	52	14	86	20	232	126	615

A análise de dados públicos demonstra que a maior parte dos projetos são desenvolvidos individualmente por cada empresa, sem nenhuma forma de interação com potenciais beneficiários no setor. Esse fato destaca a necessidade de coordenação e cooperação entre esses agentes. Isso claramente afeta o processo

de aprendizagem e o desenvolvimento do setor como um todo. O grande número de empresas que são obrigadas a desenvolver projetos de P&D agravam ainda mais esse problema.

Na base de dados pública disponibilizada pela ANEEL, podemos também obter informações de cada projeto na cadeia de inovação. A Tabela 2 abaixo sumariza as informações relativas aos projetos executados entre 2008 e 2014.

Tabela 2: Quantidade e custo dos projetos de acordo com seu estágio na cadeia de inovação

Etapas do Processo de Inovação	Quantidade	Total (Milhões R\$)	% do Valor Total
Pesquisa Básica	72	124	3
Pesquisa Aplicada	682	2187	53
Desenvolvimento Experimental	368	1516	36,7
Cabeça de Série	86	215	5,2
Lote Pioneiro	26	86	2,1
Inserção no Mercado	1	1	0
Total	1235	4129	100

Diferentemente do Manual Frascati (OCDE, 2002), que divide as atividades de P&D em três categorias, a ANEEL expandiu esse número para seis. São elas: pesquisa básica, pesquisa aplicada, projeto experimental, cabeça de série, primeiro lote e inserção no mercado.

Podemos ver através da tabela 2 que 97% do total de custos dos projetos estão em alguma fase intermediária na cadeia de inovação. Algumas hipóteses podem ser levantadas a partir desses resultados:

- As empresas de eletricidade podem se beneficiar diretamente dos projetos em estágios iniciais da cadeia de inovação porque eles estão adaptados às suas necessidades;
- A concentração de projetos em estágio intermediários reduz o risco de perdas caso a ANEEL não reconheça parte dos investimentos realizados
- As empresas do setor elétrico não estão preparadas para gerenciar e desenvolver pesquisa básica porque tais atividades requerem elevadas habilidades e apresentam diversos riscos;

- As empresas do setor elétrico não estão preparadas e não possuem estrutura comercial para inserir seus produtos no mercado. Como resultado, elas continuam a depender fortemente de seus fornecedores e outros agentes.

O quadro que apresentamos acima deixa claro que existe uma lacuna no ciclo de inovação, dado que a grande maioria dos projetos não foram bem-sucedidos na geração de inovação percebida no setor. Inovação percebida é aquela que o setor como um todo pode se beneficiar

Em 2008, o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) lançou um estudo no qual eles identificaram o grau de engajamento das empresas no programa. A participação destas na maior parte dos casos era limitada a apontar problemas e checar os resultados dos projetos desenvolvidos por parceiros. Centros de ciência e tecnologia possuem uma participação mais próxima nesses projetos.

Um resultado muito importante nesse estudo foi a baixa participação de grandes fornecedores do setor, que também afeta adversamente o desempenho do programa. O estudo lançado pelo IPEA demonstrou um engajamento muito baixo de fornecedores tradicionais nos projetos avaliados. É necessário revisitar esse tópico através uma análise mais aprofundada para o período entre 2008 e 2015, de forma a sugerir alternativas de engajamento com fornecedores durante o projeto. Tais iniciativas podem elevar significativamente as chances que os projetos de P&D gerem inovação percebida para as empresas do setor elétrico.

O grande número de projetos desenvolvidos e a quantidade de dinheiro alocada demonstram o sucesso do programa. Entretanto, persiste a necessidade de criação de um ambiente que estimule o processo de inovação de forma a promover a inserção de tais projetos no mercado. A partir da análise acima, podemos delinear algumas considerações iniciais:

- Uma grande parcela dos projetos impacta somente as empresas de energia envolvidas diretamente no projeto de P&D;
- A maioria dos projetos estão em algum estágio intermediário na cadeia de inovação
- Uma importante alternativa para promover a evolução dos projetos de P&D na cadeia de inovação é a possibilidade de articulação com agências de fomento públicas e privadas, de forma a mobilizar recursos do programa de P&D da ANEEL que são geridos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação;

- Existe a necessidade de criar mecanismos para estimular a participação de fornecedores nacionais e internacionais nos projetos de P&D;
- Instituições acadêmicas com capacitação tecnologia robusta devem se articular para propor projetos consistentes com a áreas tecnologicamente disruptivas como: armazenamento de energia, nano tecnologia, química, novas fontes de combustível e etc. Tais projetos demandam investimentos massivos que devem ser feitos em associação com empresas do setor.

6. OBSERVAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, tentamos trazer alguns resultados preliminares acerca do programa de P&D conduzido pela ANEEL e gerenciado pelas empresas de energia durante 2008 e 2014.

Os próximos passos desse estudo devem desenvolver uma análise mais profunda de forma a propor um novo aparato regulatório, desenhado para aprimorar a dinâmica de inovação no setor elétrico brasileiro. Tal iniciativa é crucial, em face das perspectivas de um novo paradigma tecnológico que vem se formando no setor, e das particularidades do Setor Elétrico Brasileiro.

O trabalho proposto será coordenado pelo Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL), patrocinado por duas grandes empresas do setor elétrico brasileiro (EDP e ENERGISA), com forte envolvimento de diversos centros nacionais e internacionais, fornecedores, empresas do setor, associações e agências do governo (tais como: Ministério de Minas e Energia, Ministério de Ciência e Tecnologia e instituições e organizações de fomento).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). Visão Geral do Setor, site da ABRADEE, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica. Brasília, 2012.

ARMSTRONG, R., PEREZ-ARRIAGA, I. The Utility of the Future – Preparing for a Changing Energy Sector, MIT Energy Initiative Publication, 2015.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). Diretrizes para o Fundo Setorial de Energia. Proposta ao Comitê Gestor. Julho 2002. .

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

FREEMAN, C. The 'National System of Innovation' in Historical Perspective. Cambridge Journal of Economics, 1995.

Dantas, Guilherme. A energia na cidade do futuro : Uma abordagem didática sobre o setor elétrico / Guilherme Dantas, Roberto Brandão, Rubens Rosental. – Rio de Janeiro : Babilonia Cultura Editorial, 2015

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA (IPEA). Inovação Tecnológica no Setor Elétrico Brasileiro. Uma avaliação do Programa Regulado pela ANEEL. 2011.

JOHANSSON, T.B., Renewable Energy – Sources for Fuels and Electricity, Island Press, 1993.

MACEDO, I. C (Coord.). Estado da arte e tendências tecnológicas para energia. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Secretaria Técnica do Fundo Setorial de Energia (CT-ENERG), 2003.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). Frascati Manual: Proposed Standard Practices for Surveys on Research and Experimental Development. Paris, 2002.

_____. Science, Technology and Industry Scoreboard. Paris, 2005.

MALERBA, F. Sectoral Systems of Innovation and Production. Research Policy, 2002.

MELO, L.M. RAPINI, M.S. Financing innovation in Brazil: empirical evidence and implicit S&T Policy. UFMG/CEDEPLAR, 2012.

MIT Energy Initiative Symposium, Managing Large-Scale Penetration of Intermittent Renewables, April 20, 2011.

PAVITT K., Sectorial patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. Research Policy, 1984.

SMIL, V., Energy at the Crossroads – Global Perspectives and Uncertainties, MIT Press, 2003.

TIGRE, P.B., Gestão da Inovação – A Economia da Tecnologia no Brasil, Elsevier, 2006.