

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL
TESE DEFENDIDA POR Rodolfo Dourado
Maia Gomes E APROVADA P
COMISSÃO JULGADORA EM 20/01/03.

Gilberto De Martino Jannuzzi
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**Pesquisa & Desenvolvimento de Interesse
Público e as Reformas no Setor Elétrico
Brasileiro**

Autor: Rodolfo Dourado Maia Gomes

Orientador: Gilberto De Martino Jannuzzi

01/03

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**Pesquisa & Desenvolvimento de Interesse
Público e as Reformas no Setor Elétrico
Brasileiro**

Autor: **Rodolfo Dourado Maia Gomes**

Orientador: **Gilberto De Martino Jannuzzi**

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos.

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2003
S.P. – Brasil

NIDADE	BC
CHAMADA	T/UNICAMP
	G585p
EX	
DMBO BC/	53542
ROC.	124/03
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
REÇO	R\$ 11,00
DATA	01/05/03
CPD	

CM001B2277-0

913 ID 289738

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

G585p Gomes, Rodolfo Dourado Maia
Pesquisa & desenvolvimento de interesse público e as reformas no setor elétrico brasileiro / Rodolfo Dourado Maia Gomes.--Campinas, SP: [s.n.], 2003.

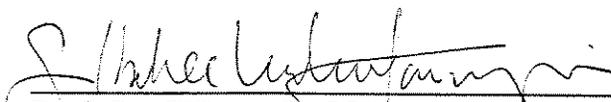
Orientador: Gilberto De Martino Jannuzzi.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Pesquisa e desenvolvimento. 2. Política energética.
3. Ciência e tecnologia. I. Jannuzzi, Gilberto De Martino. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

Pesquisa & Desenvolvimento de Interesse Público e as Reformas no Setor Elétrico Brasileiro

Autor: **Rodolfo Dourado Maia Gomes**
Orientador: **Gilberto De Martino Jannuzzi**



Prof. Dr. Gilberto De Martino Jannuzzi, Presidente
FEM - UNICAMP



Prof. Dr. Isaias de Carvalho Macedo
NIPE - UNICAMP



Prof. Dr. André Tosi Furtado
IG - UNICAMP

Campinas, 20 de janeiro de 2003.

2005 16/11

Dedicatória

Dedico este trabalho à querida Vilma, por mais uma etapa da vida de seu filho; à amada Luciana, pelo afago e conforto do coração; e à memória de Luciano, muito amado tio-e-pai.

Agradecimentos

Os agradecimentos são a única parte da tese onde podemos ser pessoais e ter o estilo solto sem as amarras da formalidade.

Antes de tudo, agradeço ao meu orientador, Jannuzzi, por proporcionar não somente a busca contínua a uma das maiores riquezas do ser humano que é o conhecimento, o qual tanto aprecio, mas também por incentivar a sua busca, bem entendê-lo, utilizá-lo e passá-lo para o papel. Não posso deixar de agradecer também as diversas oportunidades de participar de seus projetos que muito contribuíram para o meu aprendizado e para a dissertação nesses quase dois anos de batalha que valeram a pena. Fica o meu muito obrigado registrado na tese.

A minha formação estaria incompleta sem a presença do professor André Tosi Furtado, a quem devo muito da minha formação, se assim posso dizer, na área de política científica e tecnológica. E, apenas como curiosidade, a Ana Resende colocou-me a questão da diferença entre informação e formação para que eu pudesse entender o perfil do professor André, mas que somente assistindo às suas aulas é que eu entenderia. E como entendi. Também agradeço suas valiosas contribuições feitas ao longo do desenvolvimento da dissertação, no exame de qualificação e defesa da tese. Muito obrigado.

Estes agradecimentos foram feitos depois da defesa da dissertação por dois motivos: evitar parecer demagogia e para incluir meus agradecimentos ao professor Isaias de Carvalho Macedo, que participou da banca examinadora da tese. Agradecimentos estes pelas importantes sugestões, discussões e críticas construtivas, as quais foram incorporadas na versão definitiva. Muito obrigado.

Um muito obrigado vai também para o professor Newton Müller Pereira, que participou da banca de qualificação e que muito colaborou para melhorar esta dissertação.

Agradeço também ao professor Arnaldo Walter, a quem tive o prazer em tê-lo como coordenador do curso de Planejamento de Sistemas Energéticos e como amigo.

Agora a parte financeira. Agradeço a CAPES pela bolsa concedida e por esta ter sempre caído religiosamente em dia na conta bancária.

Agora a galera. Obrigado, Carlos “Malandrinho” Cervantes, pela prazerosa e enriquecedora amizade do dia-a-dia. O Brasil é sua segunda casa de sempre bem-vindo que você é. Obrigado, Ana “Super” Resende “Fashion”, pela sua maturidade refletida em nossa amizade, um “trem bão, sô!”. Obrigado, Ricardo “Malandro” Terciotte, também pela amizade e pela pessoa que você é. Obrigado, João “John” Carlos Camargo, pela valiosa amizade e pelo bom ser humano que é, tchê! Obrigado, Cleci “Schumbrenger”, pela calorosa recepção, alegria e disponibilidade para ajudar. Obrigado, Adriano “Jeronimooo” da Silva, pelo cara sempre disposto, de iniciativa, aplicado e bem-humorado que o caracteriza. Obrigado, Fabi Varella Etc., prof. Ennio, Jomal Josias, Doce Mirna, Super Zé, Rodriguez Lobão, Carlão CEP, Jonas, Marcão Dedo Verde, Silvana, Ana Paula, Neuzinha & Roberto Carlos.

Esqueci de alguém? Ah!!! Você! Obrigado!

Nós devemos ter a mudança que desejamos ver.

(...) os únicos demônios do mundo são aqueles que habitam nosso coração e é nele que as batalhas devem ser travadas.

Mohandas K. Gandhi

Com uma boa sopa, as dificuldades descem melhor.

Ditado iídiche

Resumo

GOMES, Rodolfo D. M., *Pesquisa & Desenvolvimento de Interesse Público e as Reformas no Setor Elétrico Brasileiro*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 137p. Dissertação (Mestrado)

A privatização e abertura à competição no setor elétrico, como mostra a experiência internacional, têm trazido como conseqüências a redução dos investimentos públicos e privados em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), seu redirecionamento para atividades de curto prazo e de interesse próprio das concessionárias e a interrupção de programas de cooperação em P&D. Diante deste quadro, esforços científicos e tecnológicos que poderiam trazer importantes benefícios sociais, ambientais e econômicos para a sociedade, mas que não seriam de interesse das empresas em investir, pois não se justificariam economicamente, encontram-se ameaçados. A este conjunto de atividades de P&D dá-se o nome de P&D de interesse público. Justifica-se, então, a participação dos poderes públicos para garantir ou estimular estes esforços. Dessa forma, o objetivo da dissertação é trazer, propor um marco teórico e justificar o conceito de P&D de interesse público dentro do processo de reformas pelo qual passa o setor elétrico brasileiro, sendo que sua definição deve buscar capturar os projetos com benefícios públicos amplos e que não são adequadamente ou totalmente concebidos e financiados pelo mercado competitivo.

Palavras-chave: reformas no setor elétrico, pesquisa e desenvolvimento, P&D de interesse público, política científica e tecnológica.

Abstract

GOMES, Rodolfo D. M., *Public Interest Research and Development and the Brazilian Power Sector Reforms*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 137p. Dissertação (Mestrado)

The privatisation of, and the competition introduction in, the power sector, as shown by international experience, have brought consequences such as reduction of public and private Research and Development (R&D) investments, its redirection to both short term and privately-owned companies' interest R&D activities, and the interruption of cooperative R&D programs. These imply that scientific and technological efforts which could bring important social, environmental, and economic benefits to society, but that wouldn't be of firm's interest to invest, because there is no economic justification for the investment, are threatened. This group of activities is called public interest R&D. Then, the participation of the public powers is justified in order to guarantee or stimulate these efforts. As such, the thesis' objective is to bring, to propose a theoretical framework, and to justify the concept of public interest R&D within the power sector reforms being undertaken, in a way that its definition should be focused on capturing projects that result in wide public benefits and that are not adequately conceived and financed by competitive market.

Key words: power sector reforms, research and development, public interest R&D, scientific and technological policy.

Índice

Capítulo 1: Introdução	1
Capítulo 2: P&D de interesse público	6
2.1. Introdução	6
2.2. Falhas de mercado na provisão de bens e serviços: bens públicos e externalidades	8
2.2.1. Bens públicos: a natureza dos bens e serviços	8
2.2.2. Externalidades: subprodutos das atividades	10
2.3. Natureza, falhas na provisão e <i>spillovers</i> das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	13
2.3.1. Natureza da P&D: bem intermediário e misto	14
2.3.1.1. A P&D como bem intermediário	14
2.3.1.2. A P&D como bem misto ou semipúblico	16
2.3.2. Os <i>spillovers</i> e as falhas na provisão das atividades de P&D	18
2.4. P&D de interesse público	21
2.4.1. Conceito qualitativo de P&D de interesse público	21
2.4.2. Formalização do conceito de P&D de interesse público	26
2.5. Considerações finais	36
Capítulo 3: As atividades de P&D e as mudanças no setor elétrico mundial e brasileiro na década de 90	39
3.1. Introdução	39
3.2. As mudanças no contexto de mercado e os esforços científicos e tecnológicos	41
3.3. A dinâmica da inovação tecnológica no setor elétrico	43
3.4. Impactos das reformas sobre as atividades de P&D na área de energia e eletricidade	44

3.5. Os desafios energéticos e de P&D e as oportunidades nos países em desenvolvimento	49
3.6. As principais mudanças e trajetórias no setor elétrico brasileiro na década de 90	51
3.6.1. Motivações para a reforma: a crise dos anos 80	52
3.6.2. Modelo básico do setor	54
3.6.3. Trajetória da implantação do modelo setorial	57
3.7. As principais mudanças e trajetórias na P&D do setor elétrico brasileiro	63
3.7.1. O setor elétrico e o processo de desenvolvimento científico e tecnológico nacional	63
3.7.1.1. O papel do CEPTEL frente às novas mudanças do setor elétrico e do sistema nacional de C&T	65
3.7.2. Novos instrumentos regulatórios para P&D no setor elétrico	74
3.7.2.1. Regulação da ANEEL para as atividades de P&D	75
3.7.2.2. Fundo Setorial de Energia Elétrica – CT-ENERG	80
3.8. Considerações finais	83
Capítulo 4: Um estudo de caso para análise dos projetos de P&D das concessionárias regulados pela ANEEL	85
4.1. Introdução	85
4.2. Exercício de avaliação dos projetos de P&D das concessionárias de energia elétrica regulados pela ANEEL à luz do conceito de P&D de interesse público	86
4.2.1. Fonte dos dados	86
4.2.1.1. Eficiência Energética	87
4.2.1.2. Energia Renovável	88
4.2.1.3. Geração de energia elétrica	88
4.2.1.4. Meio Ambiente	89
4.2.1.5. Pesquisa Estratégica	90
4.2.2. Restrições da análise: subjetividade e dados disponíveis	91
4.2.3. Definição das características de P&D de interesse público consideradas	92
4.2.3.1. Dimensão ambiental	93
4.2.3.1.1. Meio Ambiente	93
4.2.3.2. Dimensão social	94

4.2.3.2.1. Acesso	94
4.2.3.2.2. Equidade	96
4.2.3.2.3. Diminuir custos para o consumidor	97
4.2.3.2.4. Qualidade	98
4.2.3.3. Dimensão estratégica	99
4.2.3.3.1. Confiabilidade	99
4.2.3.3.2. Benefícios de médio/longo prazo	99
4.2.3.3.3. Desenvolvimento regional	100
4.2.3.3.4. Diversificação de fontes	100
4.2.3.3.5. Segurança do suprimento (<i>security of supply</i>)	101
4.2.3.3.6. Formação de recursos humanos	101
4.2.3.3.7. Projeto colaborativo/rede	102
4.2.3.4. Dimensão econômica	103
4.2.3.4.1. Aumento da competitividade	103
4.2.4. Avaliação dos projetos de P&D das concessionárias de energia elétrica: ciclo 1999/2000	104
4.3. Considerações finais	109
Capítulo 5: Conclusões	112
Referências Bibliográficas	116
Anexo: Análise dos projetos de P&D das concessionárias regulados pela ANEEL para o ciclo 1999/2000	124

Lista de figuras

Figura 2.1: Interesses em matéria de P&D dos diversos agentes do setor elétrico.	25
Figura 2.2: Taxas social e privada de retorno esperadas.	27
Figura 2.3: Taxas mínimas de atratividade privada e social	30
Figura 2.4: Exemplificação da região onde se encaixa a P&D de interesse público	32
Figura 2.5: Subconjunto da P&D economicamente atrativa para a empresa e de interesse do Poder Público.	35
Figura 3.1: Investimentos públicos em P&D na área de energia nos países da OECD.	46
Figura 3.2: Arranjo institucional para os programas de P&D das concessionárias regulados pela ANEEL.	77
Figura 3.3: Distribuição dos recursos relativos aos três ciclos dos programas de P&D das concessionárias distribuidoras.	79
Figura 4.1: Número de projetos por característica de P&D de interesse público.	105
Figura 4.2: Proporção do número de projetos por linha de pesquisa – ciclo 1999/2000.	108

Lista de tabelas

Tabela 2.1: Quatro tipos de bens, ou serviços, na economia.	9
Tabela 3.1: Evolução dos recursos destinados à P&D do setor elétrico nos Estados Unidos (em US\$ milhões).	47
Tabela 3.2: Principais instrumentos regulatórios das reformas do setor elétrico em ordem cronológica.	58
Tabela 3.3: Processo de privatização do setor elétrico brasileiro (1995-2000).	60
Tabela 3.4: Nova distribuição mínima dos investimentos regulados através da Lei nº 9.991/00 para eficiência energética e P&D baseada na ROL.	77
Tabela 3.5: Investimentos em projetos de P&D aprovados pela ANEEL para os ciclos 1998/1999, 1999/2000 e 2000/2001.	78
Tabela 4.1: Número de projetos do ciclo 1999/2000 por linha de pesquisa e características de P&D de interesse público.	106
Tabela 4.2: Proporção do número de projetos do ciclo 1999/2000 por linha de pesquisa e características de P&D de interesse público.	107

Nomenclatura

Abreviações

C&T – Ciência e Tecnologia

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

r_p – Taxa privada de retorno

r_s – Taxa social de retorno

r_{so} - *Spillover gap* mínimo de atratividade constante

RA – Receita Operacional Anual

ROL – Receita Operacional Líquida

SEB – Sistema Elétrico Brasileiro

SMA – *Spillover gap* mínimo de atratividade

TMA_P – Taxa mínima de atratividade privada de retorno

TMA_S – Taxa mínima de atratividade social de retorno

Siglas

ATP – Advanced Technology Program

CCPE – Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

DNDE – Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético

DNPE – Departamento Nacional de Política Energética

EPRI – *Electric Power Research Institute*

FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

MME – Ministério de Minas e Energia

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PROCEL – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia

Capítulo 1

Introdução

A inovação tecnológica tem exercido um papel central para a evolução e o avanço do setor energético (SAGAR & HOLDREN, 2002). E de fato ainda continuaria exercendo diante da necessidade de maiores avanços científicos e tecnológicos para enfrentar os desafios energéticos (ANDERSON, 2000), sociais (REDDY, 2000) e ambientais (HOLDREN & SMITH, 2000) atuais e futuros como resultados do paradigma tecnológico das últimas três décadas (MARTIN, 1996). De forma geral, o desafio resume-se a garantir o suprimento adequado de energia a baixo custo e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais negativos locais, regionais e globais.

No entanto, é preciso ter em mente os limites existentes do papel do conhecimento e da tecnologia para a solução dos desafios energéticos, sociais e ambientais acima mencionados. Um problema tecnológico está sempre imerso em um contexto socioeconômico específico e, como bem se sabe, em muitos casos a solução de um problema socioeconômico depende mais das condições sociais, econômicas ou políticas do que da pesquisa científica e da tecnologia, especialmente para o caso dos países em desenvolvimento (HERRERA *et al.*, 1994). Dessa maneira, a pesquisa científica e a tecnologia limitam-se a resolver e promover, respectivamente, os problemas socioeconômicos e o progresso econômico quando são consideradas como soluções importantes nesse sentido. Este é o ponto básico do conceito de espaço tecnológico, criado por Amílcar O. Herrera, que é aquele espaço de soluções onde a tecnologia passa a ser importante

para se atingir determinadas metas e objetivos (HERRERA *et al.*, 1994; HERRERA, 1981; GOMES & FURTADO, 2002).

Esta limitação de escopo das atividades científicas e tecnológicas é importante por permitir separar os problemas que se relacionam a estas atividades daqueles relacionados a aspectos mais amplos do sistema nacional de Ciência e Tecnologia (C&T), de política e planejamento energéticos, de regulação, da própria estrutura e organização do setor elétrico e de aspectos macroeconômicos, políticos, sociais e culturais tanto a nível nacional como regional e local. Como será visto no Capítulo 3, as dificuldades do avanço científico e tecnológico nacional são mais um problema relacionado à desarticulação entre o setor produtivo e as universidades, centros e institutos de pesquisa do que de ordem puramente científica e tecnológica.

O processo de reformas e a abertura à concorrência do setor elétrico têm levado a uma alteração da sua estrutura institucional com conseqüências para o financiamento da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na área de energia e para o ambiente e o sistema de relações entre os diversos agentes, onde ocorrem os esforços científicos e tecnológicos, as inovações e as diferentes formas de aprendizagem.

De forma geral, associa-se a abertura à concorrência e as reformas no setor elétrico como meios para melhorar a performance das empresas, com aumento de produtividade, maior eficiência econômica e atração de maiores investimentos da iniciativa privada. Em meio a esse ambiente competitivo, considerou-se que a busca das empresas por maiores vantagens competitivas seria uma forma de estimular a inovação. No entanto, esta suposição não parece ser verdadeira, até o momento, para o caso do setor elétrico, haja vista que a abertura à concorrência e as reformas do setor não favoreceram os esforços de P&D, como se verifica para os casos norte-americano e inglês (DEFUILLLEY & FURTADO, 2000). De fato, tem-se observado que as concessionárias de eletricidade estão reduzindo e redirecionando seus esforços científicos e tecnológicos, o que pode comprometer a busca por soluções aos desafios mencionados acima. Este comportamento é em boa parte explicado devido à mudança do ambiente institucional onde se encaixam as concessionárias e onde são realizados os seus esforços científicos, tecnológicos e de inovação.

As reformas do setor elétrico, as razões que as motivaram e a abertura à concorrência trouxeram como conseqüências, até o momento: (a) uma significativa redução dos investimentos tanto públicos quanto privados em P&D no setor elétrico, (b) mudança na direção dos investimentos em projetos de curto prazo e (c) interrupção de programas de cooperação e colaboração em P&D. Estes efeitos prejudicaram projetos de longo prazo com grande potencial de gerar importantes benefícios para a sociedade e solucionar, em parte, os desafios energéticos, sociais e ambientais atuais e futuros, como é o caso dos projetos relacionados às células a combustível, à gaseificação do carvão e aos painéis fotovoltaicos.

Esta situação se agrava ainda mais, pois os esforços científicos e tecnológicos públicos e privados em energia concentram-se majoritariamente nos países desenvolvidos, cujas reformas estão redirecionando a natureza e reduzindo a intensidade destes esforços. Estas mudanças podem comprometer o ritmo das inovações tecnológicas e sua difusão no mercado, adiando a solução dos desafios que o setor enfrenta tanto no caso dos países desenvolvidos quanto no caso dos países em desenvolvimento.

Soma-se a isso o fato de que, ao mesmo tempo em que o processo de reformas e a liberalização do mercado nos países em desenvolvimento estão reduzindo o vão tecnológico existente entre estes países e os desenvolvidos com a entrada de tecnologias mais modernas e eficientes energeticamente (MIELNIK & GOLDEMBERG, 2002; 2000), há indícios de que a capacitação tecnológica doméstica no setor de energia nos países latino-americanos, especialmente Brasil, Argentina e México, também esteja diminuindo (KATZ, 2001). Apesar de ser preciso obter maiores elementos que sustentem esse comportamento, estas mudanças trariam conseqüências negativas importantes à capacidade dos países em desenvolvimento de lidar com seus desafios energéticos, sociais e ambientais, que são distintos daqueles dos países desenvolvidos.

Este é particularmente o caso do Brasil, no qual as reformas podem levar as empresas a recorrerem a soluções tecnológicas estrangeiras para se tornarem mais competitivas e, ao mesmo tempo, sejam reduzidos os esforços tecnológicos internos (BROWN & LEWIS, 1997), com o agravante de que ainda não foram redefinidos os novos papéis e prioridades relativas à política energética, científica e tecnológica para o setor elétrico. O Brasil foi o país latino-americano que

mais promoveu as atividades de P&D nesta área e que soube relativamente aproveitar-se de seus benefícios (BROWN & LEWIS, 1997).

As reformas em direção ao novo modelo proposto para o setor elétrico brasileiro estão modificando significativamente a organização institucional e o papel do Estado, criando e desfazendo relações institucionais para a criação de um ambiente competitivo e de maior participação de agentes privados no lugar do modelo anterior, no qual a propriedade das empresas, o planejamento do setor e as decisões eram centralizadas nas mãos do Estado. Este processo de mudanças institucionais provavelmente altera o ambiente onde ocorrem os esforços científicos e tecnológicos no setor, o que justifica a necessidade de se redefinir o papel dos poderes públicos e do ambiente institucional relativo à P&D e ao desenvolvimento tecnológico setorial com o propósito de garantir ou aumentar ações que resultem em benefícios públicos.

Este é o caso particular da P&D de interesse público, um subconjunto da P&D que interessa ao Poder Público investir. É definida como sendo a atividade de P&D com potencial de gerar amplos benefícios para a sociedade, mas que não interessa à empresa competitiva investir porque os benefícios resultantes que poderiam ser capturados exclusivamente pela empresa não seriam suficientes para justificar economicamente o seu investimento. Logo, a criação de um ambiente competitivo, a entrada de agentes privados e a abertura do mercado, por ameaçarem a realização deste tipo de atividade, justificam garantir investimentos em P&D de interesse público.

Dessa forma, o grande desafio das reformas do setor elétrico é garantir com que a indústria de eletricidade, além de ser competitiva, seja também capaz de atender a objetivos sociais, de proteção ambiental e assegurar investimentos que promovam maior sustentabilidade do sistema energético, em particular o elétrico, para o futuro.

Portanto, motivado pelas razões descritas anteriormente, o objetivo deste trabalho é conceituar e propor um marco teórico do que se entende por P&D de interesse público dentro do novo contexto de mudanças do setor elétrico, particularmente para o caso brasileiro, e justificar a importância de garantir investimentos neste tipo de atividade dentro do novo modelo proposto para o setor. Também são abordados temas relacionados ao ambiente institucional, à política e planejamento energéticos, científicos e tecnológicos que ainda permanecem em aberto

Dito isso, além deste capítulo introdutório, este trabalho foi dividido em mais quatro capítulos:

O Capítulo 2 trata da definição de P&D em geral dentro do contexto de bem público e das externalidades produzidas para justificar os investimentos insuficientes neste tipo de atividade pelas empresas para, em seguida, apresentar o conceito de P&D de interesse público considerado neste trabalho. É dado a este conceito uma formulação teórica que pode servir de referência para o Poder Público definir políticas setoriais e de avaliação de projetos para investimentos.

O Capítulo 3 apresenta o contexto de mudanças dos esforços científicos e tecnológicos no setor elétrico que justificam introduzir o conceito de P&D de interesse público. Para tanto, primeiro são apresentadas as características gerais da dinâmica de inovação tecnológica no setor elétrico e algumas mudanças no contexto de mercado que estão influenciando este ambiente. Em seguida, discorre-se sobre os impactos das reformas sobre as atividades de P&D na área de energia e eletricidade e os desafios energéticos e de P&D nos países em desenvolvimento. Uma vez apresentada esta visão geral, descreve-se as motivações e as principais mudanças e trajetórias no setor elétrico brasileiro na década de 90 e as principais mudanças na P&D do setor.

O Capítulo 4 é um exercício de aplicação do conceito de P&D de interesse público. Este conceito é aplicado para os projetos de P&D das concessionárias de eletricidade regulados pela ANEEL para o ciclo 1999/2000, que são avaliados de acordo com determinadas características de P&D de interesse público.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho.

Capítulo 2

P&D de interesse público

2.1. Introdução

Dentro do novo contexto de mudanças do setor elétrico e do ambiente em que ele se insere, estão se redefinindo a natureza e a intensidade das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) relacionadas ao setor, bem como o papel dos agentes públicos e privados, especialmente para o caso brasileiro. Este movimento pode trazer conseqüências negativas para a solução dos desafios energéticos, sociais e ambientais relacionados ao setor (nível local, regional e global), especialmente para os países em desenvolvimento, cujos desafios são distintos daqueles dos países desenvolvidos. Dentro destas conseqüências, encontra-se a possibilidade de que não sejam realizados investimentos em atividades de P&D que poderiam resultar em amplos benefícios para a sociedade, mas que, ao mesmo tempo, não se justificariam economicamente em um ambiente competitivo e com a maior participação da iniciativa privada. É dentro deste conjunto da P&D que o conceito de P&D de interesse público se encaixa.

Mas, ao mesmo tempo, este movimento de mudanças pode ser encarado como uma oportunidade para corrigir imperfeições históricas no processo de desenvolvimento tecnológico setorial, como, por exemplo, a falta de uma política científica e tecnológica específica para o setor elétrico que estimule os esforços científicos e tecnológicos da cadeia produtiva e de fornecedores de maneira articulada com diversas políticas governamentais e atores, como centros

de pesquisa, universidades públicas, órgãos de fomento e financiamento e instituições internacionais.

É dentro deste contexto de mudanças, que será tratado especificamente no Capítulo 3, e de ameaças e oportunidades abertas, que se pretende com esse trabalho trazer o conceito de P&D de interesse público para garantir, estimular e direcionar os esforços científicos e tecnológicos neste tipo de atividade que a nova organização setorial, voltada à competição entre agentes internos e externos, públicos e privados, não realizariam satisfatoriamente do ponto de vista dos objetivos sociais, de proteção ambiental e de maior sustentabilidade do sistema energético para o futuro.

O objetivo do presente capítulo é conceituar o que se entende neste trabalho por P&D de interesse público, dando a este conceito uma formalização teórica que pode servir de auxílio ao Poder Público tanto no processo de seleção de projetos como na definição de prioridades para a política de Ciência e Tecnologia (C&T) setorial.

Para tanto, é preciso entender que existem falhas na provisão de determinados bens e serviços pelo mercado, dentre os quais se encontra a P&D. Neste último caso, são diversos os fatores que explicam o que leva as empresas a não investirem em determinadas atividades ou investirem abaixo do desejável do ponto de vista social¹. Dentre esses fatores, estão aqueles relacionados à própria natureza da P&D (bem misto ou semipúblico) e às externalidades positivas produzidas (*spillovers*). É sobre essas duas características que se baseia o conceito de P&D de interesse público proposto neste trabalho.

Logo, para dar as bases de discussão, este capítulo divide-se em quatro partes: primeiramente, é feita breve conceituação do que são bens públicos e externalidades como marco teórico para discutir as atividades de P&D. Em seguida, a segunda e a terceira partes têm como objetivo verificar que existem áreas de atuação em P&D que o mercado não vislumbra, mas cujas perspectivas de retorno social justificam a atuação do setor público. Dessa forma, a segunda parte centra-se especificamente na definição e na natureza da P&D, enquanto que, por sua vez, a

¹ Entende-se como a provisão ótima de um bem ou serviço do ponto de vista social a quantidade que seria produzida de determinado bem ou serviço pelo mercado quando são considerados os custos ou benefícios para a sociedade como um todo e não somente aqueles relacionados ao agente econômico produtor. Por exemplo, a não inclusão dos custos decorrentes da poluição de um rio por efluentes despejados por uma empresa faz com que seja produzida uma maior quantidade de produto do que a que seria produzida caso fosse considerado o custo da poluição sobre terceiros.

terceira parte brevemente conceitua e discute as externalidades produzidas pelas atividades de P&D. Por fim, na quarta parte deste capítulo, conceitua-se e, partindo-se deste conceito, formaliza-se o que se entende neste trabalho por P&D de interesse público.

2.2. Falhas de mercado na provisão de bens e serviços: bens públicos e externalidades

O mercado não provê completamente ou satisfatoriamente determinados bens e serviços sob certas condições. Duas destas condições são os bens públicos e as externalidades. Pode-se dizer que o mesmo ocorre para determinados bens e serviços privados que são considerados como de interesse público. O objetivo desta seção é buscar entender por que os mercados falham na provisão destes bens e serviços e, para tanto, conceitua-se brevemente o que são os bens públicos, as externalidades e as atividades privadas de interesse público.

Os mercados falham na presença dos chamados bens públicos e das externalidades (PINDYCK & RUBINFELD, 1994; STIGLITZ, 1988). Pela teoria econômica neoclássica, por falha de mercado deve-se entender as situações em que as condições que asseguram o funcionamento do mercado não são cumpridas e, conseqüentemente, o sistema de preços não sinaliza aos agentes a quantidade ótima de bens e serviços a ser produzida. Além do mais, existem aqueles bens e serviços privados de interesse público que o mercado não provê satisfatoriamente porque não são atrativos do ponto de vista do retorno do investimento e da sua lucratividade. Dentre os bens que não são adequadamente oferecidos pelo mercado, encontram-se as atividades de P&D, como é mais adiante mostrado.

2.2.1. Bens públicos: a natureza dos bens e serviços

Pensando nos diversos bens (e serviços) que uma economia pode fornecer, eles podem ser agrupados de acordo com dois critérios, sendo eles: exclusividade e rivalidade (MUSGRAVE & MUSGRAVE, 1980; MANKIW, 1999a). A exclusividade refere-se à propriedade de um bem (ou serviço) que, uma vez colocado à disposição de um consumidor, é possível restringir o seu consumo por outros². A rivalidade refere-se à propriedade de um bem (ou serviço) cujo consumo

² O conceito de exclusividade é o mesmo que apropriabilidade, termo comumente utilizado na literatura relacionada à mudança tecnológica. De acordo com Dosi (1988), a apropriabilidade refere-se àquelas propriedades do conhecimento tecnológico e artefatos técnicos, dos mercados e do ambiente legal que permitem inovações e as protegem, em variados graus, contra a imitação por parte dos concorrentes.

por um indivíduo diminui as possibilidades dos outros consumirem-no. Dessa forma, de acordo com esses dois critérios, os bens e serviços podem ser agrupados em três categorias: bens privados, bens semipúblicos (ou mistos) e bens públicos puros. Pela tabela abaixo, temos os tipos possíveis de bens e serviços em uma economia.

Tabela 2.1: Quatro tipos de bens, ou serviços, na economia.

		Rival?	
		Sim	Não
Excluível?	Sim	Bens privados <ul style="list-style-type: none"> • Sorvetes • Roupas • Estradas com pedágio congestionadas 	Monopólios naturais <ul style="list-style-type: none"> • Corpo de bombeiros • TV a cabo • Estradas com pedágio descongestionadas
	Não	Recursos Comuns <ul style="list-style-type: none"> • Peixes no mar • Meio ambiente • Estradas sem pedágio congestionadas 	Bens públicos <ul style="list-style-type: none"> • Defesa nacional • Combate à poluição • Estradas sem pedágio descongestionadas

Fonte: adaptado de Mankiw (1999b).

Nota-se, pela tabela acima, que os bens privados e públicos representam duas situações opostas. Os bens privados são exclusivos e rivais, significando que o direito de propriedade e o consumo de um determinado bem ou serviço, respectivamente, pode impedir outros indivíduos de o adquirir e diminuir a quantidade disponível para consumo de outros (alimentos, roupas, moradias e automóveis, por exemplo).

Por outro lado, os bens públicos puros são não-exclusivos e não-rivais concomitantemente. A não-exclusividade relaciona-se ao fato de não ser possível (ou a um custo inviavelmente elevado) excluir o consumo de um determinado bem ou serviço disponibilizado a um consumidor por outros (o direito de propriedade não se aplica). Neste caso, surge o que a teoria econômica neoclássica chama de “problema dos caronas” (*free rider problem*), que é a relutância de indivíduos que se beneficiam de um bem ou serviço em contribuir voluntariamente para financiar bens públicos (STIGLITZ, 1988). No caso dos bens públicos puros e de alguns mistos (ou semipúblicos), a presença de “caronas” torna difícil, ou até mesmo impossível, que os mercados ofereçam esses produtos eficientemente.

Adicionalmente, a não-rivalidade representa o atributo no qual o consumo de determinado bem ou serviço por um indivíduo não diminui as possibilidades de outros consumirem-no. Em outras palavras, consumidores adicionais não ocasionam custos, logo, o custo marginal da utilização de um bem ou serviço é nulo. Como exemplo de bens públicos puros, pode-se citar a iluminação pública, a defesa nacional e investimentos em melhoria da qualidade do ar. Portanto, como consequência da não-exclusividade e não-rivalidade, os bens públicos puros são caracterizados pela falta de interesse de firmas ou indivíduos em produzi-los (JANNUZZI, 2000a).

Para os bens, ou serviços, que ou são não-exclusivos ou não-rivais, em variados graus, temos o que se chama por bens semipúblicos ou mistos. Na prática, ocorrem situações mistas de várias espécies. Mankiw (1999b) classificou-os em duas categorias: monopólios naturais e recursos comuns (vide Tabela 2.1).

Para o caso dos recursos comuns (bens ou serviços não-exclusivos e rivais), como o meio ambiente, muito se tem falado sobre a parábola conhecida como Tragédia dos Comuns (HARDIN, 1998). Sua principal causa é a divergência existente entre os incentivos privados e sociais, reconhecida desde a antiguidade quando Aristóteles salientou o problema dos recursos comuns (MANKIW, 1999b): “O que pertence a todos não é tratado com muito cuidado, porque todos os homens dão mais importância à sua propriedade do que àquilo que possuem em coletivo”. Em razão da divergência que existe entre os interesses privados e sociais, Hardin (1998) propõe que, num mundo altamente povoado, somente a substituição do sistema coletivo por um sistema responsável de controle irá salvar os recursos comuns.

Nota-se, portanto, nos casos dos bens públicos puros e semipúblicos, que o mercado não é capaz de produzi-los devido à natureza desses bens (e serviços) e não porque, necessariamente, ocasionem externalidades, ou efeitos sobre terceiros, o que ficará mais evidente no item seguinte.

2.2.2. Externalidades: subprodutos das atividades

As externalidades estão relacionadas com a produção e o consumo de qualquer tipo de bem ou serviço, seja ele privado ou público. Juntamente com os bens e serviços gerados e consumidos por uma economia num determinado período de tempo, é gerada uma série de subprodutos que

não são transacionados em mercados estabelecidos e que causam efeitos sobre terceiros. Estes subprodutos podem surgir entre produtores, entre consumidores ou entre consumidores e produtores. A estes efeitos sobre terceiros dos subprodutos das atividades de produção e consumo de bens e serviços que o sistema de preços não reflete chamam-se externalidades.

Dependendo do tipo de efeito causado, existem dois tipos de externalidades: positivas e negativas. As externalidades positivas ocorrem quando seus efeitos trazem benefícios sobre terceiros e as externalidades negativas caracterizam-se quando trazem prejuízos. Em relação ao setor energético, as externalidades são os efeitos sobre terceiros ou sobre a sociedade como um todo causados por atividades na produção, transmissão, distribuição e consumo de energia que não são capturados adequadamente através de mecanismos de preços (JANNUZZI, 2000a). Como exemplo de externalidades no setor energético, podemos citar como positivas a redução da poluição do ar pela diminuição das emissões de gases por combustíveis fósseis ao substituí-los por fontes renováveis e como negativas uma série de impactos no meio ambiente local e global decorrente do uso dos combustíveis fósseis, como a poluição do ar em cidades e o efeito estufa.

Dessa forma, quando as externalidades se encontram presentes, o preço de uma mercadoria não reflete necessariamente seu valor social. Conseqüentemente, as empresas poderão vir a produzir quantidades excessivas ou insuficientes de tal forma que o resultado mostra-se como um desvio de eficiência, ou falha, de mercado (PINDYCK & RUBINFELD, 1994).

No caso dos bens públicos, o mecanismo de mercado não funciona perfeitamente devido à sua natureza e não somente porque ocasionem externalidades. Dessa forma, a provisão pelo Estado de bens públicos considerados como importantes justifica-se, antes de tudo, pela natureza destes bens, visto que a iniciativa privada não se interessaria em produzi-los. Por outro lado, as externalidades positivas ocasionadas pelo fornecimento de bens públicos são mais uma justificativa na provisão destes bens, pois o mercado não as considera na tomada de decisão por também não conseguir capturar os benefícios econômicos decorrentes da sua provisão.

Para o caso dos bens e serviços privados, o desvio de eficiência do mercado ocorre quando parte destes bens e serviços não são oferecidos pelo mercado em razão de não serem atrativos do ponto de vista econômico em relação às outras possibilidades existentes, mas que cujos benefícios diretos e indiretos para a sociedade como um todo justificam ou a participação direta

do Estado na provisão destes bens e serviços ou a sua regulamentação³. Como exemplo destes tipos de bens e serviços, têm-se os programas de eletrificação rural (por exemplo, o Programa Luz no Campo) e de eficiência energética voltados para a população de baixa renda. Para o caso da regulamentação, tem-se a obrigação por parte das concessionárias de universalizar o atendimento ao serviço público de energia elétrica (Lei nº 10.438/02) e de investir um percentual mínimo em projetos de eficiência energética e pesquisa e desenvolvimento (Lei nº 9.991/00) e os mecanismos de transformação de mercado, como estabelecimento de padrões mínimos de eficiência energética para equipamentos (Lei nº 10.295/01).

Por fim, mesmo para aqueles bens e serviços privados que são atrativos economicamente para o mercado, o Estado pode provê-los por considerá-los estratégicos e dada a importância que possuem para a sociedade como um todo, como, por exemplo, foi o caso das companhias de metalurgia e siderurgia nacionais (Companhia Vale do Rio Doce e Companhia Siderúrgica Nacional- CSN) e de aviação (Embraer), atualmente privatizadas. Nesses casos, o Estado considera os efeitos diretos e as externalidades positivas da produção destes bens suficientemente importantes a ponto de justificar sua provisão para a sociedade, apesar de serem bens privados.

Até o momento, observou-se que existem alguns bens e serviços que o mercado não consegue fornecer satisfatoriamente devido a sua natureza (bens públicos) e aos subprodutos gerados na sua produção e consumo que não são transacionados no mercado (externalidades), constituindo-se como importantes causas de falhas, ou desvios, de mercado, e, conseqüentemente, dando origem a sérias questões de política pública.

Portanto, os bens públicos e a presença de externalidades, como falhas de mercado, não são adequadamente fornecidos pelo sistema de mercado, fazendo-se necessária a participação, direta ou indireta, do Estado em razão dos benefícios diretos e indiretos (econômicos, sociais, ambientais) que eles proporcionariam para a sociedade.

³ Regulamentação é o conjunto de regras particulares ou de ações específicas implementadas por agências administrativas para interferir diretamente no mecanismo de alocação de mercado, ou indiretamente, alterando as decisões de oferta e procura de consumidores e produtores (NETO, 1998).

2.3. Natureza, falhas na provisão e *spillovers* das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

Na seção anterior, mostrou-se que a participação do Estado torna-se necessária na provisão de determinados bens e serviços (públicos ou privados) dados os benefícios diretos e indiretos que proporcionam para a sociedade ou, em outras palavras de mesmo tom e sentido, existem determinados bens e serviços (públicos ou privados) que, apesar dos benefícios que trariam para a sociedade, o mercado não provê satisfatoriamente. Este é o caso de atividades de P&D, as quais serão abordadas neste item.

Como será visto com mais detalhe no Capítulo 3, a reforma do setor elétrico e a entrada de agentes privados impõem nova lógica baseada na formação de lucros e retorno de investimento, na qual ocorrerá redução e redirecionamento dos investimentos em diversos tipos de atividades, especialmente naquelas de P&D, que serão mais voltados aos interesses privados das empresas e seus acionistas, o que é natural e esperado, em detrimento àqueles de interesse público.

Muito embora ainda persistam discussões envolvendo as atividades de P&D, particularmente na mensuração de seus diversos e possíveis impactos (econômicos, sociais, ambientais) (DAVID & HALL, 2000), tem-se atualmente o consenso de que o nível dos investimentos em P&D encontra-se bem abaixo do ponto de vista social (MARTIN & SCOTT, 2000) e os benefícios econômicos das atividades de P&D são reais e substanciais, sejam eles diretos e indiretos, particularmente para o caso da pesquisa básica (SALTER & MARTIN, 2001; ROSENBERG, 1990; PAVITT, 1991). Vários são os estudos apontando as razões para o baixo nível de investimentos neste tipo de atividade e a intenção deste item é apontar suas principais causas e definir a natureza das atividades de P&D, procurando mostrar que determinadas áreas, cujo alcance de seus benefícios se estendem para a sociedade como um todo, não são devidamente exploradas, mas que são necessárias, embora não suficientes, caso seus resultados não se concretizem em inovação tecnológica.

Para conceituar P&D de interesse público como se entende neste trabalho, é necessário entender quais são as razões que levam os investimentos em P&D situarem-se abaixo do esperado do ponto de vista social. Duas delas são exploradas nesse trabalho: a própria natureza da P&D e as externalidades geradas por ela. Sendo assim, este item divide-se fundamentalmente em

duas partes principais. Na primeira parte, é discutida brevemente a natureza da P&D como sendo um bem intermediário e misto (semipúblico), o que, neste último caso, explica, parcialmente, o baixo nível de investimento deste bem do ponto de vista social. Na segunda parte, são apresentadas as externalidades positivas (*spillovers*) geradas pelas atividades de P&D como outro fator fundamental que parcialmente explica o subinvestimento nestas atividades e que servirão como marco teórico para conceituar P&D de interesse público.

2.3.1. Natureza da P&D: bem intermediário e misto

2.3.1.1. A P&D como bem intermediário

Como conceito geral, a Pesquisa e o Desenvolvimento compreendem o trabalho criativo realizado de forma sistemática a fim de incrementar o volume dos conhecimentos humanos, culturais e sociais e o uso destes conhecimentos para novas aplicações (OCDE, 1993). Nota-se, desta forma, que as atividades de P&D têm como produto a geração de novos conhecimentos e a formação de recursos humanos. Portanto, como mencionam Furtado & Freitas (2002), a execução da atividade de P&D contribui para alcançar determinados objetivos científicos e tecnológicos e proporciona um significativo processo de aprendizagem para a organização que a realiza.

Geralmente, a atividade de P&D é estruturada em torno de objetivos concretos, cujos produtos do projeto são concebidos para atender as necessidades estabelecidas nos objetivos. No entanto, além da meta de se atingir os objetivos propostos, contribui tanto para aumentar o estoque de conhecimentos das empresas como também para melhorar a sua capacidade de fazer uso desse estoque para outras finalidades. Adicionalmente, essa capacidade serve também para fazer uso, e até filtrar melhor, o estoque de conhecimento externo, ou seja, aquele que se encontra fora da empresa (FURTADO & FREITAS, 2002).

Tanto a capacidade de lidar com os conhecimentos internos e externos para encontrar novos usos a esses conhecimentos pode resultar em *spin-offs* de diversos tipos: tecnológicos, organizacionais e relacionais (FURTADO & FREITAS, 2002). É em relação, especialmente, à capacidade de lidar com os conhecimentos externos que as empresas podem ser capazes de avaliar o valor de uma nova informação (i.e., uma inovação proveniente de um concorrente), assimilá-la e aplicá-la para fins comerciais. Refere-se a este conjunto de aptidões como

capacidade de absorção⁴ (COHEN & LEVINTHAL, 1990). Nota-se, portanto, a importância da atividade de P&D por possibilitar estar sempre aumentando o estoque de conhecimentos e seus desdobramentos para as empresas que procuram buscar vantagens competitivas num mercado onde prevalece a competição e em constantes transformações.

É através, em parte, do processo de conversão das atividades de P&D em inovação que os resultados (econômicos, sociais, ambientais) da pesquisa científica concretizam-se completamente. A própria história recente sugere que mesmo fortalecendo somente os esforços em atividades de P&D não significa que os benefícios econômicos do investimento realizado por um país ou empresa concretizar-se-ão plenamente (MOWERY & ROSENBERG, 1995). Isto ocorre em parte porque a geração de novos conhecimentos nem sempre se concretiza em inovação (incremental ou revolucionária), ou seja, nem sempre é um produto final ao qual o mercado possa impor um preço e cujos impactos sejam sentidos pela sociedade⁵.

Por outro lado, mesmo quando os objetivos científicos e tecnológicos não são alcançados, a atividade de P&D proporciona um importante processo de aprendizagem. De acordo com Furtado & Freitas (2002), este processo de aprendizagem decorrente da execução da atividade de P&D “transforma a organização que a executa de diversas maneiras: do ponto de vista tecnológico, relacional e organizacional”, podendo conduzir a diversas formas de impactos econômicos. É o que mostra o estudo realizado por estes autores ao analisarem o programa de capacitação tecnológica em sistemas de produção para águas profundas da Petrobrás, o Procap 1000, que se estendeu de 1986 a 1992. Os autores analisaram uma amostra de sete projetos de P&D caracterizados, de forma geral, como não bem sucedidos do ponto de vista comercial. Como resultado da avaliação desta amostra, os benefícios econômicos nos participantes superaram em mais de sete vezes os custos dos projetos, apesar dos seus objetivos originais não terem sido aplicados comercialmente. Adicionalmente, apesar da maior parte dos benefícios ter ocorrido na Petrobrás (81,5%), os fornecedores que participaram destes projetos obtiveram ganhos substanciais (17,5%). Como contribuição do trabalho de Furtado & Freitas (2002), demonstrouse, portanto, a importância do aprendizado tecnológico, organizacional e relacional no processo

⁴ O termo original empregado é *absorptive capacity*.

⁵ Apesar disso, existem certos campos da pesquisa básica onde os conhecimentos gerados tornam-se cada vez mais importantes e utilizados diretamente sobre a tecnologia (PAVITT, 1991).

de inovação, mesmo quando os projetos não são bem sucedidos comercialmente. Caso bem sucedidos, os impactos diretos são muito maiores, aumentando consideravelmente os ganhos globais que a atividade de P&D proporciona.

Infelizmente, os resultados de muitos programas nacionais de P&D desenvolvidos no país nas décadas de 70 e 80 receberam avaliações negativas por não terem, de fato, atingido os objetivos iniciais propostos, muito embora seus desdobramentos indiretos, cujos impactos econômicos são importantes decorrentes das diferentes formas de aprendizagem, foram pouco considerados no momento da avaliação de programas e políticas de P&D (FURTADO & FREITAS, 2002). Dessa forma, os programas e políticas de P&D não deveriam se ater somente na concretização de seus resultados, mas também no processo de aprendizagem como ingrediente importante no processo de inovação e seus desdobramentos.

Portanto, a preocupação, seja ela do ponto de vista privado ou público, não deve focar exclusivamente nas condições que afetam o suprimento das atividades de P&D, mas na utilização dos descobrimentos da pesquisa no processo de inovação e na transformação sobre a organização que a executa (tecnológica, organizacional e relacional) que o processo de aprendizagem proporciona, caracterizando, dessa forma, as atividades de P&D numa espécie de bem intermediário.

2.3.1.2. A P&D como bem misto ou semipúblico

A importância das atividades de P&D mostra-se evidente ao se constatar que o crescimento econômico na era moderna baseou-se na exploração do conhecimento científico. No entanto, apesar das suas vantagens econômicas e estratégicas, principalmente em um ambiente competitivo, existe atualmente o consenso de que os investimentos em atividades de P&D, do ponto de vista social, são bem baixos (MARTIN & SCOTT, 2000). Durante mais de trinta anos, este comportamento foi justificado pela teoria neoclássica como uma falha de mercado (DASGUPTA & DAVID, 1994). A partir dos anos 90, fica evidente para grande parte dos economistas que esta visão mostra-se incompleta e deficiente, uma vez que se considerava a organização que suporta a atividade de P&D como uma caixa preta, cuja estrutura e mecanismos internos eram desconsiderados (MOWERY & ROSENBERG, 1995).

Pela visão tradicional da teoria microeconômica, centrada no importante papel da informação para a atividade econômica, considerava-se que o conhecimento científico gerado pela P&D é não-rival e não-exclusivo. A não-rivalidade refere-se ao fato de outros poderem utilizar o conhecimento sem depreciá-lo para aqueles que o produziram e a não-exclusividade significa que outras empresas não podem ser impedidas de utilizar tal conhecimento, ou seja, podem utilizar os resultados obtidos e obter benefícios de seu uso sem incorrer nos elevados custos decorrentes da pesquisa. Dentro deste contexto, estas duas propriedades caracterizam a P&D como um bem público puro. Dessa forma, o retorno social do investimento em pesquisa excede o retorno privado, condição que leva uma organização a subinvestir, do ponto de vista da sociedade, em P&D. Além disso, pela própria natureza da atividade, os resultados das pesquisas científicas envolvem riscos e incertezas difíceis de serem previstos. É por conta destes motivos que se considerava o não investimento em pesquisa e desenvolvimento como exemplo de falha de mercado e durante muito tempo foi o argumento utilizado pelo Estado para justificar sua participação através de investimentos públicos em P&D.

Entretanto, a abordagem neoclássica da P&D, como um exemplo de falha de mercado, é incompleta e deficiente de acordo com Mowery & Rosenberg (1995). Em primeiro lugar, a pesquisa científica não é considerada um bem público puro, dado que o conhecimento científico ou técnico não se encontra livremente e gratuitamente disponível a todos (ROSENBERG, 1990). É necessário que haja capacidade e investimento substanciais para entendê-lo e utilizá-lo de forma útil, ou seja, depende da capacidade de absorção das instituições. Os frutos da pesquisa não consistem somente na informação que pode ser utilizada por outros a um custo mínimo para a inovação, pelo contrário, transferir e explorar a informação científica e técnica necessária ao processo inovativo são atividades custosas e intensivas em conhecimento (MOWERY & ROSENBERG, 1995). Em segundo lugar, a abordagem neoclássica não representa bem a natureza do processo de inovação e subestima substancialmente o papel do conhecimento tácito, das redes institucionais e da integridade da informação, por exemplo, ou seja, concebe as instituições que praticam a pesquisa como caixas pretas, cuja estrutura e funcionamento podem ser ignorados na utilização da informação científica. Dessa forma, o processo de inovação precisa levar em consideração as habilidades e propriedades de aprendizado dos indivíduos e organizações, as redes de pesquisadores, o desenvolvimento de novas capacidades por parte dos agentes e instituições do sistema de inovação e o papel e organização das instituições de pesquisa

(pública ou privada) na prática da ciência⁶ (SALTER & MARTIN, 2001). Nota-se, assim, que a P&D não é um bem de todo não-exclusivo. Conforme Romer (1990), o conhecimento técnico (*technical knowledge*) gerado pela atividade de P&D é não-rival e potencialmente exclusivo.

Portanto, estas características conferem à P&D a natureza de bem misto ou semipúblico, o que, parcialmente, explica o baixo nível de investimento nesta atividade do ponto de vista social. É importante deixar claro que as empresas investirão nesta atividade quando seus benefícios possam ser suficientemente capturados por elas a ponto de justificar o seu investimento (ROSENBERG, 1990), mesmo que de forma insuficiente para a sociedade e que resulte em benefícios para outros agentes econômicos que se utilizam de seus resultados.

Além destas características que conferem à P&D a natureza de bem misto (ou semipúblico), as externalidades, como subprodutos gerados e não transacionados no mercado, fazem-se presentes, responsabilizando-se também pelos investimentos abaixo do esperado do ponto de vista social. Este comportamento é discutido no item seguinte.

2.3.2. Os *spillovers* e as falhas na provisão das atividades de P&D

As externalidades produzidas pelas atividades de P&D, que se relacionam estreitamente com a natureza de bem semipúblico destas últimas, fazem com que estas atividades não sejam realizadas satisfatoriamente pelo mercado. Dessa maneira, este item trata da geração de externalidades pelas atividades de P&D como um importante fator que leva as empresas que as realizam a investirem menos do que o necessário do ponto de vista social.

Como é sabido, as atividades de P&D realizadas por empresas privadas e públicas geram benefícios que são aproveitados pelos consumidores e pela sociedade como um todo, especialmente no caso em que alguns destes benefícios, aliados à natureza de bem semipúblico da P&D, são capturados por agentes econômicos que não aqueles que realizaram a pesquisa, beneficiando-se dos seus resultados sem incorrer nos elevados custos relativos a esta atividade. Como resultado, o valor econômico para a sociedade geralmente excede os benefícios econômicos capturados pelas empresas que realizaram os esforços de pesquisa. Para este excesso

⁶ Dasgupta e David (1994) propõem o desenvolvimento de uma nova economia da ciência.

entre a taxa social de retorno e a taxa privada de retorno das empresas inovadoras, os economistas o chamam de externalidade positiva da P&D ou *spillover*.

Como resultado dos *spillovers*, as empresas investirão menos em P&D do que o socialmente desejável, uma vez que suas decisões baseiam-se na taxa privada de retorno, buscando a maximização do lucro no longo prazo, o que significa que alguns tipos de projetos de pesquisa não serão realizados ou outros ser-los-ão, porém ou lentamente, ou posteriormente ou em menor escala em relação ao que a sociedade deseja (JAFFE, 1996). Por outro lado, o objetivo do Poder Público de procurar maximizar a taxa social de retorno é um critério geralmente aceito.

Os *spillovers* são criados através da combinação de novos conhecimentos gerados pelos esforços de P&D e da comercialização de novas tecnologias (produtos ou processos) que são introduzidas com sucesso no mercado. Eles ocorrem através de caminhos distintos e entender esta trajetória é importante para avaliar os diversos impactos que eles proporcionariam sobre a sociedade e os outros agentes decorrentes dos esforços científicos e tecnológicos. Este entendimento proporcionaria, para o caso dos poderes públicos, melhor identificar os potenciais benefícios que adviriam de projetos de P&D, o que, por sua vez, auxiliá-los-ia a decidir quais são os projetos de seu interesse passivos de investimento, especialmente para o caso daqueles que se encaixariam no conceito de P&D de interesse público proposto mais adiante neste trabalho.

Não cabe a este trabalho discutir as diferentes trajetórias dos *spillovers* gerados pelas atividades de P&D, mas vale mencionar que Jaffe (1996) distingue três tipos, sendo eles: *spillovers* de conhecimento, de mercado e de rede⁷. Segundo este autor, estes três tipos de *spillovers* não ocorrem isoladamente, eles se interagem de forma que os seus efeitos combinados tendem a aumentar as implicações deles decorrentes.

Observa-se que o conceito de externalidade relaciona-se de perto com a natureza de bem semipúblico da P&D, o que neste caso explica, dentre outros motivos apontados em Link & Scott (2001), a falha na provisão desta atividade pelo mercado, pois as empresas responsáveis pela pesquisa não conseguem capturar todos os benefícios decorrentes de seus resultados sem que outras empresas também se beneficiem deles. A título de exemplo, os beneficiários dos *spillovers*

⁷ Respectivamente, são originalmente referidos como: *knowledge spillovers*, *market spillovers* e *network spillovers*.

podem utilizar o novo conhecimento para copiar ou imitar os produtos ou processos comerciais da empresa inovadora ou podem usarem-no como um recurso para um processo de pesquisa relacionado a outras novas tecnologias sem ter sido necessário arcar com os custos totais da pesquisa. Dessa forma, sempre que possível, as empresas que realizam a pesquisa recorrem a mecanismos de apropriação do novo conhecimento ou tecnologia para evitar este tipo de comportamento, como, por exemplo, as patentes.

Por outro lado, a existência de *spillovers* e da não apropriação de todos os benefícios (não-exclusividade), o que, neste último caso, confere aos agentes econômicos a propriedade de caronas, não é decisiva contra a realização da P&D pelas empresas privadas. Como mencionado anteriormente, apesar dessas características, a iniciativa privada realizará este tipo de atividade desde que seus benefícios justifiquem o investimento. Se a produção de novo conhecimento gera oportunidades comerciais para quem a realiza, o cálculo que é levado em consideração envolve não a dimensão das externalidades positivas, mas como a empresa captura suficientemente os benefícios gerados para que resultem em altas taxas privadas de retorno do investimento (ROSENBERG, 1990), muito embora seja evidente que a empresa procurará se apropriar ao máximo dos resultados da pesquisa e dos seus benefícios.

Dessa forma, a atividade de P&D é socialmente desejável porque gera amplos benefícios para a sociedade como um todo, porém a iniciativa privada somente investirá em P&D se os benefícios gerados pelos seus esforços possam ser suficientemente capturados e atrativos economicamente. Caso isto não ocorra, atividades com grande potencial de gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais para a sociedade deixam de ser realizadas, justificando-se a participação direta ou indireta do Poder Público. Logo, as empresas decidem onde realizar seus investimentos de acordo com os seus interesses corporativos, o que é natural e esperado, e não do ponto de vista do que é de maior interesse para a sociedade.

Vale salientar que os benefícios da P&D para a sociedade não se restringem somente quando se atinge o uso comercial de novos produtos e processos. Como mostram Salter & Martin (2001), as contribuições da P&D para o crescimento econômico são diversos, especialmente no caso das pesquisas financiadas pelo setor público, como no caso da pesquisa básica.

2.4. P&D de interesse público

Definida a natureza da P&D (bem misto e intermediário) e o papel das externalidades produzidas por esta atividade como dois fatores que explicam por que a P&D não é satisfatoriamente ou totalmente concebida e financiada pelo mercado, define-se, neste item, o conceito de P&D de interesse público.

Para tanto, a discussão foi dividida em duas partes. Na primeira, apresenta-se e, com base no que foi discutido nos itens anteriores, aprofunda-se o conceito geral e qualitativo de P&D de interesse público apresentado por Blumstein *et al.* (1998) que reflete a preocupação que existe em garantir a realização deste tipo de atividade no novo ambiente criado pelas reformas do setor elétrico. No entanto, falta a esta definição um marco teórico, que é buscado a partir da análise proposta por Jaffe (1996) de avaliação de projetos a serem financiados pelo Poder Público para o ATP (*Advanced Technology Program*). Partindo-se dessa análise, na segunda parte formaliza-se o conceito de P&D de interesse público, ficando claro que esta é um subconjunto da P&D que interessa ao Poder Público investir.

A formalização teórica do conceito de P&D de interesse público é importante por permitir auxiliar o Poder Público no processo de definição de prioridades para a política setorial de C&T e de mecanismos de seleção de projetos e de financiamento. Este processo de definições precisa ser coerente com as políticas de desenvolvimento do país e voltado a lidar com os desafios do setor energético, em particular o elétrico.

2.4.1. Conceito qualitativo de P&D de interesse público

Com a reestruturação do setor elétrico, a entrada de agentes privados e a procura em estabelecer a concorrência no setor, cria-se um ambiente de redefinição e redirecionamento dos investimentos em busca de maior eficiência econômica sob a ótica dos interesses da iniciativa privada, em oposição à configuração setorial anterior, centralizada e eminentemente estatal. Dentro deste quadro, algumas atividades de interesse público serão prejudicadas, apesar dos possíveis impactos ambientais e sociais positivos (externalidades) mencionados por Dubash (2001).

Em particular, como mostra o Capítulo 3, as atividades de P&D, da maneira em que eram realizadas, são uma das mais afetadas devido às mudanças do ambiente institucional e à abertura para a concorrência que, juntamente com as incertezas e riscos característicos, são uma das primeiras atividades cujos investimentos sofrem grandes cortes visando a redução global dos custos, colocando em perigo a capacidade de solucionar os desafios energéticos, sociais e ambientais relacionados. Dessa forma, é com a preocupação na redução dos esforços científicos e tecnológicos considerados como estratégicos para a sociedade que iniciativas estão sendo reformuladas para se adequarem ao novo ambiente sendo criado pela reestruturação do setor elétrico, em particular para o caso de buscar garantir investimentos em P&D de interesse público.

Esta re-adequação faz-se necessária porque, de acordo com Mowery & Rosenberg (1995), a performance de uma dada estrutura institucional de P&D depende do ambiente tecnológico e econômico em que se encontra. Mais ainda, Pavitt (1998) considera que a taxa e a direção do desenvolvimento da base científica de um país são fortemente influenciadas pelo seu nível de desenvolvimento econômico e da composição de suas atividades econômicas e sociais, concluindo que a base científica é socialmente moldada. Logo, mudando-se o ambiente do setor elétrico como resultado das reformas pelas quais ele passa, o sistema de P&D deve adaptar-se para manter, ou melhorar, sua performance.

A criação de um mercado competitivo implica uma redefinição de papéis para o Poder Público, que agora deve se preocupar com a definição de áreas de interesse público, onde é necessária sua atuação direta, e áreas onde deve adequar instrumentos para estimular que os agentes do mercado convirjam para ações consideradas ótimas (JANNUZZI, 2000a). Este é o caso particular da P&D de interesse público, atividade que dificilmente seria realizada em um ambiente competitivo e permeado por agentes privados.

Há dificuldade em definir com precisão o que é P&D de interesse público (BLUMSTEIN *et al.*, 1998). No entanto, sua definição deve focar capturar os projetos com benefícios públicos amplos e que não são adequadamente ou totalmente concebidos e financiados pelo mercado competitivo. Entende-se como benefícios públicos tanto os benefícios diretos e indiretos relacionados tanto com a satisfação das necessidades e aumento do bem-estar da população como com as metas de desenvolvimento. No caso da energia, na qual se inclui a eletricidade, os benefícios diretos traduzem-se nos serviços energéticos em si e os benefícios indiretos nas

externalidades positivas que proporcionam, haja vista a relação que existe entre problemas sociais e energia (REDDY, 2000) e a energia como instrumento para o desenvolvimento (GOLDEMBERG *et al.*, 1985).

Consolidados em Blumstein *et al.* (1998), os resultados das discussões envolvendo vários agentes do setor elétrico e de gás dos EUA, estimuladas diante da brusca redução dos gastos em P&D pelas concessionárias privadas norte-americanas como resultado da reestruturação do setor elétrico e dos efeitos que esta redução teria sobre a P&D que não seria adequadamente vislumbrada pelo mercado competitivo, apontaram como imperativo garantir a realização do que definiram como P&D de interesse público.

Blumstein *et al.* (1998) definem P&D de interesse público como sendo a atividade de P&D que não é adequadamente concebida e financiada pelo mercado competitivo, uma vez que alguns ou todos os benefícios resultantes são amplamente difundidos e não podem ser capturados exclusivamente pelas empresas que a realizam a ponto de justificar seu investimento.

Ainda segundo estes autores, a principal característica da P&D de interesse público é a sua coerência com metas estabelecidas por outras políticas públicas, como, por exemplo, melhoria do meio ambiente e políticas sociais para melhorar a qualidade de vida, áreas que fogem do escopo principal das atividades das empresas privadas (JANNUZZI, 2000a). Também fogem ao escopo das suas atividades preocupações baseadas em princípios de bem-estar social, como equidade na prestação de serviços públicos de eletricidade (COLTON, 1996).

Com base nas seções anteriores, pode-se expandir a definição feita por Blumstein *et al.* (1998), definindo-se P&D de interesse público como aquelas atividades de P&D alinhadas com as metas de desenvolvimento e cujos benefícios são importantes para o bem-estar social e econômico e que não são adequadamente concebidas e financiadas pelo mercado competitivo, uma vez que alguns ou todos os benefícios resultantes são amplamente distribuídos e não podem ser apropriados individualmente (critério da exclusividade) pelas empresas a ponto de justificar seu investimento. Nota-se, dessa forma, que é de interesse do Poder Público garantir e estimular a realização deste tipo de atividade.

Como ficará evidente mais adiante, também é de interesse do Poder Público investir em atividades de P&D que possam resultar em grandes benefícios para a sociedade como um todo e que são economicamente atrativas para as empresas, mas que, em um determinado momento, não seriam por elas selecionadas para investimento por existirem outras possibilidades relativamente melhores e/ou devido a outros fatores condicionantes que influenciam na escolha. Caberia, então, ao Poder Público estimular aquelas atividades de P&D atrativas para as empresas e que, ao mesmo tempo, trariam amplos benefícios para a sociedade, inclusive aqueles alinhados com as metas de desenvolvimento.

Fica claro, então, que a P&D de interesse público é um subconjunto de atividades de P&D que o setor público deveria investir, apesar deste termo utilizado originalmente para o setor elétrico e de gás por Blumstein *et al.* (1998) dar uma noção de maior amplitude para esse tipo de atividade.

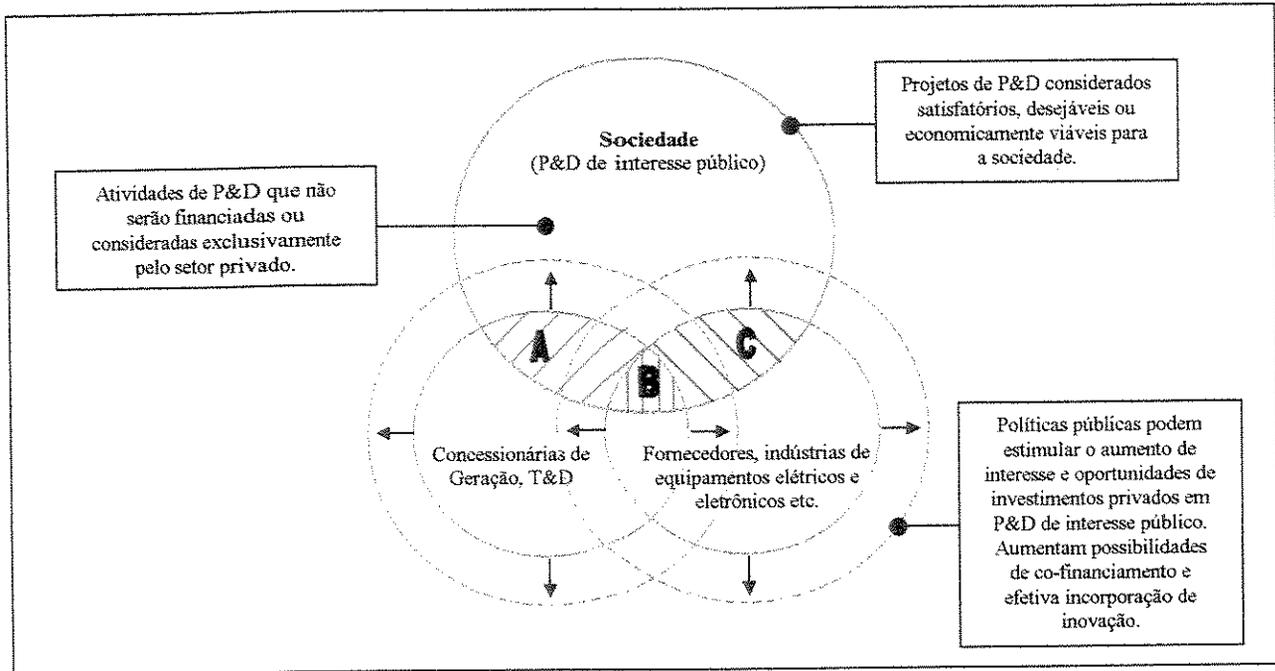
Para o caso brasileiro, trabalhos como o de Jannuzzi (2000a) e Kozloff *et al.* (2000) introduziram a mesma preocupação de garantir investimentos em P&D de interesse público dentro do processo de reformas do setor elétrico. Dessa forma, iniciativas neste sentido foram tomadas, como a criação do Fundo Setorial de Energia Elétrica (CT-ENERG), detalhado no Capítulo 3, cujos recursos devem ser investidos em projetos de P&D de interesse público e eficiência energética do lado da demanda.

A partir do momento em que a reestruturação do setor elétrico baseia-se na criação de um mercado competitivo e na sua abertura para a entrada de agentes privados, torna-se mais visível o aparecimento de interesses distintos entre os agentes do setor relativos às atividades de P&D, como ilustra a Figura 2.1. É diante desse movimento que o conceito de P&D de interesse público passa a ser importante por representar os interesses da sociedade como um todo ao cobrir aquelas atividades com grande potencial de resultar amplos benefícios e que não se justificam economicamente para as empresas dentro de um ambiente competitivo.

A Figura 2.1 é uma ilustração de três interesses distintos envolvendo as atividades de P&D: interesses exclusivos da sociedade, interesses exclusivos do setor produtivo e interface entre os interesses da sociedade e do setor produtivo. Esta interface pode ser aumentada através de políticas públicas, como regulamentação e transformação de mercados, por exemplo. Logo, o

Poder Público poderá co-financiar as atividades de P&D das regiões A, B e C e financiar aquelas de interesse exclusivo da sociedade.

Figura 2.1: Interesses em matéria de P&D dos diversos agentes do setor elétrico.



Fonte: MCT (2001a).

A P&D de interesse público situa-se em duas regiões: na de interesse exclusivo da sociedade, onde toda atividade é, necessariamente, classificada como P&D de interesse público, e na região de intersecção com os interesses do setor produtivo. Neste último caso, coexistem tanto projetos de P&D de interesse público quanto projetos que são de interesse do Poder Público investir, reafirmando-se que a P&D de interesse público é um subconjunto de atividades de P&D cujo setor público tem o interesse em investir, como ficará evidente mais adiante. É importante frisar que as atividades de P&D de interesse exclusivo do setor produtivo podem resultar em benefícios para a sociedade, ou seja, não é uma característica exclusiva da P&D de interesse público, mas que seriam realizadas de toda forma pela empresa sem a necessidade de recursos públicos.

Kozloff *et al.* (2000) e o documento de diretrizes do CT-ENERG (MCT, 2001a) procuram ir mais adiante na caracterização da P&D de interesse público ao proporem uma forma de

correlacionar os projetos de P&D a serem avaliados com características pré-determinadas de P&D de interesse público. Estas características devem ser coerentes com as diretrizes fixadas pela política energética, a qual, por sua vez, deve condizer com as metas de desenvolvimento. De acordo com o documento de diretrizes do CT-ENERG (MCT, 2001a), são quatro as dimensões (benefícios) consideradas para caracterizar as atividades de P&D de interesse público: a dimensão social, ambiental, econômica e estratégica. Esta abordagem de caracterização de projetos é utilizada no Capítulo 4 como um exercício de avaliação dos projetos regulados pela ANEEL.

2.4.2. Formalização do conceito de P&D de interesse público

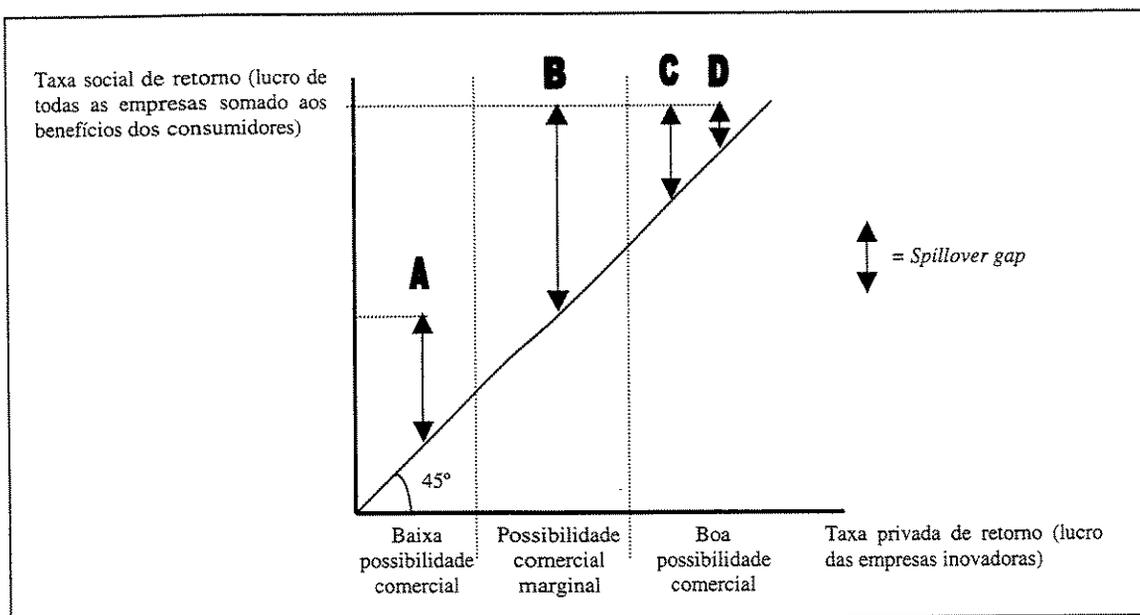
O conceito geral apresentado por Blumstein *et al.* (1998) do que se entende como P&D de interesse público, juntamente com os esforços de melhor caracterizá-lo através das dimensões supracitadas, é importante por traduzir a preocupação existente de garantir a realização de atividades desta natureza no novo modelo proposto para a reestruturação do setor elétrico. No entanto, do ponto de vista teórico, o conceito apresentado é ainda insuficiente. Por essa razão, a proposta de análise de Jaffe (1996), consubstanciada pelo trabalho de Link & Scott (2001), para selecionar projetos a serem financiados com recursos públicos mostra-se adequada para definir o marco teórico do conceito de P&D de interesse público, que é o objetivo desta seção.

Jaffe (1996) faz uma análise para avaliação de quais projetos de P&D deveriam ser financiados através de recursos públicos, baseando-se na taxa de retorno social e privada. Esta análise mostra-se interessante para identificar quais seriam os projetos de P&D de interesse público e selecionar projetos que minimizem o efeito de deslocamento quando ele não é benéfico. Para o contexto do ATP, o objetivo é selecionar projetos que apresentam, simultaneamente, elevadas taxas de retorno social e baixa probabilidade de deslocamento. Sem dúvida, este objetivo de seleção é essencial para otimizar o uso de recursos públicos em atividades com grande potencial de resultar importantes benefícios para a sociedade como um todo, embora a otimização desses recursos, evitando ao máximo o efeito de deslocamento, fuja do objetivo deste trabalho, pois, para a definição do conceito de P&D de interesse público, a consideração deste efeito não é necessária. Este efeito passa a ser necessário no momento de se definir políticas públicas de financiamento, etapa subsequente à definição do que se entende por P&D de interesse público.

No entanto, existem algumas dificuldades relativas à avaliação da P&D. Não é uma tarefa fácil determinar os benefícios das atividades de P&D *ex ante* (retorno privado e social), um exercício bastante subjetivo dadas as incertezas dos seus resultados, a sua forte característica não-linear e a mensuração de seus diversos e possíveis impactos (econômicos, sociais, ambientais). Além disso, como mencionado, há a possibilidade de deslocamentos de verbas privadas por públicas (efeito de *crowding-out*, *displacement*, *substitution*), o que não é interessante do ponto de vista da sociedade.

A proposta de Jaffe (1996) pode ser visualizada através da Figura 2.2, elaborada para fins ilustrativos, e brevemente descrita a seguir.

Figura 2.2: Taxas social e privada de retorno esperadas.



Fonte: adaptado de Jaffe (1996)

Como mencionado anteriormente, os efeitos dos *spillovers* criam uma diferença entre as taxas privada e social de retorno (*spillover gap*), sendo que o setor privado procura maximizar a primeira e o setor público a segunda.

Desta forma, à primeira vista, os projetos que possuem elevadas taxas sociais de retorno (à direita e acima da Figura 2.2) seriam os mais propensos a serem financiados pelo setor público, caso não houvesse deslocamento, e, concomitantemente, pelo setor privado devido às elevadas

taxas privadas de retorno, abrindo a possibilidade para que haja co-financiamento entre as duas partes. É claro que o investimento privado de qualquer projeto dependerá do seu risco e do ambiente financeiro onde se encontra.

No entanto, selecionar os projetos que devem ser (co-)financiados com recursos públicos baseando-se na taxa social de retorno não é apropriado por dois importantes motivos (JAFFE, 1996): não necessariamente elevadas taxas sociais de retorno indicam que um projeto trará muitos benefícios para a sociedade (pequeno *spillover gap* – vide “D” na Figura 2.2) e tanto as taxas de retorno privada e social são estimativas com altos graus de incerteza. Logo, para identificar aqueles projetos que devem ser (co-)financiados pelo setor público, Jaffe (1996) propõe que a análise seja feita observando-se os possíveis *spillovers* decorrentes dos projetos de P&D, que nada mais são do que os benefícios que se espalhariam para a sociedade como um todo. Portanto, quanto maior for o *spillover gap*, maior será os benefícios que a sociedade teria. Além disto, esta proposta de análise de projetos também oferece subsídios para minimizar os efeitos de deslocamento. Dessa forma, o *spillover gap* torna-se um importante critério a ser utilizado para avaliar projetos a serem financiados com recursos públicos.

Utilizando o exemplo da Figura 2.2, observa-se que o projeto B e o projeto C possuem a mesma taxa social de retorno. No entanto, o primeiro é a melhor alternativa para financiamento com recursos públicos, tanto porque apresenta um *spillover gap* maior, como porque o projeto C provavelmente seria financiado pela iniciativa privada sem a necessidade de recursos públicos.

Adicionalmente, a análise dos *spillovers* é necessária, mas não suficiente, por dois motivos. Em primeiro lugar, como vimos anteriormente, as externalidades positivas são os benefícios indiretos das atividades de P&D. No entanto, para que a análise seja completa, deve-se analisar também os benefícios diretos que são transacionados no mercado, como, por exemplo, os serviços energéticos que novas tecnologias proporcionariam, como melhor iluminação, maior confiabilidade do equipamento ou suprimento energético e a efetuação do mesmo serviço com menor consumo de energia ou, para um mesmo consumo, uma maior quantidade do serviço. É evidente que esses benefícios diretos trazem consigo benefícios indiretos importantes. Em segundo lugar, obviamente, muitos dos benefícios diretos e indiretos somente ocorrerão se as atividades de P&D se concretizarem em novos produtos ou processos. Desta forma, as empresas somente investirão em P&D desde que suas possibilidades se traduzam em inovações

tecnológicas para que elas possam desfrutar dos benefícios econômicos e possam manter-se competitivas. O mesmo serve para o caso dos projetos de P&D de interesse público, cujos benefícios somente serão plenamente alcançados caso haja inovações tecnológicas, apesar da própria atividade de P&D proporcionar importantes benefícios para a sociedade (SALTER & MARTIN, 2001), mesmo quando os objetivos iniciais não são aplicados comercialmente, como evidenciado em Furtado & Freitas (2002).

Pela definição de P&D de interesse público, juntamente com a amplitude do *spillover gap*, que representa os benefícios que se espalhariam para a sociedade, é necessário identificar também quais são as atividades de P&D que as empresas não mostrariam interesse de investir. Como as empresas baseiam-se na taxa privada de retorno para avaliar a atratividade da atividade de P&D, é justamente na região da Figura 2.2 com uma baixa ou marginal possibilidade comercial relativa ao objetivo inicial da P&D que se deseja alcançar onde encontra-se o espaço onde se encaixa a P&D de interesse público, pois as atividades que se situarem nestas regiões provavelmente não são atrativas do ponto de vista privado, muito embora as possam ser para a sociedade quando apresentam um importante *spillover gap*.

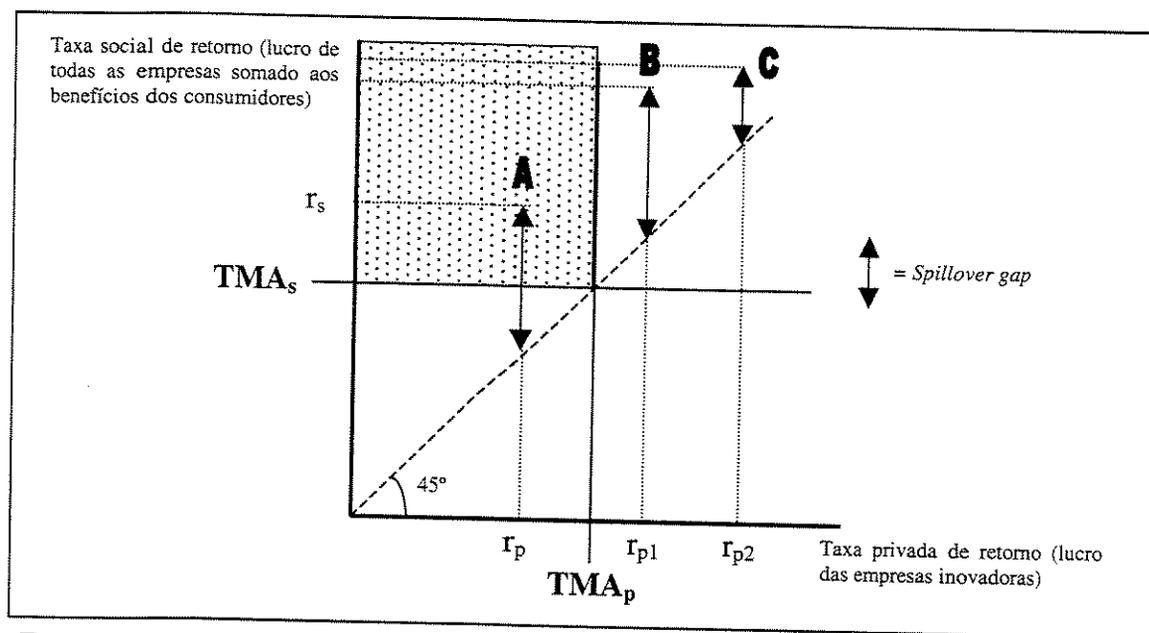
Dessa forma, juntamente com o critério da amplitude do *spillover gap*, a adoção de um critério que proporcione a localização da região com uma taxa de retorno privada que não justifique o investimento na atividade de P&D é fundamental para que seja definido o espaço onde o conceito de P&D de interesse público se encaixe. Para tanto, a taxa mínima de atratividade privada de retorno é um critério adequado, conforme apresentado em Link & Scott (2001). A Figura 2.3 ilustra os critérios sugeridos.

A taxa mínima de atratividade privada de retorno é definida como uma taxa que representa o retorno mínimo aceitável de benefícios que seriam obtidos pela empresa provenientes de um investimento. Esta taxa é estabelecida pela empresa, refletindo seus objetivos de lucro (THUESEN & FABRYCKY, 1989). Isto significa que a empresa poderá realizar investimentos sempre que a taxa de retorno de uma oportunidade supere a taxa mínima de atratividade privada de retorno.

Pela Figura 2.3, observa-se que a empresa não investirá em atividades de P&D quando sua taxa privada de retorno (r_p) for menor do que a taxa mínima de atratividade privada de retorno

(TMA_p). O mesmo vale para o caso dos poderes públicos, que investirão recursos em atividades de P&D quando a taxa social de retorno (r_s) exceder a taxa mínima de atratividade social de retorno (TMA_s). De fato, Link & Scott (2001), ao analisarem alguns projetos do ATP, concluíram que, sem os recursos públicos destinados a este programa, várias empresas não levariam adiante seus projetos de P&D, pois as respectivas taxas privadas de retorno situavam-se abaixo das suas taxas mínimas de atratividade privada de retorno⁸. Sendo assim, a área rachurada da Figura 2.3 é o espaço onde se encaixa a P&D de interesse público.

Figura 2.3: Taxas mínimas de atratividade privada e social.



Fonte: adaptado de Link & Scott (2001).

A formação da taxa privada de retorno da P&D é influenciada por vários fatores, ou seja, estes fatores determinam o quanto de benefícios podem ser capturados pelas empresas. Link & Scott (2001) apontam a existência de oito deles⁹, que no caso funcionam como barreiras que restringem a maior apropriação dos benefícios e, conseqüentemente, explicariam o porquê da

⁸ Estes autores estimaram as taxas privadas e sociais de retorno destes projetos, chegando aos seguintes valores médios, respectivamente: 20% e 63%. Note que estes projetos apresentam um *spillover gap* de 43%, ou seja, são benefícios que não são capturados pela empresa que realiza a pesquisa.

⁹ São eles: elevado risco (1) técnico, (2) comercial ou de mercado, (3) tempo de duração do produto ou processo tornar-se comercial, (4) percepção do potencial de mercado, (5) interdependência entre tecnologias, (6) apropriabilidade, (7) *lock-in* tecnológico e trajetória tecnológica e (8) relação comprador-usuário.

taxa privada de retorno ser menor do que a taxa mínima de atratividade privada de retorno. Note que ações voltadas à eliminação ou redução destas barreiras permitiriam aumentar os benefícios capturados pelas empresas. Foge do escopo deste trabalho discorrer sobre cada um destes fatores, sendo que o que é importante para esta discussão é a idéia de que esses fatores, individualmente ou combinados, influenciam a formação da taxa privada de retorno.

A taxa privada de retorno da P&D sempre aumenta quando os recursos privados destinados ao projeto são complementados com recursos públicos (LINK & SCOTT, 2001). Adicionalmente, ela também pode ser aumentada não somente em relação aos custos de investimento relacionados a P&D, mas ao proporcionar o aumento dos benefícios que podem ser capturados pela empresa com a eliminação ou redução de barreiras que restringem esta maior captura. Dessa forma, dependendo da quantidade de investimento público (direto ou indireto), pode-se aumentar a taxa privada de retorno de um determinado projeto acima da taxa mínima de atratividade privada de retorno, passando o projeto a ser atrativo economicamente para a empresa. Daí o porquê dos projetos analisados em Link & Scott (2001) terem sido realizados pela iniciativa privada, pois estes projetos não seriam atrativos para as empresas sem a contrapartida do Poder Público.

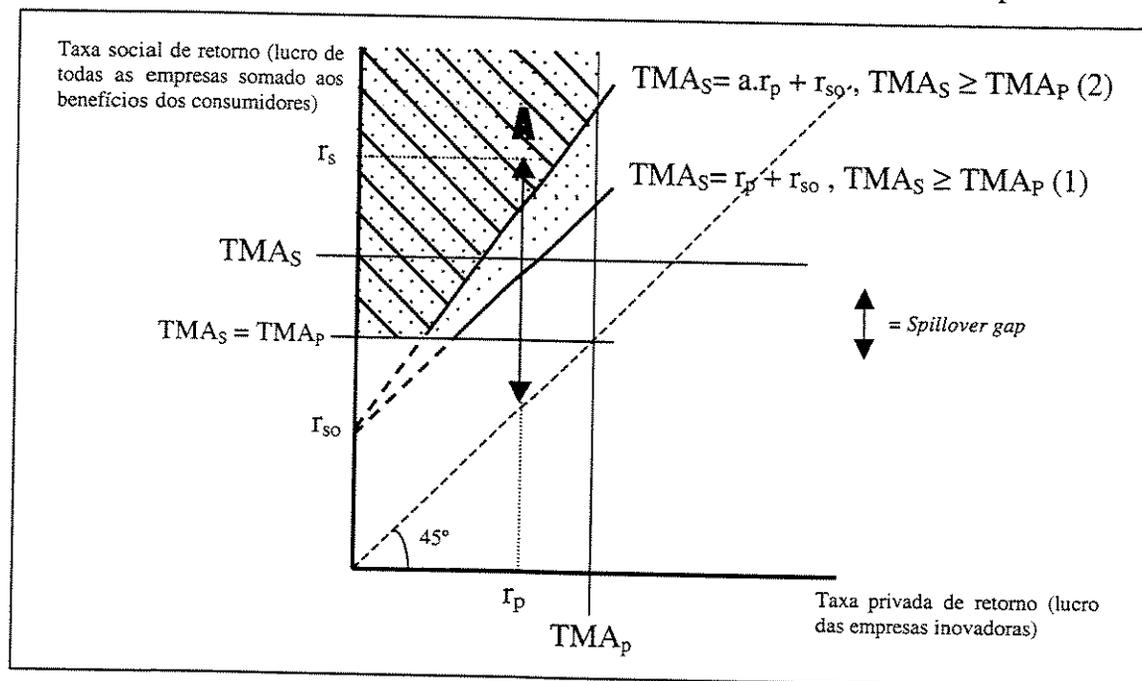
Da mesma forma que a taxa social de retorno não se mostra adequada para a análise de projetos de P&D, como anteriormente mencionado, pois uma elevada taxa social de retorno não significa, necessariamente, um elevado *spillover gap*, também não se mostra adequada a utilização de uma taxa mínima de atratividade social constante, pois, conforme se verifica pela Figura 2.3, quanto maior for a taxa privada de retorno, menor deverá ser o *spillover gap* para que se atinja a TMA_S. É por conta disso que o presente trabalho considera que o uso do *spillover gap* como critério de análise torna também apropriada a definição pelo Poder Público de um valor mínimo de atratividade para ele. Um projeto que apresentasse um *spillover gap* maior do que este mínimo estaria passivo a investimentos com recursos públicos. Nota-se, dessa forma, que este valor irá definir qual a amplitude da TMA_S, ou seja, ao invés de se estabelecer previamente uma TMA_S para avaliar o interesse público, é o “*spillover gap* mínimo de atratividade” (SMA) que servirá como critério de escolha e, dessa forma, o que definirá subseqüentemente a TMA_S.

Portanto, a partir dos dois critérios (*spillover gap* mínimo de atratividade e taxa mínima de atratividade privada), fica redefinido o espaço onde a P&D de interesse público se encaixa. Logo,

a P&D de interesse público encontra-se nas áreas rachuradas da Figura 2.4, dependendo do critério que se adote para estabelecer o *spillover gap* mínimo de atratividade.

Nesta figura, dois exemplos são apresentados para ilustrar a definição da área onde se encaixa a P&D de interesse público, podendo haver diversas possibilidades que variariam de acordo com a política de avaliação que seria adotada em relação ao *spillover gap* mínimo de atratividade. Para o primeiro caso, considera-se um valor mínimo constante de atratividade para o *spillover gap*, de valor r_{so} , conforme indica a expressão da reta de número 1 da figura. Neste caso, ao contrário do que ocorreria caso se adotasse um valor constante para a TMA_S , quanto maior for a taxa privada de retorno, o valor do *spillover gap* permanece constante para que se atinja a TMA_S . Observa-se que, no entanto, o *spillover gap* mínimo de atratividade e, conseqüentemente, a taxa mínima de atratividade social de retorno diminuem proporcionalmente em relação à taxa privada de retorno a medida em que esta aumenta.

Figura 2.4: Exemplificação da região onde se encaixa a P&D de interesse público.



Fonte: elaboração própria.

Para o segundo caso, ilustra-se uma situação na qual o *spillover gap* mínimo de atratividade varia proporcionalmente à taxa privada de retorno, conforme indica a expressão 2. Nesta, o

coeficiente a representa a proporção que se deseja manter entre o *spillover gap* mínimo de atratividade e a taxa privada de retorno.

Tanto para os dois casos, como para qualquer outro, a condição de contorno $TMA_S \geq TMA_P$ deve ser satisfeita quando se trata de co-financiamento entre o setor público e empresas. Esta condição de contorno significa que o subsídio público a ser dado para a empresa para que o investimento passe a ser atrativo deve ser inferior ao *spillover gap*, caso contrário, os custos para a sociedade seriam maiores do que os benefícios (*spillovers*) gerados pela atividade de P&D. De toda forma, é evidente que os investimentos públicos em atividades de P&D de interesse público devem ser menores do que os benefícios decorrentes destas atividades para a sociedade.

Por outro lado, também foi mencionado que a atuação do Poder Público para influenciar a formação da taxa privada de retorno não se atém somente aos subsídios concedidos às empresas. O Poder Público pode influenciar a formação desta taxa através de ações que incentivem os, e/ou derrubem barreiras existentes para, esforços científicos e tecnológicos, como, por exemplo, políticas industriais e de transformação de mercado. Tipos de ações como essas são importantes para o caso brasileiro, em particular, e para os países periféricos, em geral, pois deve-se supor que nesses países a falha de mercado da P&D é muito maior do que a dos países desenvolvidos. As empresas daqueles não são propensas a investir em P&D.

Fica claro com os dois exemplos apresentados na Figura 2.4 que a área onde se encaixa a P&D de interesse público depende da maneira como o Poder Público define o *spillover gap* mínimo de atratividade. Apesar disso, é possível conceituar, em linhas gerais, a partir do marco teórico aqui apresentado, a P&D de interesse público baseando-se na definição qualitativa, e aprofundada neste trabalho, apresentada em Blumstein *et al.* (1998).

Sendo assim, define-se a P&D de interesse público como toda a P&D que apresenta as três seguintes propriedades: importante *spillover gap* ($spillover\ gap \geq SMA$; $TMA_S \geq TMA_P$), taxa privada de retorno esperada que não justifique seu investimento pelos agentes do setor ($r_p < TMA_P$) e benefício direto importante para o usuário.

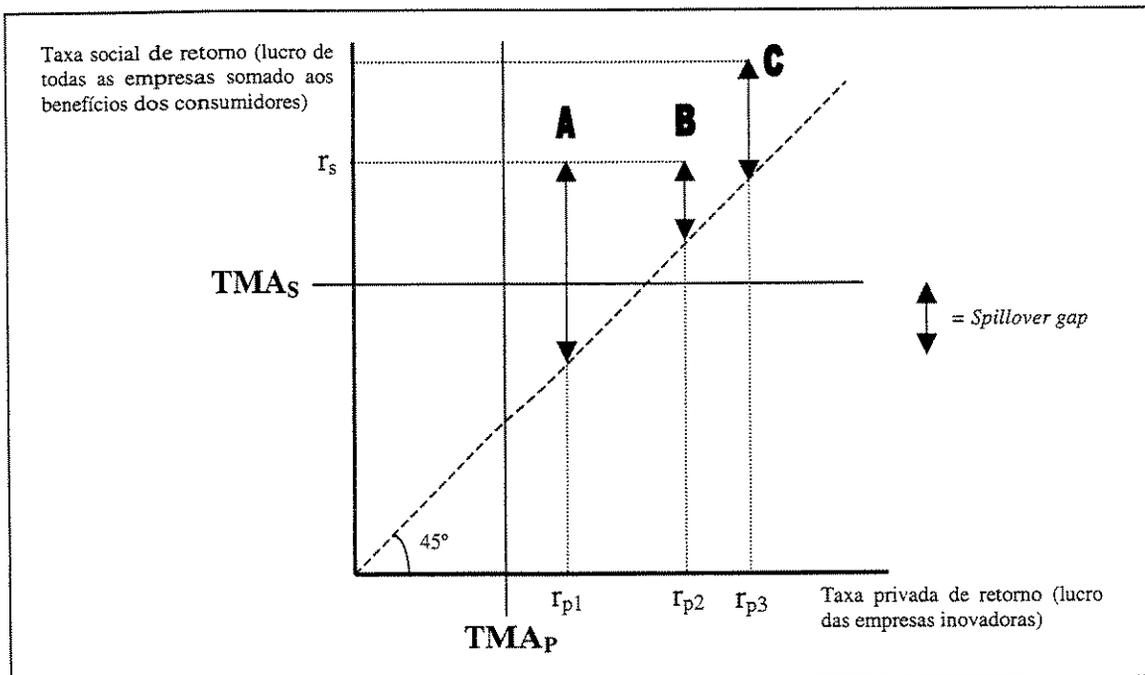
Este é um conceito teórico de caráter amplo, no sentido temporal e espacial, o que significa que a definição precisa da P&D de interesse público é específica para cada país ou região e para o momento em que se insere, pois depende, por exemplo:

- das metas de desenvolvimento nacional ou regional, às quais os objetivos da P&D deverão aderir-se;
- dos objetivos específicos que as atividades de P&D deverão atender para solucionar os desafios do setor para os quais as tecnologias passam a ser importantes para sua solução, sabendo-se, como já citado, da relação existente entre questões sociais e energia (REDDY, 2000) e a energia como instrumento para o desenvolvimento (GOLDEMBERG *et al.*, 1985);
- da definição do *spillover gap* mínimo de atratividade. Por exemplo, se proporcional à taxa privada de retorno ou de valor constante;
- dos métodos de avaliação *ex ante* a serem utilizados para determinar (1) a taxa privada de retorno e a taxa mínima de atratividade privada de retorno e (2) qualificar e quantificar os *spillovers*. Neste último caso, por exemplo, se são *spillovers* de conhecimento, de mercado ou de rede, conforme caracterizados por Jaffe (1996).

No entanto, a P&D de interesse público, como foi mencionado, é um subconjunto da P&D que interessa ao Poder Público investir. O outro subconjunto representa toda a P&D que apresenta as mesmas características da P&D de interesse público, exceto em relação à taxa privada de retorno, a qual, para este caso, é atrativa para a empresa ($r_p \geq TMA_p$), embora não seria realizada porque existem melhores opções e/ou devido a um ou mais dos fatores mencionados em Link & Scott (2001) que contribuem para reduzir a taxa privada de retorno. O mesmo vale para a P&D de interesse público, sendo que, neste caso, essas barreiras fazem com que os benefícios capturados pelas empresas sejam insuficientes para justificar o investimento economicamente ($r_p < TMA_p$). A Figura 2.5 ilustra este outro subconjunto da P&D que é de interesse do Poder Público.

Para os casos A, B e C da Figura 2.5, as respectivas taxas privadas de retorno são maiores do que a taxa mínima de atratividade privada de retorno, logo, são atrativos do ponto de vista econômico para as empresas. Considerando que os três projetos apresentam soluções distintas para um mesmo problema e que ela deverá escolher apenas um deles, é natural que o projeto C seja o escolhido, pois é o que proporcionaria a maior taxa privada de retorno.

Figura 2.5: Subconjunto da P&D economicamente atrativa para a empresa e de interesse do Poder Público.



Fonte: elaboração própria.

Do ponto de vista público, no entanto, o projeto A é preferível aos demais por possuir o maior *spillover gap* esperado, ou seja, por relativamente proporcionar maiores benefícios para a sociedade, embora a sua taxa social de retorno seja menor do que a do projeto C e equivalente a do projeto B. Dessa forma, o Poder Público poderia influenciar a empresa a escolher o projeto A ao invés do C se a taxa privada de retorno do primeiro fosse maior do que a do segundo. Isso torna-se possível complementando os custos privados do projeto com recursos públicos ou retirando ou reduzindo as barreiras que impedem a captura de um número maior de benefícios pela empresa, como já foi mencionado. Dessa forma, é possível fazer com que as empresas optem

por projetos com maior potencial de trazer importantes benefícios para a sociedade e que, antes da intervenção do Poder Público, não seriam realizados mesmo sendo atrativos economicamente.

Nota-se, dessa maneira, o importante papel de atuação que o Poder Público possui em corrigir falhas de mercado ao influenciar o mercado a escolher um projeto ou a adotar uma trajetória tecnológica que resulte em amplos benefícios do ponto de vista social e não do ponto de vista privado exclusivamente.

Estes dois subconjuntos da P&D de interesse do Poder Público não necessariamente precisam ter os mesmos critérios para escolha do *spillover gap* mínimo de atratividade, as mesmas políticas de financiamento e de acompanhamento, por exemplo. São necessárias políticas específicas e convenientes ao que cada um se propõe.

2.5. Considerações finais

Este capítulo apresentou que os benefícios econômicos das atividades de P&D são reconhecidamente reais e substanciais (SALTER & MARTIN, 2001). Por outro lado, foi também apresentado que a P&D está sujeita a falhas de mercado dada a sua natureza de bem semipúblico e às externalidades positivas geradas, os *spillovers*, de maneira que seus resultados não são totalmente capturados pela instituição responsável, produzindo uma diferença entre as taxas privada e social de retorno e, conseqüentemente, investimentos abaixo do considerado ótimo do ponto de vista social. Mesmo assim, as empresas investiriam nesse tipo de atividade desde que fosse possível capturar suficientemente seus benefícios a ponto de justificar o seu investimento.

Estas falhas de mercado acentuam-se ainda mais com a criação de um ambiente competitivo e a introdução de agentes privados, dentro do que se propõe a reestruturação do setor elétrico, num setor anteriormente marcado pela forte e centralizada presença do Estado em suas atividades e planejamento. Dentro deste contexto, justifica-se garantir investimentos em P&D de interesse público, pois muito dificilmente este tipo de atividade seria realizada pelas empresas privadas. De maneira geral, a P&D de interesse público, sendo um subconjunto da P&D que o setor público deveria investir, é toda a P&D que não se justifica economicamente para a empresa, mas que possui o potencial de resultar amplos benefícios diretos e indiretos para a sociedade.

No entanto, existem dificuldades em definir precisamente o que é P&D de interesse público e ainda falta uma maior definição sobre quais são as atividades de P&D que um setor baseado no novo modelo não terá interesse em desenvolver (JANNUZZI, 2000a). Parte desta dificuldade encontra-se no que cada país define como os problemas sobre os quais as tecnologias tornam-se importantes para sua solução e os benefícios públicos que as tecnologias precisam satisfazer, conforme apresentado no Capítulo 1. Esta visão deve estar explícita em suas políticas de desenvolvimento e especificamente nas políticas energéticas que servirão como diretrizes para a política científica e tecnológica do setor elétrico.

Estas dificuldades não impedem a definição do que é a P&D de interesse público como conceito geral, tanto para o apresentado por Blumstein *et al.* (1998) como para a formulação teórica dada a este conceito e proposta neste trabalho.

Baseando-se na abordagem proposta por Jaffe (1996) como marco teórico, consubstanciada em Link & Scott (2001), definiu-se neste trabalho a P&D de interesse público como toda a atividade de P&D caracterizada por um *spillover gap* maior do que o *spillover gap* mínimo de atratividade, taxa privada de retorno menor do que a taxa mínima de atratividade privada de retorno e benefício direto importante para o usuário. Esta definição poderia servir como base conceitual para apoiar a definição de políticas públicas para a C&T setorial e para a seleção de projetos.

É importante destacar que o Brasil não possui tradição em calcular a taxa social de retorno *ex ante* de projetos, o que, por um lado, é uma tarefa difícil e bastante complexa e, por outro, é importante e necessária para auxiliar a tomada de decisões pelo Poder Público.

Como anteriormente mencionado, o conceito teórico aqui apresentado é de caráter amplo, temporalmente e espacialmente, o que significa que a definição precisa da P&D de interesse público é específica para cada país ou região e para o momento quando se deu a sua definição.

Foi apontado também que existem diversas maneiras de atuação do Poder Público de se aumentar a taxa privada de retorno a ponto de tornar atrativa para a empresa a atividade de P&D de interesse público. Para o caso brasileiro, supõe-se que a falha de mercado da P&D é muito maior do que a dos países desenvolvidos, particularmente para os EUA, para o qual a abordagem

de Jaffe (1996) é proposta. As empresas nacionais e multinacionais aqui estabelecidas não são propensas a investir em P&D por uma série de fatores que caracterizam o sistema setorial de inovação e que influenciam na formação da taxa privada de retorno e na taxa mínima de atratividade privada. E as ações a serem tomadas devem corrigir as imperfeições deste sistema, eliminando as barreiras que inibem os esforços científicos e tecnológicos e, dessa forma, influenciando, em tese, positivamente a formação da taxa privada de retorno. Nota-se, dessa forma, que a questão de políticas públicas de P&D e inovação deve ater-se ao contexto dos países em desenvolvimento que é distinto daquele dos países desenvolvidos, principalmente quando se trata do sistema nacional e setorial de inovação.

Capítulo 3

As atividades de P&D e as mudanças no setor elétrico mundial e brasileiro na década de 90

3.1. Introdução

Como mencionado no Capítulo 1, a evolução e o avanço do setor elétrico, em particular, devem-se em grande parte ao papel central exercido pela inovação tecnológica. Como muitas das soluções existentes atualmente são frutos dos esforços em atividades de P&D, de demonstração e difusão tecnológica realizados anteriormente durante anos, os desafios energéticos, sociais e ambientais atuais e futuros certamente justificam a continuidade destes esforços pela necessidade de maiores avanços científicos e tecnológicos quando estes se mostram como importantes soluções nesse sentido. Além do mais, existe uma demanda reprimida nos países em desenvolvimento por soluções tecnológicas aos seus desafios, muitas vezes bem distintos daqueles dos países desenvolvidos, apesar de várias das soluções disponíveis internacionalmente poderem atender satisfatoriamente algumas de suas necessidades.

O objetivo deste capítulo é apresentar o novo contexto de mudanças no setor, especialmente para o caso brasileiro, que justifica a introdução do conceito de P&D de interesse público proposto neste trabalho diante da importância acima indicada de continuidade dos esforços científicos e tecnológicos.

A sua justificativa baseia-se no fato de que experiências internacionais vêm mostrando que o processo de reformas no setor e a abertura do mercado não estão favorecendo a inovação até o momento por alterar o ambiente institucional onde as relações entre os agentes do setor têm tido importância determinante para a sua dinâmica de inovação. Para o caso particular da P&D, as reformas no setor elétrico e a abertura à concorrência trouxeram, até o momento, como conseqüências, a redução dos recursos públicos e privados para P&D, a redução dos projetos cooperativos e a polarização em torno das atividades de P&D de interesse corporativo, de curto prazo, com menores riscos e incertezas e com retorno econômico que justifique os investimentos. Estas mudanças representam um viés negativo e, ao mesmo tempo, preocupante, pelo fato da P&D ser considerada como detentora de um papel-chave para a dinâmica de inovação setorial. Mais ainda, a P&D de interesse público, que é o escopo deste trabalho, encontra-se bastante ameaçada por ser o tipo de atividade que não seria realizada em um ambiente competitivo por não ser possível às empresas capturarem suficientemente os seus benefícios a ponto de justificar o seu investimento, mesmo embora podendo proporcionar benefícios públicos importantes.

Para o caso brasileiro, a organização institucional e o papel do Estado estão sendo fortemente alterados pelas reformas em direção ao novo modelo proposto para o setor elétrico. As reformas estão criando e desfazendo relações institucionais ao substituir a centralização estatal do processo decisório e dos ativos das concessionárias por um novo modelo baseado num ambiente competitivo e de maior participação da iniciativa privada. Provavelmente, o ambiente onde os esforços científicos e tecnológicos ocorrem no setor está se alterando pelo processo de mudanças institucionais. Dentro desse processo, por exemplo, existe a possibilidade de que, por um lado, as empresas recorram a soluções tecnológicas estrangeiras para se tornarem mais competitivas e, por outro, os esforços tecnológicos internos se reduzam.

O processo de reformas justifica, então, a redefinição do ambiente institucional e do papel dos poderes públicos relativa à questão da P&D e do desenvolvimento tecnológico setorial com o propósito de garantir ou aumentar ações que resultem em esforços tecnológicos realizados no país, garantindo aí um lugar para a P&D de interesse público.

Por outro lado, além desta necessidade de redefinições, o processo de reformas no setor abre a importante oportunidade de não somente incentivar e garantir esforços científicos e tecnológicos, mas de corrigir imperfeições existentes no sistema nacional de inovação a fim de

consolidar esforços tecnológicos internos, com ou sem cooperação externa, promovendo o desenvolvimento tecnológico nacional.

Este capítulo divide-se basicamente em três partes. A primeira apresenta o contexto de mudanças que estão influenciando o ambiente de decisões voltadas para a P&D tanto no setor elétrico quanto no de energia em geral e brevemente discorre sobre a dinâmica de inovação no setor elétrico. A segunda parte discorre sobre os impactos das reformas sobre esta dinâmica a partir das experiências internacionais e os possíveis impactos e oportunidades abertas para solucionar os desafios energéticos e de P&D dos países em desenvolvimento a fim de justificar a importância de garantir a P&D de interesse público. Por fim, apresenta-se o novo modelo para o setor elétrico brasileiro e sua trajetória de implantação, bem como as principais características do desenvolvimento tecnológico do setor e do papel exercido pela P&D, tanto para mostrar a importância da introdução do conceito de P&D de interesse público nesse ambiente como a necessidade de ver-se definida uma política científica e tecnológica e o papel dos agentes.

3.2. As mudanças no contexto de mercado e os esforços científicos e tecnológicos

A confluência de diversas tendências parece estar reformulando o ambiente e o contexto onde ocorrem os esforços científicos e tecnológicos do setor energético, o mesmo valendo para o setor elétrico (CHESSHIRE, 1999; SAGAR & HOLDREN, 2002). Elas são mostradas resumidamente a seguir, baseadas nos dois trabalhos acima mencionados, a fim de ilustrar algumas tendências e conjunturas que de uma forma ou de outra podem influenciar aqueles esforços.

Houve mudanças nas filosofias políticas relativas ao papel do mercado e dos governos no financiamento da pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) e desenvolvimento tecnológico. Estas mudanças estão associadas, por um lado, a controles mais rígidos dos gastos públicos como resultado de recessões econômicas e de déficits públicos e, por outro, aos processos de descentralização e privatização das empresas estatais de serviço público e sua abertura à competição com o objetivo de promover maior eficiência econômica e operacional. Tais mudanças explicam, em parte, (a) a redução dos recursos públicos em PD&D de longo prazo, redirecionando-os para aquelas tecnologias que possam atender aos objetivos mais imediatos, e (b) redução dos recursos em PD&D pelas empresas privatizadas, que agora são

direcionados de acordo com seus interesses estratégicos e comerciais para atividades de curto prazo, de menores riscos e incertezas.

Um outro fator importante que ajuda-nos a entender as principais transformações pelas quais o setor energético, no qual se inclui o elétrico, e seus esforços científicos e tecnológicos estão passando, é a queda real dos preços do petróleo após o último choque do petróleo e a expectativa de que no futuro o aumento não ocorrerá de forma tão abrupta quanto se esperava. O mesmo vale para preços mais baixos do gás natural e do carvão comercializado internacionalmente. Por causa da baixa dos preços e do aumento da pressão competitiva, as preocupações relacionadas à segurança energética interna deixaram de ter grande importância sobre as tomadas de decisão. Como resultado, houve redução significativa dos recursos públicos destinados à P&D estratégica de longo prazo nos países da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico)¹⁰, apesar de um estudo recente realizado pela Comissão Europeia (2001) chamar a atenção para prospecções que indicam que a dependência energética dos países membros da União Europeia atingirá 70% das necessidades de suprimento em 2030 caso os governos não voltem a tomar medidas imediatas e de longo prazo principalmente.

A questão ambiental assumiu um lugar de destaque significativo para o setor energético nestes últimos anos, seja no âmbito local, nacional, regional ou global, fazendo parte cada vez maior das políticas energéticas, tecnológicas e de P&D. O reconhecimento de sua importância poderá significar a alocação de recursos em direção às principais tecnologias de energia com a menor relação entre impactos ambientais e energia produzida ou requerida (tecnologias com maior eficiência energética e uso de fontes renováveis).

A importância dos aspectos voltados para o lado da demanda em relação aos do suprimento também é outro fator importante que vem ganhando espaço nestes últimos anos, uma vez que a eficiência energética está sendo reconhecida como detentora de um papel-chave na redução dos impactos ambientais, na segurança do suprimento e na economia ao adiar os investimentos em expansão da oferta.

¹⁰ Trinta países compõem a OCDE: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Coreia, Dinamarca, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia, Suíça e Turquia.

A liberalização do mercado mundial e a formação de zonas de livre-comércio (Mercosul, Nafta, União Européia) estão possibilitando uma maior procura e transferência de tecnologias, especialmente para os setores energéticos anteriormente protegidos.

E, finalmente, a integração da economia mundial pode proporcionar novas oportunidades de colaboração, tanto bilaterais como multilaterais, no setor de energia em atividades de P&D e desenvolvimento tecnológico a fim de ganhar economias de escala, maior participação nos mercados e evitar duplicação de esforços.

3.3. A dinâmica da inovação tecnológica no setor elétrico

Visto na seção anterior, de uma forma geral, o contexto de mudanças que vêm ocorrendo que podem modificar a direção e a intensidade dos esforços científicos e tecnológicos, a seguir apresenta-se, também em linhas gerais, a dinâmica de inovação do setor elétrico a fim de identificar os seus principais elementos e, posteriormente, os possíveis impactos das reformas sobre essa dinâmica.

Há um crescente reconhecimento dentro da comunidade relacionada com a política de ciência e tecnologia de que as mudanças e o desenvolvimento tecnológicos são melhores compreendidos como sendo produtos dos sistemas nacionais de inovação (SAGAR & HOLDREN, 2000). Dessa forma, as atividades e as interações entre as diversas instituições privadas e públicas possuem um papel central para o desenvolvimento, modificação e difusão de novas tecnologias e suas diversas formas de aprendizagem.

No caso do setor elétrico particularmente, segundo Defeuilley e Furtado (2000), são as instituições existentes que têm uma importância determinante para a formação e evolução de uma trajetória tecnológica, influenciando diversos elementos que condicionam a intensidade e a direção dos processos de inovação, dentro do qual a P&D representa um dos fatores-chave da dinâmica de evolução dos serviços públicos de eletricidade. São muitos os agentes que intervêm sobre o processo de inovação, os quais os autores mencionados dividem em quatro grupos: a) as empresas que produzem, transportam e distribuem a eletricidade, b) a indústria de fornecedores de bens de equipamento, c) os institutos de pesquisa pública e as universidades e d) o governo. Os fornecedores de bens de equipamento têm uma influência muito forte sobre a mudança

tecnológica do setor elétrico, ao introduzir conhecimentos advindos de outros setores industriais e ao desenvolver novas gerações de bens de equipamento. As grandes empresas de eletricidade também realizam importantes esforços tecnológicos.

Os poderes públicos possuem um papel central importante sobre o processo de inovação, pois suportam a pesquisa pública, promovem a cooperação e o intercâmbio com a pesquisa privada e criam parcerias entre os diferentes agentes e formas de financiamento (DEFEUILLEY & FURTADO, 2000). Esta é a razão pela qual, segundo estes autores, o modelo institucional mais comum de organização da P&D existente até então no setor elétrico ocorre sob a forma colaborativa e sendo conduzido pelos poderes públicos.

Adicionalmente, como mencionado, a P&D representa um dos fatores-chave da dinâmica de evolução dos serviços públicos de eletricidade, influenciando diretamente as interações entre os agentes e os processos de fertilização cruzada de competências e conhecimentos, e suas diferentes formas de aprendizagem, o que, por sua vez, possuem uma importância considerável sobre o processo de inovação e difusão do setor elétrico.

Apresenta-se a seguir a segunda parte deste capítulo, onde aborda-se, em primeiro lugar, os impactos das reformas sobre as atividades de P&D no setor energético e, em particular, no elétrico a partir da experiência internacional e, em segundo lugar, os desafios energéticos e de P&D e as oportunidades e ameaças abertas nos países em desenvolvimento com as reformas relativas aos esforços científicos e tecnológicos, dentre os quais inclui-se a P&D de interesse público.

3.4. Impactos das reformas sobre as atividades de P&D na área de energia e eletricidade

As mudanças pelas quais atravessam o setor energético, de forma geral, e elétrico, em particular, estão alterando a natureza, a direção e a intensidade dos esforços científicos e tecnológicos e as relações horizontais e verticais das instituições que os realizam. Defeuilley & Furtado (2000) afirmam que as reformas e a abertura à concorrência, contrariamente ao que seus formuladores esperavam, não favoreceram a inovação tecnológica no caso do setor elétrico. Isto se deve ao fato das mudanças institucionais e ambientais onde os agentes do setor se inserem influenciarem sobremaneira e, até o momento, desfavoravelmente, as acima mencionadas

interações entre os agentes e os processos de fertilização cruzada de competências e conhecimentos e suas diferentes formas de aprendizagem.

De uma forma geral, observa-se três tipos de conseqüências para as atividades de P&D durante as reformas setoriais, sendo elas: (a) redução dos investimentos públicos e privados em P&D, (b) interesse cada vez maior em P&D de curto prazo e (c) diminuição da P&D colaborativa entre os agentes do setor. Estes três eventos são apresentados com maiores detalhes a seguir.

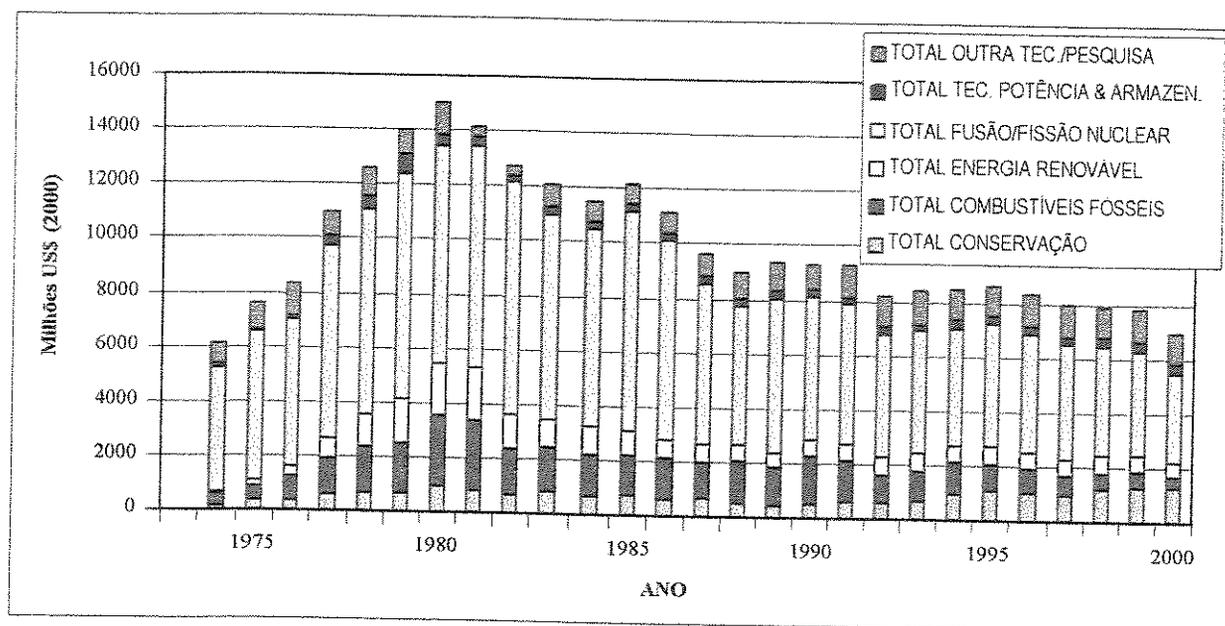
Vale antes destacar que muitas das análises dos impactos das reformas sobre a P&D do setor elétrico e de energia foram feitas sobre os investimentos direcionados a esta atividade. Elas permitem-nos identificar tendências e mudanças de prioridade em algumas de suas áreas. Este tipo de análise é necessário, mas ainda está longe de ser suficiente, pois fornece uma visão incompleta do “sistema global de inovação em energia” (*global energy innovation system*) (SAGAR & HOLDREN, 2002). Os processos de demonstração e difusão são elementos cruciais para a inovação e também devem ser considerados. Sagar & Holdren (2002) definem de forma geral o “sistema global de inovação em energia” como as várias instituições e as relações existentes entre elas que sustentam o desenvolvimento, a modificação e a difusão de tecnologias energéticas. Nota-se, dessa forma, a importância que a compreensão do ambiente institucional possui para avaliar como as mudanças influenciam as instituições e suas relações e, conseqüentemente, o processo de inovação, de capacitação tecnológica e as diversas formas de aprendizagem que daí advêm.

Os esforços científicos e tecnológicos mundial na área energética, incluindo-se o setor elétrico, estão concentrados em poucos países desenvolvidos. Os investimentos totais, públicos e privados, em P&D de energia concentram-se majoritariamente nos países membros da OCDE, correspondendo a 80% do investimento mundial (CHESSHIRE, 1999). Mesmo dentro da OCDE, apenas nove países concentram mais de 95% dos recursos públicos direcionados a P&D (IEA, 2002).

As mudanças na filosofia política do papel do Estado e as restrições orçamentárias causaram impactos sobre os esforços científicos e tecnológicos públicos no setor energético, reduzindo os recursos destinados para a P&D e os redirecionando para projetos de menor prazo. Os investimentos públicos em P&D na área de energia reduziram-se de US\$ 15 milhões em 1980,

quando atingiram seu ápice após o segundo choque do petróleo, para US\$ 7 milhões em 2000 (Figura 3.1). Dentre estes investimentos públicos, os projetos estratégicos de P&D de longo prazo sofreram uma significativa redução nos países membros da OCDE, que passaram a priorizar projetos de curto prazo e que estejam em estágio mais próximo do mercado (*near-market projects*) para atenderem seus objetivos mais imediatos (CHESHIRE, 1999).

Figura 3.1: Investimentos públicos em P&D na área de energia nos países da OECD.



Fonte: IEA (2002).

A reestruturação das concessionárias de energia elétrica nos países da OCDE, embora esteja ocorrendo em velocidade diferente entre cada um deles, está provocando impactos significativos na natureza, direção e intensidade dos investimentos privados em P&D: redução dos recursos para a P&D, redirecionamento para projetos de curto prazo, baixo risco e incerteza que atendam ao interesse econômico próprio das empresas e redução na participação em projetos de P&D cooperativos (DOOLEY, 1998). A redução dos esforços científicos e tecnológicos em cooperação significa um sério revés para o setor elétrico, pois a sua evolução deveu-se principalmente às atividades de P&D realizadas de forma associativa entre os diversos agentes do setor (DEFUILLEY & FURTADO, 2000).

No entanto, é importante mencionar que existem determinadas áreas que viram aumentar seus investimentos, como, por exemplo, as atividades de P&D relacionadas ao sistema da rede elétrica, tendência esta que foi seguida por praticamente todos os países que estão passando pelo processo de reformas no setor (DOOLEY, 1998).

A título de exemplo, no caso dos Estados Unidos, o segundo país da OCDE que mais investe recursos públicos em P&D no setor energético (IEA, 2002), a redução dos investimentos públicos e privados para a P&D do setor elétrico pode ser visto na Tabela 3.1. Juntamente a essa redução, os impactos da reforma e abertura à concorrência modificaram a direção e a natureza dos esforços científicos e tecnológicos públicos e privados do setor, prejudicando os projetos estratégicos de longo prazo e potencialmente capazes de gerar importantes externalidades positivas (i.e. células a combustível, gaseificação do carvão, painéis fotovoltaicos) (DEFEUILLEY & FURTADO, 2000).

Tabela 3.1: Evolução dos recursos destinados à P&D do setor elétrico nos Estados Unidos (em US\$ milhões).

Instituição	1993	1996	1993-96 (%)
Departamento de Energia (DOE)	1117	1029	-7,9
Empresas de eletricidade	708	476	-32,8
- Através do EPRI	424	300	-29,2
- <i>In-house</i>	284	176	-38,0
Total	1825	1505	-17,5

Fonte: adaptado de Defeuilley & Furtado (2000).

A maior parte da pesquisa privada do setor de energia efetua-se de forma cooperativa através do EPRI (*Electric Power Research Institute*), laboratório sem fins lucrativos, cuja maioria de seus recursos provêm das empresas privadas e o restante do poder público. A redução dos recursos privados destinados ao EPRI evidencia o desinteresse pelas atividades em cooperação e, ao mesmo tempo, o afastamento de projetos voltados aos interesses coletivos de longo prazo (DEFEUILLEY & FURTADO, 2000).

É certo que a abertura do mercado à concorrência tem seus impactos positivos e negativos. No entanto, Defeuilley & Furtado (2000), ao analisarem o caso dos EUA e da Inglaterra, fundamentam que os impactos positivos advindos das reformas institucionais do setor elétrico são largamente contrabalanceados pelos seus efeitos negativos. Em primeiro lugar, a indústria de eletricidade corre o risco de futuramente colocar em perigo sua competitividade, pois os cortes nos recursos direcionados para as atividades de P&D e a sua reorientação para projetos de curto prazo não favorecem o desenvolvimento de novas tecnologias energéticas.

Em segundo lugar, a redução dos esforços em programas de P&D relacionados a novas tecnologias, principalmente para aqueles de maior prazo, risco e incerteza, pode trazer conseqüências negativas para a sociedade como um todo, pois algumas destas tecnologias poderiam gerar externalidades positivas importantes (maior eficiência energética, novas fontes de energia, redução das emissões de poluentes), especialmente em relação à proteção ambiental. Crê-se que os poderes públicos ver-se-iam obrigados a se encarregarem da P&D de longo prazo com seus riscos e incertezas se os sinais provenientes do mercado, caso fossem os elementos determinantes da natureza e orientação dos programas de pesquisa, assim estabelecessem. Conseqüentemente, isto poderia levar a um crescente “descolamento” entre a pesquisa pública e privada, o que poderia dificultar a difusão e a interação entre uma e outra.

Defeuilley & Furtado (2000) também analisam os efeitos das mudanças das estruturas institucionais sobre a inovação. Por uma parte, as reformas e a abertura à concorrência têm mudado o ambiente no qual agiam os agentes do setor. As relações, de cooperativas, devem ser mais conflituosas entre os agentes à montante (produtores) e à jusante (distribuidores) e entre aqueles que participam do mesmo segmento de atividade com o fim do monopólio. Isto tende a diminuir o espaço reservado à pesquisa cooperativa e a induzir as empresas a realizarem suas pesquisas de forma isolada e diretamente relacionadas a seus domínios de competência. Isto não é favorável ao desenvolvimento de uma dinâmica de inovação, não somente porque as empresas não possuem mais tamanho suficiente para sustentar centros próprios de pesquisa, mas também porque são menores as possibilidades de fertilização cruzada de competências e conhecimentos entre os diferentes segmentos de atividade.

Portanto, pode-se verificar pelas diversas análises feitas a partir das experiências internacionais que as atividades de P&D no setor elétrico e energético em geral, tanto públicas

quanto privadas, estão seguindo tendências semelhantes, mas por razões distintas, que desfavorecem o processo de inovação e a capacidade de lidar com os desafios que defrontam os setores. São elas a redução dos recursos para P&D e dos projetos cooperativos e a polarização em torno das atividades de P&D de interesse corporativo, de curto prazo, com menores riscos e incertezas e com retorno econômico que justifique os investimentos. Note, dessa forma, que atividades de P&D de interesse público encontram-se seriamente comprometidas nesse ambiente. Apesar de ainda não se ter uma visão completa do “sistema global de inovação em energia”, as análises ao menos indicam que as reformas e a abertura à concorrência estão alterando desfavoravelmente a configuração deste sistema, pelo menos no curto prazo.

3.5. Os desafios energéticos e de P&D e as oportunidades nos países em desenvolvimento

Existem necessidades energéticas dos países em desenvolvimento, e por soluções tecnológicas (e não tecnológicas) a essas necessidades, que por estarem imersas num processo histórico de subdesenvolvimento são distintas daquelas dos países desenvolvidos. É baseado nessa constatação que o estudo publicado pela AIE/COPPE (1986) afirma que os modelos de desenvolvimento energético a serem utilizados devem permitir a introdução de mudanças de comportamento para o futuro, pois, por definição, os comportamentos observados no passado levaram ao subdesenvolvimento daqueles países. Dentre vários outros aspectos, esta afirmação também se refere ao desenvolvimento científico e tecnológico. Este estudo cita a importação de equipamentos para o setor elétrico visando atender o rápido crescimento da demanda como um exemplo de comportamento que desfavoreceu a instalação e o desenvolvimento tecnológico de um “tecido industrial nacional organicamente integrado”. A mesma razão e a mesma consequência foram apontadas por Soares (1997) para o caso do setor elétrico brasileiro, como será visto mais adiante.

De acordo com Turkenburg (2002), há uma grande necessidade de inovação tecnológica para os países em desenvolvimento em matéria de eficiência energética, fontes renováveis e uso mais limpo dos combustíveis fósseis, sendo que, conforme aponta Jefferson (2000), as novas tecnologias energéticas de maneira geral devem ser adequadas aos recursos internos dos países

em desenvolvimento, às suas necessidades e capacitação tecnológica específicas¹¹, de modo que isto requer uma participação significativa dos países em desenvolvimento no processo de inovação.

Daí observa-se a importante oportunidade aberta com as reformas aos países em desenvolvimento de reduzir o evidente contraste existente entre a necessidade cada vez maior destes países por inovações tecnológicas na área energética, incluindo a de eletricidade, e os baixos níveis de esforços praticados nesse tipo de atividade por estes países (TURKENBURG, 2002).

Por outro lado, existe a preocupação de que as reformas nos países em desenvolvimento, e em especial no Brasil, como neste último caso levantam Brown & Lewis (1997), levem as empresas a recorrerem a soluções tecnológicas estrangeiras para se tornarem mais competitivas e, ao mesmo tempo, reduzam os esforços tecnológicos internos.

De fato, durante a década de 90 nos países da América Latina, Katz (2001) observa que os novos operadores das empresas nacionais privatizadas do setor energético, do qual o elétrico faz parte, sendo aqueles na sua maioria subsidiárias de grandes empresas públicas dos países desenvolvidos, estão rapidamente modernizando a infra-estrutura doméstica do setor, porém a partir de equipamentos importados e de práticas e conhecimentos de engenharia (*know-how*) trazidos de suas matrizes. Além disso, aponta que a privatização das empresas públicas tem levado ao fechamento dos seus departamentos de P&D e de engenharia. Katz (2001) termina por concluir que as reformas e a liberalização do mercado na década de 90 levaram, por um lado, a uma redução do “vão tecnológico” (*technological gap*) do setor energético entre os países da América Latina e os países desenvolvidos e, por outro lado, à redução da capacitação tecnológica nacional dos países latino-americanos.

É importante destacar que, muito embora a maioria das inovações ao longo da evolução do setor elétrico e energético dever-se a poucos países desenvolvidos, a capacitação tecnológica é um requisito essencial para os países em desenvolvimento (COOK & SURREY, 1989).

¹¹ Além da importância da capacitação tecnológica para apoiar políticas de desenvolvimento tecnológico, também é importante ter-se políticas de apoio à capacitação tecnológica.

Apesar de ainda serem necessários maiores estudos para apoiar a conclusão a que chegou Katz (2001), a possibilidade, e a preocupação decorrente dela, de que a liberalização do mercado e as reformas possam levar a este quadro é uma forte razão para a atuação dos poderes públicos de incentivar as atividades tecnológicas internas, principalmente aquelas de P&D de interesse público que, por definição, o mercado não se interessará em realizar.

Portanto, as reformas no setor elétrico geram a necessidade de garantir e incentivar esforços científicos e tecnológicos de baixa atratividade para o mercado, embora com grande potencial de geração de benefícios públicos, como no caso da P&D de interesse público, como também abrem a oportunidade de corrigir as imperfeições existentes para a geração de uma dinâmica tecnológica setorial endógena que leve à criação de um “tecido industrial nacional organicamente integrado” nos países em desenvolvimento e orientada às suas próprias necessidades e condições internas.

Esforços e discussões estão sendo direcionados para sistematizar a questão da P&D de interesse público aplicada para os países em desenvolvimento através do trabalho de Jannuzzi (2003). Este trabalho é parte de um esforço maior de colaboração entre vários países em desenvolvimento, com participação dos países desenvolvidos, cujo propósito é desenvolver um maior entendimento de como garantir e aumentar, na prática, a provisão de benefícios públicos à medida que o setor elétrico destes países é reestruturado¹².

A seguir, apresenta-se a terceira parte deste capítulo, onde, primeiramente, são abordadas as mudanças que vem ocorrendo no setor elétrico brasileiro e, em segundo lugar, as características do desenvolvimento tecnológico do setor no país e as iniciativas que vem sendo tomadas para garantir investimentos em P&D em geral e em P&D de interesse público.

3.6. As principais mudanças e trajetórias no setor elétrico brasileiro na década de 90

Como visto anteriormente, as mudanças institucionais e do ambiente onde os agentes do setor, tanto públicos quanto privados, se inserem influenciam sobremaneira o processo de inovação e difusão, particularmente a intensidade e a direção dos esforços de P&D, considerado

¹² Maiores informações sobre este projeto, sob responsabilidade da *International Energy Initiative* e intitulado como “*The Expanded Provision of Public Benefits as Power Sectors in Developing Countries are Reformed*”, encontram-se no site <<http://www.energypublicbenefits.com>>.

como um dos fatores-chave da dinâmica de evolução dos serviços públicos de eletricidade. Como foi também apontado, até o momento, tais mudanças desfavoreceram o processo de inovação.

Para o caso brasileiro, as reformas em direção ao novo modelo proposto para o setor elétrico estão alterando fortemente a organização institucional e o papel do Estado, criando e desfazendo relações institucionais dentro de um novo ambiente competitivo e de maior participação de agentes privados em substituição à centralização nas mãos do Estado tanto do processo decisório setorial quanto da propriedade das empresas. Particularmente, este processo de mudanças institucionais provavelmente altera o ambiente onde ocorrem os esforços científicos e tecnológicos no setor, o que justifica a necessidade de se redefinir o papel dos poderes públicos e do ambiente institucional na questão da P&D e do desenvolvimento tecnológico setorial a fim de garantir ou aumentar ações que resultem em benefícios públicos.

Em razão do que foi exposto acima, apresenta-se resumidamente a seguir o novo modelo proposto para o setor elétrico em vista da sua importância por representar alterações substanciais na sua estrutura institucional e organizacional. Além da importância nesse sentido, procura-se evidenciar que as reformas, da maneira como foram introduzidas, tendo o processo de privatização como dínamo, comprometeram o setor de uma forma geral pela indefinição de regras mais claras, fruto da falta de uma política e planejamento energéticos, que culminou na crise de abastecimento vivida em 2001. A geração deste ambiente de incertezas termina por desfavorecer a criação de um ambiente propício para iniciativas direcionadas de fato ao aumento dos esforços científicos e tecnológicos no país por estes envolverem características de incerteza, de riscos e de maior longo prazo.

3.6.1. Motivações para a reforma: a crise dos anos 80

O setor elétrico brasileiro vem passando por mudanças estruturais significativas desde 1993, motivadas pela crise vivida pelo setor a partir da década de 80. As motivações que desencadearam nas reformas permitem entender tanto a necessidade de buscar um novo modelo para o setor quanto a maneira desarticulada de implantação do novo modelo adotado, o que, para este último caso, gerou-se um ambiente de incertezas que impedem maiores investimentos no setor por parte da iniciativa privada e que culminaram na crise de abastecimento em 2001. Logo, são apresentadas a seguir as motivações para as reformas do setor.

Tradicionalmente, o setor elétrico brasileiro caracterizou-se pela centralização do processo decisório e pela presença hegemônica de empresas estatais, altamente verticalizadas, apesar da diversidade de atores¹³. O modelo institucional estatal, vigente desde a criação da ELETROBRÁS, em 1964, permaneceu inalterado nos 30 anos posteriores. Ao longo desse período, pode-se verificar elevadas taxas de expansão da oferta, baseadas nas disponibilidades de autofinanciamento por meio de tarifas reais, recursos da União e financiamento externo (ROSA *et al.*, 1998).

Porém, a partir da década de 80, uma série de fatores surgiu, ocasionando a exaustão desse modelo. Estimulou-se, dessa forma, a busca de alternativas. Segundo Pires (1999), as reformas setoriais, em linhas gerais, inspiram-se no seguinte diagnóstico da crise do modelo institucional:

- Crise financeira da União e dos Estados;
- Má gestão das empresas de energia;
- Inadequação do regime regulatório.

A crise financeira da União e dos Estados inviabilizou a expansão da oferta de eletricidade e a manutenção da confiabilidade das linhas de transmissão. Enquanto que, em 1973, cerca de 78% das fontes de recursos destinavam-se a investimentos e 15% ao serviço da dívida, esse quadro inverteu-se: em 1989, apenas 26% dos recursos eram investidos e 76% eram consumidos no pagamento de compromissos de terceiros. Desta forma, o crescimento da demanda não era acompanhado pelo aumento da produção. Para citar um exemplo quantitativo desta realidade, de 1991 a 1994, os acréscimos anuais médios de capacidade de geração limitavam-se a 1.080 MW/ano, contra uma necessidade de 2.500 MW/ano (ANEEL/ANP, 1999).

A má gestão das empresas de energia foi provocada em grande parte pela ausência de incentivos de eficiência produtiva e de critérios técnicos para a gerência administrativa. Nem sempre uma relação de causa e efeito, existiam muitos interesses políticos locais e pressões de grupos de interesses vinculados às empresas construtoras. Segundo Pires (1999), em 1990, o nível de perda de energia elétrica no Brasil chegou a 13,1%.

¹³ ELETROBRÁS, MME, DNAEE, Ministério da Fazenda, empresas estaduais e federais de energia elétrica.

A inadequação do regime regulatório foi outro motivo para a reestruturação do setor, em razão da fragilidade do órgão regulador, na época o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), de conflitos de interesses sem arbitragem, de regime tarifário baseado no custo de serviço e de remuneração garantida. Esse aspecto foi ainda mais agravado pelo fato de uma série de custos incorridos pelas empresas não ser validada pelo governo em razão da utilização das tarifas para controle inflacionário. Por exemplo, até 1993, as empresas acumulavam créditos contra a união por insuficiência tarifária da ordem de US\$ 24 bilhões e, ao mesmo tempo, dívidas com a ELETROBRÁS relativas a pagamentos de energia da ordem de US\$ 5 bilhões (ROSA *et al.*, 1998).

Essa situação crítica do setor elétrico é parcialmente refletida no seguinte quadro vigente antes de 1995: (i) o desequilíbrio entre oferta e demanda de energia elétrica, como visto mais acima, (ii) o aumento do risco de déficit, que evoluíra para até 15%, quando o risco máximo recomendado era de 5%, (iii) várias concessionárias encontravam-se praticamente falidas e as inadimplências intra-setoriais aproximavam-se dos quatro bilhões de dólares, (iv) havia 23 grandes projetos de usinas paralisados, totalizando mais de 10.000 MW e (v) havia também graves restrições de transmissão. Como agravante, o setor encontrava-se profundamente dividido e sem dispor de um projeto de reforma capaz de obter um mínimo de consenso.

Existia, portanto, a necessidade de equacionar e solucionar esta crise, cuja saída adotada, tendo a privatização como seu dínamo, foi a reestruturação e abertura do setor ao capital privado, visto que havia a necessidade de diminuição do déficit público, capitalização do setor elétrico para retomada de obras, eliminação da submissão do setor a poderes políticos externos e outros fatores. O resultado para tal saída é dado em 1992, no governo Collor, com o lançamento do Plano Nacional de Desestatização (PND), mas é somente a partir de 1996 que o novo modelo institucional do setor começa a ser definido.

3.6.2. Modelo básico do setor

Tendo-se visto, resumidamente, as principais motivações para a necessidade de reestruturação do setor elétrico, apresenta-se adiante uma visão geral do seu novo modelo institucional para, em seguida, expor como se deram as mudanças pelas quais passou o setor desde então de maneira a entender o atual ambiente de indefinições que o envolve, o que, por sua

vez, pode ter reflexos negativos sobre os incentivos voltados para atividades de P&D no país que, como mencionado, requerem um ambiente estável e de regras claras dadas as características de incerteza, de riscos e de maior longo prazo que as envolvem.

O novo modelo institucional do setor elétrico está sendo implementado com base em várias sugestões apresentadas pela consultoria internacional Coopers & Lybrand, contratada pelo governo em meados de 1996. O preceito básico desse novo modelo é trazer eficiência econômica e produtiva, com aumento da capacidade do sistema, através da abertura do mercado de energia elétrica ao capital privado, promovendo a competição entre seus diversos agentes. Afirma-se que o Estado, dessa forma, desvincular-se-ia de seu papel de principal agente promotor e financiador para assumir a função de agente político e regulador, o que indica que as reformas promovem também um deslocamento do papel do Estado dentro da nova concepção de mercado.

O novo modelo brasileiro divide o mercado em dois segmentos distintos, a saber: o livre (segmento de geração e comercialização) e o cativo (segmento de transmissão e distribuição). Com isso, estabeleceu-se que a livre competição ocorreria no mercado de geração e comercialização¹⁴, enquanto os segmentos de transmissão e distribuição continuariam como monopólios naturais, mas passados para as mãos da iniciativa privada.

Este novo modelo institucional contempla tanto a “competição no atacado”, via livre acesso, não discriminatório, de terceiros à rede nacional básica de transmissão, como a “competição no varejo”. Ambos são mandatórios. No último caso, amplia-se o livre acesso às redes de distribuição, com tarifas reguladas e não discriminatórias para os “consumidores cativos”, e se desagrega, pelo menos em termos contábeis¹⁵, as atividades de distribuição e de comercialização. Nota-se, portanto, a necessidade de desverticalizar as empresas do setor, juntamente com o processo de privatização.

¹⁴ Tal como na experiência internacional, a comercialização é um novo segmento que foi criado no setor elétrico brasileiro, composto de corretores e varejistas que compram energia de distribuidoras ou mesmo de geradores, para vender a grandes consumidores (PIRES, 1999).

¹⁵ Outra maneira de separar as atividades de distribuição e comercialização é desagregá-las em empresas diferentes.

Duas instituições privadas bem distintas foram criadas: o MAE e o ONS. A competição no atacado ocorre no âmbito do Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE), no qual é negociada livremente toda a energia de cada sistema interligado. O planejamento operacional, programação e despacho deste mercado são de responsabilidade do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), agente sem fins lucrativos estruturado de forma a permanecer neutro, em termos de interesses, em relação aos demais agentes setoriais. É ele que opera toda a rede básica de transmissão interligada do país. No entanto, as linhas e sub-estações pertencem a diversos proprietários, que são ressarcidos pelo uso destes equipamentos conforme despacho centralizado efetuado pelo ONS.

Tanto o MAE como o ONS são regulados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), o agente regulador do setor. Na concepção moderna de regulação, a autonomia dos órgãos reguladores em relação ao governo é um ponto-chave, principalmente em relação às questões econômicas (BAJAY, 2000). Daí o caráter de autarquia dado à agência.

Em relação ao mercado cativo, as tarifas cobradas, a defesa da concorrência, as condições gerais de fornecimento e proteção dos consumidores são objetos de regulação pela ANEEL. Com o intuito de trazer eficiência produtiva dos segmentos que continuam como monopólio natural, o método tarifário em vigor nos novos contratos de concessão é o *price-cap*, pelo qual, a partir do estabelecimento de uma tarifa média, as empresas têm liberdade de gestão para buscar reduções de custos e apropriar-se de ganhos de produtividade, respeitando-se o equilíbrio econômico-financeiro previsto em contrato. Gradualmente, o mercado de eletricidade está sendo aberto para que os seus consumidores possam escolher de quem comprarão a energia a ser consumida, apesar de fisicamente permanecerem cativos da distribuidora local.

Como mencionado anteriormente, pelo novo modelo setorial proposto, há o deslocamento do papel do Estado na nova concepção de mercado. Dado o caráter estratégico e de serviço público do setor energético, particularmente o elétrico, é de fundamental importância que a reforma do setor esteja de acordo com o modelo de desenvolvimento aspirado pela sociedade, o que justifica a presença do Estado. Desta maneira, em uma concepção moderna, para que necessariamente haja uma atuação eficaz do governo sobre o setor, o Estado deve atuar em três esferas distintas: políticas energéticas, planejamento indicativo e regulação (BAJAY & CARVALHO, 1998). Ainda segundo estes autores, esta atuação exige que estas três atividades

sejam desenvolvidas de forma autônoma entre si, mas fortemente complementar. O governo tem adotado medidas em direção a essa concepção, apesar de bem após o início das reformas, como será mostrado no item seguinte.

Portanto, para sair da crise em que o setor e o Estado encontravam-se no final dos anos 80, o governo optou, tendo a privatização como dínamo, por um modelo baseado na busca de maior competitividade na geração e comercialização, aumento da eficiência produtiva e da capacidade do sistema, seguindo o caminho de vários países. A partir deste novo modelo sendo implantado no país, ficam evidentes as profundas mudanças institucionais e organizacionais que estão sendo promovidas no setor elétrico, proporcionando a entrada de agentes privados em setores antes exclusivamente nas mãos do Estado, criando novos agentes e instituições e promovendo a competição. As decisões, respeitando um arcabouço regulatório, passam a ser tomadas de acordo com os interesses da iniciativa privada em lugar dos interesses públicos ali antes representados pelo Estado. Dentro deste quadro se justifica a participação mais ativa dos poderes públicos em promover diretamente, e/ou incentivar, ações voltadas para os interesses públicos dentro de um ambiente competitivo e de maior participação privada. Isto serve também para o caso particular dos esforços científicos e tecnológicos do setor, incluindo-se a P&D de interesse público.

3.6.3. Trajetória da implantação do modelo setorial

Apresentadas a visão geral do novo modelo institucional adotado e suas motivações, proporcionando importantes mudanças institucionais em curso no setor, procura-se, além disso, mostrar aqui que, da maneira como as reformas foram conduzidas, instalou-se no setor, com reflexos negativos sobre a sociedade, um ambiente de incertezas sobre o próprio sucesso do modelo seguido.

A trajetória de reformas do setor em direção ao novo modelo institucional adotado não é marcada por passos coerentes e articulados. A questão básica é que o eixo das reformas do setor elétrico brasileiro tem como dínamo a rápida privatização das empresas elétricas (ROSA *et al.*, 1998) para gerar receitas aos cofres públicos antes mesmo da criação de uma base regulatória bem definida e na ausência de uma política e planejamento energéticos também bem definidos. Desta forma, o setor viu-se sem definições claras de regras e obrigações dos novos agentes

setoriais, trazendo reflexos negativos para a busca da eficiência do setor. Tal descompasso mostra-se bem visível mais adiante.

A Tabela 3.2 mostra, em ordem cronológica, os principais instrumentos legais que serviram para dar as bases para a instalação do novo modelo do setor elétrico.

Tabela 3.2: Principais instrumentos regulatórios das reformas do setor elétrico em ordem cronológica.

Instrumento Regulatório	Data	Característica
Lei nº 8.631	04/03/1993	Desequalização tarifária, extinção da remuneração garantida e encontro de contas
Decreto 915	09/1993	Permitiu a formação de consórcios de geração hidrelétrica entre concessionárias e autoprodutores
Decreto 1.009	12/1993	Cria o Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica (SINTREL)
Lei nº 8.987 (Lei de Concessões)	13/02/1995	Dispõe sobre o regime de concessão e permissão de prestação de serviços públicos
Lei nº 9.074	07/07/1995	Dispõe de normas para outorga e prorrogação das concessões e permissões; regulamenta as atividades do autoprodutor e produtor independente de energia
Lei nº 9.427/96	26/12/1996	Institui a ANEEL
Portaria 459/97		Torna livre o acesso a todo sistema de transmissão e distribuição
Lei nº 9.478	06/08/1997	Cria o CNPE entre outras importantes medidas
Lei nº 9.648	27/05/1998	Define as regras de entrada, tarifas, estrutura de mercado; institui a figura do MAE e do ONS
Decreto 2.655	02/07/1998	Regulamenta o MAE e define as regras de organização do ONS
Decreto 2.826	29/10/1998	Altera a estrutura regimental do MME ao criar o DNPE e o DNDE
Portaria 150	10/05/1999	Criou o CCPE
Decreto 3.520	21/06/2000	Regulamenta e define as atribuições do CNPE

As diretrizes básicas para o processo de reestruturação do setor elétrico foram estabelecidas com a aprovação das Leis nº 8.987/95 e nº 9.074/95, dispondo sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos e normas para outorga e prorrogação das concessões e permissões¹⁶.

A Lei 9.074/95 também regulamentou as atividades do auto-produtor e produtor independente de energia, que passariam a obter o livre acesso à rede de transmissão, abrindo

¹⁶ A Lei de Concessões regulamentou o artigo 175 da Constituição, transcrito a seguir: “Incumbe ao Poder Público, na forma de Lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos”.

espaço para a entrada de novos agentes na geração a fim de estimular a competição. Cabe salientar que a Lei de Concessões foi promulgada em fevereiro de 1995, pouco antes de ocorrer a primeira privatização. O grande efeito prático de curto prazo desta lei foi viabilizar o início da privatização no setor, com a venda das distribuidoras federais do Espírito Santo e Rio de Janeiro, respectivamente, ESCELSA (julho de 1995) e LIGHT (maio de 1996). De toda forma, tais implementações não foram suficientes para que o modelo tradicional de organização do setor elétrico brasileiro fosse alterado.

O novo modelo institucional foi inaugurado pela Lei 9.427/96, que instituiu a ANEEL, e pela Lei 9.648/98, que definiu, dentre outras coisas, as regras de entrada, tarifas e estrutura de mercado, e instituiu a figura do MAE e do ONS, regulamentados em julho de 1998 (Decreto nº 2.655).

A criação da ANEEL representa um marco na reforma regulatória do setor elétrico brasileiro, tendo em vista a tradição de regulação implícita das empresas de energia elétrica exercida pelo extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). É a partir de então que, em uma corrida contra o tempo, uma grande quantidade de legislações é criada para dar forma definitiva ao novo modelo do setor elétrico, muito embora ocorra, ao mesmo tempo em que é feita a reestruturação setorial e é definido o novo ambiente regulatório, uma série de privatizações das distribuidoras estaduais. Somente em 1997, foram privatizadas oito delas. De toda forma, estavam criadas as bases fundamentais do novo modelo institucional do setor elétrico.

O resultado das políticas de privatizações estimuladas pelo governo federal é visível quando se observa que, até 1995, a participação do capital privado no segmento de geração e de distribuição de energia era muito limitada, representando, respectivamente, 2,7% e 2,4% (BNDES, 2000), enquanto que, atualmente, esta participação aumentou para 17% e 64%, respectivamente (PIRES, 2000). A Tabela 3.3 mostra as empresas de distribuição e geração privatizadas até o momento e as suas respectivas participações na capacidade instalada. Nota-se, dessa forma, que as reformas vêm proporcionando a entrada e a participação no setor da iniciativa privada, quando, há sete anos atrás, ela era apenas marginal.

Tabela 3.3: Processo de privatização do setor elétrico brasileiro (1995-2000).

Empresa	Data de Venda	Principais Acionistas	Participação no Mercado Nacional (%) ¹
I. Distribuição Sul-Sudeste-Centro-Oeste			
1. Escelsa/ES	12/07/95	Iven (Brasil) GTD (Brasil)	2,2%
2. Light/RJ	21/05/96	EDF (França), AES (EUA), Houston (EUA)	9,0%
3. Cerj	20/11/96	Endesa (Chile), Chilectra (Chile), Endesa (Espanha), EDP (Portugal)	2,4%
4.RGE/RS	21/10/97	VBC (Brasil), CEA (EUA)	1,9%
5. AES Sul/RS	21/10/97	AES (EUA)	2,4%
6. CPFL/SP	01/11/97	VBC (Brasil), Bonaire (Brasil)	7,1%
7.Enersul/MS	19/11/97	Iven (Brasil) ² , GTD (Brasil)	1,0%
8. Cemat/MT	27/11/97	Grupo Rede/Inepar (Brasil)	0,95%
9. Metropolitana/SP	15/04/98	EDF (França), AES (EUA), Houston (EUA)	13,7%
10. Elektro/SP	16/07/98	Enron (EUA)	4,1%
11. Bandeirante	17/09/98	VBC (Brasil), Bonaire (Brasil), EDP (Portugal)	9,2%
II. Distribuição Norte-Nordeste			
12. Coelba/BA	01/07/96	Iberdrola (Espanha) Previ (Brasil)	3,3%
13. Energipe/SE	01/12/97	Cataguases (Brasil), CMS (EUA)	0,6%
14. Cosern/RN	01/12/97	Iberdrola (Espanha) Previ (Brasil)	0,9%
15. Coelce/CE	02/04/98	Endesa(Chile), Chilectra (Chile), Endesa (Espanha), EDP (Portugal)	1,9%
16. Celpa/PA	01/07/98	Grupo Rede/Inepar (Brasil)	1,2%
17. Celpe/PE	17/02/2000	Iberdrola (Espanha) Previ (Brasil)	2,4%
III. Geração			
18. Cachoeira Dourada/GO	05/09/96	Endesa (Chile)	0,03%
19. Gerasul/SC	15/09/98	Tractebel (Bélgica)	6,8%
20. Paranapanema/SP	28/07/99	Duke-Energy (EUA)	4,9%
21. Tietê/SP	27/10/99	AES (EUA)	5,6%

¹ Participação: distribuidoras, por energia vendida; geradoras, por geração bruta total.

² A EDP (Portugal) adquiriu 73% do Grupo Iven em 25/08/99.

Fonte: Pires (2000).

Por outro lado, grande parte do setor de geração ainda se encontra em mãos estatais (83%). Isso significa que o modelo de estímulo à competição na geração possui ainda um longo caminho a se percorrer, pois as grandes empresas geradoras federais, como Furnas, Chesf e Eletronorte, são detentoras de parcela significativa da capacidade de geração nacional, de redes de transmissão e distribuição. As grandes empresas distribuidoras COPEL e CEMIG, ainda estatais, possuem capacidade de geração importantes. Desta forma, dificulta-se, do ponto de vista do novo modelo adotado, a competição no mercado, justamente o que se quer estimular, por ainda existirem grandes empresas verticalizadas.

Enquanto o país, mesmo diante do quadro adverso da criação tardia da ANEEL, mesmo sem nunca ter tido experiência em regulação anteriormente, consegue criar um arcabouço legal relativamente bem estruturado e impor de certa forma seu caráter fiscalizador, o mesmo não se podendo dizer das atividades de política e planejamento que deixam muito a desejar. Como anteriormente foi mencionado, o papel do governo sobre o setor elétrico somente será eficaz ao refletir o modelo de desenvolvimento aspirado pela sociedade, quando as atividades de política energética, planejamento e regulação coexistirem de forma autônoma e fortemente complementar.

Algumas mudanças estruturais foram criadas nesse sentido, mas sem efeitos práticos até então pela maneira descompassada e tardia com que foram introduzidas. Para o caso da política energética, apesar de criado em 1997 (Lei nº 9.478), o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) teve as suas atribuições definidas e regulamentadas somente depois de três anos através de decreto baixado pelo governo, bem como a realização de sua primeira reunião. É através das políticas energéticas que o governo sinaliza à sociedade as suas prioridades e diretrizes para o desenvolvimento do setor (BAJAY, 2000).

A estrutura regimental do Ministério de Minas e Energia (MME) foi alterada em 1998 (Decreto nº 2.826), passando a ter dois departamentos ligados à Secretaria Nacional de Energia. Dessa forma, para atuar como braço executivo do CNPE, criou-se o Departamento Nacional de Política Energética (DNPE), ao mesmo tempo em que foi criado o Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético (DNDE), que passou a ser responsável pela coordenação dos programas nacionais na área energética, como, por exemplo, o PROCEL.

Em relação ao planejamento indicativo, é através dele que metas de desenvolvimento são propostas para o setor, alinhadas com as políticas energéticas vigentes. Nesse sentido, o MME instituiu, em maio de 1999, o Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE), com a atribuição de coordenar a elaboração do planejamento da expansão dos sistemas elétricos brasileiros, de caráter indicativo para a geração e de caráter determinativo no que se refere ao planejamento da expansão da transmissão. A Secretaria Executiva do comitê será exercida pela ELETROBRÁS. O caráter indicativo relaciona-se ao fato de que as metas propostas, as quais devem ser flexíveis, reavaliadas periodicamente e discutidas com a sociedade, não são mandatórias, ou seja, os diversos agentes do setor não são obrigados a segui-las, como vinha ocorrendo desde então no setor elétrico. Porém, são necessários instrumentos, em geral de cunho regulatório, que premiem os agentes que direcionem suas atividades no sentido de atingir essas metas e penalizem aqueles que atuem no sentido inverso (BAJAY, 2000).

Apesar destas mudanças estruturais de redefinição do papel do Estado, da mesma forma como historicamente não se tem políticas energéticas bem definidas, o mesmo ocorre para o planejamento. Sem definições claras destes dois instrumentos, compromete-se sobremaneira a eficácia da atuação do Estado em refletir o modelo de desenvolvimento aspirado pela sociedade ao não permitir a coexistência autônoma e fortemente complementar entre política energética, planejamento energético e regulação da maneira como é colocada por Bajay (2000).

Diante disso, o setor não está funcionando nem de forma eficiente e nem de acordo com as aspirações da sociedade. Muito pelo contrário, viveu-se uma crise de abastecimento, quando foi preciso reduzir compulsoriamente o consumo em 20%, e atualmente o setor público e os consumidores estão arcando com as perdas que as concessionárias tiveram com a queda de receita e o governo vê-se obrigado a investir na expansão da geração, apesar de vários empreendimentos privados nesse sentido terem sido aprovados pela ANEEL nos últimos anos.

Portanto, a trajetória de implantação do novo modelo setorial trouxe até o momento reflexos negativos sobre a sociedade e gerou um ambiente de incertezas sobre o próprio sucesso das reformas propostas. Avançando-se ainda mais na análise, dentre outras conseqüências negativas, este ambiente de incertezas torna-se um fator importante para desfavorecer a criação de um ambiente propício para iniciativas direcionadas de fato ao aumento dos esforços científicos e tecnológicos no setor elétrico que requerem, como anteriormente mencionado, um ambiente

estável e de regras claras dadas as suas características de incerteza, de riscos e de maior longo prazo.

3.7. As principais mudanças e trajetórias na P&D do setor elétrico brasileiro

Na seção anterior, apresentou-se o novo modelo para o setor elétrico e as reformas que vem passando com o intuito de identificar as mudanças institucionais que, de uma forma ou de outra, modificam o ambiente onde ocorriam os esforços científicos e tecnológicos. Além disso, a forma como as reformas estão sendo implantadas criaram um ambiente de insegurança que possivelmente compromete maiores iniciativas direcionadas às atividades de P&D, fora aquelas de caráter regulado e exceções que porventura existam.

Na seção seguinte, apresentam-se as principais mudanças e trajetórias na P&D setorial que, apesar de importantes iniciativas terem sido tomadas nesse sentido com o andamento das reformas, ainda permanecem indefinidos os novos papéis da ELETROBRÁS e do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) frente às mudanças institucionais do setor, que, como será visto, possuíram um papel central no desenvolvimento tecnológico do sistema elétrico brasileiro.

3.7.1. O setor elétrico e o processo de desenvolvimento científico e tecnológico nacional

Uma complexa interação entre forças econômicas e regimes políticos deu formato ao desenvolvimento da C&T no Brasil (DAHLMAN & FRISCHTAK, 1993; BASTOS, 1995), sendo que um sistema de planejamento para C&T foi pela primeira vez estabelecido durante o regime militar, com uma forte ênfase dada ao desenvolvimento institucional (DAHLMAN & FRISCHTAK, 1993). Dessa forma, pode-se dizer que nos últimos cinquenta anos, o Brasil construiu um sistema de C&T sofisticado, mas incompleto (MCT, 2001b), que gerou como principais resultados a montagem de uma infra-estrutura científica e tecnológica e o fortalecimento da formação de pesquisadores (COUTINHO & FERRAZ, 1994).

Pode-se dizer que existe atualmente um consenso entre acadêmicos, setores produtivos e o próprio governo de que o processo de desenvolvimento científico e tecnológico do país, de forma geral, ocorreu de maneira desarticulada com as políticas econômica e industrial. Isto pode explicar, em parte, a baixa presença de produtos e processos incorporando conhecimento e

tecnologia avançada em praticamente todos os setores da economia, em geral, e na pauta de exportações, em especial (MCT, 2001b). De acordo com Coutinho & Ferraz (1994), a industrialização brasileira não exerceu pressão direta significativa sobre a oferta interna de tecnologia, diferentemente da experiência de outros países, onde a industrialização foi acompanhada por significativo esforço em P&D por parte das firmas locais e pela constituição de uma infra-estrutura de serviços tecnológicos de forma articulada com a indústria. Daí se explicam, de forma geral, o caráter dado ao sistema de C&T como sendo incompleto.

Por outro lado, a política científica e tecnológica brasileira, apesar de relativamente eficiente no suprimento de mão-de-obra treinada e de recursos humanos de alto nível para pesquisa, estimulou somente as capacidades inovativas das empresas em apenas aqueles poucos casos nos quais estavam integradas com políticas industriais setoriais (BASTOS, 1995; COUTINHO & FERRAZ, 1994). Este foi o caso de setores como o elétrico, de petróleo, de telecomunicações e siderúrgico.

Dessa forma, o processo de evolução e capacitação tecnológica do setor elétrico nacional, em particular, não se limita somente a uma análise das políticas setoriais de ciência e tecnologia, mas a uma complexa interação de políticas e ações tanto setoriais quanto no contexto mais amplo do desenvolvimento da economia do país, como fica evidente em Soares (1997). Adicionalmente, este autor ressalta a importância do processo de aprendizado na planificação econômica e setorial como um importante pré-requisito facilitador para a geração de soluções no sentido da transformação tecnológica do sistema elétrico brasileiro, embora estivesse sujeito a interesses das forças políticas que orientam suas metas e seus objetivos.

De forma sucinta, pode-se dizer que, de acordo com Soares (1997), desde o pós-guerra até o início dos anos 80, as empresas brasileiras de eletricidade acumularam uma importante capacitação no planejamento, operação, geração, desenho de projetos e pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Sob liderança do Estado, o esforço de capacitação realizado proporcionou a ampliação e especialização no país da base tecnológica relativa a essa indústria, baseada no paradigma hidrelétrico e apoiada por um sistema de inovação tecnológica, que passou a sustentar grande parcela das demandas por inovações e serviços tecnológicos a partir dos anos 70, provenientes do desenvolvimento da infra-estrutura produtiva nacional.

No entanto, apesar destes avanços ocorridos endogenamente e de seus benefícios para a sociedade, a trajetória da indústria de energia elétrica no Brasil é bastante ilustrativa das dificuldades existentes para o avanço tecnológico autônomo (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991). Soares (1997) afirma que a presença do Estado, através dos governos federal e estaduais, como forma de controle inovador das empresas fornecedoras de eletricidade, a partir do segundo pós-guerra, apesar de alargar sobremaneira a organização da base tecnológica do país nessa área, não foi suficiente para reverter o quadro de insuficiente especialização necessária à fabricação e à comercialização das grandes e complexas instalações e equipamentos componentes do sistema elétrico, consideradas como núcleo gerador e condutor das principais inovações na indústria. Ainda segundo o autor, o que faltava ao país era uma política articulada de atividades praticadas pelas firmas de engenharia, produtores de equipamentos, firmas de construção civil, centros de pesquisa e universidades, o que foi, em parte, prejudicada porque a necessidade de construção dos projetos, em tempo hábil, sobrepunha-se a qualquer tentativa de articulação e de dinamização dos agentes internos nas diversas atividades envolvidas.

Diante deste quadro, o CEPEL foi o principal organismo de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico. Por essa razão, apresenta-se a seguir um breve histórico de suas atividades, antes e durante as reformas, e os desafios das atividades científicas e tecnológicas do setor, cujo papel ainda não foi redefinido frente às reformas e mudanças institucionais hora em curso.

3.7.1.1. O papel do CEPEL frente às novas mudanças do setor elétrico e do sistema nacional de C&T

Pretende-se mostrar aqui a importância relativa do CEPEL para o avanço tecnológico do setor elétrico brasileiro e excelência na capacitação de recursos humanos, apesar de sua criação tardia (1974) e das dificuldades enfrentadas para o andamento de suas atividades ao longo dos anos decorrentes das crises econômicas na qual se encontrava o país, quando se reduziu significativamente o aporte de recursos e o CEPEL viu-se obrigado a reduzir seu quadro de pessoal e a comprometer parte de suas atividades de pesquisa. Frente a essas dificuldades, à falta de uma relação mais estreita entre os diversos agentes e às mudanças institucionais sinalizadas para o setor, o Centro elaborou o seu Plano Estratégico Tecnológico, adotando várias de suas ações nos últimos anos. Muito do que será exposto nesta seção baseou-se no extenso trabalho de

Soares (1997), que faz um levantamento do desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro.

O processo histórico de desenvolvimento do sistema elétrico brasileiro, no contexto produtivo mais amplo do desenvolvimento da economia do país, levou a uma concentração das atividades de pesquisa no CEPEL (SOARES, 1997), cujos benefícios para o setor são reconhecidamente amplos (BROWN & LEWIS, 1997). Nesse sentido, poucas são as concessionárias que desenvolveram atividades de P&D de forma sistemática.

O surgimento de atividades de pesquisa tecnológica relativas ao setor elétrico ocorreu de forma bastante tardia no Brasil, quando comparado com a maioria dos países desenvolvidos, fazendo com que o país se limitasse, durante longo período de tempo, a absorver a experiência tecnológica acumulada no exterior (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991).

Antes da criação do CEPEL, em 1974, após o primeiro choque do petróleo, não existia nenhuma atividade sistemática e integrada em pesquisa para o setor elétrico. As atividades existentes restringiam-se àquelas realizadas por alguns institutos eletrotécnicos ligados a universidades e por pequenos departamentos de estudos e pequenos laboratórios de algumas empresas concessionárias de energia elétrica, onde, para esse último caso, o objetivo principal era solucionar problemas de manutenção de equipamentos e de instrumentos de medição (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991).

Somente com a criação do CEPEL é que começou a haver um esforço sistemático de pesquisa para atender as demandas provenientes do setor e, ao mesmo tempo, privilegiar pesquisas de mais longo prazo. A sua criação, que remonta do Plano Estratégico de Desenvolvimento – PED (1968-1970), de algumas iniciativas tomadas a partir de 1971 pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pela ELETROBRÁS e controladas, especialmente FURNAS, baseou-se na confluência de duas perspectivas governamentais, uma macroeconômica e outra setorial: por um lado, tentar diminuir a carga exercida pelo pagamento de *royalties*, patentes e assistência técnica no balanço de pagamentos e, de outro, dotar as empresas de energia elétrica de um centro de pesquisas tecnológico exclusivo, tendo em vista as suas crescentes necessidades e desafios impostos pela demanda por serviços de eletricidade requeridos pelo avanço da industrialização e urbanização (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991).

Apesar de criado em 1974, o CEPEL iniciou a operar efetivamente a partir de 1979, com a conclusão da construção dos seus laboratórios. Neste intervalo de tempo, o objetivo do CEPEL foi formar recursos humanos e, com o que dispunha de infra-estrutura e corpo técnico, realizou uma série de trabalhos para o setor. No entanto, durante boa parte de sua história, principalmente no período que vai de 1979 a 1984, enfrentou sérios problemas de ordem financeira, devido à crise do Estado (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991). Não obstante as dificuldades enfrentadas, os anos 80 consolidaram o CEPEL como centro de pesquisas e caracterizaram o seu reconhecimento a nível nacional e internacional.

O CEPEL, nos seus primeiros 15 anos de atuação, além de ter participado ativamente na formação de recursos humanos especializados, deu, pelo menos, três marcantes contribuições para o desenvolvimento tecnológico do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) de acordo com Jerzy Lepecki¹⁷. Uma se refere à qualidade dos equipamentos fabricados no país, especialmente pela indústria nacional, ao criar uma capacitação para a execução de ensaios ainda não realizados no país até então. Outra contribuição marcante refere-se ao desenvolvimento de equipamentos de controle, supervisão e proteção de subestações e linhas de transmissão, desenvolvimento este baseado nas aplicações da eletrônica digital. Por sua vez, a terceira contribuição foi dada na área da matemática, mais exatamente de pesquisa operacional e da teoria de sistemas, criando algoritmos e desenvolvendo uma série de novos programas computacionais, visando o planejamento e operação de sistemas elétricos.

No entanto, apesar do CEPEL ser a principal instituição de pesquisa do setor elétrico, existem algumas concessionárias que pelo fato de, por um lado, terem alcançado um estágio mais avançado de organização das atividades produtivas e, por outro, perceberem possibilidades abertas e não satisfeitas pelo modelo vigente, puderam optar pela constituição de algum tipo de modelo institucional próprio no tocante à realização de P&D. Entretanto, esse número é muito reduzido e, possivelmente, o caso mais representativo seja o de FURNAS, seguido da COPEL que também ocupa um lugar de destaque (SOARES, 1997). Ainda segundo esse autor, outras concessionárias, embora desenvolvam algumas atividades nessa área, não possuem um modelo explícito para a realização de P&D, ou seja, essas atividades disseminam-se no interior dos

¹⁷ Foi diretor-geral do CEPEL a partir de junho de 1974, ainda exercendo o cargo na data da entrevista concedida por ele, no dia 22 de agosto de 1988, transcrita na publicação Memória da Eletricidade (1991).

diversos projetos desenvolvidos sem que haja maior clareza de propósitos em relação a esse fim. Outras, por fim, praticamente nada fazem nessa área, muito embora demandem pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos de outros agentes do sistema.

A ELETROBRÁS teve um papel de fundamental importância para a criação e a consolidação do CEPEL como uma importante alternativa institucional de pesquisa num país ainda com baixo nível de desenvolvimento das forças produtivas no período. A orientação estratégica da ELETROBRÁS de dar suporte às necessidades de financiamento do CEPEL, que desde o início do seu funcionamento a teve como principal fonte de recursos, juntamente com o nascimento de instituições de ensino, tais como UNICAMP, COPPE e PUC, por exemplo, contribuíram para consubstanciar o suporte científico e tecnológico das atividades produtivas da indústria de eletricidade brasileira (SOARES, 1997).

Para se ter uma idéia da participação da ELETROBRÁS no financiamento das atividades do CEPEL, os recursos provenientes da holding estatal chegaram a representar 90% dos recursos orçamentários do Centro. Os recursos totais variavam da ordem de US\$ 25 milhões a US\$ 30 milhões nos primeiros 15 anos do CEPEL. Esses recursos, com base no novo planejamento estratégico do Centro, a ser apresentado mais adiante, aumentaram para US\$ 37,6 milhões e US\$ 45,7 milhões nos anos de 1994 e 1995, respectivamente (SOARES, 1997).

Devido à crise de financiamento no setor elétrico, ocorrida durante a década de 80, e frente à situação de mudanças institucionais a serem, ou já, implementadas no setor, o CEPEL, ciente da emergência de uma nova realidade produtiva, passou a repensar o seu papel como órgão de P&D, concluindo pela necessidade de implementar intenso processo de reestruturação das suas atividades, cujos primeiros elementos começaram a ser germinados ainda na metade da década de 1980 (SOARES, 1997).

Para se ter uma dimensão dessa crise, em 1980, os dispêndios somaram US\$ 26,6 milhões, sendo que, em 1985, houve uma redução em torno de 45% desses recursos, voltando a atingir, no ano de 1988, os níveis observados em 1980. Daí em diante, as incertezas foram constantes, passando os aportes de recursos a oscilarem de forma acentuada. Na década de 1990, observou-se uma permanente queda e inconstância na intensidade da participação da ELETROBRÁS no financiamento das atividades de P&D do CEPEL. Esse fato revelava a necessidade de mudanças

de rumo, em particular numa instituição de P&D que, por natureza, trabalha com projetos de longa duração, necessitando, dessa forma, de uma certa estabilidade na dotação de recursos (SOARES, 1997).

Em vista de tais incertezas quanto ao repasse dos recursos proveniente da ELETROBRÁS, o CEPEL foi levado a desenvolver um grande esforço interno de descentralização das suas fontes de financiamento, sejam eles na forma de empréstimos, aumentos de participação dos sócios fundadores e realização de projetos (SOARES, 1997).

Por outro lado, os novos aportes advindos da descentralização das fontes de recursos continuaram a ser primordialmente de origem pública, porém com forte participação extra-setorial. É importante mencionar que a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), no período entre 1990 e 1994, constituiu-se numa importante fonte extra-orçamentária de financiamento de programas de capacitação tecnológica do CEPEL, tendo financiado pouco mais de US\$ 189 milhões para o desenvolvimento de projetos de pesquisa (SOARES, 1997).

Particularmente, a FINEP exerceu papel importante no financiamento de projetos do setor energético como um todo, principalmente em relação às fontes alternativas de energia (solar e biomassa, por exemplo), durante a década de 1970 e 1980, período quando os impactos das crises do petróleo eram sentidos mundialmente (LA ROVERE, 1994; ROTHMAN & FURTADO, 2000).

A crise financeira afetou, especificamente, a manutenção e qualificação dos seus recursos humanos. No tocante à qualificação do seu pessoal técnico, desde o início da década de 80, o desenvolvimento do CEPEL vinha enfrentando dificuldades. Por um lado, pela escassez de recursos que começava a refletir-se sobre a remuneração dos pesquisadores e, por outro, agravava-se o problema da renovação de equipes, em decorrência de recomendações vindas do governo federal e da própria ELETROBRÁS para que se restringissem ao máximo novas contratações (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991).

Considerando-se que o CEPEL é uma instituição de pesquisa e que, como tal, parte da sua excelência está no fato de dispor de mão-de-obra especializada e competente, a perpetuação dessa situação o levaria a completar seu décimo quinto ano (1989) de atividades contando com quase

metade do seu quadro de pessoal numa situação precária e questionável. Precária do ponto de vista das relações trabalhistas e questionável do ponto de vista do volume de investimentos que deverá ser aplicado em um quadro de pessoal que pode, a qualquer momento, deixar a instituição, motivado por remunerações mais atraentes (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991).

No decorrer dos anos 90 e no contexto do plano estratégico do Centro, o qual mais adiante será visto, o CEPEL passou por um intenso processo de redução do quadro de pessoal, tanto das áreas técnicas quanto administrativas. Esse processo, no entanto, não ocorreu apenas no Centro, uma vez que decorre, muito mais, de uma política deliberada pelo governo federal que passou a estimular a saída de funcionários das empresas estatais de uma maneira geral. Com isso, o número de funcionários do CEPEL foi reduzido de 751, em 1990, para 580, em 1994, representando uma redução de 22,8% nesse período. A maior parte da mão-de-obra que saiu do CEPEL correspondeu a pessoal menos qualificado (SOARES, 1997).

A sensível redução da força de trabalho, por sua vez, foi acompanhada, de fato, por um esforço do CEPEL para melhorar a formação do quadro de pesquisadores. E, aí, muito pode ser creditado à implantação do Plano de Cargos e Salários, que passou a estimular o processo de capacitação e formação de pessoal do Centro.

Somando-se à crise financeira, e seus reflexos negativos sobre o quadro técnico do centro, as mudanças institucionais sinalizadas para o setor impulsionaram o CEPEL num processo intenso de reestruturação das atividades de P&D. Este novo rumo é explicitado no seu Plano Estratégico Tecnológico (PET), elaborado em 1991, brevemente comentado a seguir com o intuito de mostrar a adaptação das atividades do CEPEL às novas condições financeiras e organizacionais do setor elétrico nacional.

A finalidade do CEPEL no período do PET é a de fazer a transição de centro de excelência para centro produtor de tecnologia e, como objetivo mais amplo, planeja atuar no aprimoramento e na adequação permanente dos serviços de energia elétrica efetivando novos padrões de qualidade, produtividade e economicidade. Logo, as ações na área da P&D são direcionadas tendo em vista esta ampla diretriz (SOARES, 1997).

A nível mais específico, o CEPEL propôs-se a:

- 1) Desenvolver tecnologias e capacitação para a modernização e a extensão da vida útil de equipamentos e instalações existentes;
- 2) Aperfeiçoar os sistemas e equipamentos visando a melhor utilização de energia elétrica;
- 3) Desenvolver tecnologias e soluções para sistemas e equipamentos de distribuição;
- 4) Desenvolver tecnologias e soluções para sistemas e equipamentos de transmissão em extra e ultra tensão, com destaque para as linhas longas;
- 5) Ampliar a capacitação tecnológica em termelétricas, hidrelétricas e fontes não convencionais de geração;
- 6) Desenvolver e participar do desenvolvimento de aplicações de novos materiais para o setor elétrico;
- 7) Participar do desenvolvimento de normas técnicas, especificações e métodos de avaliação, bem como na certificação de equipamentos e materiais;
- 8) Desenvolver e participar do desenvolvimento de métodos de análise e controle de impactos ambientais relacionados com o setor elétrico;
- 9) Aumentar o grau de informatização do serviço de energia elétrica destacando o desenvolvimento de metodologias e sistemas computacionais para o planejamento da expansão e operação do sistema elétrico.

Entretanto, para fazer a transição de centro de excelência para centro produtor de tecnologia, que é a finalidade atual do CEPEL, alguns desafios foram colocados, destacando-se:

- 1) Buscar continuamente padrões de excelência em áreas prioritárias do conhecimento indicadas pelo PET;
- 2) Aproximar-se do mercado demandante de tecnologia através de programas de P&D voltados para as necessidades do setor elétrico brasileiro;

- 3) Elevar a produtividade do trabalho por meio da aplicação e da gestão dos recursos em projetos bem definidos, controlados sistematicamente e orientados às necessidades dos clientes;
- 4) Aumentar a eficiência e a eficácia organizacional através da consolidação de áreas de conhecimento e laboratórios, da redução do número de departamentos e eliminação de duplicações e superposições de áreas;
- 5) Motivar os pesquisadores através da abertura de oportunidades de aprofundamento e aplicação de conhecimentos no setor produtivo e na realização profissional, pela assunção de maior responsabilidade e pela condução de projetos e programas de pesquisa;
- 6) Consolidar a qualidade dos produtos e das instalações;
- 7) Abrir-se para uma atuação mais abrangente no setor elétrico, incorporando novas áreas de conhecimento tais como estudos relativos ao meio ambiente, fontes não-convencionais e geração elétrica.

Autores como Erber & Amaral (1995) consideram que, apesar da reconhecida excelência como centro de pesquisas e das suas significativas contribuições para o desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro, o CEPEL possuía uma articulação insatisfatória com a cadeia produtiva do setor e com outros centros de pesquisas afins e universidades pelo menos até os primeiros anos da década de 90. Dentre as principais razões, reconhece-se a falta de coordenação com vistas à integração.

Erber & Amaral (1995) relatam de forma geral o relacionamento do CEPEL e demais agentes do setor. O CEPEL era considerado por vários técnicos da ELETROBRÁS como um órgão com postura pouco empresarial, não atuando como órgão executor de uma demanda definida pelo setor. Tal crítica também seria partilhada pelos fornecedores de bens e serviços ao criticarem sua desarticulação com a indústria e o maior interesse voltado para as concessionárias de energia elétrica. Também se critica a atuação do centro como órgão difusor de tecnologia.

Por outro lado, membros do CEPEL (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1991)¹⁸ alegam que o Centro não tinha condições de infra-estrutura e de pessoal para atender a todas as demandas do setor elétrico, composto por um distinto e amplo conjunto de agentes (concessionárias, fabricantes e fornecedores de equipamentos, e universidades). Além do mais, alguns alegam que a concentração de serviços tecnológicos contratados por vários agentes, como um dos frutos da descentralização financeira praticada pelo centro, dificultava o desenvolvimento de atividades de pesquisa de maior vulto e de longo prazo.

Provavelmente, esta falha de articulação entre os setores da cadeia produtiva, demais instituições e o CEPEL, como principal instituição de P&D do setor elétrico, a falta de maiores condições de pesquisa e a postura pouco empresarial do Centro provavelmente impediram maiores inovações tecnológicas para atender as necessidades demandadas pelo setor produtivo e pelo setor elétrico como um todo.

Estas deficiências parecem ter sido reconhecidas pelo próprio CEPEL em seu Plano Estratégico Tecnológico (PET), onde apresenta diretrizes em direção a uma maior articulação entre os agentes do setor e a uma gestão de caráter mais empresarial.

Na conclusão do trabalho de Soares (1997), o autor afirma que o CEPEL continua sendo a principal opção para a realização de P&D no SEB. Empresarialmente, o Centro fez, efetivamente, o que deveria ser feito para enfrentar as incertezas e os novos desafios que se configuram para o setor, ou seja, organizou-se de acordo com uma estrutura administrativa flexível em condições de enfrentar o momento de transição setorial. Continuando o autor, o principal desafio é o da convivência com novos atores no setor, onde a iniciativa privada tende, novamente, a ocupar grandes espaços na cadeia de produção de energia elétrica no país, redefinindo a forma de atendimento das demandas tecnológicas. Nesse sentido, o PET visa confirmar a conveniência de reforçar as áreas de pesquisa que seriam mais demandadas nesse novo modelo e no novo ambiente institucional sendo introduzido no setor elétrico.

¹⁸ As impressões foram extraídas a partir de respostas de um conjunto de sete entrevistas com personalidades envolvidas com as atividades do centro, ELETROBRÁS e MME.

No entanto, apesar das medidas tomadas pelo CEPEL em direção à melhoria de suas atividades, o seu papel permanece indefinido dentro do processo de reformas, bem como o da ELETROBRÁS. Não foi estabelecida até o momento uma política setorial para a P&D e o desenvolvimento tecnológico contendo suas prioridades, diretrizes, responsabilidades, formas de financiamento e o papel dos diversos agentes, dentre eles o CEPEL, por exemplo. Mais que isso, não se definiu ainda qual seria o órgão responsável pela elaboração de tal política e suas atribuições. Estes são pontos centrais e fundamentais em direção tanto à adequação das atividades de P&D e desenvolvimento tecnológico ao novo modelo sendo implantado, quanto a de garantir a manutenção ou fortalecimento destas atividades no país.

Portanto, é amplamente reconhecida a importância do CEPEL para o avanço tecnológico e para a capacitação de recursos humanos, mesmo diante das dificuldades econômicas enfrentadas, o que, para um centro de pesquisas, constitui-se num significativo problema, tanto para a manutenção do quadro de pessoal quanto para o andamento das atividades de pesquisa. Apesar de sua importância, ainda faltava ao CEPEL e aos diversos agentes relacionados ao setor elétrico uma maior integração com vistas a proporcionar um maior avanço tecnológico do setor. Diante destas adversidades e da expectativa de reestruturação do setor elétrico, o CEPEL vem adotando um novo planejamento estratégico. No entanto, apesar das medidas tomadas, o seu papel ainda permanece indefinido no processo de reformas, principalmente porque ainda não existe uma política setorial científica e tecnológica.

Mesmo diante deste quadro de necessidade, mas ausência, de uma política científica e tecnológica para o setor para adequar-se às mudanças institucionais e de introdução de agentes privados e de incentivo à competição, foram tomadas iniciativas importantes para garantir investimentos em P&D no setor. Algumas delas serão abordadas no item seguinte.

3.7.2. Novos instrumentos regulatórios para P&D no setor elétrico

A abertura dos mercados e o acirramento da concorrência podem trazer impactos tecnológicos positivos e negativos para o setor elétrico brasileiro. Como mencionado anteriormente, se, por um lado, as empresas podem recorrer para a aquisição de soluções tecnológicas estrangeiras para se tornarem mais competitivas, por outro pode-se reduzir os

esforços tecnológicos internos (BROWN & LEWIS, 1997). Em vista disto, algumas iniciativas importantes foram tomadas no país para garantir investimentos em P&D no setor.

Inicialmente, é interessante observar a importância que a P&D ganhou ao longo dos anos através dos esforços da ANEEL. Vale ressaltar também os esforços desenvolvidos pelo MCT na criação de mecanismos estáveis para financiamento de atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação. No caso do setor energético, dois fundos de financiamento são relevantes: o CTPETRO (petróleo e gás natural) e o CT-ENERG (energia elétrica).

Porém, é importante destacar dois pontos que ficam em aberto. O primeiro é se estas iniciativas, de fato, garantirão que ocorram desenvolvimentos tecnológicos para o setor, já que é necessário que uma política industrial também seja oferecida paralelamente a uma política científica e tecnológica. Esta necessidade fica evidente quando, mais acima, mostrou-se que o desenvolvimento tecnológico do setor deveu-se, sobretudo, porque esteve integrado às políticas industriais setoriais. E o segundo ponto é a necessidade de identificar quais são os impactos que as iniciativas tomadas pelos poderes públicos para garantir investimentos em P&D estão tendo sobre a forma como os esforços científicos e tecnológicos estão sendo encarados pelos vários agentes do setor, e, conforme o caso, como estão sendo inseridos em suas atividades no novo ambiente institucional e mais abertos da economia¹⁹.

A seguir, dois mecanismos são apresentados para a promoção de atividades de P&D no setor elétrico: a obrigatoriedade de investimento das concessionárias em projetos regulados pela ANEEL e a criação do Fundo Setorial de Energia Elétrica (CT-ENERG).

3.7.2.1. Regulação da ANEEL para as atividades de P&D

Com a implantação do novo modelo do setor elétrico, existiu a preocupação de criar mecanismos para garantir a continuidade e estimular atividades de P&D pelas empresas concessionárias de energia elétrica. Os mecanismos criados sem dúvida permitiram que recursos fossem alocados para essas atividades, caso contrário seria bem pouco provável que as

¹⁹ Como exemplo, se as concessionárias estão encarando a obrigatoriedade de investir em P&D como estritamente uma obrigação ou como também uma oportunidade.

concessionárias privadas continuassem a promover programas de P&D (JANNUZZI & GOMES, 2002).

Dentro das atribuições da ANEEL, cabe a ela estimular e participar das atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico necessárias ao setor de energia elétrica (Decreto nº 2.335/97).

Dentro deste espírito, desde 1995, diversos contratos de concessão continham cláusulas que estabeleciam a obrigatoriedade das distribuidoras aplicarem recursos em P&D e eficiência energética. No entanto, durante 1995 a 1998, em muitos casos essas cláusulas eram muito genéricas e de difícil verificação e, na verdade, não havia interesse do próprio setor público em torná-las mais específicas, uma vez que se temia com isso a desvalorização das empresas a serem privatizadas (JANNUZZI, 2000a; JANNUZZI, 2000b).

Um passo importante foi tomado quando, a partir de 1998, as resoluções da ANEEL nº 242/98 e 261/99 tornaram obrigatória a aplicação de, no mínimo, 0,1% da Receita Operacional Anual (RA) apurada no ano anterior das concessionárias de distribuição de energia elétrica em projetos de P&D. Desde então, as resoluções supramencionadas e a Resolução ANEEL nº 271/01 estabeleceram cotas mínimas de investimento em projetos de P&D e eficiência energética. Estes projetos são propostos pelas próprias empresas e posteriormente precisam ser submetidos a ANEEL para aprovação, seguindo as especificações constantes em manual específico elaborado pela agência reguladora, antes de sua implantação. A Figura 3.2 ilustra o arranjo institucional para os projetos de P&D regulados pela ANEEL.

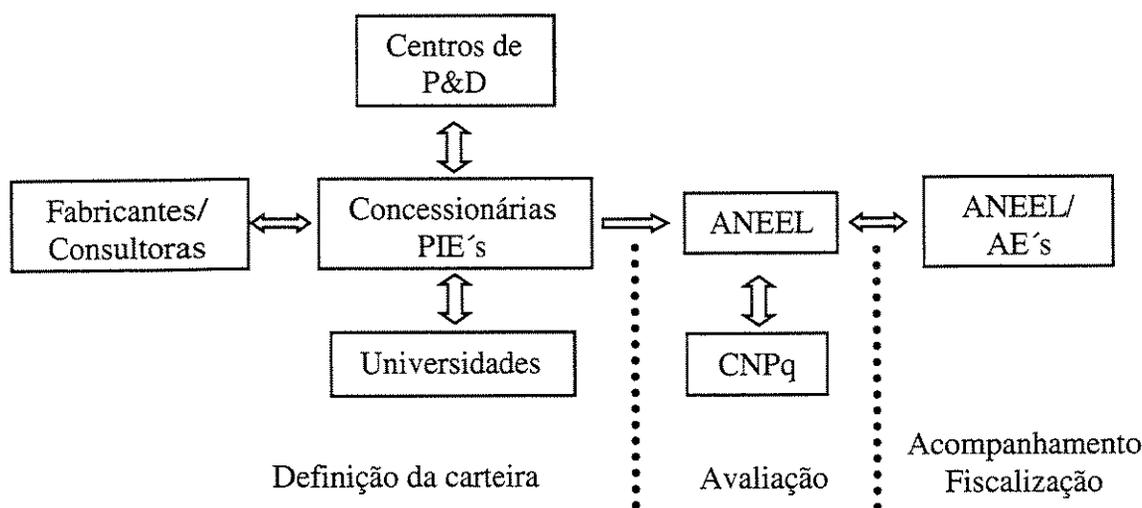
A Lei nº 9.991/00 estabelece mudanças significativas nos montantes de recursos destinados a P&D do setor elétrico e na gestão dos recursos conforme vinha sendo feito até aquele momento pela ANEEL.

Esta lei fixa novas cotas para os agentes do setor (vide Tabela 3.4) referentes à Receita Operacional Líquida (ROL) apurada no ano anterior²⁰. Com a lei, o volume total de recursos para P&D deverá aumentar significativamente com a inclusão do segmento de transmissão e com o

²⁰ Os critérios e procedimentos para cálculo da Receita Operacional Líquida (ROL) apurada no ano anterior encontram-se na Resolução ANEEL nº 185, de 21 de maio de 2001.

aumento da cota mínima de investimento em P&D das empresas de geração e distribuição, que foi de 0,25% e 0,1% da RA para 1% e 0,75% da ROL, respectivamente. A sua gestão será compartilhada entre a ANEEL e o Comitê Gestor do CT-ENERG, criado em meados de 2001, como será visto mais adiante, que se responsabilizarão pela alocação de 50% dos recursos cada um. As implicações para a ANEEL são grandes, pois crescerá seu papel na avaliação das propostas das empresas para P&D.

Figura 3.2: Arranjo institucional para os programas de P&D das concessionárias regulados pela ANEEL.



Fonte: ANEEL (2001a).

Tabela 3.4: Nova distribuição mínima dos investimentos regulados através da Lei nº 9.991/00 para eficiência energética e P&D baseada na ROL.

Setor	Data	Eficiência Energética ^a	P&D ^c		
			Total	Concessionária	CT-ENERG
Geração e Transmissão ^b	≥ 2000	-	≥ 1,00% ^d	0,50%	0,50%
Distribuição	≤ 2005	≥ 0,50%	≥ 0,50%	0,25%	0,25%
	≥ 2006	≥ 0,25%	≥ 0,75%	0,375%	0,375%

^a Para as distribuidoras, os investimentos deverão ser, exclusivamente, no uso final.

^b Excluem-se, por isenção, as empresas que gerem energia exclusivamente a partir de instalações eólicas, solares, de biomassa e PCHs.

^c Do montante total, metade fica para os programas das concessionárias, supervisionados pela ANEEL e metade vai para o CT-ENERG.

^d Até 2005, prevalece a cota de 0,25% referente ao contrato para a CGEET, CGEEP e GERASUL.

O montante total para os três ciclos dos programas de P&D até então implementados mostra-nos um aumento significativo de recursos para a área (Tabela 3.5), mas ainda entre os valores históricos de investimento do CEPEL, que oscilavam entre US\$ 15 e 45,8 milhões anuais entre os anos 80 e meados de 90 (SOARES, 1997).

A análise dos programas de P&D das concessionárias (vide Tabela 3.5 e Figura 3.3) reflete bem a tendência natural e esperada das empresas alocarem a maior parte dos recursos em pesquisa estratégica e de curto prazo, muito embora tenha havido melhor distribuição, por recomendação da ANEEL, entre as demais categorias ao longo do tempo.

Tabela 3.5: Investimentos em projetos de P&D aprovados pela ANEEL para os ciclos 1998/1999, 1999/2000 e 2000/2001^a.

Ciclo	Eficiência Energética	Energia Renovável	Geração de EE	Meio Ambiente	Pesquisa Estratégica	Total (R\$ milhões)
1998/1999 (R\$)	598.432,00 (5%)	-	-	349.177,00 (3%)	11.951.589,00 (92%)	12,9
1999/2000 (R\$ milhões)	4,64 (16%)	2,32 (8%)	2,90 (10%)	1,45 (5%)	17,69 (61%)	29
2000/2001 ^b (R\$ milhões)	11,256 (14%)	4,02 (5%)	5,628 (7%)	8,04 (10%)	51,456 (64%)	80,4

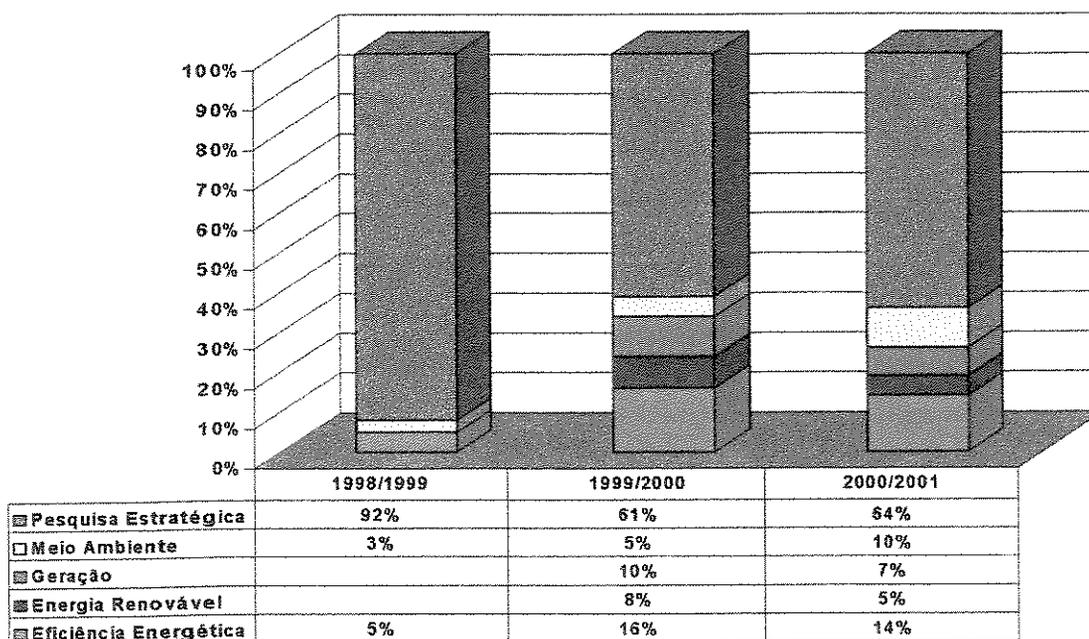
^a O número de empresas participantes foi de, respectivamente, 13, 43 e 58.

^b Dados preliminares.

Fonte: adaptado de ANEEL (2001a).

No entanto, existiam críticas a esse modelo quando o CT-ENERG ainda não tinha sido criado, pois existia a preocupação de que várias atividades de P&D de interesse público não seriam realizadas pelas concessionárias privadas. De fato, pelo modelo adotado, como são as próprias empresas que propõem os planos de P&D, é natural que predominem suas prioridades particulares, seja porque trazem vantagens financeiras para as empresas no curto prazo, seja porque fazem parte de suas estratégias de posicionamento competitivo no médio e longo prazo. Dessa forma, não fazia sentido que esses projetos fossem realizados com os recursos regulados pela ANEEL, pois muitos dos projetos apresentados até o momento poderiam ser propostos sem a existência de regulação.

Figura 3.3: Distribuição dos recursos relativos aos três ciclos dos programas de P&D das concessionárias distribuidoras.



Obs.: 2000/2001 - dados preliminares

Fonte: ANEEL (2001a).

A ANEEL (2001a) realizou uma análise para os ciclos 1998/99 e 1999/00 dos projetos de P&D das concessionárias, constatando, de uma forma geral, as seguintes características:

- 1- Projetos de P&D incremental, de curto prazo e baixo risco;
- 2- Falta de estrutura permanente para gestão de P&D;
- 3- Falta de visão estratégica quanto aos investimentos em P&D; e
- 4- Ausência de “estoque” de idéias para projetos de P&D.

É importante observar que as concessionárias ainda não possuíam familiaridade e tempo hábil para se adequarem às novas regras colocadas pela ANEEL, como foi alegado por vários de

seus representantes em palestra ministrada pela agência na Unicamp em 2001, estando sujeitas ao pagamento de multas caso não cumprissem os prazos determinados.

Portanto, a obrigatoriedade imposta pela ANEEL às concessionárias de investir em P&D foi, sem dúvida, importante para garantir que recursos fossem alocados para essa atividade, caso contrário seria bem pouco provável que as concessionárias privadas continuassem a promover programas de P&D. Entretanto, apesar da obrigação de se investir em P&D, observa-se que, até o momento, a partir das constatações feitas pela ANEEL, falta à algumas concessionárias identificarem na P&D a sua importância estratégica.

3.7.2.2. Fundo Setorial de Energia Elétrica – CT-ENERG

A Lei nº 9.991/00, regulamentada pelo Decreto nº 3.867, de 16 de julho de 2001, estabeleceu o repasse de 50% dos recursos destinados para P&D pelas concessionárias de distribuição, geração e transmissão para o FNDCT, a ser repassado para o CT-ENERG. Os recursos deste fundo público serão alocados para P&D de interesse público e eficiência energética no uso final, sendo que, no mínimo, 30% serão destinados a projetos desenvolvidos por instituições de pesquisa sediadas nas regiões N, NE e CO.

Os recursos do CT-ENERG para 2001 foram da ordem de R\$ 70 milhões, estimando-se arrecadar em 2002 e 2003, respectivamente, R\$150 e 163 milhões²¹.

Foi constituído, no âmbito do Ministério da Ciência e Tecnologia, para prestar-lhe apoio técnico, administrativo e financeiro, Comitê Gestor com a finalidade de definir diretrizes gerais e plano anual de investimentos, acompanhar a implementação das ações e avaliar anualmente os resultados alcançados na aplicação dos recursos do fundo. A gestão dos recursos do fundo é realizada de maneira compartilhada entre representantes dos Ministérios da Ciência e Tecnologia, Minas e Energia, ANEEL, FINEP, CNPq, dois membros da comunidade acadêmica e dois do setor produtivo.

²¹ Site da FINEP: <http://www.finep.gov.br>.

A lei de criação do fundo possibilita investimentos em ações mais abrangentes em pesquisa e desenvolvimento e também possibilita financiar atividades relacionadas com eficiência energética que não são contempladas pelas concessionárias. Essas ações compreendem:

- Projetos de pesquisa científica e tecnológica;
- Desenvolvimento tecnológico experimental;
- Desenvolvimento em tecnologia industrial básica;
- Implantação de infra-estrutura para atividades de pesquisa;
- Formação e capacitação de recursos humanos qualificados; e
- Difusão do conhecimento científico e tecnológico

O CT-ENERG possui um documento de Diretrizes Básicas²² que explicita sua função de fomentar atividades de P&D de interesse público, complementando os investimentos realizados pelas concessionárias e supervisionados pela ANEEL. Os projetos financiados pelo fundo devem buscar soluções para os principais desafios identificados pelo setor (MCT, 2001a):

- 1) Atender a crescente demanda de serviços de eletricidade do país, inclusive na zona rural e comunidades isoladas;
- 2) Diversificar a matriz de fornecimento de eletricidade;
- 3) Desenvolver tecnologias de energia com menor impacto ambiental e maior alcance social e que contribuam para o uso racional e eficiente da energia;
- 4) Garantir as características de interesse público em um ambiente de mercado competitivo dos serviços de eletricidade (como por exemplo, garantir qualidade e confiabilidade satisfatórias nos serviços de energia elétrica).

²² Disponível no endereço <<http://www.cgee.org.br>>

Investimentos em C&T deverão contribuir para resolver esses desafios, para alterar ou reduzir a posição brasileira de importador líquido de tecnologias de energia no médio e longo prazo e auxiliar o aumento de competitividade da economia nacional em um contexto de um mundo cada vez mais globalizado.

O Plano de Investimentos do CT-ENERG com os recursos disponíveis em 2001 contemplou as seguintes ações:

- 1) Formação e capacitação de recursos humanos na área de eficiência energética;
- 2) Normatização e infra-estrutura em metrologia;
- 3) Divulgação tecnológica;
- 4) Fontes alternativas de energia: solar, eólica e biomassa;
- 5) Indução ao desenvolvimento tecnológico empresarial no setor elétrico;
- 6) Prospecção tecnológica na área de energia elétrica;
- 7) Apoio a eventos, cursos de interesse do setor elétrico.

A partir das duas recentes experiências do país para estimular as atividades de P&D, a obrigatoriedade de investimentos em P&D regulados pela ANEEL e a criação do CT-ENERG, são feitas algumas considerações finais baseadas em Jannuzzi & Gomes (2002).

A experiência com a regulação dos investimentos em P&D das concessionárias mostrou, em um primeiro momento, as seguintes conseqüências: (1) concentração regional de recursos em P&D (uma vez que dependiam exclusivamente das áreas de concessão das concessionárias), acentuando as diferenças já existentes, (2) dificuldade de realização de pesquisa cooperativa, (3) priorização de projetos de curto prazo que as concessionárias poderiam realizar com seus próprios recursos porque resultam em redução de seus custos e (4) apropriação pelas concessionárias dos benefícios advindos dos investimentos em P&D realizados com os recursos sob controle do regulador.

Com a criação do CT-ENERG, algumas destas conseqüências serão compensadas, como a diminuição da concentração regional de recursos, a aplicação de recursos em P&D de interesse público e eficiência energética no uso final e incentivo à pesquisa em cooperação. A gestão compartilhada de recursos entre órgãos de governo, academia e setor privado possibilita contemplar maior abrangência de tópicos de interesse e maiores impactos de longo prazo. Dessa forma, corrige-se a distorção que existia quando projetos de P&D de interesse público, de longo prazo e cooperativos encontravam-se ameaçados pelo modelo adotado pela ANEEL antes da criação do CT-ENERG.

É fundamental, no entanto, o estabelecimento de prioridades para P&D do setor elétrico. Sem sombra de dúvida, a criação da Lei nº 9.991/01 e seu decreto regulamentador foi um grande avanço nessa direção, mas a falta de uma direção mais explícita por parte do CNPE relacionada com a provisão deste “bem público” oferece sérios limitantes para uma efetiva utilização dos recursos (JANNUZZI & GOMES, 2002).

3.8. Considerações finais

Procurou-se mostrar com este capítulo que as reformas e a abertura do mercado à concorrência vêm provocando mudanças na natureza e na intensidade das atividades de P&D e no ambiente institucional do setor elétrico onde ocorrem as inovações. Estas mudanças comprometem a capacidade de solucionar os desafios do setor elétrico, em particular, e energético, em geral, caso providências não sejam tomadas. Esta situação agrava-se ainda mais pelo fato da maior parte da P&D realizada concentrar-se em poucos países desenvolvidos.

Para os países em desenvolvimento, em particular, existe a preocupação adicional de que as reformas do setor elétrico e a liberalização do mercado possam reduzir a capacitação tecnológica nacional, comprometendo, com isso, a sua capacidade de desenvolver soluções próprias e específicas aos desafios energéticos e de desenvolvimento que defrontam.

Para o caso brasileiro, o novo modelo do setor elétrico sendo implantado busca introduzir eficiência econômica no setor, mas, a partir da experiência internacional ao apontar a redução de recursos em P&D, existiu a preocupação de garantir investimentos nestas atividades, especialmente para o caso da P&D de interesse público. Sem dúvida, os mecanismos criados

permitiram que importantes somas de recursos fossem direcionados para essas atividades, caso contrário seria bem pouco provável que as concessionárias privadas continuassem a investir em programas de P&D.

No entanto, a indefinição de regras mais claras para o setor, ao lançarem incertezas sobre a própria capacidade de sucesso do novo modelo, compromete ainda mais a realização de atividades de P&D pelos agentes, uma vez que elas demandam investimentos com maior prazo de maturação e maiores riscos. Além do mais, ainda não se definiu com clareza o novo papel da ELETROBRÁS e do CEPEL frente às mudanças institucionais do setor.

Adicionalmente, a indefinição de uma política energética nacional e de C&T setorial, articulada a uma política industrial, são barreiras importantes para uma ação sistemática de incorporar nos produtos e processos os frutos dos esforços científicos e tecnológicos nacionais. Note que esse tipo de indefinição desfavorece a P&D no setor, inclusive a P&D de interesse público.

Ao mesmo tempo, é importante identificar quais foram as mudanças e os impactos que a nova dinâmica do setor elétrico brasileiro impõe sobre os esforços científicos e tecnológicos internos, pois teme-se que, como consequência, haja redução na capacitação tecnológica nacional de responder aos desafios do setor.

Capítulo 4

Um estudo de caso para análise dos projetos de P&D das concessionárias regulados pela ANEEL

4.1. Introdução

Como foi visto no capítulo anterior, as concessionárias de energia elétrica são obrigadas, por regulação, a investirem parte de sua receita em projetos de P&D. A sua motivação inicial foi a de que, sem esta obrigação, as concessionárias não investiriam em P&D e, dessa forma, não realizariam melhorias tecnológicas através de seus esforços científicos e tecnológicos internos.

O objetivo deste capítulo é o de realizar um exercício de avaliação dos projetos elaborados pelas concessionárias e regulados pela ANEEL a fim de identificar nestes projetos características de P&D de interesse público. A partir deste exercício, é possível identificar os projetos de maior interesse para as empresas, bem como aqueles menos atrativos, mas cujos benefícios para a sociedade são importantes. Para tanto, este exercício baseia-se na abordagem proposta por Kozloff *et al.* (2000) e MCT (2001a), na qual os projetos são classificados de acordo com características de P&D de interesse público estabelecidas previamente.

No entanto, como mais adiante será visto, esta abordagem de caracterização dos projetos não permite identificar se um projeto encaixa-se no conceito de P&D de interesse público

proposto neste trabalho. Por outro lado, ela é importante para identificar as preferências das concessionárias para determinadas áreas e tipos de projetos em detrimento de outras.

Este capítulo divide-se em quatro partes. A primeira trata da fonte de dados utilizada e a segunda das restrições da análise proposta. A terceira parte conceitua as características de interesse público das atividades de P&D através das quais os projetos são avaliados no exercício proposto. Por fim, os resultados são apresentados.

4.2. Exercício de avaliação dos projetos de P&D das concessionárias de energia elétrica regulados pela ANEEL à luz do conceito de P&D de interesse público

Como visto no Capítulo 2, os benefícios das atividades de P&D são reais e substanciais, mas esses benefícios restringem-se aos casos em que a tecnologia se encaixa no espaço tecnológico, ou seja, quando ela passa a ser importante como solução de um problema social e/ou econômico, caso contrário, as soluções desse problema dependem antes de condições políticas, econômicas e sociais do que da tecnologia e do conhecimento científico.

Esta noção de espaço tecnológico, apesar de não caber a este trabalho defini-lo, é importante para o poder público por permitir que se selecionem ou se desenvolvam tecnologias e se gerem conhecimentos que de fato servirão como meios para a solução de problemas e para atingir determinadas metas e objetivos de desenvolvimento.

Tendo-se as limitações do papel da tecnologia e do conhecimento em mente, a seguir apresenta-se como o exercício de avaliação foi realizado e as suas restrições. Logo em seguida, são definidas algumas características das atividades de P&D de interesse público às quais os projetos serão relacionados.

4.2.1. Fonte dos dados

Foram utilizados, para realização do presente exercício, os resumos dos programas de P&D das concessionárias de eletricidade sob regulação da ANEEL para o ciclo 1999/2000, totalizando um total de 143 projetos. Os resumos estão disponíveis ao público na página eletrônica da agência reguladora. Cada resumo contém o título do projeto, seus objetivos, linha de pesquisa, entidade executora e custo total. As linhas de pesquisa dos projetos seguem classificação

estabelecida pela ANEEL e são mantidas conforme a classificação original dos projetos contida nos resumos disponibilizados.

A ANEEL prepara, a medida em que ajustes são feitos, manual com os procedimentos para a elaboração, análise, aprovação, acompanhamento e fiscalização da execução dos programas de P&D dos agentes do setor. Dois foram os manuais preparados até o momento, sendo o último aprovado em novembro de 2001 para os projetos do ciclo 2001/2002. Houve mudanças de um para outro em relação às linhas de pesquisa dos projetos de P&D das empresas. O primeiro estabeleceu cinco linhas para as empresas de geração e distribuição: eficiência energética, energia renovável, geração de energia elétrica, meio ambiente e pesquisa estratégica. Com a incorporação dos agentes de transmissão pela Lei nº 9.991/00 e a necessidade vislumbrada pela ANEEL da discriminação de outras linhas temáticas, foram introduzidas mais seis (ANEEL, 2001b): (1) transmissão e (2) distribuição de energia elétrica, (3) qualidade, (4) supervisão, controle e proteção de sistemas elétricos, (5) medição e (6) transmissão de dados por redes elétricas. As concessionárias submetem seus programas para avaliação e aprovação à ANEEL. No entanto, por se tratarem de projetos do ciclo 1999/2000, as linhas temáticas dos programas avaliados neste exercício referem-se ao primeiro manual.

De acordo com o primeiro manual, as cinco linhas de pesquisa são definidas como segue (ANEEL, 1999):

4.2.1.1. Eficiência Energética

Os projetos de P&D em eficiência energética são aqueles voltados ao desenvolvimento de novas tecnologias ou métodos para reduzir o consumo de energéticos para a geração de energia elétrica, bem como o consumo de energia nos sistemas ou equipamentos de uso final. O desenvolvimento de ferramentas analíticas para avaliar a melhoria de eficiência energética das tecnologias de uso final também constitui atividade de P&D em eficiência energética.

As atividades de P&D em eficiência energética geralmente estão voltadas para a melhoria da atratividade econômico-financeira de tecnologias, produtos ou serviços eficientes. Neste contexto, é importante envidar esforços para entender a relação entre a maior eficiência e outros

elementos que são levados em consideração pelos consumidores finais no momento da tomada de decisão por uma tecnologia energeticamente eficiente.

4.2.1.2. Energia Renovável

Os projetos de P&D cujas atividades são voltadas à captação e posterior conversão das fontes renováveis – eólica, solar, hidráulica ou biomassa – por meio de tecnologias específicas para gerar energia elétrica. As aplicações tecnológicas incluem, mas não se limitam, a sistemas fotovoltaicos, geração térmica solar; turbinas eólicas; geração hidrelétrica; e utilização direta de combustíveis derivados da digestão anaeróbica, fermentação ou outra forma de conversão de biomassa, resíduos e lixo para produzir energia elétrica.

Os projetos de P&D em energias renováveis são aqueles dirigidos a novas tecnologias ou métodos para aperfeiçoar o desempenho técnico e a viabilidade econômica das fontes energéticas renováveis, bem como aqueles para desenvolver e prover ferramentas analíticas e informações para aperfeiçoar os produtos e serviços relacionados a energia renovável.

A principal barreira enfrentada por quase todas as tecnologias de energia renovável é a inserção competitiva desta alternativa energética em um mercado aberto à competição. Assim, há a necessidade das atividades de P&D perseguirem custos mais competitivos para tais tecnologias. Apesar das barreiras técnicas enfrentadas pela maioria das tecnologias renováveis, a pesquisa sobre as oportunidades de redução dos impactos ambientais, de criação de *green markets* e do aumento da eficiência das tecnologias apresentam um vasto campo de pesquisa.

4.2.1.3. Geração de energia elétrica

Os projetos de P&D nesta área podem ser direcionados a obter melhorias de eficiência energética e/ou desempenho ambiental de tecnologias de geração. O desenvolvimento de tecnologias de geração utilizando combustíveis limpos deve avaliar o ciclo de vida completo do energético utilizado para geração, ou seja, desde a produção, transporte, refino e geração.

Enquadram-se nesta área temática os projetos de P&D relativos a tecnologias e processos que buscam a melhoria da eficiência, reduzir custos e melhorar o desempenho ambiental das

tecnologias de geração, assim como os projetos que tenham como produto final a obtenção de ferramentas analíticas e informação para melhorar as tecnologias de geração.

Exemplos de sistemas de geração nesta área incluem alternativas de geração de pequeno porte concebidas para aplicação em sistemas isolados ou como geração distribuída em sistemas de distribuição, cogeração, novos ciclos de geração, células a combustíveis e turbinas a gás de nova geração.

4.2.1.4. Meio Ambiente

A produção, transporte e consumo de energia elétrica afetam vários aspectos do meio ambiente, tais como a qualidade do ar, a qualidade e disponibilidade de água, as populações e o habitat da fauna e flora aquática e terrestre, a utilização de material perigoso e de resíduos tóxicos, etc. As atividades de P&D nesta área poderiam ser direcionadas para melhorar o entendimento dos impactos ambientais provocados pela exploração de energia elétrica e as medidas mitigadoras dos mesmos.

Os aspectos relativos à inserção ambiental, satisfação do consumidor, custos reais da perda de suprimento, universalização dos serviços, dentre outros, serão cada vez mais importantes. Tais aspectos têm sido abordados em estudos de viabilidade, por meio do cômputo de externalidades, dando origem a diferentes métodos e metodologias.

A incorporação e o tratamento de externalidades nas análises de viabilidade técnico-econômica de um empreendimento estão diretamente relacionados com o fato de que os custos sociais e privados são diferentes. Assim, em uma análise custo-benefício de um empreendimento, o ótimo do ponto de vista do agente privado individual não é o mesmo do ponto de vista social, traduzindo diferentes objetivos e horizontes de planejamento. A consequência disto é que o agente individual impõe externalidades à sociedade afetada pelo seu empreendimento. Para que a sociedade não tenha que arcar com esses custos, as externalidades devem ser incorporadas nos custos de produção do agente econômico em sua análise custo-benefício. Isso acarreta uma modificação no seu nível de atividade, passando do ótimo privado para o ótimo social.

A consideração das externalidades de forma adequada é da maior importância para a real avaliação de um projeto, principalmente quando se visualiza uma correta inserção ambiental, uma justa integração social e, em muitos casos, evitar multas sobre limites não atendidos.

Não existe um consenso a respeito da melhor forma de mensuração monetária dos danos ambientais ou externalidades. Assim, o desenvolvimento de métodos aceitáveis de mensuração monetária tem sido objeto de investigação de universidades, centros de pesquisa e empresas de todo o mundo; muitos deles relacionados à geração de eletricidade.

4.2.1.5. Pesquisa Estratégica

A capacidade de uma empresa manter uma vantagem em seus mercados depende de sua habilidade em obter e manter vantagens competitivas que vão desde as melhorias incrementais na qualidade ou no custo do produto a conquistas maiores que criem novas oportunidades de mercado.

A concorrência concentrar-se-á progressivamente nas potencialidades tecnológicas. Logo, as empresas que obterão sucesso na competição serão aquelas que empregarem tecnologia para manter uma margem de qualidade do produto e na inovação, uma vantagem nos custos de produção e capacidade de resposta aos interesses de mercado. Esse sucesso, por sua vez, depende da habilidade de cada empresa em administrar os esforços de P&D.

Os projetos de P&D de cunho estratégico são aqueles que visam modificar os produtos para melhorar a aceitação do cliente ou adaptá-los a diferentes padrões de mercado ou regulamentações, bem como o desenvolvimento de novos produtos e processos de produção para melhorar a posição competitiva dentro da estrutura comercial existente.

A pesquisa estratégica também pode impulsionar novos negócios utilizando tecnologias novas ou existentes. Os novos negócios podem ser novos para a empresa ou novos para o mercado. Da mesma forma, as novas tecnologias podem ser novas para o mercado ou novas somente para a empresa como, por exemplo, o caso de tecnologias licenciadas.

Os projetos de pesquisa estratégica são aqueles voltados à melhoria de confiabilidade do sistema, melhoria de desempenho global do sistema e melhoria dos produtos e serviços para os consumidores. São exemplos de projetos inovadores aqueles que resultem em avanços tecnológicos, desenvolvimento de tecnologias disponíveis para criar oportunidades para desenvolvimento de componentes, subsistemas, produtos e serviços; desenvolvimento de sistemas integrados e ou sistemas de medição avançados para permitir a medição de parâmetros tarifários no mercado multilateral.

4.2.2. Restrições da análise: subjetividade e dados disponíveis

Como será visto no subitem seguinte, as características de P&D de interesse público utilizadas para avaliação dos programas das concessionárias não são extensivas nem específicas a ponto de fornecer uma visão mais ampla e pormenorizada dos possíveis impactos da P&D. Isto se justifica dada a própria natureza da avaliação aqui proposta ser um exercício e às informações utilizadas serem bastante limitadas, por se tratarem de resumos, ao contrário de uma análise cujo objetivo é realmente inferir os impactos da P&D.

Dessa forma, a abordagem utilizada não permite afirmar, mesmo não sendo este o objetivo do presente capítulo, se o projeto é de P&D de interesse público conforme o conceito proposto no Capítulo 2, pois a análise realizada é qualitativa ao relacionar o projeto avaliado com características consideradas como de P&D de interesse público.

As características de P&D de interesse público aqui propostas poderiam ser subdivididas em características mais específicas. A subdivisão das características é importante na medida em que os impactos poderiam ser melhor visualizados para uma melhor avaliação dos projetos de acordo com diretrizes e metas a serem atingidas.

Como exemplo, de acordo com o documento de diretrizes do CT-ENERG (MCT, 2001a), as características para P&D de interesse público são mais extensivas do que as propostas neste trabalho (ver subitem seguinte). Logo, para a dimensão ambiental, poder-se-ia subdividi-la em recursos hídricos, qualidade do ar e do solo, biodiversidade e desenvolvimento sustentável. O mesmo serve para a dimensão social, podendo-se subdividi-la ainda mais com critérios como criação de empregos e impactos da eletricidade sobre a formação escolar no meio rural.

Para fins ilustrativos, levanta-se algumas características que não foram utilizadas, mas que se acredita serem necessárias para melhor avaliar um projeto sob o enfoque do conceito de P&D de interesse público. São elas: grau de contribuição para a inovação tecnológica, pesquisa de médio e longo prazo, *enabling technologies*, *spillovers* de conhecimento, de mercado e de rede (para avaliação do *spillover gap*), implantação de infra-estrutura para atividades de pesquisa, grau de nacionalização das tecnologias (*in-house technologies*), exportação de tecnologias e compatibilidade com as diretrizes do CNPE. Ao mesmo tempo, não é possível visualizar, a partir das informações disponíveis, as interações existentes entre os diversos agentes (concessionárias, fabricantes, instituições de pesquisa) na condução das atividades de P&D.

Além das características de P&D de interesse público não serem extensivas e mais específicas, a avaliação dos projetos é essencialmente subjetiva, baseando-se num conjunto de critérios utilizados para classificar os programas de acordo com as características de P&D de interesse público, que são descritas a seguir.

4.2.3. Definição das características de P&D de interesse público consideradas

As características das atividades de P&D de interesse público foram divididas em quatro dimensões baseadas em MCT (2001a): ambiental, social, econômica e estratégica. Identificou-se também se os projetos são do lado da oferta ou da demanda, pois atualmente no setor elétrico, particularmente no caso das concessionárias, os investimentos são, grosso modo, mais atrativos do lado da oferta do que no lado da demanda (JANNUZZI, 2000a; KOZLOFF *et al.*, 2000). Esta tendência pode ser visualizada através da avaliação dos projetos do ciclo 1999/2000 realizada neste capítulo.

A dimensão ambiental abrange todos os impactos positivos que as atividades de P&D podem resultar sobre o meio ambiente e sobre o ser humano ao atuarem sobre a cadeia de suprimento e uso da energia. Por exemplo, redução da poluição ambiental causada pela queima de combustíveis fósseis, redução dos impactos ambientais negativos causados pela construção de barragens, o que na maioria das vezes prejudica sobremaneira as populações ribeirinhas, e redução, ou eliminação, dos impactos negativos referentes ao uso dos recursos hídricos.

A dimensão social envolve os impactos positivos que atividades de P&D podem promover sobre os consumidores do serviço de eletricidade e aqueles que ainda não possuem o acesso a estes serviços. Por exemplo, proporcionar melhor qualidade da energia elétrica, bens e serviços prestados, redução dos seus custos, melhorar a qualidade de vida e promover o seu acesso desde que o consumidor possa pagar pelo serviço.

A dimensão econômica abrange os impactos positivos das atividades de P&D sobre as atividades econômicas das empresas e do país, como, por exemplo, o aumento da competitividade industrial, da eficiência econômica, o crescimento econômico nacional e redução da intensidade energética da economia nacional.

A dimensão estratégica engloba os benefícios que adviriam das atividades de P&D que se relacionam com as metas estratégicas do setor elétrico e de desenvolvimento nacional. Por exemplo, aumento da capacitação tecnológica nacional, diversificação da matriz energética, segurança de fornecimento, desenvolvimento regional, benefícios de longo e médio prazo e aumento da confiabilidade e qualidade do sistema elétrico nacional como um todo.

É importante frisar que os impactos nas áreas acima não se limitam somente às suas respectivas dimensões (ambiental, econômica, social e estratégica), uma vez que os benefícios de uma das áreas podem trazer resultados positivos sobre outra(s). Como exemplo, os impactos ambientais positivos têm relação muitas vezes direta sobre a dimensão social e econômica do uso da energia e vice-versa.

A seguir, são apresentados os critérios de interesse público para avaliação dos projetos de P&D das concessionárias regulados pela ANEEL dentro das quatro áreas temáticas acima descritas (ambiental, social, econômica e estratégica) e os resultados do exercício de avaliação dos projetos.

4.2.3.1. Dimensão ambiental

4.2.3.1.1. Meio Ambiente

O meio ambiente (ar, solo, água, fauna, flora) é um recurso comum, como visto no Capítulo 1, e, portanto, caracteriza-se como um desvio, ou falha, de mercado.

As ações que tenham impacto positivo sobre o meio ambiente (recursos hídricos, qualidade do ar, do solo, biodiversidade, clima) são de interesse da sociedade. Os impactos podem ser diretos, através de ações tomadas diretamente para melhorar o meio ambiente ou reduzir os impactos negativos causados sobre ele, ou indiretos, causados pelas externalidades positivas relacionadas a melhorias sobre a cadeia produtiva e o uso final da energia.

Muitos dos impactos negativos da cadeia produtiva e de uso final da energia são refletidos sobre a saúde do ser humano. O mesmo ocorre inclusive no caso da mão-de-obra que trabalha diretamente na cadeia produtiva do setor (geração, transmissão e distribuição) e que está sujeita a produtos e ambientes nocivos à sua saúde. Logo, também são consideradas aqui as atividades de P&D relacionadas à melhorias da segurança do trabalho e saúde do ser humano.

De toda forma, reduzir os impactos ambientais é reduzir os custos ambientais para a sociedade, muitas vezes traduzidos em custos sociais e econômicos (REDDY, 2000).

4.2.3.2. Dimensão social

Fazem parte deste conjunto quatro características distintas de interesse público: acesso universal, equidade, diminuição de custos para o consumidor e qualidade. Apesar de existir uma forte correlação entre as três primeiras características para determinadas atividades de P&D, elas são distintas, conforme ficará mais evidente mais adiante.

4.2.3.2.1. Acesso

São todas as atividades de P&D que possuem o potencial de aumentar as opções tecnologicamente viáveis para o país, em termos de alternativas para serviços de eletricidade, com menores custos e melhor qualidade, que auxiliem a promoção da universalização dos serviços e o conseqüente aumento do bem-estar social.

Para fins desse trabalho, as atividades de P&D das concessionárias para redução das perdas de seu sistema elétrico através de melhoria de equipamentos e gerenciamento do sistema que não sejam direcionadas especificamente para a eletrificação rural (como o sistema monofilar de retorno por terra - MRT) não serão consideradas dentro da característica de interesse público “acesso”.

Qualquer programa de P&D voltado para as tecnologias de geração distribuída (GD), seja desenvolvendo, aperfeiçoando, adequando e conhecendo a tecnologia, é considerado dentro da característica de interesse público “acesso” por possuírem o potencial de promover o acesso à população não atendida. O motivo para esta consideração parte do princípio de que algumas tecnologias de GD mostram-se mais vantajosas economicamente para a concessionária na promoção do acesso à eletricidade a partir de determinada distância da rede mais próxima em que se encontra a carga a ser atendida em relação à extensão da própria rede de distribuição. Dessa forma, é natural e de interesse das concessionárias selecionar a opção de custo mais atraente. Além disso, as tecnologias de GD são modulares e, dessa forma, encaixam-se para cada perfil de consumidor rural ou de áreas isoladas.

No entanto, as concessionárias podem estar interessadas em gerar quantidades incrementais de energia a fim de postergar investimentos na sua infra-estrutura de distribuição, atender a demanda em horários de pico e otimizar o aproveitamento energético do ponto de vista do aumento da receita obtida com o aumento da venda de eletricidade sem que, para isso, atenda a população que não tem acesso aos serviços de energia. Para este caso específico, considera-se que os projetos de P&D das concessionárias não atendem à característica de “acesso” à eletricidade.

Portanto, os programas de P&D a serem considerados como potenciais promovedores do acesso à eletricidade e outras formas de energia para a população ainda não atendida por estes serviços são todos aqueles voltados especificamente a essas áreas não atendidas e aqueles envolvendo as tecnologias de GD, exceto para os casos mencionados no parágrafo anterior.

Esse tipo de programa, ao ocorrer através de atividades de P&D que possibilitem aos consumidores residenciais, de baixa renda e pequenos consumidores comerciais e industriais terem maiores opções de serviços energéticos através de tecnologias de GD, de conversão de energia e de uso final eficientes e/ou mais acessíveis às suas condições econômicas (diminuição de custos) promove também a equidade dos preços e serviços praticados pela concessionária (ver equidade).

4.2.3.2.2. Equidade

Existem preocupações significativas de que o processo de reestruturação do setor elétrico irá prejudicar os consumidores comerciais e industriais de pequeno porte, residenciais e de baixa renda e prejudicar ainda mais aqueles que ainda estão sem acesso à eletricidade. Os potenciais reveses podem ocorrer através da redução de tarifas acessíveis à população, da diluição de créditos e mecanismos de proteção ao consumidor, da redução na qualidade do serviço e da recusa por parte da indústria competitiva e privada em considerar fatores não-econômicos nas suas tomadas de decisão (COLTON, 1996). Sabe-se, ainda, que os grandes consumidores possuem poder de barganha²³ em relação aos pequenos consumidores na negociação de contratos, contratação de serviços e redução de tarifas, por exemplo, caso contrário, ameaçam trocar de fornecedor.

De acordo com Jannuzzi (2000a), a equidade refere-se a assegurar procedimentos e garantias de serviço para todos os consumidores, em especial os residenciais, de baixa renda, industriais e comerciais de pequeno porte, que são aqueles cujo mercado competitivo não se interessa em realizar maiores investimentos. Adicionalmente, a equidade refere-se também a proporcionar o acesso à eletricidade para os que ainda não o possuem.

São relacionados dois tipos de equidade: vertical e horizontal (JANNUZZI, 2000a). O primeiro refere-se ao tratamento não discriminatório entre diferentes classes de consumidores e o segundo ao mesmo tipo de tratamento entre os consumidores da mesma classe, como, por exemplo, em relação a tarifas, condições de pagamento e fornecimento (*equal treatment of equals*).

Os programas de P&D que apresentam a equidade como uma de suas características são aqueles voltados para a população sem acesso aos serviços de eletricidade e para os consumidores residenciais, de baixa renda, industriais e comerciais de pequeno porte cujo mercado competitivo não realizaria maiores investimentos. Dessa forma, as atividades de P&D com potencial de reduzir custos e que possibilitem fornecer uma carteira (*portfolio*) maior de serviços para escolha dos consumidores, adequada às suas condições socioeconômicas, cujo

²³ *Gaming the system*, conforme Colton (1996).

mercado, sob critérios econômicos, não se mostrariam interessados, têm a equidade como uma característica de P&D de interesse público. Verifica-se, dessa forma, que as atividades de P&D e a manutenção de serviços de energia nessas condições não estão baseadas em princípios de racionalidade econômica de um mercado competitivo, mas sim de princípios de bem-estar social.

Portanto, a equidade é definida como característica de P&D de interesse público quando suas atividades são voltadas para as classes menos favorecidas com a reestruturação (população sem acesso à eletricidade, consumidores residenciais, de baixa renda, industriais e comerciais de pequeno porte), aumentando suas possibilidades de acesso e melhoria dos bens e serviços prestados.

4.2.3.2.3. Diminuir custos para o consumidor

Todas as atividades de P&D que possam reduzir os custos dos consumidores com o consumo de energia e/ou compra de bens e serviços que os possibilitem usufruir mais dos serviços energéticos ou continuar mantendo seu consumo, utilizando o excedente da renda para outros fins, são consideradas como característica de P&D de interesse público.

Ao diminuir custos para o consumidor, ele pode usufruir mais dos serviços energéticos ou continuar mantendo seu consumo, utilizando o excedente da renda para outros fins. Também possibilita o aumento do acesso à tecnologia ou serviço quando as atividades de P&D barateiam seus custos para aquela população que até então não tinha condições financeiras de adquiri-los ou de satisfazer as suas necessidades energéticas plenamente. Diminuem-se os custos através de, por exemplo, tecnologias mais baratas, eficiência energética e qualidade da energia.

Muitas vezes os consumidores sofrem prejuízos materiais e não materiais com a baixa qualidade da eletricidade fornecida. Oscilações de tensão e corrente e quedas de energia podem danificar parcialmente ou totalmente os equipamentos dos consumidores e comprometer serviços essenciais (como hospitais e estações de tratamento de água) e processos produtivos. Estas situações podem causar danos ainda maiores caso as empresas prejudicadas não consigam atender compromissos firmados junto a seus clientes.

Dessa maneira, as atividades de P&D que possibilitem diminuir custos para o consumidor são todas aquelas que barateiem o preço da eletricidade vendida pela concessionária, dos

equipamentos de uso final (geladeiras, lâmpadas, fogões convencionais e à lenha, etc.), das tecnologias de geração descentralizada (painéis fotovoltaicos, aerogeradores, biodigestores e equipamentos auxiliares) e de equipamentos de conversão de energia (aquecedores solares de água e a gás). Acrescentam-se ainda as atividades de P&D que possibilitem aumentar a eficiência energética destes equipamentos, diminuindo para o consumidor os custos de consumo de energia elétrica e, inclusive, os custos ambientais. Por último, ao garantir a qualidade do fornecimento de eletricidade, evita-se prejuízos materiais e não materiais ao consumidor e à própria concessionária, a qual deixaria de efetuar o pagamento de multas e indenizações.

4.2.3.2.4. Qualidade

São as atividades de P&D que promovem melhorias na qualidade da eletricidade (níveis de oscilação de tensão e corrente satisfatórios e harmônicos, por exemplo) disponível aos consumidores e a continuidade do serviço, uma vez que o número de desligamentos e a frequência com que ocorrem (DIC/FEC) também são índices de qualidade da energia elétrica fornecida ao consumidor.

A qualidade no fornecimento de eletricidade é um requisito importante para a prestação dos serviços de energia elétrica, como foi visto no item anterior.

Note, dessa forma, que, apesar de existir uma forte correlação entre as quatro características apontadas neste item para determinadas atividades de P&D, elas são distintas. Esta distinção fica evidente ao se ilustrar o seguinte exemplo: atividades de P&D direcionadas a programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) para consumidores industriais e residenciais de baixa renda que possuem acesso à eletricidade. Para o primeiro tipo de consumidor, as atividades de P&D podem diminuir seus custos com energia elétrica. Mas eles, por serem grandes consumidores e apresentarem vantagens para as concessionárias bem maiores em relação aos clientes residenciais, são clientes que seriam naturalmente escolhidos para participação em programas de GLD. Logo, a característica de equidade não se faz presente, o que do contrário ocorreria se tais programas fossem direcionados para os consumidores de baixa renda. Portanto, tem-se que as atividades de P&D neste contexto teriam para ambas classes a mesma característica de diminuição de custos para o consumidor, ao mesmo tempo em que a equidade somente se faria

presente para os consumidores residenciais de baixa renda por se encontrarem, sob o ponto de vista da atratividade econômica, em situação desfavorável.

4.2.3.3. Dimensão estratégica

4.2.3.3.1. Confiabilidade

São todas as atividades de P&D que proporcionem uma maior confiabilidade do sistema contra blecautes, quedas de energia, subtensão e sobretensão, paradas de máquinas para reparos, equipamentos de uso final com maior confiabilidade de uso, equipamentos de geração com maior confiabilidade na produção de energia (tanto renováveis quanto tecnologias tradicionais) e programas capazes de supervisionar, controlar e proteger o sistema elétrico, por exemplo. Confiabilidade pode ser entendida aqui como a capacidade do equipamento/processo/serviço continuar funcionando ininterruptamente dentro de suas especificações e a sua melhora relaciona-se tanto com o aumento da qualidade do produto/processo/serviço quanto da diminuição de manutenção necessária e de falhas por supervisão e controle, por exemplo, ou seja, ao que não se relaciona com a tecnologia em si.

É importante notar que existe sobreposição entre qualidade (DIC/FEC) e confiabilidade. Confiabilidade do sistema e qualidade do fornecimento devem ser analisadas separadamente, apesar da sobreposição que existe, pois há, por exemplo, projetos de P&D somente para medir, monitorar e avaliar os índices DIC/FEC de qualidade e a confiabilidade nem sempre está relacionada com a continuidade do serviço prestado ao consumidor.

4.2.3.3.2. Benefícios de médio/longo prazo

São todas as atividades de P&D cujos benefícios se concretizarão no médio/longo prazo de acordo com as estratégias das concessionárias e/ou do poder público. Por exemplo, aumento da competitividade, redução de custos para as concessionárias e para o consumidor/Poder Público, aumento da confiabilidade global do sistema elétrico, diminuição dos riscos de falhas no suprimento de energia, maior inserção das tecnologias renováveis na matriz energética regional e nacional, desenvolvimento regional, redução dos impactos ambientais, maior capacitação tecnológica, melhoras no sistema nacional de inovação, desenvolvimento sustentável, transformação de mercado e sua sustentabilidade

Sabe-se que muitos dos programas de P&D ainda são exploratórios para vários tipos de atividades e seus resultados não são imediatos, ou seja, não resultam em inovações tecnológicas. No entanto, caso a linha de pesquisa seja levada adiante, quando ainda não apresenta um resultado, e sim subsídios, a curto prazo, ela pode trazer benefícios de médio/longo prazo para quem realiza a pesquisa e para aqueles que se beneficiariam dos seus *spillovers*. Assim, todas as atividades de P&D que forneçam subsídios que talvez possam, futuramente, resultar em inovação tecnológica são consideradas como tendo características de interesse público de médio/longo prazo.

4.2.3.3.3. Desenvolvimento regional

As atividades de P&D que proporcionem o desenvolvimento regional são todas aquelas que possam aumentar, por exemplo, a qualidade de vida da população, a racionalização do uso de seus recursos naturais, a competitividade regional, a geração de empregos, o aumento da sua receita (seja através de menores gastos ou aumento da arrecadação), o surgimento de novas indústrias, novos serviços, novos produtos, o estímulo ao crescimento da agricultura familiar e crescimento econômico.

4.2.3.3.4. Diversificação de fontes

São as atividades de P&D que possam proporcionar diversificação da matriz energética para dar outras opções de realização do mesmo serviço através de outras fontes que podem ser mais atrativas para o consumidor e concessionária, dadas as especificidades locais, e, para determinados casos, reduzir eventuais riscos de falta do suprimento a nível dos consumidores (geração distribuída em paralelo com a rede para suprir de eletricidade a empresa e o consumidor contra possíveis quedas da rede) e a nível nacional (ver segurança do fornecimento).

Também são importantes a partir do momento quando a diversificação de fontes traz impactos positivos sobre o meio ambiente, como o maior uso das fontes renováveis de energia e uso do gás natural em substituição aos combustíveis fósseis mais poluentes, por exemplo.

4.2.3.3.5. Segurança do suprimento (*security of supply*)

Um outro objetivo crucial de desenvolvimento é a segurança no suprimento (*security of supply*) no sentido de *self-reliance* dado por Goldemberg *et al.* (1985, p.233). É importante mencionar que não se deve confundir *self-reliance* com auto-suficiência, uma vez que esta última não é uma condição necessária para se atingir a segurança no suprimento.

Entende-se aqui como *self-reliance* a interdependência externa e interna de um país relacionada com energéticos e tecnologias de um modo que se evite estar sujeito a pressões políticas e econômicas por parte dos fornecedores (GOLDEMBERG *et al.*, 1985). A dependência inibe a habilidade dos indivíduos ou dos países de tomar decisões independentes e agirem de acordo com seus próprios interesses. Existem muitas considerações referentes a segurança do fornecimento, como diversificação de fornecedores e disponibilidade de tecnologias capazes de explorar os recursos energéticos internos do país. Ela pode ser entendida também como a habilidade de cada indivíduo ou de todo um país de darem suporte a si mesmos. Por exemplo, é importante para o meio rural que as suas necessidades energéticas sejam praticamente satisfeitas através de seus próprios recursos, não isto significando auto-suficiência, mas, sim, redução da dependência externa por energéticos.

Portanto, as atividades de P&D que possam proporcionar a diminuição do uso das fontes de energia (nacional ou importada), seja através de medidas de eficiência energética (tecnologias, ações, transformação de mercado, comportamento do consumidor), diversificação de fontes (renováveis, não-renováveis) e desenvolvimento de tecnologias 'apropriadas' condizentes com a realidade econômica, social e cultural de cada país, traz benefícios para a sociedade como um todo ao reduzir possíveis impactos negativos decorrentes da falta de suprimento de energéticos a nível mundial e nacional, aumento dos preços internacionais e dependência externa por energéticos e tecnologias, por exemplo. Todos os projetos de eficiência energética foram considerados como benéficos para a segurança do fornecimento.

4.2.3.3.6. Formação de recursos humanos

As atividades de P&D que proporcionam a formação de recursos humanos é um dos requisitos para aumento da capacitação tecnológica local e nacional, ao possibilitar benefícios

diversos para a sociedade, como, por exemplo, adaptação de novas tecnologias, busca de soluções tecnológicas e aumento da capacidade de realização de P&D para tecnologias relacionadas à energia.

Para os projetos dos programas de P&D regulados pela ANEEL que foram analisados, somente foram considerados como formadores de recursos humanos aqueles que explicitamente mencionaram a realização de trabalhos de mestrado e doutorado que seriam desenvolvidos e aqueles de atualização/treinamento dos recursos humanos para novos equipamentos, processos e ferramentas computacionais.

A disseminação de informações advindas de resultados de atividades de P&D através de manuais e artigos foram consideradas neste item por permitir a difusão de informações.

4.2.3.3.7. Projeto colaborativo/rede

As atividades de P&D realizadas em cooperação/rede são aquelas cujo resultado do esforço conjunto dos participantes é maior do que a soma dos resultados individuais de cada um. Adicionalmente, existem projetos de P&D cujo custo é muito elevado para ser realizado por uma empresa ou um conjunto delas, sendo necessária a participação de outras empresas e/ou do Poder Público quando de interesse deste último ao envolver benefícios públicos importantes.

Somente os projetos de P&D das concessionárias regulados pela ANEEL que mencionavam participação conjunta entre mais de um agente foram considerados como sendo um projeto colaborativo/rede. No entanto, no resumo disponibilizado pela ANEEL, pode-se ter omitido a participação conjunta entre agentes nas atividades de P&D.

Vários projetos são realizados por outras instituições, porém, nem sempre é possível verificar se houve participação direta da concessionária em cooperação com a entidade contratada para realização da atividade de P&D.

4.2.3.4. Dimensão econômica

4.2.3.4.1. Aumento da competitividade

São aquelas atividades de P&D que podem proporcionar o aumento da competitividade da empresa nacional, dos produtos nacionais no mercado externo, aumentando, assim, as exportações. Em relação às indústrias de eletricidade, quanto melhores e mais baratos os serviços prestados, menores os custos para o setor produtivo. Esta performance não se restringe somente aos serviços de fornecimento de eletricidade, mas também às tecnologias e processos. Também se relaciona com o aumento da competitividade dos próprios agentes do setor (concessionárias de geração, transmissão e distribuição, produtores independentes, agentes de comercialização, fabricantes de equipamentos).

Vistas as várias características de P&D de interesse público, evidenciam-se algumas tendências de alocação de recursos por parte das concessionárias, que é a preferência por investimentos do lado da oferta em detrimento do lado da demanda (JANNUZZI, 2000a; KOZLOFF *et al.*, 2000).

É natural que as concessionárias de energia elétrica prefiram investir em melhorias do lado da oferta, pois uma vez reduzindo suas perdas técnicas e comerciais, melhorando seus sistemas de gerenciamento e proteção da rede e aumentando a confiabilidade de seus equipamentos, elas se tornam cada vez mais eficientes economicamente sem ter de abrir mão das receitas advindas dos consumidores. Adicionalmente, particularmente para o caso brasileiro, investimentos do lado da demanda, como programas de eficiência energética, causam reduções nos lucros proporcionalmente maiores do que a perda de receita ocasionada pela redução do consumo (KOZLOFF *et al.*, 2000). Portanto, é natural que as concessionárias centrem seus esforços do lado da oferta ao invés do da demanda.

É através dessa análise que adotamos dois critérios balizadores que permitam identificar e comparar quais os tipos de projetos de P&D as concessionárias estariam inclinadas a investir, classificando-os como projetos do lado da oferta e do lado da demanda.

- Lado da oferta: são as atividades de P&D realizadas do lado da oferta (geração, transmissão e distribuição - T&D) com um viés importante de interesse dos agentes

privados em reduzirem seus custos e venderem a mesma ou maior quantidade de energia para os consumidores, o que aumenta sua margem de lucro. Nem sempre a redução das tarifas se faz presente, mesmo havendo competição, pois a energia gerada pode ser mais cara, dada a tecnologia e o combustível utilizado, em relação aquela das geradoras cujos ativos foram amortizados, o mesmo valendo para a T&D. Apesar disso, muitos benefícios públicos se fazem presentes (DUBASH, 2001), como redução dos impactos ambientais com a maior eficiência do sistema elétrico, a redução do gap existente entre demanda e suprimento, maior confiabilidade e qualidade do sistema e maior eficiência econômica na busca por soluções de acesso às populações de baixa renda e rural²⁴. É evidente que alguns desses benefícios somente viriam juntamente com mecanismos de regulação de mercados.

- Lado da demanda: são as atividades de P&D realizadas do lado da demanda, do consumidor final, cujos benefícios são diretos e mais evidentes, como redução de custos com energia e equipamento, maior qualidade do serviço energético, novos serviços energéticos e diminuição dos impactos ambientais no uso final e em toda a cadeia de suprimento. Para o caso brasileiro, como mencionado anteriormente, atividades do lado da demanda não são interessantes do ponto de vista privado, exceto em algumas situações, devido, em parte, à estrutura tarifária, ao forte subsídio cruzado e alguns mecanismos de financiamento existentes.

4.2.4. Avaliação dos projetos de P&D das concessionárias de energia elétrica: ciclo 1999/2000

Nesta seção, apresenta-se os resultados da avaliação dos 143 projetos de P&D das concessionárias regulados pela ANEEL para o ciclo 1999/2000. A classificação de cada um dos projetos deste ciclo encontra-se no Anexo. Os valores agregados desta classificação são apresentados nas tabelas 4.1 e 4.2, contendo o número de projetos por linha de pesquisa, conforme classificação realizada pela ANEEL e discriminada nos resumos disponibilizados, por

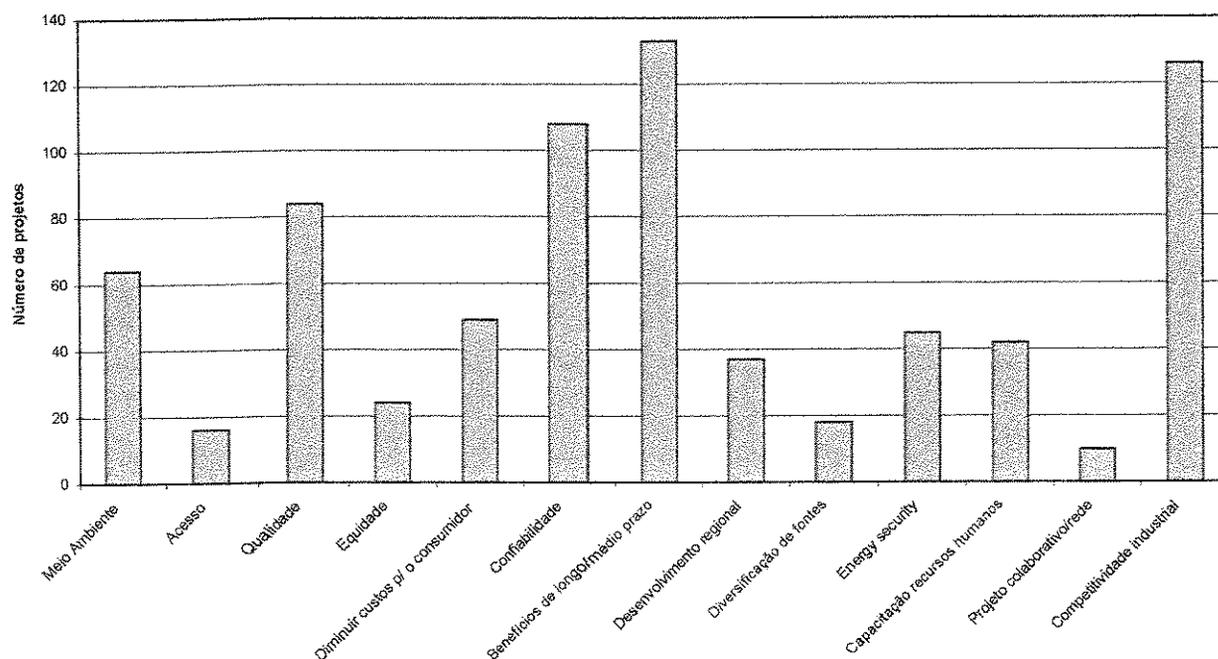
²⁴ Como as tarifas são mais baixas, a visão da concessionária é tornar o investimento mais rentável e, ao mesmo tempo, economizar energia da classe rural e de baixa renda por dois motivos: ou para vendê-la para outra classe cuja tarifa é mais alta ou porque torna-se mais barato tornar eficiente o sistema em relação a manter o suprimento nas suas condições iniciais.

característica de P&D de interesse público, conforme apresentada na seção anterior, e pelo lado da oferta ou da demanda.

Com este exercício, mesmo diante das restrições já mencionadas na seção 4.2.2, algumas características e comportamentos importantes são observados, os quais são apresentados a seguir.

De uma maneira geral, a Figura 4.1 mostra que as principais contribuições dos projetos de P&D ocorreriam sobre a competitividade industrial, confiabilidade e qualidade e trariam benefícios de médio/longo prazos e para o meio ambiente. Este último caso é interessante, pois grande parte destes benefícios adviriam de projetos de eficiência energética (vide Tabela 4.1), o que contribuiria para reduzir a quantidade de energia elétrica a ser gerada para atender a determinado consumo e, conseqüentemente, o ritmo de construção de novas hidrelétricas ou consumo de combustíveis fósseis em termelétricas, por exemplo, contribuindo para reduzir os impactos ambientais de tais empreendimentos.

Figura 4.1: Número de projetos por característica de P&D de interesse público.



A leitura dos 143 projetos indica que a maior parte deles é de interesse das concessionárias por permitir reduzir seus custos com processos e equipamentos. Esta leitura é apoiada por alguns

dos resultados apresentados nas tabelas 4.1 e 4.2. Mais da metade dos projetos (79) encaixa-se na linha de pesquisa estratégica e aproximadamente dois terços dos projetos de eficiência energética são do lado da oferta e visam reduzir as perdas elétricas dos sistemas de distribuição e sua melhor operação e manutenção. Juntos, totalizam 100 projetos, representando cerca de 70% do número total.

Tabela 4.1: Número de projetos do ciclo 1999/2000 por linha de pesquisa e características de P&D de interesse público.

	Linha de Pesquisa					Total
	Meio Ambiente	Energia Renovável	Geração de Energia Elétrica	Eficiência Energética	Pesquisa Estratégica	
Número de projetos	11	10	14	29	79	143
Características de P&D de interesse público						
Meio Ambiente	9	10	7	25	13	64
Social						
Acesso	0	8	4	3	1	16
Qualidade	2	10	3	13	56	84
Equidade	3	6	3	9	3	24
Diminuir custos p/ o consumidor	7	10	5	16	11	49
Estratégica						
Confiabilidade	3	9	11	21	64	108
Benefícios de longo/médio prazo	10	10	12	28	73	133
Desenvolvimento regional	8	9	4	8	8	37
Diversificação de fontes	0	9	3	3	3	18
Segurança do suprimento	0	10	5	23	7	45
Capacitação recursos humanos	6	9	2	7	18	42
Projeto colaborativo/rede	1	0	1	1	7	10
Econômica						
Competitividade industrial	7	10	12	24	73	126
Lado da oferta	6	9	14	21	76	126
Lado da demanda	0	1	0	8	3	12

Uma outra característica marcante relacionada aos projetos elaborados pelas concessionárias é a forte concentração de projetos do lado da oferta, caracterizando o interesse das concessionárias por projetos desta natureza em detrimento daqueles do lado da demanda. Verifica-se pela Tabela 4.2 que 91,3% dos projetos são voltados para o lado da oferta e, pela

Tabela 4.1, 60,3% deles concentram-se na linha pesquisa estratégica, sendo que, destes, somente três apresentam a equidade como característica e um com o potencial de contribuir para o acesso à eletricidade²⁵.

Tabela 4.2: Proporção do número de projetos do ciclo 1999/2000 por linha de pesquisa e características de P&D de interesse público.

	Linha de Pesquisa					Total
	Meio Ambiente	Energia Renovável	Geração de Energia Elétrica	Eficiência Energética	Pesquisa Estratégica	
Número de projetos	7,7%	7,0%	9,8%	20,3%	55,2%	100,0%
Características de P&D de interesse público						
Meio Ambiente	81,8%	100,0%	50,0%	86,2%	16,5%	44,8%
Social						
Acesso	0,0%	80,0%	28,6%	10,3%	1,3%	11,2%
Qualidade	18,2%	100,0%	21,4%	44,8%	70,9%	58,7%
Equidade	27,3%	60,0%	21,4%	31,0%	3,8%	16,8%
Diminuir custos p/ o consumidor	63,6%	100,0%	35,7%	55,2%	13,9%	34,3%
Estratégica						
Confiabilidade	27,3%	90,0%	78,6%	72,4%	81,0%	75,5%
Benefícios de longo/médio prazo	90,9%	100,0%	85,7%	96,6%	92,4%	93,0%
Desenvolvimento regional	72,7%	90,0%	28,6%	27,6%	10,1%	25,9%
Diversificação de fontes	0,0%	90,0%	21,4%	10,3%	3,8%	12,6%
Segurança do suprimento	0,0%	100,0%	35,7%	79,3%	8,9%	31,5%
Capacitação recursos humanos	54,5%	90,0%	14,3%	24,1%	22,8%	29,4%
Projeto colaborativo/rede	9,1%	0,0%	7,1%	3,4%	8,9%	7,0%
Econômica						
Competitividade industrial	63,6%	100,0%	85,7%	82,8%	92,4%	88,1%
Lado da oferta	54,5%	90,0%	100,0%	72,4%	96,2%	91,3%
Lado da demanda	0,0%	10,0%	0,0%	27,6%	3,8%	8,7%

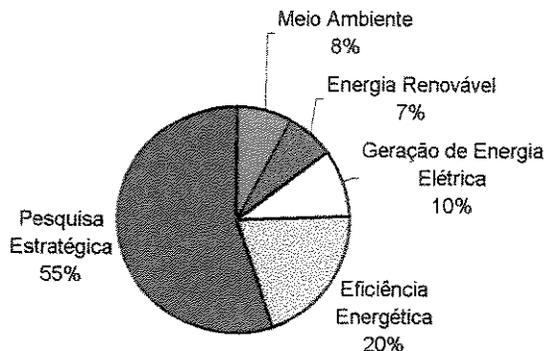
Por outro lado, verifica-se que, mesmo sendo a maioria dos projetos de interesse das concessionárias, muitos apresentam benefícios que se encaixam em algumas das características de P&D de interesse público. Isto indica que as atividades dos agentes voltadas para os seus interesses econômicos e competitivos também geram benefícios para a sociedade. Para o caso dos

²⁵ Cinco projetos da linha de pesquisa meio ambiente não puderam ser classificados como do lado da oferta ou da demanda, logo as porcentagens que estão na Tabela 4.2 referem-se a um total de 138 projetos ao invés do total absoluto de 143.

projetos estratégicos, aumentos na qualidade da energia e da confiabilidade do sistema são dois exemplos importantes nesse sentido, pois 70,9% e 81% dos projetos desta linha de pesquisa trariam como resultado, respectivamente, estes dois benefícios para a sociedade. Para o caso dos projetos de eficiência energética, 79% dos projetos contribuiriam para a segurança no suprimento (*security of supply*) e 86,2% para o meio ambiente.

Observa-se, então, pela análise realizada para o ciclo 1999/2000, a tendência, natural e esperada, das empresas investirem seus esforços de P&D em projetos que atendam aos seus interesses econômicos e corporativos e que a sua maior atratividade encontra-se no lado da oferta.

Figura 4.2: Proporção do número de projetos por linha de pesquisa – ciclo 1999/2000.



Verifica-se uma tendência clara de falta de interesse das concessionárias de investir em projetos relacionados às linhas de pesquisa meio ambiente e energia renovável, dado o seu baixo número, conforme mostra a Tabela 4.1. Do total de 143 projetos, apenas 14,7% estão sob a rubrica meio ambiente e energia renovável.

Estas duas linhas de pesquisa, apesar de seu peso pouco expressivo entre os projetos elaborados pelas concessionárias, são as que apresentam, proporcionalmente, a maior relação entre projeto e diminuição de custos para o consumidor. Para o caso da linha de pesquisa energia renovável, verifica-se, pela Tabela 4.1, a forte adesão existente dos projetos com as características de P&D de interesse público, como benefícios para o meio ambiente, acesso,

equidade, desenvolvimento regional, diversificação de fontes, segurança no suprimento e competitividade industrial. Particularmente, nota-se que a metade do total de projetos que beneficiariam o acesso à eletricidade estão nesta linha de projeto, cujo número de projetos corresponde a apenas 7% do total de 143 projetos elaborados.

Percebe-se, então, que as linhas de projeto com maior aderência às características de P&D de interesse público consideradas neste exercício, no caso meio ambiente e energia renovável, são as que apresentam pouco interesse das concessionárias e, portanto, as que são menos realizadas.

Já para o caso dos projetos voltados especificamente para a área rural, verifica-se quase o completo desinteresse das concessionárias, pois representam apenas três projetos do total de 143 para o ciclo 1999/2000.

Uma característica importante da P&D de interesse público é a equidade. Nota-se que são poucos os projetos que apresentam esta característica, ou seja, que são voltados especificamente para as classes consumidoras menos favorecidas. Do total de projetos, apenas 16,8% apresentaram esta característica (vide Tabela 4.2). Destes, pouco mais de um terço (37%) concentra-se nas linhas de pesquisa meio ambiente e energia renovável, as quais correspondem a apenas 15%, aproximadamente, do número total de projetos. Outros 37% dos projetos com característica de equidade concentram-se naqueles inseridos na linha de pesquisa eficiência energética. Pelo Anexo I, observa-se que dos nove projetos de eficiência energética, de um total de 29, que apresentam essa característica, cinco são do lado da demanda e três são voltados para a área rural.

Verifica-se, dessa forma, que são poucos os projetos com a característica de equidade elaborados pelas concessionárias. Além disso, grande parte deles inserem-se ou em linhas de pesquisa de pouco interesse para as concessionárias, como no caso do meio ambiente e energia renovável, cuja maioria é do lado da oferta, ou nos poucos projetos do lado da demanda, como no caso de alguns dos projetos de eficiência energética.

4.3. Considerações finais

Dentro do que se propôs este capítulo, algumas características importantes puderam ser identificadas pela avaliação realizada dos projetos de P&D elaborados pelas concessionárias para

ciclo 1999/2000, avaliação esta que se baseou na abordagem proposta por Kozloff *et al.* (2000) e MCT (2001a) com o intuito de identificar características de P&D de interesse público nestes projetos. No entanto, esta abordagem não permite concluir se um projeto é de P&D de interesse público, embora forneça subsídios para identificar quais são os projetos que as concessionárias têm maior e menor interesse de investir, o que, dessa forma, ajudaria na definição de políticas públicas e regulação.

Uma vez que os projetos são elaborados pelas próprias concessionárias e depois submetidos para aprovação da ANEEL, pois a racionalidade por trás desse processo baseia-se no fato de que são as concessionárias quem melhor conhecem o seu mercado, era de se esperar que a maioria dos projetos, pelo menos para o caso do ciclo 1999/2000, fossem voltados aos seus interesses econômicos e comerciais, cujos principais objetivos eram o de reduzir custos com, e proporcionar melhorias aos, processos, equipamentos e sistema elétrico. Verificou-se também que projetos do lado da oferta são mais atrativos para as concessionárias do que os do lado da demanda, pois a grande maioria dos projetos (91,3%) encaixa-se na primeira categoria. No entanto, as atividades dos agentes voltadas para os seus interesses econômicos e competitivos também gerariam benefícios para a sociedade, que no caso se beneficiaria de maior confiabilidade do sistema e aumento da qualidade do serviço prestado.

Por outro lado, ficou evidente o desinteresse das concessionárias por projetos voltados para o meio ambiente, energia renovável e lado da demanda. Pelos projetos avaliados, percebeu-se que projetos desta natureza são os que mais se aderem às dimensões sociais e ambientais. Em especial, ficou claro o pouco interesse das concessionárias em projetos que promovam a equidade, ou seja, a racionalidade econômica sobrepõe-se sobre princípios de bem-estar social, mesmo sabendo-se da natureza de serviço público que reveste a prestação do serviço de eletricidade, seja sob regime de concessão ou diretamente através do Poder Público. Sendo qualquer ação voltada ao acesso à eletricidade um caso particular de promoção da equidade, observou-se o quase completo desinteresse das concessionárias quando se tratou de projetos especificamente elaborados nesse sentido.

Portanto, apesar de não ser possível caracterizar se um projeto se encaixa no conceito de P&D de interesse público como definido no Capítulo 2, a avaliação dos projetos do ciclo 1999/2000 realizada no presente capítulo permitiu identificar, e melhor entender, algumas áreas e

tipos de projetos que interessam às concessionárias. Logo, percebe-se a necessidade de garantir, dentro do novo modelo do setor elétrico brasileiro, investimentos em atividades de P&D que trariam benefícios para a sociedade, mas que as concessionárias de energia elétrica não teriam interesse em investir, como em projetos voltados ao meio ambiente, energia renovável e ao lado da demanda e que promovam a equidade na prestação do serviço público de eletricidade.

Capítulo 5

Conclusões

No presente trabalho, definiu-se, e propôs-se uma formulação teórica para, o conceito de P&D de interesse público, cuja garantia de investimentos neste tipo de atividade, bem como seu estímulo, passam a ser importantes dentro do novo ambiente de reformas do setor elétrico brasileiro.

Baseando-se no conceito qualitativo de que a P&D de interesse público refere-se à atividade de P&D com potencial de gerar amplos benefícios públicos e que não se justificaria economicamente para as empresas, pois os benefícios que seriam capturados por elas seriam insuficientes para justificar o seu investimento, foi proposto um marco teórico para este conceito, baseado nos trabalhos de Jaffe (1996) e Link & Scott (2001), sendo ele aquele espaço delimitado entre o *spillover gap* mínimo de atratividade e a taxa mínima de atratividade privada de retorno. Dessa forma, os projetos que se encaixassem nessa região seriam, por definição, projetos de P&D de interesse público.

A definição precisa deste conceito depende de vários fatores, como da maneira como se define o *spillover gap* mínimo de atratividade, as metodologias de avaliação *ex ante* dos projetos para a determinação dos *spillovers*, da taxa privada de retorno e da taxa mínima de atratividade privada de retorno e demais critérios e ponderações a serem utilizados, os quais, por sua vez,

dependem da região administrativa (i.e. país, estado, cidade, município) e do contexto socioeconômico e político em que se insere.

Apesar de ser um conceito relativamente simples, avaliações de P&D *ex ante* são bastante difíceis dadas as incertezas dos seus resultados, a forte característica não-linear do processo de inovação e a dificuldade na mensuração dos diversos e possíveis impactos econômicos, sociais e ambientais, por exemplo. Soma-se a essas razões o fato do Brasil não possuir tradição na determinação da taxa social de retorno. Entretanto, não é por esses motivos que se tira a importância do conceito de P&D de interesse público, pois as avaliações *ex ante*, mesmo diante de suas restrições, são comumente utilizadas por serem importantes instrumentos para a tomada de decisão relacionadas a políticas públicas e de monitoramento de seus resultados (GEORGHIOU & ROESSNER, 2000), razões essas que justificariam esforços desta natureza no país.

É importante ter em mente as limitações do papel da tecnologia e do conhecimento para a solução dos problemas inseridos num contexto socioeconômico e político. Ao conjunto de restrições e requerimentos – que inclui informação social, econômica, ambiental etc. – que a tecnologia deve satisfazer é o que define o espaço tecnológico, constituindo-se num marco de referência para o desenvolvimento da solução tecnológica requerida. Portanto, note que o espaço tecnológico é aquele espaço de soluções onde a tecnologia passa a ser importante para se atingir determinadas metas e objetivos dentro do contexto socioeconômico e político específico.

Verifica-se, a partir das experiências internacionais, que as atividades, tanto públicas quanto privadas, de P&D no setor elétrico estão seguindo tendências semelhantes, mas por razões distintas, que desfavorecem o processo de inovação e a capacidade de lidar com os desafios energéticos, sociais e ambientais que defrontam o setor. As tendências até o momento apontam para a redução dos recursos públicos e privados para P&D, redução dos projetos cooperativos e a polarização em torno das atividades de P&D de interesse corporativo, de curto prazo, com menores riscos e incertezas e com retorno econômico que justifique os investimentos. Observa-se, logo, que atividades de P&D de interesse público encontram-se seriamente comprometidas nesse ambiente.

Somado à essa tendência observada pela experiência internacional, a justificativa para garantir e estimular a realização da P&D de interesse público fundamentou-se no fato de que as reformas em direção ao novo modelo proposto para o setor elétrico brasileiro estão alterando fortemente a organização institucional e o papel do Estado ao criar e desfazer relações institucionais em direção à criação de um mercado competitivo com maior participação da iniciativa privada em lugar da centralização nas mãos do Estado tanto do processo decisório setorial, incluindo-se o planejamento, quanto da propriedade das empresas. Este processo de mudanças institucionais altera o ambiente onde ocorrem os esforços científicos e tecnológicos no setor, o que justifica a necessidade de se redefinir o papel dos poderes públicos e do ambiente institucional na questão da P&D e do desenvolvimento tecnológico setorial a fim de garantir ou aumentar ações que resultem em benefícios públicos num ambiente onde as decisões passam a basearem-se mais fortemente na racionalidade econômica.

Mesmo não sendo possível classificar um projeto de acordo com o conceito de P&D de interesse público pela abordagem utilizada no Capítulo 4 para avaliar os projetos das concessionárias regulados pela ANEEL, este exercício é importante por ter permitido constatar o pouco interesse das concessionárias em desenvolver algumas atividades de P&D, o que no caso seriam aquelas voltadas para o lado da demanda, meio ambiente, energia renovável e para a área rural especificamente. Constatou-se também que projetos baseados em princípios de equidade não são de interesse das concessionárias, mesmo havendo alguns poucos projetos de P&D nesse sentido.

Sendo assim, as reformas no setor elétrico justificam garantir os esforços em atividades de P&D de interesse público, caso contrário as empresas não os realizariam. Adicionalmente, as reformas são uma oportunidade importante para corrigir as imperfeições existentes para a geração de uma dinâmica tecnológica setorial endógena que leve à criação de um “tecido industrial nacional organicamente integrado” e orientada às necessidades e condições nacionais.

Por outro lado, apesar dessa oportunidade, as reformas, da maneira como foram introduzidas, tendo o processo de privatização como dínamo, comprometeram o setor de uma forma geral pela indefinição de regras mais claras, fruto da falta de uma política e planejamento energéticos, lançando dúvidas sobre o sucesso do novo modelo. A geração deste ambiente de incertezas desfavorece a criação de um ambiente propício para iniciativas direcionadas de fato ao

aumento dos esforços científicos e tecnológicos no país por estes esforços envolverem características de incerteza, de riscos e de maior prazo de maturação. Soma-se a isso o fato de ainda não ter sido definido qual o órgão responsável pela elaboração da política setorial para a P&D e o desenvolvimento tecnológico. Uma vez ainda indefinido este órgão, conseqüentemente não foi estabelecida uma política setorial para a P&D e o desenvolvimento tecnológico contendo suas prioridades, diretrizes, responsabilidades, formas de financiamento e o papel dos diversos agentes, como o do CEPEL e da ELETROBRÁS, que ainda encontram-se indefinidos.

É de fundamental importância que a política de P&D e de desenvolvimento tecnológico do setor elétrico seja definida de maneira integrada com uma política industrial setorial, pois o desenvolvimento tecnológico do setor até o início da década de 80 reconhecidamente deveu-se, sobretudo, porque esteve integrado às políticas industriais setoriais.

Apesar de ainda ser necessária e urgente a definição e implantação do ambiente institucional relacionado à política científica, tecnológica e industrial para o setor, alguns avanços foram conquistados nesse terreno, como a obrigatoriedade de investimentos em projetos de P&D pelas concessionárias de eletricidade, a criação do CT-ENERG, garantindo recursos direcionados à realização da P&D de interesse público, e a obrigatoriedade de atendimento a índices mínimos de eficiência energética para equipamentos e edificações em geral, abrindo a oportunidade de estimular esforços científicos e tecnológicos nesta direção.

Referências Bibliográficas

- AIE/COPPE. *Energia e Desenvolvimento: quais desafios? Quais métodos? Síntese e Conclusões*. Rio de Janeiro: Editora Marco Zero, 1986, 174p.
- Anderson, D. Energy and economic prosperity. In: UNDP, UNDESA, WEC. *World energy assessment: energy and the challenge of sustainability*. New York: United Nations Development Programme, United Nations Department of Social and Economic Affairs, and World Energy Council, 2000, pp.392-413. Disponível em: <<http://www.undp.org/seed/eap/activities/wea>>.
- ANEEL e ANP. *Eficiência energética: integrando usos e reduzindo desperdícios*. Brasília: ANEEL/ANP, 1999, 432p.
- ANEEL. *Manual para elaboração de programas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro: ciclo 1999/2000*. Brasília: ANEEL, 1999, 31p.
- ANEEL. *Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Energia Elétrica*. Palestra dada por José Eduardo Pinheiro Santos Tanure. Campinas, 8 de outubro, 2001a.
- ANEEL. *Manual dos programas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro*. Brasília: ANEEL, 2001b, 44p.
- Bajay, S.V. *Políticas energéticas, planejamento e regulação*. In: Curso de Especialização Sobre o Novo Ambiente Regulatório, Institucional e Organizacional dos Setores Elétrico e Gás

Natural – CENÁRIOS 2000. Módulo 4: Política Energética, Planejamento e Regulação. Julho de 2000.

Bajay, S.V., Carvalho, E.B. *Planejamento indicativo: pré-requisito para uma boa regulação do setor elétrico*. In: III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. São Paulo, junho de 1998.

Bastos, M.I. State autonomy and capacity for S&T policy design and implementation in Brazil. In: Bastos, M.I., Cooper, C. (eds.). *Politics of Technology in Latin America*. London: Routledge, 1995, pp.68-107.

Blumstein, C., Scheer, R., Wiel, S. *Public interest research and development in the electric and gas utility industries*. EUA: National Conference of State Legislatures, 1998, 36p. Disponível em: <<http://EandE.lbl.gov/NationalCouncil/>>.

BNDES. *Informe infra-estrutura 53. Área de projetos de infra-estrutura*. Rio de Janeiro: BNDES, 2000. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/publica/informe1.htm#elétrica>>. Acesso em: 4 jul. 2001.

Brown, A., Lewis, P. *Restructuring and Regulatory Incentives for Energy Efficiency, Renewables, and Research and Development*. Hagler Bailly Services, 1997.

Cheshire, J. New policies for energy RD&D and innovation in liberalized markets. *Revue de l'Énergie*, n.508, 1999.

Cohen, W.M., Levinthal, D.A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, v.35, (1), pp.128-152, 1990.

Colton, R.D. Assessing Impacts on Small-Business, Residential and Low-Income Customers. The National Council on Competition and the Electric Utility Industry. The Electric Industry Restructuring Series, 1996. Disponível em: <<http://www.ncouncil.org /pubs/colton.html>>. Acesso em: 2 abr. 2002.

Cook, P.L., Surrey, J. Energy technology in developing countries: the scope for government policy. *Technovation*, v.9, (5), pp.431-451, 1989.

- Coutinho, L., Ferraz, J.C. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*. Campinas: Editora da UNICAMP e Papirus, 1994, Cap.3, Superar a fragilidade tecnológica e a ausência de cooperação, pp.125-144.
- Dahlman, C.J., Frichtak, C.R. National systems supporting technical advance in industry: the Brazilian experience. In: Nelson, R.R (ed.). *National Innovation Systems: a comparative analysis*. New York: Oxford University Press, 1993, pp.414-450.
- Dasgupta, P., David, P.A. Toward a new economics of science. *Research Policy*, v.23, (5), pp.487-521, 1994.
- David, P.A., Hall, B.H. Heart of darkness: modeling public-private funding interactions inside the R&D black box. *Research Policy*, v.29, (9), pp.1165-1183, 2000.
- Defeuilley, C., Furtado, A.T. Impacts de l'ouverture à la concurrence sur la R&D dans le secteur électrique. *Annals of Public and Cooperative Economics*, v.71, (1), pp.5-28, 2000.
- Dooley, J.J. Unintended consequences: energy R&D in a deregulated energy market. *Energy Policy*, v.26, (7), pp.547-555, 1998.
- Dosi, G. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, v.26, (3), pp.1120-1171, 1988.
- Dubash, N. The public benefits agenda in power sector reform. *Energy for Sustainable Development*, v.5, (2), pp.5-14, 2001.
- Erber, F.S., Amaral, L.U. Os centros de pesquisa das empresas estatais: um estudo de três casos. In: Schwartzman, S (coord.). *Ciência e Tecnologia no Brasil: política industrial, mercado de trabalho e instituições de apoio*. Volume 2, Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1995, pp333-371.
- European Commission. *Green Paper: towards a European strategy for the security of energy supply*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001, 105p. Disponível em: <http://www.europa.eu.int/comm/energy_transport/doc-principal/pubfinal_en.pdf>.

FINEP. Fundos Setoriais. Disponível em: <www.finep.gov.br>. Acesso em: 22 out. 2001.

Furtado, A.T., Freitas, A.G. Nacionalismo e Aprendizagem Tecnológica. In: IX Congresso Brasileiro de Energia e IV Seminário Latino-Americano de Energia: soluções para a energia no Brasil. *Anais...* Rio de Janeiro: SBPE, COPPE/UFRJ, Clube de Engenharia, 2002, v.3, pp.1001-1009.

Georghiou, L., Roessner, D. Evaluating technology programs: tools and methods. *Research Policy*, v.29, (4-5), pp.657-678, 2000.

Goldemberg, J., Johansson, T.B., Reddy, A.K.N., Williams, R.H. *Energy for a Sustainable World*. New Delhi: Wiley Eastern, 1990, 517p.

Gomes, R.D.M., Furtado, A.T. Metodologia para integrar a geração e avaliação de tecnologia nas áreas rurais sob o ponto de vista energético. In: IX Congresso Brasileiro de Energia e IV Seminário Latino-Americano de Energia: soluções para a energia no Brasil. *Anais...* Rio de Janeiro: SBPE, COPPE/UFRJ, Clube de Engenharia, 2002, v.3, pp.1194-1201.

Hardin, G. The tragedy of the commons. *Science*, 162, pp.1243-1248, 1998.

Herrera, A.O. The generation of technologies in rural areas. *World Development*, v.9, pp.21-35, 1981.

Herrera, A.O., Corona, L., Dagnino, R., Furtado, A.T., Gallopín, G., Gutman, P., Vessuri, H. *Las nuevas tecnologías y el futuro de América Latina: riesgo y oportunidad*. México: Siglo XXI editores, 1994, 358p.

Holdren, J.P., Smith, K.R. Energy, the environment, and health. In: UNDP, UNDESA, WEC. *World energy assessment: energy and the challenge of sustainability*. New York: United Nations Development Programme, United Nations Department of Social and Economic Affairs, and World Energy Council, 2000, pp.61-110. Disponível em: <<http://www.undp.org/seed/eap/activities/wea>>.

International Energy Agency. Energy technology R&D statistics. Disponível em: <<http://www.iea.org/wds53/wds/eng/main.html>>.

- Jaffe, A.D. Economic analysis of research spillovers implications for the Advanced Technology Program. Dezembro, 1996. Disponível em: <<http://www.atp.nist.gov/eao/gcr708.htm>>.
- Jannuzzi, G.M. *Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil*. Campinas: Editora Autores Associados, 2000a, 116p.
- Jannuzzi, G.M. Public goods and restructuring of the Brazilian power sector: energy efficiency, R&D and low income programs. In: ACEEE Summer Study on Energy Efficiency Buildings, California, 2000b.
- Jannuzzi, G.M., Gomes, R.D.M. A experiência brasileira pós-privatização em programas de eficiência energética e P&D: lições das iniciativas de regulação e da crise energética. In: IX Congresso Brasileiro de Energia e IV Seminário Latino-Americano de Energia: soluções para a energia no Brasil. *Anais...* Rio de Janeiro: SBPE, COPPE/UFRJ, Clube de Engenharia, 2002, v.3, pp.1477-1485.
- Jannuzzi, G.M. Public Interest Research and Development: electricity sector reforms and their effects in energy R&D activities. In: International Energy Initiative – IEI. *The Expanded Provision of Public Benefits as Power Sectors in Developing Countries are Reformed*. Forthcoming, 2003.
- Jefferson, M. Energy policies for sustainable development. In: UNDP, UNDESA, WEC. *World energy assessment: energy and the challenge of sustainability*. New York: United Nations Development Programme, United Nations Department of Social and Economic Affairs, and World Energy Council, 2000, pp.61-110. Disponível em: <<http://www.undp.org/seed/eap/activities/wea>>.
- Katz, J. Structural reforms and technological behaviour: the sources and nature of technological change in Latin America in the 1990s. *Research Policy*, v.30, (1), pp.1-19, 2001.
- Kozloff, K., Cowart, R., Jannuzzi, G.M., Mielnik, O. *Recomendações para uma Estratégia Regulatória Nacional de Combate ao Desperdício de Eletricidade no Brasil*. Campinas: USAID-Brasil, 2000, 189p.

- La Rovere, E.M. *Energia: atuação e tendências*. Série Especial FINEP, Departamento de Transporte e Energia. Rio de Janeiro, 1994.
- Link, A.N., Scott, J.T. Public/private partnerships: stimulating competition in a dynamic market. *International Journal of Industrial Organization*, v.19, (5), pp.763-794, 2001.
- Mankiw, N.G. *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia*. 5.ed., Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999a, Cap. 10, Externalidades, pp.205-224.
- Mankiw, N.G. *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia*. 5.ed., Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999b, Cap. 11, Bens públicos e recursos comuns, pp.225-240.
- Martin, J.M. Energy technologies: systems aspects, technological trajectories, and institutional frameworks. *Technological Forecasting and Social Change*, v.53, (1), pp.81-95, 1996.
- Martin, S., Scott, J.T. The nature of innovation market failure and the design of public support for private innovation. *Research Policy*, v.29, (4-5), pp.437-447, 2000.
- Memória da Eletricidade. *História do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL*. Rio de Janeiro: CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL, 1991, 244p.
- Mielnik, O., Goldemberg, J. Converging to a common pattern of energy use in developing countries and industrialized countries. *Energy Policy*, v.28, (8), pp.503-508, 2000.
- Mielnik, O., Goldemberg, J. Foreign direct investment and decoupling between energy and gross domestic product in developing countries. *Energy Policy*, v.30, (2), pp.87-89, 2002.
- Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Diretrizes estratégicas para o Fundo Setorial de Energia Elétrica. *Revista Parcerias Estratégicas*, n.13, dezembro de 2001a. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/CEE/revista/rev13.htm>>.
- Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). *Projeto Diretrizes Estratégicas para Ciência, Tecnologia e Inovação - Livro Verde*. Brasília: MCT, 2001b, Cap.1, A dimensão do sistema no Brasil, pp.12-42.

- Mowery, D.C., Rosenberg, N. *Technology and the pursuit of economic growth*. New York: Cambridge University Press, 1995, Cap. 1, A new framework for research and development: analysis and policy implications, pp.3-17.
- Musgrave, R.A., Musgrave, P.B. *Finanças públicas: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1980, Cap. 3, A teoria dos bens públicos, pp.41-65.
- Neto, F.A. Regulamentação dos mercados. In: Pinho, D.B., Vasconcellos, M.A.S. (Eds). *Manual de Economia*. São Paulo: Editora Saraiva, 1999, pp.223-241.
- OCDE. *Manual de Frascati*. Paris: OCDE, 1993.
- Pavitt, K. What makes basic research economically useful? *Research Policy*, v.20, (2), pp.109-119, 1991.
- Pavitt, K. The social shaping of the national science base. *Research Policy*, v.27, (8), pp.793-805, 1998.
- Petrobrás. Disponível em: <www.petrobras.com.br>. Acesso em: 21 jul. 2002.
- Pindyck, R.S., Rubinfeld, D.L. *Microeconomia*. São Paulo: Makron Books, 1994, 791p.
- Pires, J.C.L. O processo de reformas do setor elétrico brasileiro. *Revista do BNDES*, v.6, (12), pp.137-168, 1999.
- Pires, J.C.L. *Desafios da reestruturação no setor elétrico brasileiro*. Textos para Discussão. Rio de Janeiro: BNDES, n.76, 2000, 45p.
- Reddy, A.K.N. Energy and social issues. In: UNDP, UNDESA, WEC. *World energy assessment: energy and the challenge of sustainability*. New York: United Nations Development Programme, United Nations Department of Social and Economic Affairs, and World Energy Council, 2000, pp.39-60. Disponível em: <<http://www.undp.org/seed/eap/activities/wea>>.
- Romer, P.M. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, v.98, (5), pp.71-102, 1990.

- Rosa, L.P., Tolmasquim, M.T., Pires, J.C.L. *A reforma do setor elétrico brasileiro: uma visão crítica*. Rio de Janeiro: Editora Relume Dumará, 1998, 202p.
- Rosenberg, N. Why do firms do basic research (with their own money)? *Research Policy*, v.19, (2), pp.165-174, 1990.
- Rothman, H., Furtado, A. *The Potential Contribution of Technology Assessment to Bioenergy Programmes*. In: Rosillo-Calle, F., Bajay, S.V., Rothman, H. (Eds). *Industrial Uses of Biomass Energy*. London: Taylor and Frances, 2000, pp.53-82.
- Sagar, A.D., Holdren, J.P. Assessing the global energy innovation system: some key issues. *Energy Policy*, v.30, (6), pp.465-469, 2002.
- Salter, A.J., Martin, B.R. The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. *Research Policy*, v.30, (3), pp.509-532, 2001.
- Soares, V.R. *Mudanças Institucional e Organizacional no Setor Elétrico Brasileiro Frente às Novas Tendências da Dinâmica Tecnológica*. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia da UNICAMP. Campinas, 1997.
- Stiglitz, J.E. *Economics of the public sector*. 2.ed., New York: W.W. Norton, 1988, Cap. 5, Public goods and publicly provided private goods, pp.119-144.
- Thuesen, G.J., Fabrycky, W.J. *Engineering Economy*. 8th ed., Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1993, Chapter 7, Decision making among alternatives, pp.210-263.
- Turkenburg, W.C. The innovation chain: policies to promote energy innovations. In: Johansson, T.B., Goldemberg, J. (Eds). *Energy for Sustainable Development: a Policy Agenda*. New York: UNDP/IIIIEE/IEI, 2002, pp.137-172.

Anexo

Análise dos projetos de P&D das concessionárias regulados pela ANEEL para o ciclo 1999/2000

		CARACTERÍSTICAS DE P&D DE INTERESSE PÚBLICO														
		Meio Ambiente	Social					Estratégica						Econômica		
			Meio Ambiente (1)	Acesso (2)	Qualidade (3)	Equidade (4)	Diminuir custos p/ o consumidor (5)	Confiabilidade (6)	Benefícios de longo/médio prazo (7)	Desenvolvimento regional (8)	Diversificação de fontes (9)	Segurança do suprimento (10)	Capacitação recursos humanos (11)		Projeto colaborativo/rede (12)	Competitividade industrial (13)
Linha de pesquisa	Projetos das concessionárias															
Meio Ambiente	Quantificação dos custos de danos ambientais na Bacia do Paranoá (CEB)	X			X	X		X	X			X				
	Determinação do grau de corrosividade atmosférica sobre materiais utilizados no setor elétrico no estado de SC (CELESC)						X	X					X	X		
	Restauração de áreas degradadas e sua inter-relação com as comunidades circulantes (CGEEP)	X			X	X		X	X			X				
	Análise da qualidade e avaliação da eficiência dos peixamentos realizados no Rio Paranapanema pela Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Salto Grande, pertencente à CGEEP	X			X	X		X	X			X				
	Levantamento da fauna de bivalves de água doce da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema com ênfase à fauna exótica (CGEEP)	X		X		X	X	X	X			X		X		

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Meio Ambiente	Controle de cupins em postes de madeira (ELEKTRO)	X		X			X							X	X		
	Estudo da viabilidade tecnológica do uso das cinzas pesadas como areia empregada em argamassas para construção civil (GERASUL)	X				X		X	X			X		X	X		
	Reutilização de cinzas geradas na queima de carvão mineral para produção de energia elétrica (GERASUL)	X				X		X	X			X	X	X	X		
	Desenv. de tecnologia para a dessulfuração de gases de combustão via injeção de calcário em caldeiras termelétricas (GERASUL)	X				X		X	X						X	X	
	Determinação das condições de segurança e continuidade de suprimento de uma LT de 138kV urbana cuja estrutura é compartilhada por LD em 13,8kV (LIGHT)								X						X	X	
	Desenv. de sistemas de proteção anticorrosiva com tintas solúveis em água (LIGHT)	X							X	X							
	Gerenciamento de perdas em sistemas elétricos (AES-SUL)	X		X					X			X	X		X	X	
Eficiência Energética	Equipamento de energia solar térmica para aplicação em habitações de interesse social como alternativa ao chuveiro elétrico convencional (CEB)	X			X	X		X	X	X	X					X	
	Sistema de resfriamento evaporativo para unidades residenciais e pequenos escritórios (CEB)	X			X	X		X			X					X	
	Software multimídia educacional - PROCEL nas escolas (CEB)	X			X	X		X			X	X					X
	Avaliação das perdas de transformadores com núcleo amorfo em redes rurais de distribuição de energia, classe 15 kV (CELB)	X	X		X			X	X	X		X			X	X	
	Pesquisa do comportamento dos cabos protegidos e acessórios de rede protegida aérea compacta submetidos a alta poluição (CELESC)							X	X						X	X	

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Eficiência Energética	Desenvolvimento de protótipo de sistema de condicionamento de energia em BT para a melhoria da qualidade (CELPA)	X		X		X	X	X						X	X		
	Recuperador de calor para chuveiros elétricos (CEMIG)	X			X	X	X	X	X	X	X					X	
	Aproveitamento da energia térmica gratuita de geladeiras e freezers no aquecimento de água em residências e condomínios (CEMIG)	X			X	X			X	X	X	X					X
	Pesquisa para aumento de eficiência energética em alimentadores (CEMIG)	X						X	X			X			X	X	
	Caracterização de transformadores com núcleo amorfo para uso em redes monofásicas de distribuição de energia de 11,4 kV (CFLCL/CENF)	X	X	X	X	X			X	X		X		X	X	X	
	Desenvolvimento de um programa computacional para otimização do despacho de máquinas em usinas hidrelétricas do sistema Paranapanema (CGEEP)	X					X	X	X			X			X	X	
	Desenvolvimento de um programa computacional para otimização da operação energética das usinas do Rio Paranapanema (CGEEP)	X					X	X	X			X			X	X	
	Controle de bombas por acionamento eletrônico: automação e otimização do consumo de energia elétrica (CHESP)	X		X	X	X	X		X	X					X	X	
	Desenvolvimento de metodologia para cálculo de perdas elétricas em sistemas de distribuição (COELBA)	X					X	X	X			X			X	X	
	Desenvolvimento e avaliação de novo padrão para conexão individual de unidades consumidoras caracterizadas por edificações urbanas atendidas através de rede aérea em tensão secundária de distribuição (COELBA)	X		X					X	X		X	X		X	X	

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Eficiência Energética	Estudo e avaliação da resposta de equipamentos eletrônicos usados na indústria quando submetidos a afundamento de tensão (COELCE)			X		X	X	X						X		X	
	Diagnóstico de defeitos e proposta de medidas corretivas em componentes expostos e enterrados dos sistemas de aterramento (SA) das redes de distribuição (COPEL)						X	X						X	X		
	Reconfigurador da rede de distribuição primária, dimensionamento e alocação de capacitores para redução das perdas técnicas de energia (CPFL)	X						X	X			X			X	X	
Energia Renovável	Utilização de energias renováveis na região NE do Pará (CELPA)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
	Instalação de sistemas solares fotovoltaicos interligados à rede elétrica da CELESC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
	Célula combustível de polímero condutor iônico (CEMIG)	X	X	X		X		X	X	X	X	X		X	X		
	Avaliação experimental de um sistema de GD de energia solar fotovoltaica interligado à rede elétrica (CEMIG)	X		X		X	X	X	X	X	X	X		X	X		
	Mapeamento do potencial eólico do Estado da Bahia em resolução 1km x 1km (COELBA)	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X		
	Análise do impacto ambiental decorrente do aproveitamento eólico-elétrico no Estado do MS (ENERSUL)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
	Desenv. de software para diagnósticos energéticos (ENERSUL)	X		X		X	X	X				X			X		X
	Atlas do potencial eólico do estado do ES em resolução 1km x 1km (ESCELSA)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
	Desenv. de aerogerador de pequeno porte (400 a 1000 W) (RGE)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ER	Desenv. de metodologia para seleção de sistemas fotovoltaicos e eólicos com implantação de unidades experimentais / demonstrativas (RGE)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
Geração de Energia Elétrica	Metodologia e modelos diferenciados para análise e previsão de mercado (AES-SUL)														X		
	Desenvolvimento, teste e aplicação de um "radiador" para arrefecimento do líquido refrigerante e óleo lubrificante de motores diesel (CEMAT)		X			X	X		X						X		
	Avaliação experimental de microturbinas a gás e motores stirling para geração de eletricidade (uso da biomassa) (CEMIG)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	
	Sistema para determinação de vazão aduzida em máquinas hidráulicas (CFLCL/CENF)	X						X	X			X		X	X	X	
	Projeto de análise estrutural de rotores de turbinas hidráulicas para estudo da incidência de trincas e desempenho à vida de fadiga (COPEL)							X	X						X	X	
	Desenvolvimento e implementação de sistema automatizado para recuperação de rotores de turbinas hidráulicas de grande porte (COPEL)							X	X						X	X	
	Desenvolvimento de técnicas de tratamentos superficiais térmicos e mecânicos para melhoria do desempenho à erosão por cavitação de revestimentos soldados em turbinas hidráulicas (COPEL)							X	X						X	X	
	Estado da arte e viabilidade técnica e econômica dos sistemas de geração distribuída à base de hidrogênio (COPEL)	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X	
	Pesquisa aplicada em superaquecedores visando a redução de gradientes térmicos resultantes da troca irregular de calor com os gases de combustão (GERASUL)							X	X						X	X	
	Avaliar os resultados da aplicação de materiais cerâmicos em equipamentos sujeitos a desgaste por erosão (GERASUL)	X						X	X						X	X	

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Geração de Energia Elétrica	Estudo técnico-econômico experimental e regulatório da aplicação de diferentes tecnologias de geração distribuída de eletricidade no SEB (GERASUL)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
	Avaliação do desempenho da torre de resfriamento da usina termelétrica Jorge Lacerda C - UTLC (GERASUL)	X				X		X			X			X	X		
	Avaliar os resultados da aplicação de novos produtos para revestimentos refratários de caldeiras (GERASUL)						X	X						X	X		
	Avaliar os resultados da implantação de melhorias no sistema de queima para aumentar a eficiência da combustão de carvão em caldeiras (GERASUL)	X						X	X						X	X	
Pesquisa Estratégica	Estudos de condução elétrica, formação de carga espacial, espectroscopia dielétrica e mecanismo de ruptura dielétrica em cabos da rede de T&D subterrânea da CEB						X	X								X	
	Desenvolvimento de metodologia integrando o uso de fotografia com sistemas de localização de descargas atmosféricas na avaliação do impacto das descargas sobre o desempenho do sistema de distribuição da CELESC			X			X	X							X	X	
	Programa de qualidade da energia elétrica da AES-SUL			X				X				X	X	X	X		
	Projeto piloto de um instrumento para monitoração e análise das condições operativas de uma concessionária de EE (CELPA)	X		X					X						X	X	
	Desenv. de metodologia e procedimentos para melhoria do desempenho do sistema de distribuição da CELTINS em relação às descargas atmosféricas			X				X	X			X			X	X	
	Desenvolvimento, aplicação e validação de metodologia para a geração dos indicadores DEC/FEC amostral - segunda-fase (CEMAT)			X												X	

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pesquisa Estratégica	Projeto e desenvolvimento de um restaurador dinâmico de tensão (tecnologia nacional) (CEMIG)			X		X	X	X				X	X	X	X		
	Desenv. de condutores compactos homogêneos p/ aplicação em linhas de T&D objetivando redução de perdas elétricas (CEMIG)	X					X	X	X			X	X		X		
	Rede de pesquisa sobre a qualidade da energia elétrica - REDEQ (CEMIG)			X									X		X		
	Obtenção de parâmetros de descargas atmosféricas e aferição do sistema de localização de tempestade (CEMIG)			X			X	X				X		X	X		
	Proteção de redes elétricas de distribuição de baixa tensão contra descargas atmosféricas (CEMIG)			X			X	X				X		X	X		
	Desenvolvimento experimental de tecnologia para a produção de células solares de baixo custo (CEMIG)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Desenv. de metodologia de monitoração para análise e apresentação dos indicadores de qualidade da rede de distribuição da CERJ, via site dedicado na internet			X												X	
	Estudos de condução elétrica, formação de carga espacial, espectroscopia dielétrica e mecanismo de ruptura dielétrica em cabos da rede de T&D subterrânea da CEB							X	X							X	
	Desenvolvimento de metodologia integrando o uso de fotografia com sistemas de localização de descargas atmosféricas na avaliação do impacto das descargas sobre o desempenho do sistema de distribuição da CELESC			X				X	X						X	X	
	Programa de qualidade da energia elétrica da AES-SUL			X					X				X	X	X	X	
Investigação da utilização de inteligência artificial na melhoria das inspeções para detecção de fraudes (CERJ)	X		X					X			X			X	X		

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pesquisa Estratégica	Investigação da utilização de inteligência artificial na melhoria das inspeções para detecção de fraudes 2 (CERJ)	X		X				X			X			X	X		
	Metodologia executiva e pesquisa de materiais para execução de reparos em estruturas de concreto (aparentes e submersas) de barragens (CGEEP)						X	X	X			X		X	X		
	Desenvolvimento de padrão de entrada de serviço de baixa tensão com a incorporação de proteção contra surtos de tensão provenientes do sistema ou de descargas atmosféricas (CLFSC)			X		X	X	X							X	X	
	Desenvolvimento e implementação de sistema de gestão e automação dos processos de medição da COCEL												X		X	X	
	Projeto piloto de um sistema integrado de telemedição para melhoria do serviço de atendimento a clientes especiais (COELBA)	X					X	X	X	X					X		X
	Estudo e avaliação da resposta de equipamentos eletrônicos usados na indústria quando submetidos a afundamento de tensão (COELCE)			X		X	X	X							X		X
	Monitoramento do grau de poluição marítima em barramentos de subestações de 72,5 kV, linhas de transmissão de 72,5 kV e redes de distribuição de 15/25 kV (COELCE)							X	X						X	X	
	Transformador autoprotegido simplificado (TAPS) (COELCE)			X				X	X						X	X	
	Sistema de comunicação half-duplex para automação de subestações (COELCE)							X	X						X	X	
	Projeto de estudo e verificação do desempenho de cabos ACSR e acessórios de linhas de transmissão sujeitos a vibrações (COPEL)							X	X				X	X	X	X	

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pesquisa Estratégica	Desenvolvimento de novos materiais para tratamento on-line de gás hexafluoreto de enxofre (COPEL) (custo p/ cons.: segurança no trabalho)	X					X	X						X	X		
	Desenvolvimento de novos materiais para tratamento on-line de óleo mineral isolante para remoção de PCBS (COPEL) (custo p/ cons.: segurança no trabalho e ambiental)	X						X							X		
	Projeto de estudo do estado de isolamento da rede subterrânea de distribuição de energia elétrica de Curitiba (COPEL)							X	X						X	X	
	Desenvolvimento de equipamento portátil de medição de grandezas elétricas (em alta tensão) em redes de distribuição (COPEL)			X				X	X						X	X	
	Desenvolvimento de interface do protocolo DNP3.0 para o sist. De automação de subestações (SASE) e redes de distribuição da COPEL							X	X	X					X	X	
	Inferências eletromagnéticas em subestações, redes e equipamentos de distribuição (COPEL)							X	X				X		X	X	
	Avaliação da vida útil dos transformadores de distribuição da COPEL			X					X	X					X	X	
	Sistema inteligente de processamento de alarmes (COSERN)							X	X				X		X	X	
	Sistema especialista para recomposição do COI da COSERN			X				X	X						X	X	
	Projeto sistema de gerenciamento da operação (CPFL)			X				X	X						X	X	
	Modernização do SDDT - sistema digital distribuído de telecontrole (CPFL)							X	X						X	X	
Desenv. E implantação de ferramenta para previsão de carregamento e disponibilização de potências liberadas em tempo real para transformadores de força (CPFL)			X				X	X						X	X		

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pesquisa Estratégica	Sistema especialista para engenharia de manutenção (CPFL)			X			X	X						X	X		
	Desenv. De sistema de aquisição de dados relativos a correntes de descargas atmosféricas e sobretensões induzidas em linhas de média tensão (CPFL)			X			X	X						X	X		
	Desenv. de metodologia para a análise de sistemas de aterramento, interferência e transitórios eletromagnéticos com a utilização de programas aplicativos (CPFL)			X			X	X							X	X	
	Estudo da confiabilidade para carga do sistema de subtransmissão da ELEKTRO por meio do desenvolvimento de um modelo determinístico da possibilidade de falhas em transformadores	X		X				X	X			X			X	X	
	Análise do desempenho de redes de distribuição de baixa tensão com cabo multiplex face a descargas atmosféricas (ELEKTRO)			X				X	X						X	X	
	Pesquisa da atividade das descargas atmosféricas na área de concessão da ELEKTRO			X				X	X						X	X	
	Determinação de um sistema de busca da otimização técnica e econômica nos processos de suprimento (compra), planejamento e projeto (instalação) e de substituição de transformadores de distribuição (ELEKTRO)	X		X				X	X						X	X	
	O impacto de dispositivos eletrônicos de potência na qualidade da energia elétrica (ELEKTRO)			X					X	X			X		X	X	
	Modo de falha de materiais e equipamentos (ELEKTRO)			X				X	X						X	X	
Alternativas tecnológicas para gestão de interrupções (ELETROPAULO)			X				X	X						X	X		

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pesquisa Estratégica	Desenv. de um sist automatizado de localização de faltas para redes primárias de distribuição - parte II (ELETROPAULO)			X			X	X						X	X	
	Sistema de informações meteorológicas - parte II (ELETROPAULO)			X			X	X						X	X	
	Mapeamento de fenômenos relativos à qualidade do produto no sistema elétrico - parte II (ELETROPAULO)			X			X	X						X	X	
	Desenv. e modernização do emprego das técnicas de localização e diagnóstico de defeitos em sistemas reticulados de distribuição subterrânea de energia elétrica (ELETROPAULO)			X			X	X						X	X	
	Metodologia para suporte à análise de pedidos de indenização em queimas de aparelhos (ELETROPAULO)				X	X		X						X	X	
	Metodologia p/ avaliação de correlação entre interrupções e causas na rede elétrica para estabelecimento de procedimentos preditivos (ELETROPAULO)			X				X	X					X	X	
	Estudo dos efeitos sinérgicos dos agentes de degradação do sistema isolante e da temperatura na vida útil de transformadores de potência (ELETROPAULO)			X				X	X					X	X	
	Metodologia para avaliação do sistema de proteção de redes primárias (ELETROPAULO)							X	X					X	X	
	Avaliação da degradação, corrosão e sistemas de impermeabilização de estruturas de concreto armado (ENERGIPE)							X	X			X		X	X	
	Determinação do potencial de cogeração no setor industrial e comercial do estado do ES (ESCELSA)	X		X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	
	Estudos e desenv de metodologia de avaliação de assoreamento e trincas em barragens com instrumentação de leitura remota (ESCELSA)							X	X					X	X	

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pesquisa Estratégica	Estudo da utilização de um cabo de aterramento suplementar em linhas de distribuição de energia elétrica (FORCEL)			X			X	X				X		X	X		
	Desenv. dos processos Tig/plasma alimentados automaticamente para aplicação manual em reparos de cavitação de turbinas hidráulicas (GERASUL)			X			X	X						X	X		
	Pesquisa e desenvolvimento de tecnologia própria no uso do protocolo Bacnet (GERASUL)	X		X		X	X	X			X	X		X		X	
	Diagnóstico de campo da condição operativa de subestações de 138 kV através de termovisão (LIGHT)			X			X	X							X	X	
	Diagnóstico de campo da condição operativa de pára-raios de óxido de zinco em subestações de 138 kV (LIGHT)			X			X	X							X	X	
	Diagnóstico de transformadores de potência em SETD'S e SESD'S (LIGHT)			X			X	X							X	X	
	Desenv. de novas funções para o sist de medição centralizada em edifícios (LIGHT)			X				X							X	X	
	Diagnóstico do estado de disjuntores de alta tensão através das técnicas de medição acústica (LIGHT)			X			X								X	X	
	Materiais para redes aéreas compactas e isoladas em áreas poluídas (LIGHT)			X			X								X	X	
	Medidor para medição direta de altas correntes em baixa tensão até 800 A (LIGHT)						X	X							X	X	
	Modelo de análise de risco para compra/venda de energia elétrica no curto prazo (LIGHT)							X							X	X	
	Modelo climático estatístico para projetos de LT'S aéreas (LIGHT)			X			X	X							X	X	
Previsão horária de carga própria da LIGHT							X							X	X		

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pesquisa Estratégica	Monitoramento e análise on-line de transformador de potência através de sensores de fibra óptica instalados internamente (LIGHT)			X			X	X						X	X		
	Sistema de monitoramento do carregamento de linhas de transmissão (LIGHT)			X			X	X						X	X		
	Diagnóstico de campo da condição operativa de unidades capacitivas utilizando a técnica de descargas parciais (LIGHT)			X			X	X				X		X	X		
	Inovações tecnológicas na manutenção de sistemas de transmissão subterrânea (LIGHT)			X			X	X						X	X		
	Determinação da localização, continuidade e estado de conservação de contrapesos de linhas de transmissão, malhas de subestações e instalações de telecomunicação (LIGHT)			X			X	X						X	X		
	Análise prospectiva da competição entre GN e eletricidade no RJ (LIGHT)			X		X	X	X		X	X			X	X		
	Controle secundário de tensão para melhoria do perfil de tensão e redução de perdas em sistemas de sub-transmissão e distribuição de energia elétrica (RGE)	X		X				X	X						X	X	
	Desenv. de sistema de software inteligente dedicado para o controle de interrupções em localidades menores e consumidores de áreas urbanas isoladas (XANXERÊ)			X	X	X	X	X	X				X		X	X	
	Desenvolvimento de equipamento automático para a proteção e monitoração da baixa tensão de transformadores de distribuição convencionais (CAIUÁ, EEB, CFLO)			X		X	X	X	X					X	X	X	