

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Centro de Ciências Sociais Aplicadas
PIMES - Pós-Graduação em Economia

**INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL: PROPOSTA DE
AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE P&D NO SETOR ELÉTRICO**

Luciana Elizabeth da Mota Távora

**RECIFE
2010**

Luciana Elizabeth da Mota Távora

**INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL: PROPOSTA DE
AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE P&D NO SETOR ELÉTRICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Economia da Universidade Federal de
Pernambuco, para obtenção do título de doutor
em Economia.

Orientador: Francisco de Sousa Ramos

**Recife
2010**

Távora, Luciana Elizabeth da Mota

Inovação, ciência e tecnologia no Brasil : proposta de avaliação de projetos de P&D no setor elétrico / Luciana Elizabeth da Mota Távora. - Recife : O Autor, 2010.

111 folhas : tab., fig., graf. e quadro.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2010.

Inclui bibliografia e anexo.

1. Inovações tecnológicas (Brasil). 2. Ciência e tecnologia. 3. Pesquisa e desenvolvimento. 4. Projetos Avaliação. 5. Energia elétrica. I. Título.

338.1	CDU (1997)	UFPE
330	CDD (22.ed.)	CSA2010 - 063

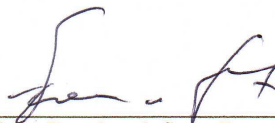
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DO DOUTORADO
EM ECONOMIA DE

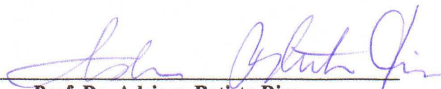
LUCIANA ELIZABETH DA MOTA TÁVORA

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a Candidata Luciana Elizabeth da Mota Távora **APROVADA**.

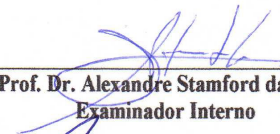
Recife, 11/03/2010.



Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos
Orientador



Prof. Dr. Adriano Batista Dias
Examinador Interno



Prof. Dr. Alexandre Stamford da Silva
Examinador Interno



Prof. Dr. Abraham Benzaquen Sicsú
Examinador Externo/FUNDAJ



Prof. Dr. Ivaldo Dário da Silva Pontes Filho
Examinador Externo/UFPE

DEDICATÓRIA

Ao grande amigo, incentivador, companheiro de todas as horas e marido, José Lamartine Távora Junior.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir o cumprimento de mais uma etapa da minha vida.

A querida filha, Isabela, a minha fonte de inspiração.

Aos meus queridos pais, Ana Elisabete e Luiz Gonzaga, meus anjos da guarda.

Ao orientador Francisco de Sousa Ramos, pela orientação, apoio e especialmente, pela amizade nesse percurso.

A Fundação Joaquim Nabuco, minha nova casa, especialmente aos amigos da Coordenação de Ciência e Tecnologia, que me receberam de braços abertos.

Ao professor Adriano Dias, Abraham Sicsú e Márcia Alcoforado pelas preciosas dicas que contribuíram para a construção desse trabalho.

A UFPE que me acolheu durante a formação acadêmica.

A todos que constituem o PIMES-UFPE, pela oportunidade.

Aos membros da Banca, pelas sugestões que contribuíram para o enriquecimento desse trabalho.

RESUMO

A inovação tecnológica vem a cada dia sendo reconhecida como um importante fator de competitividade para as empresas. Com a economia cada vez mais baseada no conhecimento, a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) vem se destacando por representar uma forma de aquisição de conhecimentos e superação de dificuldades. Nesse sentido, a cooperação Universidade-Empresa (U-E) representa um importante instrumento de apoio à inovação por permitir a divisão, entre as instituições, dos custos e riscos envolvidos na execução da P&D. Considerando que as empresas do setor de energia precisam investir em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento e que estes podem contribuir para melhoramentos tecnológicos no setor, o objetivo geral da pesquisa é propor uma metodologia que permita às empresas, selecionar de maneira eficiente seus projetos e que, desse modo, possa atender tanto às exigências da ANEEL, quanto aos seus objetivos estratégicos. Assim sendo, neste trabalho inicialmente são estudadas a importância da inovação para as empresas, estudo este baseado nas teorias propostas por Sábato e Botana e da teoria da Triple Helix, para a análise do sistema de inovação. Em seguida, é estudada a evolução da ciência e tecnologia no Brasil. Posteriormente, é feita uma revisão na literatura, de forma a identificar as principais metodologias utilizadas para avaliação e seleção de projetos de P&D. É realizada, então, uma análise das metodologias utilizadas por empresas do setor de energia elétrica. Em seguida será proposta uma metodologia, baseada em Eilat et al. (2006), combinando DEA (Data Envelopment Analysis) e BSC (Balanced Scorecard). A metodologia proposta e adaptada neste trabalho para avaliação e seleção de projetos de P&D do Setor Elétrico, está baseada na integração do DEA e BSC. Para verificar a eficácia da metodologia proposta, foi realizada uma simulação, onde os resultados obtidos foram apresentados e analisados. Finalmente, são apresentadas conclusões e recomendações.

Palavras-Chave: Inovação; Ciência e Tecnologia; Pesquisa e Desenvolvimento; Avaliação de Projetos; Setor Elétrico; DEA; BSC.

ABSTRACT

Technological innovation comes every day being recognized as an important competitive factor for companies. With the economy increasingly based on knowledge, Research and Development (R&D) has stood out because it represents a form of acquiring knowledge and overcoming difficulties. In this sense cooperation University-Enterprise (UE) represents an important tool to support innovation by allowing the division between the institutions, the costs and risks involved in the implementation of R&D. Whereas companies in the energy sector need to invest in R&D projects and they may contribute to improvements in the technology sector, the main objective of the research is to propose a methodology to enable companies to efficiently select their projects and that thus can meet both the requirements of ANEEL, as their strategic objectives. In this work initially, the innovation importance to the firms is studied based on Sábato and Botana proposals and the Triple Helix theory. Then, the science and technology in Brazil are studied. Then, a literature review is done as a form of identify the main methodologies utilized to evaluation and selection of R&D projects. An analysis of the utilized methodologies by the energy sector firms follows. So, a methodology, based on Eilat et al. (2006), combining DEA (Data Envelopment Analysis) and BSC (Balanced Scorecard), is proposed. In this work this methodology is adapted and proposed to evaluation and selection R&D projects in electrical sector, based integration of the DEA and BSC. To verify the proposed methodology efficacy, a simulation is then performed, and the results are analyzed. Finally, conclusions and recommendations are presented.

Key-Words: Innovation; Science and Technology; Research and Development; Project Evaluation; Electrical Sector; DEA; BSC.

SUMÁRIO

1. Introdução	14
1.1 Objetivos	15
1.2 Estrutura da Tese	16
2. A Inovação como um Fator de Competitividade	17
2.1 Inovação, Triângulo de Sábato e a Triple Helix	17
3. A Ciência e a Tecnologia no Brasil	25
4. O Programa de P&D do Setor Elétrico	36
4.1 O Processo de Avaliação dos Projetos pela Agência Reguladora do Mercado de Energia Elétrica	39
5. A Seleção de Projetos de P&D	52
5.1 Os Métodos de Seleção de Projetos de P&D	52
5.2 Os Métodos de Seleção de Projetos de P&D Utilizados por algumas Empresas do Setor Elétrico Brasileiro	60
5.2.1 Celpe	61
5.2.2 Eletronorte	67
5.2.3 Copel Distribuição	71
5.2.4 Elektro	72
5.3 Crítica aos Métodos de Seleção de Projetos de P&D Utilizados pelas Empresas Analisadas	75
5.3.1 Celpe	75
5.3.2 Eletronorte	75
5.3.3 Copel Distribuição	76
5.3.4 Elektro	76
6. Proposta de Metodologia de Avaliação de Projetos de P&D para o Setor de Energia Elétrica	77
6.1 Data Envelopment Analysis (DEA)	77
6.1.1 O Modelo CCR	80
6.1.2 O Modelo BCC	81
6.2 Balanced Scorecard (BSC)	83
6.3 Integração das Metodologias DEA e BSC	84

6.4 Modelo de Avaliação DEA-BSC	85
6.4.1 Restrições de Equilíbrio do Modelo DEA-BSC	86
7. Aplicação da Metodologia e Análise dos Resultados	88
7.1 BSC para Avaliação de Projetos de P&D	88
7.2 Aplicação da Metodologia DEA-BSC	94
7.3 Processamento dos Dados e o <i>Ranking</i> dos Projetos	96
8. Conclusões e Recomendações	101
Referências Bibliográficas	
Anexo	

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Fundos Setoriais	28
QUADRO 2: O Programa de P&D Regulado pela ANEEL: Investimentos	41
QUADRO 3: Grau de Importância Atribuída pela Empresa às Atividades com Potencial Inovador	43
QUADRO 4: Grau de Importância Atribuída pela Empresa para a Concretização dos Investimentos em P&D	45
QUADRO 5: Características dos Projetos	46
QUADRO 6: Grau de Integração da Empresa para Execução de P&D.....	47
QUADRO 7: Alinhamento Estratégico	48
QUADRO 8: Grau de Impacto dos resultados da P&D nos últimos 5 anos	49
QUADRO 9: Critérios e Pesos Utilizados para Avaliação dos Projetos de P&D da Eletronorte	69
QUADRO 10: Critérios Utilizados para Avaliação Técnica dos Projetos	73
QUADRO 11: Critérios Utilizados para Avaliação Econômica de Projetos	74
QUADRO 12: Critérios Utilizados para Avaliação Estratégica dos Projetos	74
QUADRO 13: Modelos CCR-I e CCR-O	80
QUADRO 14: Modelos CCR-I e CCR-O Linearizados	81
QUADRO 15: Balanced Scorecard para Avaliação de Projetos de P&D	91
QUADRO 16: Avaliação dos Projetos	95
QUADRO 17: Resultados da Aplicação da Metodologia DEA-BSC	98

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Triângulo de Sábado	19
FIGURA 2: Processos de Seleção da Carteira de Projetos da Celpe	64
FIGURA 3: Fronteiras DEA-CCR e DEA-BCC para o Caso Bidimensional	82
FIGURA 4: As Quatro Perspectivas do BSC	84
FIGURA 5: Sequência da Aplicação DEA-BSC	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Percentuais mínimos de investimentos em programas de P&D e Eficiência energética pelas empresas de energia elétrica.....	37
TABELA 2: Pontuações atribuídas aos critérios de avaliação	39
TABELA 3: Conceito de Projeto em Função da Nota	40
TABELA 4: Escala Verbal para Comparações Pareadas de Atributos.....	55
TABELA 5: Pontuações atribuídas aos insumos do BSC proposto para P&D	94

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Despesa Doméstica Bruta em P&D como porcentagem do PIB em 1995, 2000 e 2004	22
GRÁFICO 2: Investimentos Nacionais em P&D, Total e por Setor, 2000-2008	30
GRÁFICO 3: Investimentos Nacionais em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), em Relação ao Produto Interno Bruto (PIB), Países Selecionados, em anos recentes	31
GRÁFICO 4: Percentual dos pesquisadores em equivalência de tempo integral, por setores institucionais, de países Selecionados, em anos recentes	32
GRÁFICO 5: Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações – Brasil – período 1998-2000, 2001-2003 e 2003-2005	33
GRÁFICO 6: Importância das atividades inovativas realizadas no Brasil – períodos 1998-2000, 2001-2003 e 2003-2005	35
GRÁFICO 7: Projetos submetidos para revisão	42
GRÁFICO 8: Grau de importância atribuída pelas empresas de energia elétrica às atividades com potencial inovador	44
GRÁFICO 9: Grau de importância atribuída pelas empresas de energia elétrica aos diversos fatores para a concretização dos investimentos em P&D nos últimos 5 anos	45
GRÁFICO 10: Grau de importância atribuída às variáveis para seleção dos projetos ..	46
GRÁFICO 11: Grau de interação das empresas para a execução de P&D	47
GRÁFICO 12: Grau de importância atribuída às variáveis estratégicas para a seleção de projetos de P&D	48
GRÁFICO 13: Impacto da P&D nos últimos 5 anos	50

1. INTRODUÇÃO

Na atual sociedade da informação e do conhecimento, a inovação tecnológica vem se destacando como um importante fator de competitividade para as empresas, que através do desenvolvimento de atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), podem adquirir novos conhecimentos e superar dificuldades.

Em países como o Brasil, onde existe um número reduzido de pesquisadores nas empresas, uma forma de proporcionar um ambiente favorável para o surgimento de inovações é através do incentivo à cooperação Universidade-Empresa (UE), que permite divisão entre as instituições, dos custos e riscos envolvidos na execução da P&D.

Embora a base da infra-estrutura científico-tecnológica brasileira tenha sido criada durante as décadas de 1950 e 1960, o país vem encontrando dificuldades no estabelecimento de um crescimento equilibrado entre ciência e tecnologia. Os resultados obtidos pela Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC)¹ reforçam essa idéia, pois mostram que as inovações realizadas na indústria brasileira, se traduzem basicamente na aquisição de máquinas e equipamentos e não através de atividades de Pesquisa e Desenvolvimento.

No caso do setor de energia elétrica, onde o governo federal passou a incentivar a inovação tecnológica, através da Lei 9991/00 que tornou obrigatório os investimentos em projetos de P&D, os resultados obtidos por uma pesquisa realizada por Silva Jr et al. (2009), mostraram que a maior parte desses investimentos visa, principalmente, o cumprimento da lei e além disso, não houve a percepção de impactos positivos gerados por tais investimentos. Esses resultados evidenciaram que a maioria das empresas, por não perceberem a P&D como uma oportunidade de obter retornos significativos para os seus investimentos e também para melhorias nos seus desempenhos, não estão selecionando os projetos de maneira adequada, estão priorizando o atendimento às exigências da agência reguladora, o que não significa necessariamente as melhores escolhas.

A metodologia desenvolvida por Eilat et al. (2006) e sugerida neste trabalho para ser adaptada e aplicada na seleção de projetos de P&D do Setor Elétrico, surge como

¹ A PINTEC é realizada a cada três anos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e consiste em um levantamento sistemático de abrangência nacional de inovação entre as empresas industriais brasileiras

uma oportunidade para a avaliação dos projetos por integrar duas metodologias DEA (Data Envelopment Analysis) e BSC (Balanced Scorecard). Através do DEA, que é um modelo de programação matemática que busca maximizar a eficiência de Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs), a avaliação busca identificar os projetos mais adequados e através do BSC, a avaliação incorpora múltiplos critérios que devem traduzir os objetivos estratégicos das empresas.

Portanto, neste trabalho inicialmente é estudada a importância da inovação para o crescimento econômico, destacando a teoria proposta por Sábato e Botana e a teoria da Triple Helix, para o surgimento de inovações. Em seguida, é estudada a evolução da ciência e tecnologia no Brasil para se verificar como ocorre a articulação dos atores do sistema de inovação nacional. Em seguida será analisado como o governo vem tentando incentivar a inovação em um setor dinâmico da economia, que é o Setor Elétrico onde se busca verificar, através de uma revisão na literatura, as principais metodologias de avaliação e seleção de projetos de P&D utilizadas por algumas empresas do setor. Em seguida, será proposta uma metodologia, baseada na proposta de Eilat et al. (2006), combinando DEA e BSC para a seleção de projetos de P&D. Finalmente, são apresentados e analisados os resultados de uma aplicação da metodologia proposta.

1.1 Objetivo

O objetivo geral da pesquisa é verificar como as empresas do Setor de Energia Elétrica estão avaliando e selecionando seus projetos, e com isso propor um método que permita o direcionamento dos investimentos para os projetos que estejam alinhados aos objetivos estratégicos das empresas e dessa forma possam estimular o surgimento de inovações tecnológicas no setor.

1.2 Estrutura da Tese

O presente trabalho está estruturado, além da introdução e dos objetivos, em seis capítulos:

No capítulo 2, será abordado o tema inovação, destacando a crescente importância da interação entre os principais atores do sistema de inovação (Universidade, Empresa e Governo) para a competitividade das empresas e também o crescimento econômico;

No capítulo 3, será apresentada uma breve descrição da evolução da Ciência e Tecnologia no Brasil;

No Capítulo 4, serão abordadas as medidas adotadas pelo governo brasileiro para incentivar a inovação tecnológica em um setor dinâmico da economia, que é o setor elétrico, onde se destacará a criação dos Programas de P&D do setor;

No capítulo 5, será abordado o tema “seleção de projetos de P&D”, onde serão apresentadas as principais técnicas de seleção disponíveis e as utilizadas por algumas empresas do setor elétrico brasileiro.

No capítulo 6, será apresentada uma proposta de metodologia de seleção de projetos de P&D para as empresas do setor de energia elétrica;

No capítulo 7, será realizada uma simulação da metodologia proposta e também uma análise dos resultados obtidos;

No capítulo 8, serão apresentadas as conclusões e recomendações.

2. A INOVAÇÃO COMO UM FATOR DE COMPETITIVIDADE

2.1 Inovação, Triângulo de Sábato e a *Triple Helix*

Segundo Kupfer e Hasenclever (2002), o estudo da inovação tecnológica ficou bastante tempo esquecido pela análise econômica. Apenas a partir da Segunda Guerra Mundial, as idéias de Joseph Schumpeter em relação à inovação, começaram a florescer e deram origem ao que se denomina Economia da Inovação². Schumpeter se destacou no estudo do papel da tecnologia na sociedade. No seu livro intitulado *Teoria do Desenvolvimento Econômico*, publicado em 1912, atribuiu às inovações transformadoras o crescimento econômico, pois ao serem introduzidas na atividade econômica essas inovações levariam ao rompimento do equilíbrio alcançado no fluxo circular³. Desse modo, a evolução econômica seria adquirida através de rupturas e descontinuidades ocasionadas pela introdução das inovações.

Para Schumpeter, as inovações corresponderiam a modos totalmente diferentes de produzir e combinar diferentes insumos e habilidades. Como exemplos de inovações, destacou:

- 1) A introdução de um novo bem;
- 2) A descoberta de um novo método de produção;
- 3) Abertura de um novo mercado;
- 4) A descoberta de uma nova fonte de oferta de matéria-prima;
- 5) Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria.

De acordo com a idéia Schumpeteriana, o empresário dotado de qualidades excepcionais e postura empreendedora e inovadora seria capaz de conceber as inovações radicais (Dagnino, 2004). Desse modo, o dinamismo do sistema econômico dependeria do surgimento do empresário, capaz de criar novas combinações. Nesse ambiente, havia pouco espaço para a política pública em favor da inovação.

² Economia da Inovação é o ramo da Economia industrial que possui como objeto de estudo as inovações tecnológicas e organizacionais introduzidas pelas empresas para enfrentarem a concorrência e acumularem riquezas (Kupfer; Hasenclever, 2002).

³ Artificio de análise utilizado para criar um “protótipo” de sistema econômico, a partir do qual o conhecimento pode ser aprofundado.

Alguns anos depois, em setembro de 1968, Jorge Sábato e Natalio Botana apresentaram o trabalho intitulado “Ciência e Tecnologia no Desenvolvimento Futuro da América Latina” na *World Order Models Conference*, realizada na Itália, onde descreveram a importância da cooperação Universidade-Empresa para a inovação tecnológica e a sua relevância para o desenvolvimento econômico e social da América Latina (Plonski, 1995).

A proposta dos pesquisadores para a superação do subdesenvolvimento consistia em uma ação decisiva no campo da pesquisa científico-tecnológica. Essa proposta estava assentada em quatro argumentos:

- (i) O processo de absorção de tecnologia seria mais eficiente se o país receptor possuísse uma sólida infra-estrutura científico-tecnológica;
- (ii) A especificidade das condições de cada país para conseguir uma absorção mais inteligente dos fatores de produção;
- (iii) A necessidade de exportar bens com maior valor agregado;
- (iv) E o fato de que ciência e tecnologia são catalisadores da mudança social.

De acordo com Sábato e Botana (1968), a interação entre ciência e tecnologia seria uma condição essencial para o processo de desenvolvimento. Esse processo resultaria da ação coordenada do governo, da estrutura produtiva e da infra-estrutura científico-tecnológica, sendo representado graficamente por meio de um triângulo, onde o governo ocuparia o vértice superior enquanto a estrutura produtiva e a infra-estrutura científico-tecnológica ocupariam os vértices da base. Nascia então, o Triângulo de Sábato (Plonski, 1995).

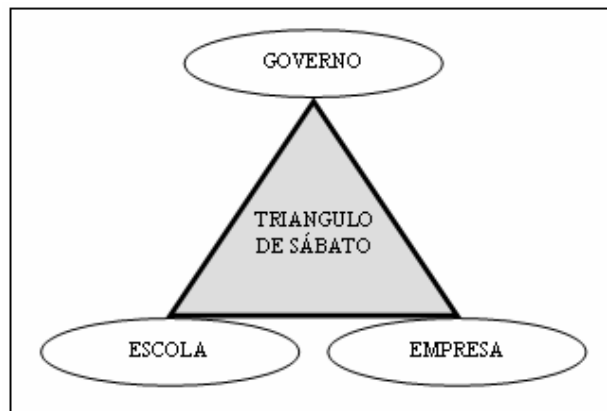


Figura1: Triângulo de Sábato
Fonte: SÁBATO e BOTANA, 1968.

Para Sábato e Botana (1968, apud Plonski, 1995) haveria três tipos de relações entre os vértices do Triângulo:

- Intra- relações – Ocorridas entre os componentes de cada vértice;
- Inter- relações – Estabelecidas deliberadamente entre pares de vértices, podendo ser verticais (entre o governo e cada um dos vértices da base) e horizontais (entre a infra - Estrutura científico - tecnológica e a estrutura produtiva);
- Extra- relações – Criadas entre uma sociedade e o exterior.

Desse modo, uma sociedade deveria ter articulado o seu triângulo de forma integrada não apenas para possuir a capacidade de criação, mas também para responder aos triângulos externos.

Nesse contexto, a inovação toma um sentido mais amplo, indo além do desenvolvimento de novos produtos nas empresas, passando a considerar a criação de novos arranjos inter-institucionais que propiciem condições favoráveis para as inovações. Essa idéia de interação entre os principais atores do sistema de inovação proposta por Jorge Sábato e Natalio Botana, vem se consolidando e adquirindo um papel cada vez mais importante para o favorecimento da inovação e o desenvolvimento econômico. Autores como Campos (2003), afirmam que nos últimos 50 anos, a teoria da inovação industrial vem se movendo da análise

das firmas isoladas, para a idéia de *Sistema Nacional de Inovação*, que envolve um conjunto de agentes e instituições, articuladas com base em práticas sociais, vinculadas à atividade inovadora no interior das nações, sendo as firmas privadas o coração de todo o sistema.

À partir da década de 1970, com a produção e a apropriação da riqueza social cada vez mais baseada no conhecimento e na informação e além disso, com o aumento no ritmo de introdução de novos produtos e processos no sistema produtivo, houve uma maior valorização dos agentes econômicos que acumularam conhecimentos. Desse modo, a Pesquisa e Desenvolvimento⁴ (P&D) adquiriu um papel importante, seja para superação de obstáculos, para apropriação de ativos e conhecimentos complementares.

De acordo com o Manual Frascati⁵ (2002), existem três categorias de P&D:

Pesquisa Básica - trabalho teórico ou experimental empreendido primordialmente para aquisição de uma nova compreensão dos fundamentos subjacentes aos fenômenos e fatos observáveis, sem ter em vista nenhum uso ou aplicação específica.

Pesquisa Aplicada - é também investigação original concebida pelo interesse em adquirir novos conhecimentos. É, entretanto, primordialmente dirigida em função de um fim ou objetivo prático ou específico;

Desenvolvimento Experimental - É o trabalho sistemático, delineado a partir do conhecimento preexistente, obtido através da pesquisa e/ou experiência prática, e aplicado na produção de novos materiais, produtos e aparelhos, no estabelecimento de novos processos, sistemas e serviços, e ainda no substancial aperfeiçoamento dos já produzidos ou estabelecidos.

É importante ressaltar que a categoria P&D é mais restrita do que a categoria C&T, pois esta última abrange uma série de outras atividades, tais como: ensino em

⁴ Pesquisa e Desenvolvimento Experimental (P&D), refere-se a união da pesquisa científica com a tecnológica. De acordo com o Manual Frascati “P&D consiste no trabalho criativo empreendido em base sistemática com vistas a aumentar o estoque de conhecimentos, incluindo conhecimentos do homem, da cultura e da sociedade e no uso deste estoque para perscrutar novas aplicações” (OCDE, 2002). O elemento crucial na identificação da P&D é a presença de criatividade e inovação.

⁵ Manual elaborado pela OCDE para auxiliar os países a compilar e analisar dados estatísticos referentes à pesquisa científica e tecnológica.

todos os níveis, coleta de informações econômicas e sociais, sobre o meio ambiente, recursos naturais, serviços de engenharia em geral, consultoria em geral, consultoria organizacional, normalização, aferição de qualidade e muitas outras. Atividades como essas, além de fornecerem insumos essenciais para a realização de programas sistemáticos de P&D, contribuem para um ambiente propício à especulação intelectual de todo tipo. Portanto, quando se fala em inovação, não significa necessariamente a atividade de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), dado que a inovação pode ser obtida por difusão.

A valorização da P&D veio acompanhada do crescimento do risco tecnológico, isso porque essa tarefa envolve um conjunto complexo de atividades que possuem um elevado grau de incerteza quanto às perspectivas e aos múltiplos fatores que influenciam estas incertezas. Nesse sentido, a cooperação universidade-empresa aparece como um importante instrumento para geração de ciência e tecnologia por proporcionar uma divisão dos custos e riscos entre as duas instituições.

Nesse contexto, o governo pode desempenhar um papel fundamental que é interligar as organizações diretamente envolvidas como o processo de geração e difusão do conhecimento, promovendo incentivos regulatórios e apoios financeiros. De acordo com Kuhlmann (2008):

[...] Não há controvérsia importante quanto a contribuição da intervenção e dos investimentos públicos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a inovação e a competitividade.

Dado o reconhecimento da importância do assunto, a partir dos anos 1990 a inovação se tornou um dos eixos centrais da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE)⁶ (Plonski 2005).

Na pesquisa básica, os resultados são válidos para áreas amplas e de interesse geral e na pesquisa aplicada, os resultados são válidos, basicamente para um número

⁶ A OCDE é uma organização internacional e inter-governamental que reúne os 30 países mais industrializados da economia do mercado para trocar informações e definir políticas com o objetivo de maximizar o crescimento econômico e o desenvolvimento dos países membros que são: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Coréia, Dinamarca, Espanha, EUA, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo México, Noruega, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suécia, Suíça e Turquia.

limitado de produtos, operações, métodos e sistemas. Desse modo, os resultados obtidos na pesquisa básica são, geralmente, divulgados. Já os resultados da pesquisa aplicada podem vir a ser patenteados ou mantidos em segredo.

O Gráfico 1, mostra a evolução das despesas com P&D em alguns países da OCDE e União Européia. Pode-se verificar em vários países o aumento dessas despesas como porcentagem do PIB, o que reflete a importância atribuída aos investimentos nessa área.

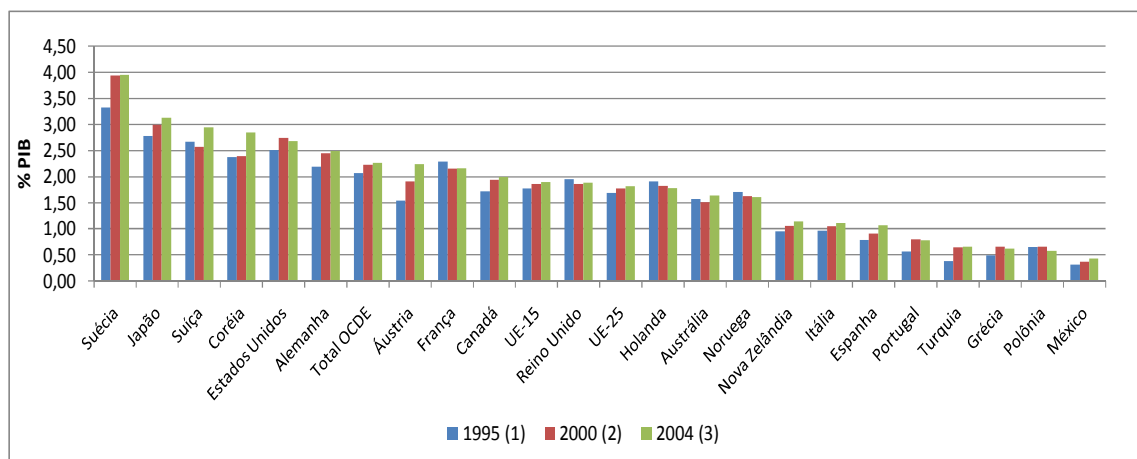


Gráfico 1: Despesa Doméstica Bruta em P&D como Porcentagem do PIB em 1995, 2000 e 2004.

Fonte: OECD: Main Science and Technology Indicators database, July 2006.

- Notas:** 1) 1996 ao invés de 1995 para Japão e Suíça;
1999 ao invés de 2000 para Grécia, Noruega, Nova Zelândia e Suécia;
2) 2002 para Austrália e Turquia, 2003 para Grécia, Itália, México, Nova Zelândia, Portugal, Suécia, Reino Unido, UE-15 e UE-25.

De acordo com Arbix e Mendonça (2005), o volume de gastos com P&D é um indicador que sintetiza o esforço dos países para gerarem inovações. Estudos empíricos realizados no âmbito da OCDE demonstraram que gastos em P&D contribuem para aumentar o produto final. Essas evidências favoreceram a promoção do desenvolvimento tecnológico através da adoção de incentivos ao gasto privado em P&D.

Na década de 1990, Henry Etzkowitz e Leydesdorff propuseram um “novo” modelo de inovação que veio reforçar a idéia da interação Universidade- Indústria- Governo, proposta inicialmente por Sábato e Botana. Esse modelo foi Chamado de *Triple Helix*, ou Hélice Tripla (H-T), e também procurou integrar ciência e tecnologia para o desenvolvimento econômico. Diferente do modelo tradicional, onde o fluxo do conhecimento ocorria num

sentido único da pesquisa básica para a inovação, este se baseou numa espiral onde o fluxo de conhecimento ocorreria também da indústria para a universidade.

Para Etzkowitz (1996), o modelo teria quatro níveis de atuação. O primeiro nível ocorreria quando os relacionamentos entre universidade, indústria e governo são acompanhados por transformações internas em cada uma dessas esferas. O segundo apresenta a influência de uma hélice sobre a outra. O terceiro apresenta as relações bilaterais e trilaterais que podem surgir no processo de interação. O quarto nível de atuação, refere-se ao efeito recursivo dos outros três níveis sobre as instituições sociais assim como sobre a própria ciência.

Através da atribuição de uma nova missão para a universidade, que seria a de co-responsável pelo desenvolvimento local e regional, o modelo associa à H-T a segunda revolução acadêmica⁷. Dessa forma, as universidades deveriam apoiar o desenvolvimento das competências essenciais dos indivíduos. O setor produtivo, por sua vez, deveria assegurar que as inovações fossem transformadas em produto e o governo ficaria encarregado de garantir a infra-estrutura.

De acordo com Etzkowitz (2002), o modelo H-T vem apresentando evolução ao longo do tempo, devido às transformações que vem alterando a natureza e o comportamento dos três atores e também das suas relações. Com isso, novas formas geométricas vem sendo utilizadas para representá-lo.

As idéias difundidas através do Triângulo de Sábato e também da *Triple Helix*, apoiaram o estreitamento das relações entre ciência e tecnologia. Nesse contexto, a indústria passou a demandar funcionários cada vez mais especializados, sendo conduzidas a tomar medidas como; aumento dos investimentos em P&D; Instalação de laboratórios especializados e departamentos de pesquisa ou buscando maneiras de se relacionar com as universidades.

A seguir será abordado a origem e desenvolvimento do Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia no Brasil, onde se tentará verificar como o país vem tentando articular a

⁷ A primeira revolução acadêmica ocorreu no século XIX, com a introdução das atividades de pesquisa nos sistemas tradicionais de ensino.

universidade a empresa e o governo através da sua política de C&T na tentativa de superar o subdesenvolvimento.

3. A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA NO BRASIL

De acordo com Luz e dos Santos (2007, apud Santos e Ferraz 2002), a base institucional para o desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil foi criada durante as décadas de 1950 e 1960, através da criação do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq)⁸ e da fundação da Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), logo no início do período, e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e do Fundo Nacional de Desenvolvimento tecnológico (FNDCT), no final da década de 1960. Desde então, o país vem buscando efetivar políticas de desenvolvimento científico e tecnológico.

Os objetivos do CNPq e da Capes, seriam complementares; de um lado o CNPq fomentaria a pesquisa e do outro a CAPES apoiaria a formação de competências para a realização das pesquisas e ficaria encarregada de implementar e organizar a atividade científica.

Arbix e Mendonça (2005) afirmam que apenas no início da década de 1970, com o I Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) referente ao período 1972-1974, passou a haver um plano referente à Ciência e Tecnologia explicitado como meta de política pública.

Em 17 de maio de 1972, no governo Médice, foi publicado o Decreto n. 70.553 determinando que as atividades na área de C&T fossem organizadas sob forma de Sistema, designando o CNPq como órgão central.

Em abril de 1973 foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para o desenvolvimento de pesquisas voltadas para o agro-negócio.

A elaboração do Primeiro Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (I PBDCT), aprovado pelo Decreto n. 72.527 em julho de 1973 para o período 1973-1974 previa as seguintes ações:

I) Estabelecimento de um complexo tecnológico no Rio de Janeiro, para atuar na área de petróleo, energia, recursos minerais, energia nuclear e siderurgia;

⁸ O CNPq teve, mais tarde, o nome alterado para Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico mas a sigla permaneceu a mesma.

II) Criação de um programa de pesquisa industrial com o objetivo de transferir tecnologia para o setor privado;

III) Política de transferência para o Brasil, de tecnologia externa.

Com a chegada do novo governo liderado pelo presidente Ernesto Geisel, em março de 1974, foi iniciado o processo de elaboração do II PND e também do II PBDCT.

De acordo com Arbix e Mendonça (2005), o II PBDCT contou com uma grande ampliação no volume de recursos, que significou um aumento médio anual de cerca de oitenta por cento em relação ao realizado no I PBDCT.

A orientação básica do II PBDCT, segundo documento oficial, era de “transformar C&T em força motora do processo de desenvolvimento e modernização do país, industrial, econômica e socialmente”. Para isso, seria “necessário preservar o equilíbrio entre a pesquisa fundamental, pesquisa aplicada e desenvolvimento, como estágios de um processo orgânico articulado com a economia e a sociedade”. Esse projeto pretendia tornar o país auto-suficiente na área de C&T e na indústria.

Na prática, o que ocorreu foi o direcionamento de maior parte dos recursos para programas de desenvolvimento científico e da pós-graduação, em detrimento da ciência aplicada e do conhecimento com fins econômicos. O resultado desse processo foi o esvaziamento técnico e financeiro da FINEP e do FNDCT, ao longo da década de 1980 (Arbix e Mendonça, 2005).

Com a criação do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), em 1985, houve o ressurgimento do debate da inovação tecnológica, trazendo à tona a discussão de que os setores estratégicos deveriam ser os propulsores do desenvolvimento no futuro e por isso deveriam contar com o apoio do Estado. O MCT absorveu em sua estrutura a FINEP, CNPq e suas unidades de pesquisa. Coube ao MCT também, a recuperação de recursos para o FNDCT, porém, as dificuldades nessa tarefa levaram o MCT a criar um novo instrumento de financiamento, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), que vigorou de 1985 a 1998, através de recursos de empréstimos do Banco Mundial (BIRD) e contrapartidas do Tesouro Nacional.

Em 1988, a nova constituição autorizou a criação de Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs) em todos os estados brasileiros. Embora a Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), já estivesse sido criada em 1962. As FAPs embora possuam capacidades diferenciadas de ação, por dependerem das políticas dos governos estaduais, possuem um grande potencial de atuação nas regiões dos estados, o que as tornam importantes para o desenvolvimento equilibrado das pesquisas científicas e tecnológicas no país.

A redução dos recursos do FNDCT, do fomento à pesquisa e também a interrupção do PADCT, acarretaram uma grande descontinuidade na política de C&T. De acordo com Rezende (2005), esses fatos ocorreram devido às dificuldades econômicas crescentes e também da pouca importância atribuída ao setor de C&T pelas principais autoridades federais da área econômica e também da falta de evidências mais concretas da influência da C&T para o crescimento e desenvolvimento do país.

As dificuldades econômicas enfrentadas pelo país na década de 1980 em decorrência, entre outras razões, da Crise do Mundial (devido aos choques nos preços do barril de petróleo em 1973 e 1979) resultaram no esgotamento do modelo de industrialização por substituição de importações, induzido e sustentado pelo Estado. Adicionando a esses fatos o esvaziamento dos institutos tecnológicos, ocorreu na década de 1980 uma desarticulação do sistema produtivo de C&T.

Durante os anos de 1990, houve no país uma ampla reforma do Estado, cujo principal objetivo era redefinir o seu papel na economia. Essa reforma resultou em privatizações de diversas empresas públicas de setores de infra-estrutura e o Estado passou de executor para regulador das atividades econômicas nesses setores. Desse modo, não houve espaço para políticas efetivas em relação ao setor industrial, pois, acreditava-se que a concorrência poderia resolver o problema da competitividade. Somente em 1999, já no governo Fernando Henrique Cardoso (FHC), foi iniciado um processo de retomada da adoção de políticas de inovação através dos Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia.

Os Fundos Setoriais se tornaram um instrumento de financiamento de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Foram criados para garantir estabilidade no fornecimento de recursos para o sistema de C&T nacional, servindo como fontes

complementares para o financiamento dos setores estratégicos para o país⁹. Porém passaram a constituir quase a totalidade das receitas do FNDCT.

Atualmente existem 17 Fundos, sendo 15 relativos a setores específicos e 2 transversais, como pode ser verificado no Quadro 1:

Quadro 1- Fundos Setoriais

Fundos Setoriais	Setor de Atuação
CT-AERO	Aeronáutica
CT-AGRO	Agronegócio
CT – AMAZÔNIA	Região Amazônica
CT – AQUA	Transporte Aquaviário
CT – BIOTEC	Biotecnologia
CT – ENERG	Energia
CT – ESPACIAL	Espacial
CT – HIDRO	Recursos Hídricos
CT – INFO	Tecnologia da Informação
CT – INFRA	Transversal - Instituições de Ensino Superior
CT – MINERAL	Mineral
CT – PETRO	Petróleo e Gás Natural
CT – SAÚDE	Saúde
CT – TRANSPORTE	Transportes Terrestres
FSA	Setor Cinematográfico e Áudio-visual
FUNTEL	Telecomunicações
CT – VERDE AMARELO	Transversal – interação universidade empresa

Fonte: MCT, 2009.

Os recursos dos Fundos Setoriais são alocados no FNDCT¹⁰ e administrados pela Finep, sua Secretaria Executiva. Entre os objetivos desses fundos pode-se destacar a tentativa de aproximar o setor produtivo e a academia e também o fomento à cooperação entre empresas e centros de pesquisa.

A criação dos Fundos Setoriais consistiu, de acordo com Rezende (2005), no avanço mais importante para o setor de C&T, no final da década de 1990.

⁹ Para maiores informações sobre os Fundos Setoriais, consultar www.finep.gov.br

¹⁰ Exceto o Fundo para Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (FUNTEL), gerido pelo Ministério das Comunicações.

Em 2001, a realização da II Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação significou um evento importante que resultou na publicação do Livro Branco de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I), que mostrou os desafios para a consolidação do Sistema Nacional de C,T&I, apontou diretrizes de longo prazo para o setor e ainda contribuiu para a formulação da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação do governo do presidente Luiz Inácio Lula da Silva.

Em março de 2004, com a inclusão da tecnologia na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), o atual governo ratificou e ampliou a presença pública da tecnologia na agenda econômica. Para Plonski (2005), uma medida que evidenciou esse fato foi a Lei n. 10.973/2004, conhecida como “Lei da Inovação”.

A PITCE foi elaborada para corrigir desequilíbrios na indústria causados pela abertura econômica, valorizando a eficiência e a competitividade industrial no mercado interno e externo, visando promover uma maior articulação entre os setores; produtivo, universidade e institutos de pesquisa, Campanário et al. (2005). A PITCE faz parte de um conjunto de ações que compõem a estratégia de desenvolvimento do governo e está articulada também com os investimentos planejados para infra-estrutura.

A Lei da Inovação foi promulgada em dezembro de 2004 e dispôs sobre incentivos à inovação e a pesquisa científica e tecnológica no sistema produtivo. Essa lei, veio ao encontro da PITCE no sentido de potencializar a aplicação dos recursos em P&D nas instituições públicas e nas empresas, visando aumentar o desenvolvimento e a competitividade dos produtos brasileiros.

Em novembro de 2007, através do Decreto n. 6.259 foi instituído o Sistema Brasileiro de Tecnologia – SIBRATEC. O objetivo desse sistema era reunir um conjunto de institutos de pesquisa tecnológica e centros universitários de competência industrial, federais, estaduais e privados, organizados em forma de redes temáticas em todo o território nacional, para dar suporte ao desenvolvimento de empresas industriais e de serviços, através da realização de atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, prestação de serviços tecnológicos, extensionismo tecnológico, assistência e transferência de tecnologia de forma a proporcionar às empresas nacionais uma maior competitividade, priorizando os setores da PITCE.

As mudanças de governo aliadas às variações nas condições econômicas do país nas últimas décadas trouxeram também, mudanças na prioridade atribuída à Ciência e Tecnologia, o que provocou dificuldades na evolução e consolidação de um Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia no país.

Mas, a partir do final da década de 1990, pode-se verificar que os investimentos nacionais em P&D estão aumentando, conforme mostra o Gráfico 2.

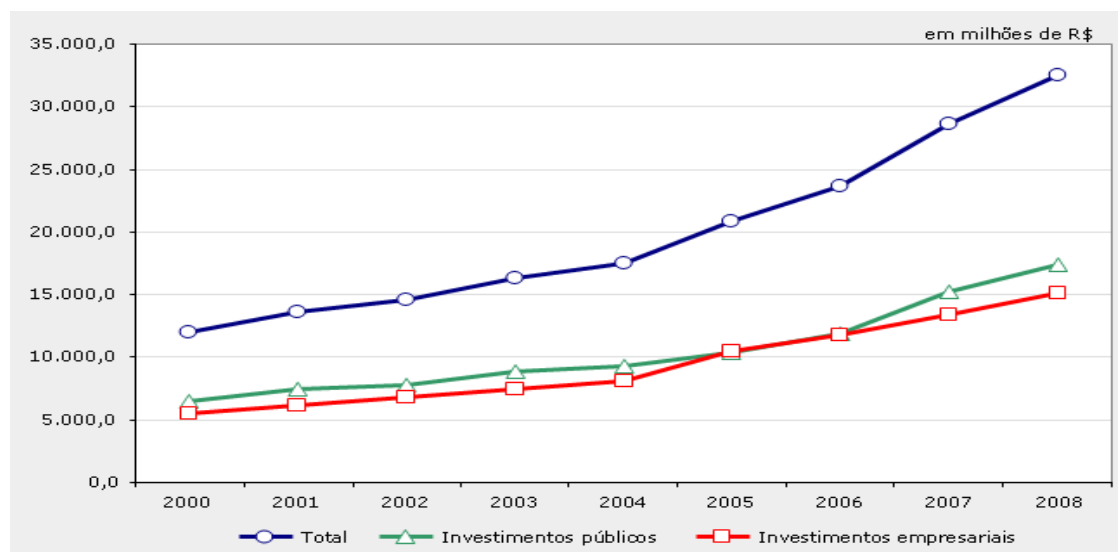


Gráfico 2 - Investimentos nacionais em P&D, total e por Setor, 2000-2008

Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), acesso em novembro de 2009.

Embora os resultados apresentados no Gráfico 2 sejam animadores, ainda existe um longo caminho a trilhar. Isso porque uma análise do valor percentual que os investimentos representam em relação ao PIB, mostra que o valor ainda é pequeno.

O Gráfico 3, mostra os valores percentuais investidos pelo Brasil e alguns países em P&D em relação ao PIB.

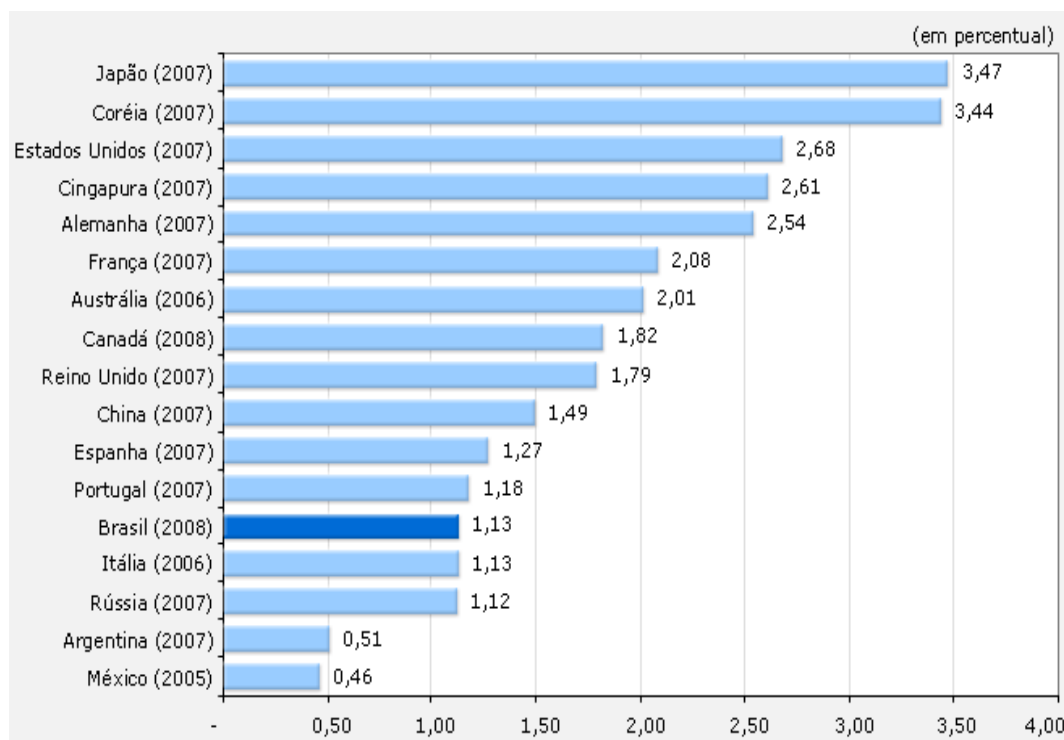


Gráfico 3 - Investimentos nacionais em pesquisa e desenvolvimento (P&D), em relação ao produto interno bruto (PIB), países selecionados, em anos recentes.

Fonte: MCT, acesso em novembro 2009.

Em 2008, o Brasil investiu 1,13% do PIB em Pesquisa e Desenvolvimento, o que representa pouco quando comparado a países como a Coréia, que investiu 3,44%, e China que investiu 1,49% ambos no ano de 2007.

Além do baixo investimento relativo em P&D o país precisa superar a carência de atividades de pesquisa no sistema produtivo. Conforme discutido anteriormente, houve no Brasil uma priorização da pesquisa científica, enquanto a tecnologia ficou em segundo plano, pelo menos até o final da década de 1970. Essa assimetria, restringiu a pesquisa científica e tecnológica nacional basicamente ao ambiente acadêmico, como pode ser verificado através do Gráfico 4.

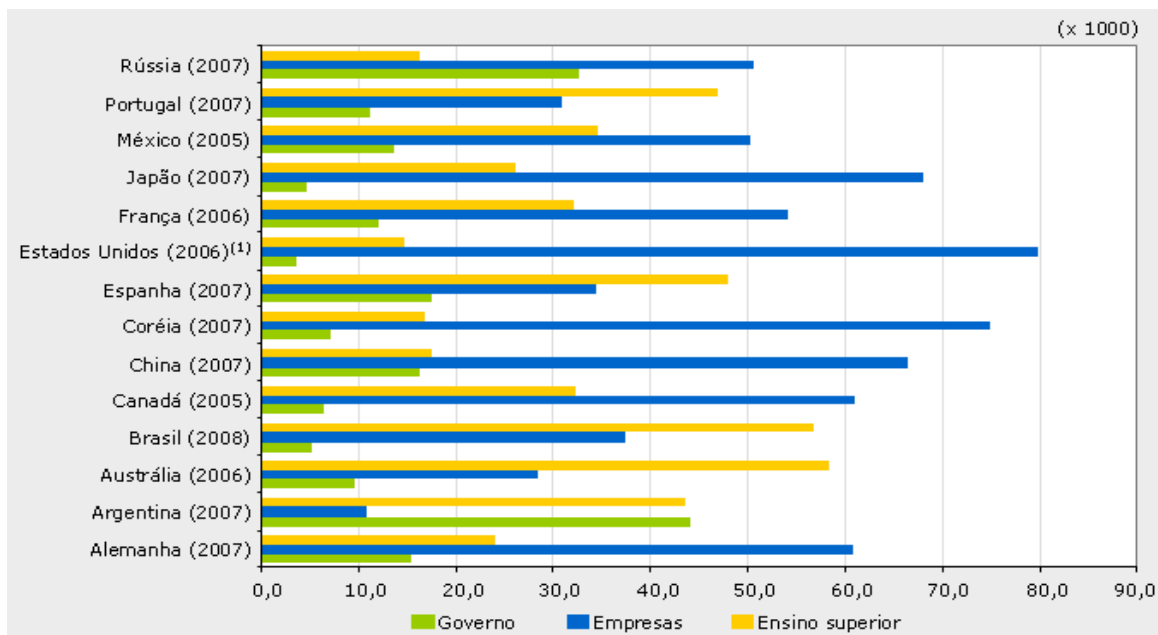


Gráfico 4: Percentual de pesquisadores em equivalência de tempo integral, por setores institucionais, de países selecionados, nos anos recentes.

Fonte: MCT, acesso em 02/12/2009.

Nota: Os valores mais recentes disponíveis para o governo são de 2002, para as empresas são 2006 e para o setor ensino superior são de 1999.

De acordo com os dados recentes do MCT, apresentados no Gráfico 4, existe no Brasil uma maior concentração de pesquisadores nas instituições de ensino superior, enquanto na maioria dos países ocorre o inverso. Para Cruz (2005, p. 422) quando se prioriza a academia, deixa-se de lado o setor empresarial, que é o componente capaz de transformar ciência em riqueza. Isso demonstra a necessidade de desenvolvimento de mecanismos que possibilitem a criação e o desenvolvimento de capacitações empresariais em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação nas empresas.

Uma comparação do Brasil com países emergentes como China e Coreia, pode-se verificar que nesses últimos o lugar privilegiado da inovação é a empresa.

Como não há uma estrutura de apoio interinstitucional consolidada, que busque aproximar universidade-empresa, muitos autores acreditam que fica difícil reverter o

baixo índice de inovações gerada no país. Os dados agregados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC)¹¹, apresentados no Gráfico 5, contribuem pra essa idéia:

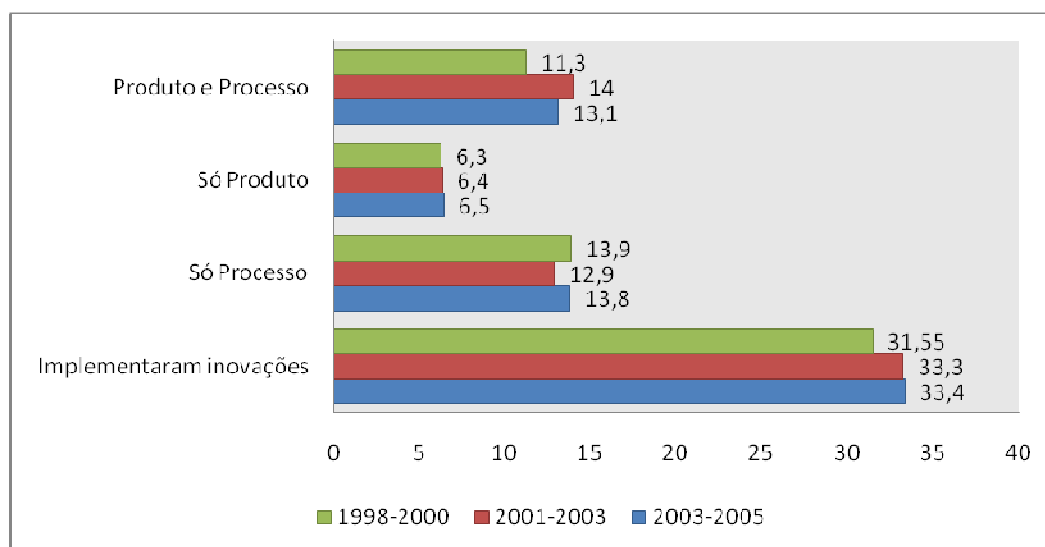


Gráfico 5 – Participação Percentual do Número de Empresas que Implementaram Inovações – Brasil – período 1998-2000, 2001-2003 e 2003-2005.

Fonte: IBGE/PINTEC 2000, 2003, 2005.

A taxa geral de inovação é um indicador importante para medir o dinamismo tecnológico de um país e corresponde à relação entre o número de empresas que realizaram algum tipo de inovação em determinado período e o número total de empresas do universo considerado. O Gráfico 5, apresenta os resultados obtidos nas pesquisas referentes aos períodos 1998-2000, 2001-2003 e 2003-2005.

De acordo com os resultados obtidos, aproximadamente 1/3 das empresas industriais brasileiras, implementaram algum tipo de inovação durante as três pesquisas realizadas que englobam o períodos 1998-2005. Na PINTEC 2000, a taxa de inovação foi de 31,55%, na PINTEC 2003 houve uma modesta elevação para 33,3% e na PINTEC 2005 essa taxa ficou quase inalterada, 33,4%.

¹¹ A PINTEC é uma pesquisa nacional realizada pelo IBGE com o apoio da FINEP e do MCT, com o objetivo de fornecer informações para a construção de indicadores nacionais e regionais das atividades de inovação tecnológica das empresas brasileiras com 10 ou mais pessoas ocupadas, tendo como universo de investigação as atividades industriais.

É importante ressaltar o conceito de inovação adotado pela pesquisa, que abrange desde o que é novidade para o mercado nacional como a inovação sob a concepção da própria empresa, ou seja, que não representa uma novidade para o mercado. Dessa forma, a taxa de inovação reflete o esforço próprio de capacitação tecnológica, somado ao de modernização, através de outras formas de aquisição do conhecimento, o que amplia o conjunto das empresas inovadoras.

Essa situação é preocupante porque a capacidade das empresas de competir em uma economia aberta depende cada vez mais da capacidade de gerar inovações.

Através do Gráfico 6, que mostra a visão das empresas quanto ao grau de importância dos vários tipos de esforços inovativos, percebe-se que para as empresas, a inovação é feita principalmente através da aquisição de máquinas e equipamentos (76,6%, na PINTEC 2000; 80,3%, na PINTEC 2003 e 81,3% na PINTEC 2005) e também treinamento, que apresentou a segunda colocação (59,1%, na PINTEC 2000; 54,2% na PINTEC 2003 e 59,2% na PINTEC 2005).

O que chamou a atenção na análise do Gráfico 6, foi a importância decrescente atribuída às atividades internas de P&D nas pesquisas e a pouca importância atribuída a aquisição externa de P&D.

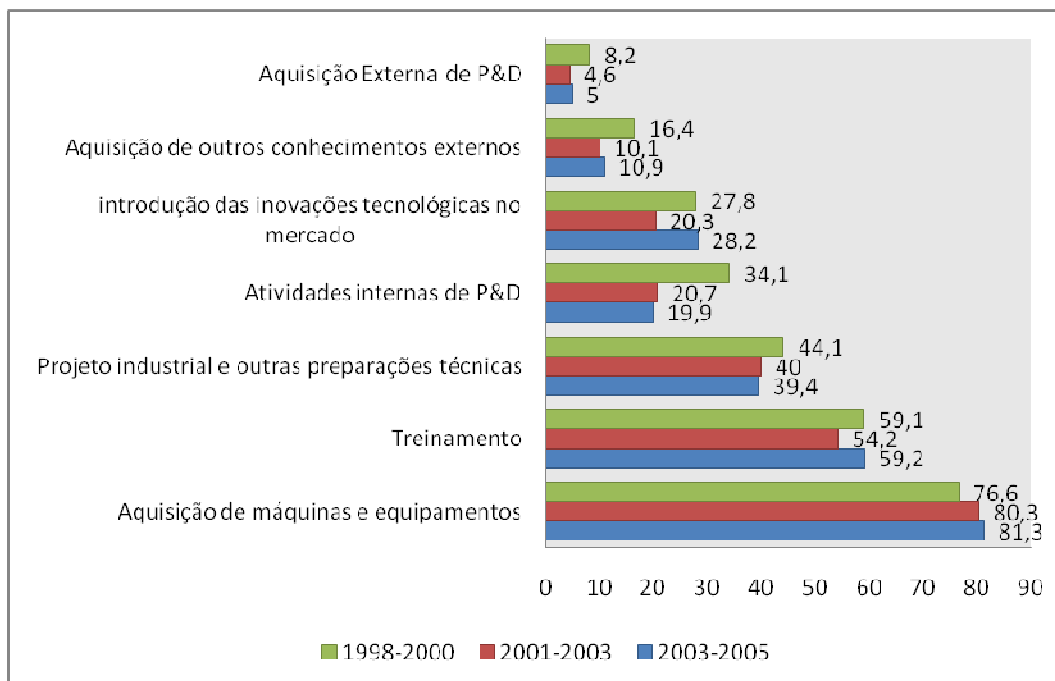


Gráfico 6 – Importância das atividades inovativas realizadas Brasil- períodos 1998-2000, 2001-2003 e 2003-2005

Fonte: IBGE/PINTEC 2003, 2005.

Esses resultados mostram que, dentre o conjunto de firmas inovadoras brasileiras, a cooperação Universidade-Empresa tem sido pouco utilizada como estratégia para gerar inovações.

Como pôde ser verificado ao longo do capítulo, embora a base institucional para o desenvolvimento científico e tecnológico tenha sido criada durante as décadas de 1950 e 1960, a idéia de aproximar ciência e tecnologia ainda está longe de se concretizar. À partir da criação dos fundos setoriais, no final da década de 1990 é que houve a retomada de uma iniciativa por parte do governo de se estabelecer uma política de estímulo a C&T, através da garantia da disponibilidade de recursos e incentivos à inovação. Todavia, os resultados obtidos através da PINTEC mostram o fraco desempenho das empresas brasileiras.

No próximo capítulo será iniciado um estudo sobre o setor de energia elétrica, que é um setor dinâmico da economia e que possui uma função estratégica de prestador de um serviço essencial à população e propulsor do desenvolvimento econômico. Serão discutidas algumas medidas adotadas pelo governo para garantir os investimentos em P&D no setor e também resultados obtidos com a adoção de tais medidas.

4. O PROGRAMA DE P&D NO SETOR ELÉTRICO

Até o primeiro choque do petróleo no início da década de 1970, não havia nenhuma atividade sistemática e integrada em pesquisa para o setor de energia elétrica no Brasil. Com a criação do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) em 1974, como consequência do Primeiro Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, foi dado início a um esforço sistemático de pesquisa para atender as demandas provenientes do setor e, ao mesmo tempo, privilegiar pesquisas de mais longo prazo. Com a criação do CEPEL, o governo pretendia diminuir a carga exercida pelo pagamento de royalties, patentes e assistência técnica no balanço de pagamentos e, também, dotar as empresas de energia elétrica de um centro de pesquisas tecnológico exclusivo, em função das crescentes necessidades e desafios impostos pela demanda por serviços de eletricidade requeridos pelo avanço da industrialização e urbanização (Memória da Eletricidade, 1991 apud Chapieski, 2007).

No governo de Fernando Henrique Cardoso, na década de 1990, foi iniciado um processo de privatização do setor de energia elétrica. Desse modo, o setor privado recebeu permissão para operar empresas de serviço público com base em concessões. Para regular e fiscalizar as atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que foi instituída com a promulgação da Lei 9.427, em dezembro de 1996.

De acordo com Baer e Mc Donald (1997), o governo tinha a meta de criar concorrência entre as empresas privadas na geração e distribuição de eletricidade, mantendo o setor público à frente das linhas de transmissão.

Para incentivar a Pesquisa e Desenvolvimento no setor, o governo brasileiro, através de cláusula específica de Contratos de Concessão e da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, obrigou as concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 0,75% (setenta e cinco centésimos por cento) da sua Receita Operacional Líquida – ROL, em P&D e 0,25% (vinte e cinco centésimos por cento) em eficiência energética, segundo regulamentos estabelecidos pela ANEEL.

Com essa medida, o governo passou a incentivar o desenvolvimento de uma cultura de atividades de P&D nas empresas do setor elétrico, tentando aproximar o setor produtivo da academia para dessa forma trazer os impactos benéficos da Pesquisa e Desenvolvimento para o crescimento sustentável do setor.

De acordo com Lawton Smith (2003, apud Silva Jr. et al. 2009):

[...] As tentativas de engajamento de diferentes atores do setor privado e público a determinadas diretrizes de desenvolvimento tecnológico têm como argumento o fato da existência de conexões entre iniciativas individuais mediadas e reguladas por entes regulatórios tenderem a trazer vantagens práticas para o conjunto de organizações envolvidas.

Os valores percentuais mínimos de aplicação da Receita Operacional Líquida das empresas do setor de energia elétrica em projetos de P&D, estabelecidos pela Lei 9.991, passaram por várias alterações, prevalecendo atualmente os determinados pela Lei n. 11.465, de 28 de março de 2007, conforme apresentados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Percentuais Mínimos de Investimentos em Programas de Pesquisa e Desenvolvimento e de Eficiência Energética pelas Empresas de Energia Elétrica.

Empresa	Fase Atual			Fase Posterior		
	Pesquisa e desenvolvimento (% da ROL)	Eficiência energética (% da ROL)	Vigência	Pesquisa e desenvolvimento (% da ROL)	Eficiência energética (% da ROL)	Vigência
Geração	1,00	-	Até 31/12/2010	1,00	-	A partir de 1º /01/2011
Transmissão	1,00	-		1,00	-	
Distribuição	0,50	0,50		0,75	0,25	

Fonte: Manual de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, 2008.

Com a Lei nº 11.465 de 2007, os investimentos a serem realizados em Pesquisa e Desenvolvimento pelas distribuidoras de energia, devem ser organizados da seguinte maneira:

- 0,2% da ROL destinado ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT;

- 0,2% da ROL para projetos de P&D, segundo regulamentos estabelecidos pela Aneel;
- 0,1% da ROL restantes para o Ministério de Minas e Energia – MME.

Dadas as exigências estabelecidas pela ANEEL para que as empresas de energia elaborem seus projetos de P&D, alguns autores destacam que, os programas de P&D foram inicialmente, encarados pelos administradores das empresas apenas como mais um encargo. Isso certamente por não haver uma preparação para se implantar uma gestão bem estruturada. Consequentemente, as primeiras carteiras de projetos foram implementadas praticamente sem planejamento e sem critérios de seleção mais apurados. Desse modo, os programas de P&D das concessionárias, recorreram à experiência das instituições de pesquisa tradicionais do país. De acordo com Chapieski (2007), a carteira de projetos era composta, basicamente, em função da oferta disponível nestas instituições de pesquisa. As empresas “compravam” os projetos disponíveis, sem se importarem com o potencial de aplicação dos resultados. O objetivo era atender aos regulamentos da ANEEL e evitar o pagamento de multas.

Com o tempo, algumas concessionárias perceberam a obrigatoriedade dos investimentos como a possibilidade para solucionar os problemas do cotidiano das empresas, notadamente nas áreas de manutenção, operação e engenharia. Nessas empresas, os projetos passaram a ser selecionados com base em necessidades mais específicas, através de critérios de seleção que passaram a refletir não apenas os exigidos pela ANEEL, mas também a aplicabilidade dos resultados dentro das concessionárias, solucionando problemas ou melhorando processos.

Silva Jr et al. (2009), admitem que muitas empresas do setor elétrico ainda consideram o investimento em P&D como uma obrigação a ser cumprida e que existem muitas barreiras a serem superadas para se chegar a resultados concretos. Para os autores (op. cit) o ambiente híbrido formado pelas empresas públicas e privadas, estabelece a necessidade de otimizar os investimentos realizados.

4.1 O Processo de Avaliação dos Projetos pela Agência Reguladora do Mercado de Energia Elétrica

Como a ANEEL possui a atribuição legal de regulamentar os programas de P&D, implementados pelas empresas de energia, essa instituição estabelece as diretrizes e orientações que regulamentam a elaboração de projetos de P&D através do Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica.

De acordo com este manual, após a execução dos projetos, os mesmos deverão ser submetidos à auditoria contábil e financeira e os relatórios resultantes desses procedimentos deverão ser enviados para a ANEEL, que ficará encarregada de avaliar os resultados alcançados e os gastos realizados.

Ao avaliar os projetos, a agência leva em consideração os seguintes critérios:

- Originalidade – avalia o enquadramento da proposta como atividade de P&D;
- Aplicabilidade – verifica a aplicação do produto final do projeto;
- Relevância – avalia as contribuições ou impactos do projeto em termos científicos, tecnológicos, econômicos e socioambientais;
- Razoabilidade dos custos – confronta os investimentos previstos com os benefícios esperados.

De acordo com o Manual do Programa de P&D Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (2008) a avaliação dos critérios é feita com base na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Pontuações Atribuídas aos Critérios de avaliação

Pontuação do Critério	Conceito da Pontuação
1	Inadequado
2	Insuficiente
3	Aceitável
4	Bom
5	Excelente

Fonte: Manual do Programa de P&D Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, 2008.

O critério “originalidade” é eliminatório, devendo ter pontuação igual ou superior a 3,0.

Após a avaliação de um determinado projeto em todos os cinco critérios, a nota do projeto será obtida através da média aritmética desses critérios. De acordo com o valor obtido, o conceito do projeto pode ser dado conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Conceito do Projeto em Função da Nota

Nota do Projeto	Conceito do Projeto
$N \leq 2,0$	Inadequado
$2,0 < N < 3,0$	Insuficiente
$3,0 < N < 3,5$	Aceitável
$3,5 < N < 4,5$	Bom

Fonte: Manual do Programa de P&D Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, 2008.

Caso algum projeto tenha o conceito “Inadequado”, significa que foi reprovado na avaliação (gastos não reconhecidos ou desacordo com as regras estabelecidas pela Agência), com isso, todo o gasto realizado com o projeto deverá ser estornado à conta de P&D da concessionária.

Para estimular o desenvolvimento de invenções e inovações tecnológicas relevantes para o setor de energia, os investimentos devem, preferencialmente, ser direcionados para temas e subtemas estratégicos ou prioritários, disponibilizados através do site da ANEEL. De acordo com o Manual de P&D Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (2008), todo projeto deverá ser enquadrado em um determinado tema e subtema e deverá possuir duração máxima de sessenta meses.

A partir da criação do Programa de P&D do Setor de Energia, pode-se verificar através do quadro 2, que a quantidade de projetos aprovados pela ANEEL vem aumentando, bem como o volume de recursos empregados nesses projetos.

Quadro 2: O Programa de P&D Regulado pela ANEEL: Investimentos

Ciclo	Projetos Aprovados	Valor Aprovado Aproximado (Milhões de Reais)
1998/1999	63	12,90
1999/2000	164	29,74
2000/2001	439	113,30
2001/2002	535	156,22
2002/2003	672	198,80
2003/2004	602	186,97
2004/2005	600	191,68
2005/2006	917	352,14
2006/2007	480	193,57
Total	4.472	1.435,34

Fonte: Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética, ANEEL/2009.

Através do volume de recursos empregados, pode-se verificar a relevância potencial desses investimentos não apenas para as empresas, mas também para a sociedade como um todo.

Outra questão importante a ser considerada é a adequação dos projetos selecionados em conformidade com as exigências da agência reguladora. Através do Gráfico 7, pode-se verificar que a quantidade de projetos submetidos para revisão aumentou durante o período 2001-2005.

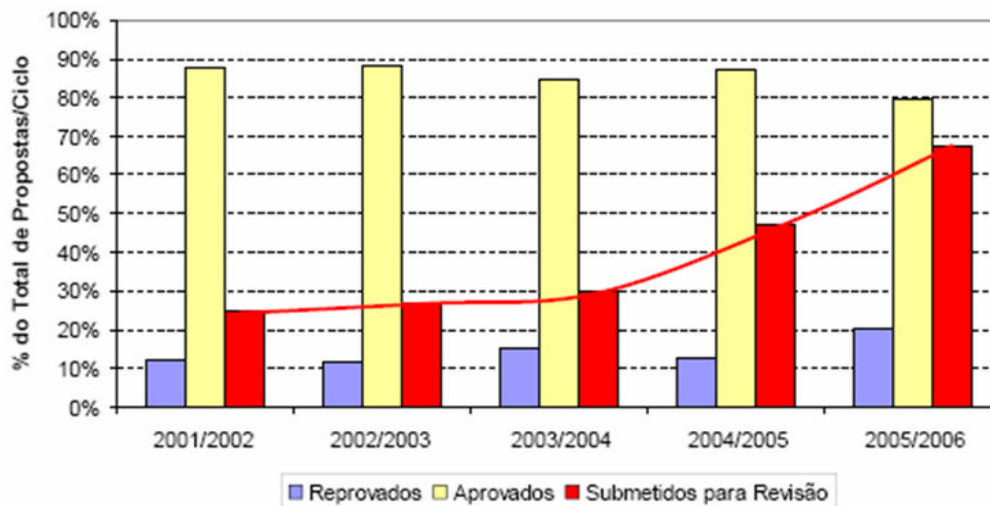


Gráfico 7: Projetos submetidos para revisão

Fonte: Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética, ANEEL/2009.

Um estudo realizado por Silva Jr et al. (2009) com o objetivo de analisar a inserção dos investimentos obrigatórios em P&D na estratégia competitiva das empresas do setor elétrico brasileiro, mostrou como as empresas vem se comportando diante do compromisso de realizar investimentos em P&D. Os autores aplicaram questionários aos gestores de P&D de 36 empresas, incluindo os setores de distribuição (14 empresas), geração (13 empresas) e transmissão (9 empresas), o que corresponde a aproximadamente 20% do total das empresas do setor, no período de agosto a outubro de 2008. Através desse estudo, as seguintes questões foram investigadas:

- a) Atividades de P&D com maior potencial inovador e o grau de importância atribuído às atividades;
- b) Importância relativa dos principais fatores motivadores para a concretização dos investimentos nos últimos anos;
- c) Com relação à influência de variáveis na seleção e execução dos projetos:
 - c1) Característica de maior influência na seleção dos projetos;
 - c2) Grau de interação da empresa com outras organizações para a execução dos projetos;

- d) Com relação às expectativas da empresa quanto ao alinhamento estratégico dos projetos de P&D:
- e) Impactos efetivos dos projetos nos últimos cinco anos.

Para avaliar cada questão investigada, os autores utilizaram uma escala, variando entre 1 e 5, onde se atribuiu um grau de importância, sendo: 1= irrelevante, 2= pequeno, 3= médio, 4= grande e 5= muito grande.

Para analisar os dados foi utilizada a comparação entre grupos por meio da *Analysis of Variance* (ANOVA) *one way*, com nível de significância de $p \leq 0,05$, e estatística descritiva.

Para a avaliação da variância foi utilizado o teste proposto por Levene. A exploração post hoc das diferenças entre as médias dos grupos, para os casos que apresentaram igualdade de variância, foi realizada pelo teste de Tukey (DMS). Para os casos que apresentaram desigualdade de variância foi utilizado o teste de Games-Howell.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

a) Atividades com potencial de inovação

As variáveis utilizadas pelos autores para avaliar o grau de importância atribuída pelas empresas do setor elétrico às atividades inovativas, são semelhantes as avaliadas na PINTEC. O Quadro 3 apresenta os resultados da avaliação:

Quadro 3 : Grau de importância atribuída pela empresa às atividades com potencial inovador

Atividades inovativas	Grau de Importância Atribuído				
	1	2	3	4	5
Aquisição externa da P&D	-	6%	11%	69%	14%
Aquisição de outros conhecimentos externos	-	6%	34%	49%	11%
Atividades internas de P&D	-	29%	31%	29%	11%
Projetos de engenharia e outras preparações técnicas	6%	11%	40%	20%	23%
Treinamento	-	15%	62%	15%	9%
Aquisição de máquinas e equipamentos	3%	18%	50%	24%	6%

Fonte: Silva Jr et al.(2009).

Obs.

Através da visualização gráfica, os resultados apresentados pelo estudo podem ser facilmente compreendidos, por isso, será utilizado esse artifício.

Os resultados obtidos no Quadro 3, estão apresentados no gráfico 8:

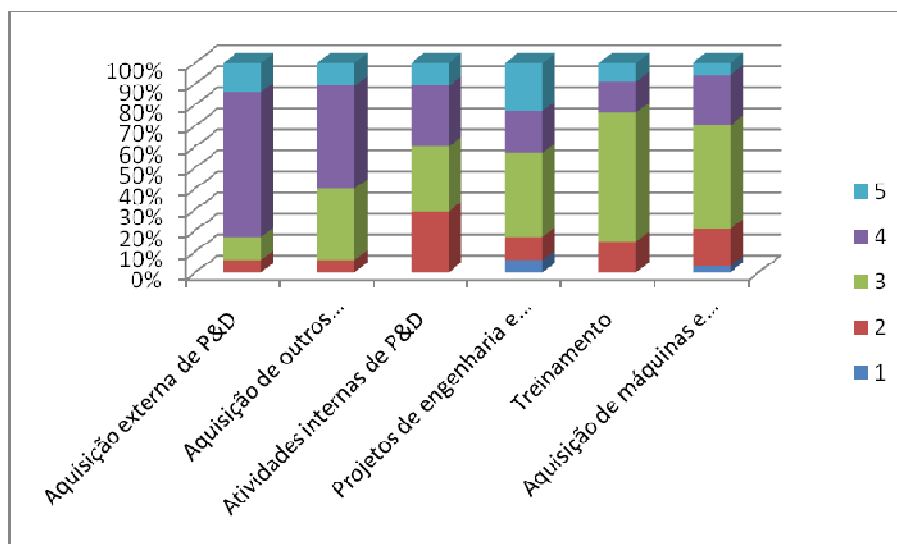


Gráfico 8: Grau de importância atribuído pelas empresas de energia elétrica às atividades com potencial inovador

Fonte: Resultado da pesquisa Silva Jr et al. (2009).

Os resultados da pesquisa, mostraram que foram atribuídas “média importância” às atividades; de aquisição externa de P&D, que obteve uma média de 3,9 ($\mu=3,9$), aquisição de outros conhecimentos externos ($\mu=3,66$), treinamento ($\mu=3,14$), aquisição de máquinas e equipamentos ($\mu=3,0$) e as atividades internas de P&D ($\mu=3,1$).

É interessante ressaltar que, ao contrário dos resultados das três últimas pesquisas (PINTEC) apresentadas no Gráfico 6, no setor elétrico, a maioria das empresas estão atribuindo uma grande importância para a aquisição de conhecimentos externos, seja através da aquisição externa de P&D, ou através da aquisição de outros conhecimentos.

O grau de importância atribuído para “projetos de engenharia e outras preparações técnicas” apresentou diferença para as empresas de distribuição e transmissão, que apresentaram médias ($\mu=4,0$) e ($\mu=3,22$), respectivamente.

b) Fatores importantes para concretização de investimentos em P&D

Para verificar as motivações que levaram as empresas a investirem em P&D, os autores utilizaram as variáveis do Quadro 4. Os resultados obtidos foram apresentados graficamente através do Gráfico 9.

Quadro 4 : Grau de importância atribuído pela empresa para a concretização dos investimentos em P&D.

Fatores motivadores (últimos 5 anos)	Grau de Importância Atribuído				
	1	2	3	4	5
Obrigatoriedade imposta pelas concessões e legislação	8%	-	8%	36%	47%
Melhoria dos serviços objeto da concessão	6%	11%	46%	29%	9%
Aumento do desempenho econômico-financeiro	12%	50%	26%	9%	3%
Melhoria da imagem institucional	8%	25%	28%	33%	6%
Lançamento de novos produtos ou serviços	33%	39%	14%	11%	3%
Conquista de novos mercados	43%	40%	14%	3%	-
Redução do nível de concorrência	54%	31%	11%	3%	-
Desenvolvimento de novos negócios	40%	34%	9%	14%	3%

Fonte: Silva Jr et al.(2009).

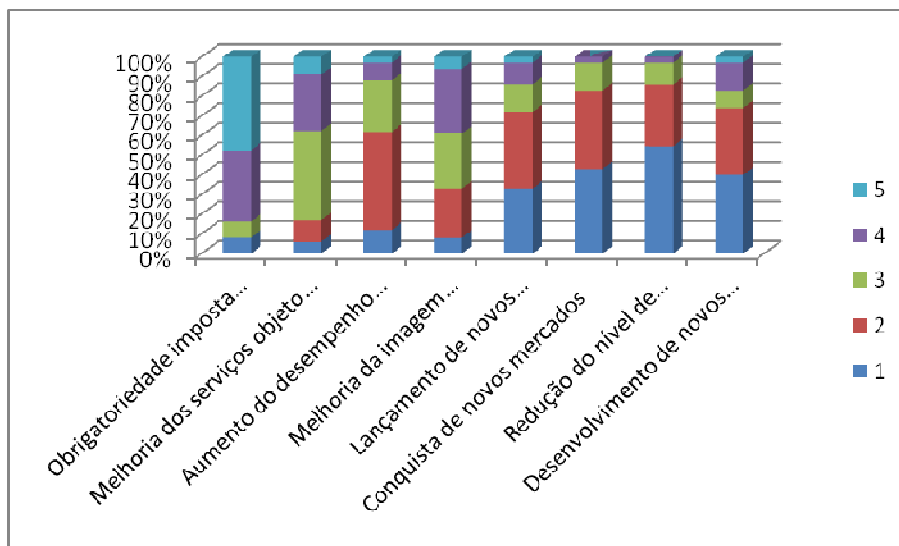


Gráfico 9: Grau de importância atribuído pelas empresas de energia elétrica aos diversos fatores para a concretização dos investimentos em P&D nos últimos 5 anos.

Fonte: Resultado da pesquisa Silva Jr et al.(2009).

De acordo com o Gráfico 9, dentre os fatores motivadores para a concretização dos investimentos em P&D, a obrigação legal se destaca, sendo considerada de “grande relevância”, ($\mu=4,17$). Em seguida, com “relevância média”, está a melhoria dos serviços objeto da concessão ($\mu=3,24$) e também a melhoria da imagem institucional ($\mu=3,03$), enquanto as demais variáveis, obtiveram médias menos expressivas.

A prioridade dos investimentos em P&D para o cumprimento da obrigação legal, como ficou evidenciado, indica que as empresas ainda não perceberam a P&D como uma oportunidade de superar desafios e gerar inovações.

c) Fatores relacionados à seleção e execução de projetos de P&D

c1) Características dos projetos

As variáveis utilizadas pela pesquisa para avaliar as características dos projetos e seus respectivos resultados, estão apresentados no Quadro 5:

Quadro 5: Características dos projetos

Características dos projetos	Grau de Importância Atribuído				
	1	2	3	4	5
Assuntos propostos por fornecedores	54%	17%	17%	11%	-
Demandas e sugestões internas da empresa	-	3%	3%	58%	36%
Custos específicos dos projetos	3%	11%	69%	14%	3%
Retornos econômicos específicos dos projetos	3%	37%	31%	11%	17%
Possibilidades de envolvimento da equipe da empresa	-	21%	18%	44%	18%
Possibilidade qualificação da equipe da empresa	-	17%	23%	43%	17%
Possibilidade de gerar patentes, softwares e similares	17%	29%	23%	23%	9%

Fonte: Silva Jr et al.(2009).

Os resultados obtidos no Quadro 5, estão apresentados no Gráfico 10, a seguir:

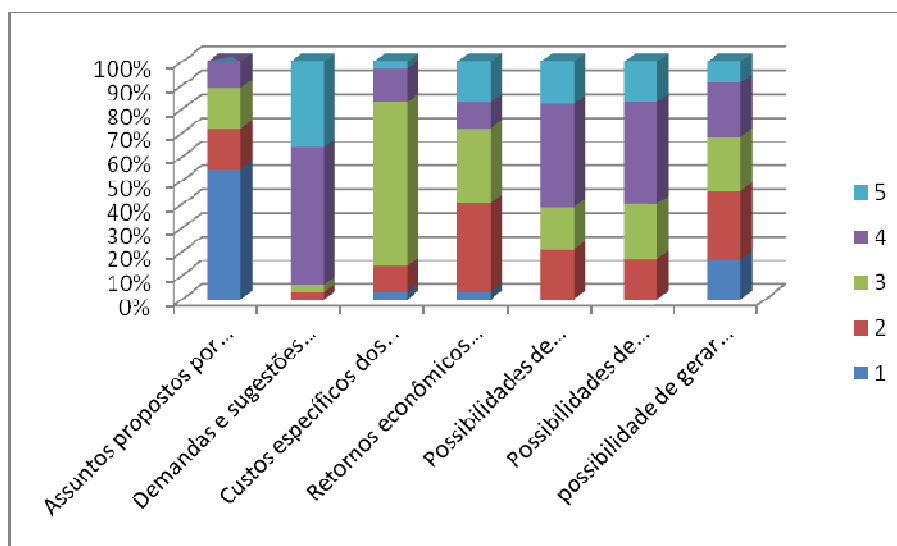


Gráfico 10: Grau de importância atribuída às variáveis para a seleção dos projetos.

Fonte: Resultado da pesquisa Silva Jr et al.(2009).

Em relação às variáveis de maior influência para a seleção dos projetos, maior importância foi atribuída às demandas e sugestões internas das empresas ($\mu=4,17$). Média importância foi atribuída para; possibilidades de qualificação da equipe da empresa ($\mu=3,55$), custos específicos dos projetos ($\mu=3,0$) e os retornos econômicos específicos dos projetos ($\mu=3,0$). Para as possibilidades de geração de patentes, softwares e similares, foi atribuída pequena importância ($\mu=2,79$) e as proposições de fornecedores foi considerada irrelevante ($\mu=1,86$).

C2) Integração com outras organizações para execução de P&D

Para obter informações sobre as parcerias realizadas pelas empresas de energia para a execução da P&D a pesquisa investigou as variáveis do Quadro 6:

Quadro 6: Grau de integração da empresa para execução de P&D

Entidades	Grau de Importância Atribuído				
	1	2	3	4	5
Empresas do mesmo grupo controlador	21%	12%	12%	26%	29%
Empresas do setor elétrico (fora do grupo controlador)	6%	33%	50%	11%	-
Universidades públicas e privadas	-	6%	25%	44%	25%
Fabricantes e fornecedores do setor elétrico	51%	23%	20%	3%	3%
Centros de P&D	14%	17%	46%	11%	11%
Empresas de consultoria e similares	20%	51%	20%	6%	3%

Fonte: Silva Jr et al.(2009).

Os resultados A obtidos no Quadro 6, estão apresentados no Gráfico 11:

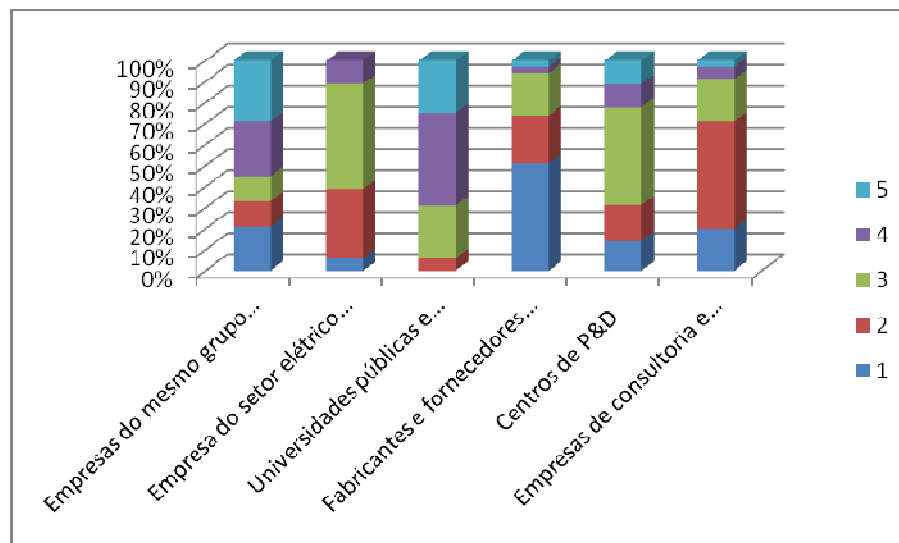


Gráfico 11: Grau de interação das empresas para execução de P&D

Fonte: Resultado da pesquisa Silva Jr et al.(2009).

Os resultados obtidos para a questão da interação das empresas do setor elétrico com outras entidades na execução de P&D mostraram que, a relação com as universidades possuem média importância ($\mu=3,83$). Com pouca importância foram avaliados os centros de P&D ($\mu=2,83$), as outras empresas do setor elétrico ($\mu=2,66$) e as empresas de consultoria e similares ($\mu=2,21$). Os fabricantes e fornecedores do setor foram considerados irrelevantes ($\mu=1,79$)

d) Expectativas de Alinhamento estratégico dos projetos de P&D

Quanto aos aspectos do alinhamento estratégico visados na seleção dos projetos foram levantadas informações a respeito das variáveis apresentadas no Quadro 7:

Quadro7: Alinhamento estratégico

Alinhamento Estratégico	Grau de Importância Atribuído				
	1	2	3	4	5
Aderência às diretrizes estratégicas da empresa	3%	11%	25%	31%	31%
Aderência às necessidades operacionais da empresa	-	9%	11%	40%	40%
Aderência às políticas governamentais	23%	26%	29%	23%	-
Aderência às necessidades dos consumidores	6%	26%	23%	31%	14%

Fonte: Silva Jr et al.(2009).

A apresentação gráfica dos resultados obtidos no Quadro 7, está no Gráfico 12, a seguir:

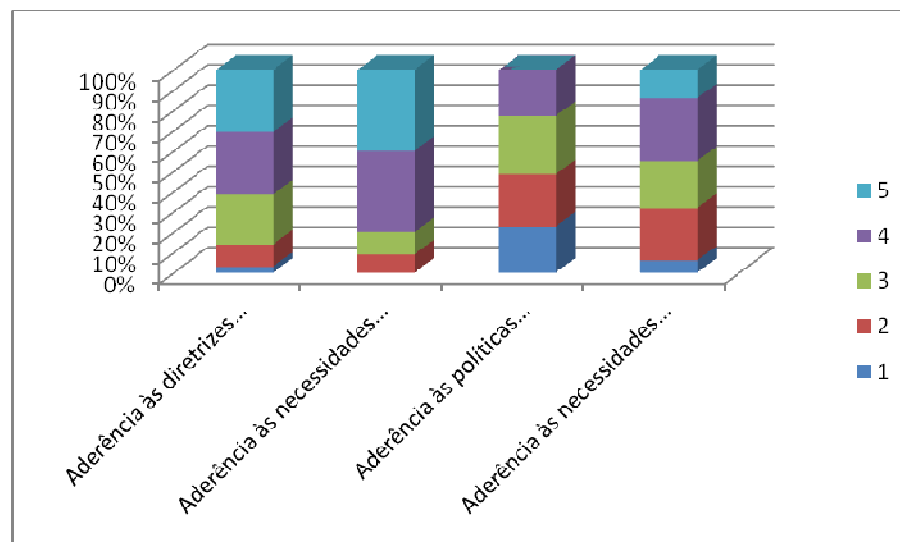


Gráfico 12: Grau de importância atribuído às variáveis estratégicas para a seleção de projetos de P&D.
Fonte: Resultado da pesquisa Silva Jr et al.(2009).

Quando se trata da adequação dos projetos selecionados às necessidades estratégicas das empresas, foi verificado que as empresas atribuem grande importância aos projetos ajustados para as necessidades operacionais ($\mu=4,03$). Para os projetos alinhados às diretrizes estratégicas foi atribuída uma importância média ($\mu=3,59$) e pequena relevância foi atribuída à aderência dos projetos às políticas governamentais ($\mu=2,34$).

A variável “aderência às necessidades dos consumidores” apresentou diferenças significativas nas médias para os segmentos de transmissão e distribuição. A média do setor de distribuição foi ($\mu=4,21$) e a do setor de transmissão foi ($\mu=3,96$).

e) Impacto da P&D nos resultados dos últimos 5 anos

Com a impossibilidade de se obter dados quantitativos que pudessem ser diretamente correlacionados aos investimentos de cada empresa, a última questão buscou investigar como os gestores de P&D perceberam os impactos dos projetos nos últimos cinco anos. Para isso, as variáveis utilizadas estão apresentadas no Quadro 8:

Quadro 8 : Grau de impacto dos resultados da P&D nos últimos cinco anos

Variáveis de desempenho	Grau de Importância Atribuído				
	1	2	3	4	5
Aumento do Faturamento	48%	39%	12%	-	-
Aumento do lucro	52%	39%	6%	3%	-
Redução dos custos operacionais	21%	50%	18%	12%	-
Melhoria da economia local/ regional	50%	31%	19%	-	-
Melhoria dos indicadores sociais locais/regionais	41%	32%	24%	-	3%
Atenuação de impactos ambientais	29%	50%	12%	9%	-
Melhoria nos serviços para os consumidores	26%	29%	29%	12%	3%
Desenvolvimento de novos negócios	47%	24%	29%	-	-
Lançamento de novos produtos/serviços	44%	53%	3%	-	-

Fonte: Silva Jr et al.(2009).

A apresentação gráfica dos resultados obtidos no Quadro 8, encontra-se no Gráfico 13, a seguir:

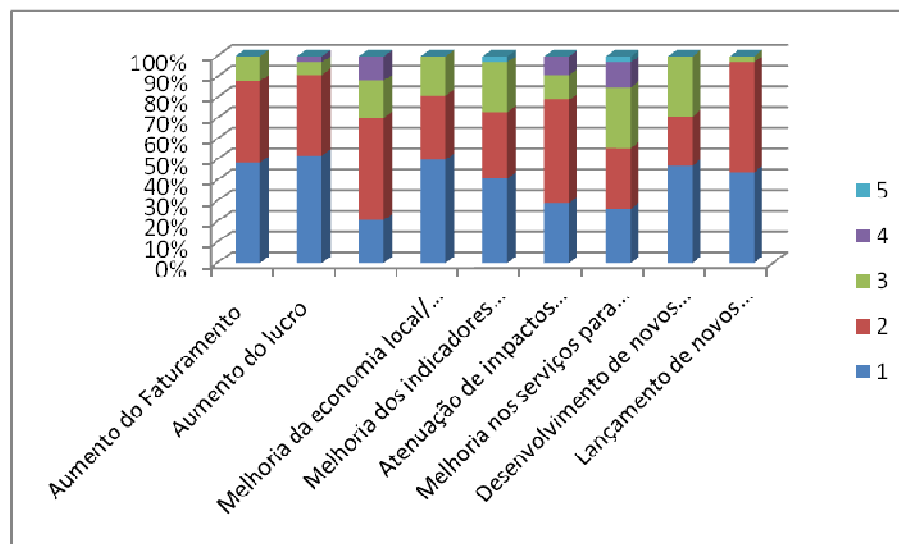


Gráfico 13: Impacto da P&D nos últimos 5 anos
Fonte: Resultado da pesquisa Silva Jr et al.(2009).

Foram percebidos como irrelevantes os impactos em relação às variáveis; Atenuação de impactos ambientais ($\mu=1,97$), Melhoria dos indicadores locais/ regionais ($\mu=1,90$), Aumento do faturamento ($\mu=1,72$), Aumento do lucro ($\mu=1,69$) e Lançamento de novos produtos ($\mu=1,66$). A variável redução dos custos operacionais obteve importância pequena ($\mu=2,10$).

As variáveis “Melhoria nos serviços para os consumidores” e “Desenvolvimento de novos negócios” apresentaram diferentes graus de importância de acordo com os segmentos; geração, transmissão e distribuição. Com relação à variável “Melhoria nos serviços para os consumidores”, o setor de geração considerou irrelevante ($\mu=1,64$) e o setor de distribuição considerou médio ($\mu=3,0$). Em relação à variável “Desenvolvimento de novos negócios” houve diferença significativa entre os setores de distribuição e transmissão que apresentaram graus de importância; irrelevante ($\mu=1,71$) e pequeno ($\mu=2,67$) respectivamente.

Os resultados obtidos na pesquisa de Silva Jr et al.(2009) permitiram algumas reflexões sobre os investimentos realizados na P&D do setor elétrico. Primeiramente, mostrou que as empresas estão interagindo com outras instituições, principalmente com as universidades, para adquirir P&D. Porém, a principal motivação para essa interação é o cumprimento dos investimentos obrigatórios em P&D. Com isso, a relação Universidade -

Empresa (UE) , embora importante para o favorecimento das inovações no setor, parece não ser suficiente para o alcance de resultados positivos, pois quando se tratou da avaliação do impacto da P&D percebido pelos gestores nos resultados dos últimos cinco anos, o que se verificou nos resultados foi a baixa relevância atribuída a todas as todas as variáveis analisadas.

Nesse contexto, é importante que as empresas ao escolherem os projetos a serem executados, levem em consideração suas necessidades técnicas, financeiras, estratégicas e ainda, estejam de acordo com os pré-requisitos estabelecidos pela ANEEL. Para isso, precisam adotar métodos de seleção de projetos adequados às suas necessidades. Dessa forma, poderão direcionar melhor seus investimentos, o que contribuirá para o surgimento de inovações e conseqüentemente melhores resultados para o Programa de P&D.

No próximo capítulo serão apresentadas metodologias de avaliação de projetos de P&D utilizadas por algumas empresas do setor elétrico.

5. A SELEÇÃO DE PROJETOS DE P&D

Um projeto pode ser definido como um esforço com começo e fim definidos, empreendidos para criar um produto ou serviço único (LAPPONI, 2007). Antes de iniciar um projeto é importante realizar um estudo de viabilidade para se verificar a conveniência da realização dos investimentos. Em projetos de investimento, de modo geral, como no caso da substituição de um equipamento por outro em uma empresa, o estudo de viabilidade é geralmente realizado através de medidas financeiras como o Valor Presente Líquido (VPL) ou a Taxa Interna de Retorno (TIR). Essas medidas surgem a partir de um fluxo de caixa projetado, onde se confrontam os custos e receitas para que se possa decidir pela realização, ou não, do investimento.

A dificuldade em avaliar projetos de P&D deve-se ao fato de, na maioria das vezes, não haver disponibilidade de informações técnicas oriundas dessas atividades e isso, dificulta o estudo de viabilidade através de técnicas tradicionais de análise de investimentos.

Autores como Niven (2005), afirmam que na era da informação ou conhecimento, o valor é criado a partir de bens intangíveis (know-how, relacionamentos, culturas organizacionais). Desse modo, a avaliação de projetos deve ir além das medidas financeiras tradicionais.

Quando se trata da escolha de um conjunto de projetos, a tarefa se torna ainda mais complicada. Autores como Magalhães (2003), admitem que essa dificuldade deve-se ao fato de cada projeto possuir suas próprias características (benefícios, custos, riscos).

5.1 Métodos de Seleção de Projetos de P&D

De acordo com Eilat et al. (2006), o problema de avaliação de projetos de P&D vem chamando atenção nas últimas décadas e conduzindo para a utilização de diversos métodos, que vão desde os mais simples até procedimentos matemáticos sofisticados.

Martino (apud Chapieski, 2007) faz um interessante agrupamento dos métodos de seleção em quatro categorias:

- 1. Métodos de Classificação (ranking);**
- 2. Métodos Econômicos;**
- 3. Métodos de Otimização de Portfólio;**
- 4. Métodos ad hoc.**

A seguir, será feita uma breve explicação sobre cada método e também comentários sobre suas possíveis adequações ao setor de energia elétrica.

1. Métodos de classificação

Esses métodos se baseiam na classificação de uma lista de projetos:

- a) Comparação entre pares;
- b) Modelos de pontuação;
- c) Método Analítico Hierárquico (AHP).

a) Comparação entre pares – Esse método consiste numa comparação de cada projeto com os demais de um portfólio. No caso da análise de N projetos, serão realizadas $N*(N-1)/2$ comparações.

Pode-se ainda realizar a comparação dos projetos levando em consideração alguns critérios. Nesse caso, cada par, de projeto deverá ser comparado em relação a cada critério. Considerando M critérios e N projetos, serão necessárias $M*N*(N-1)/2$ comparações.

Esse método parece não ser adequado para a seleção de projetos de P&D do setor de energia, por requerer um elevado número de comparações a serem realizadas quando se avalia uma grande quantidade de projetos.

b) Modelos de Pontuação – Esse modelo envolve uma expressão algébrica para que se chegue a uma pontuação para cada projeto. Nessa expressão devem constar os fatores considerados importantes, que receberão pesos de acordo com a importância relativa.

O resultado do modelo é expresso, geralmente, através de uma relação (fração) entre as variáveis desejáveis (benefícios) no numerador e os custos no denominador.

Os benefícios e custos podem estar associados a probabilidades de ocorrência e quanto maior a pontuação, mais desejável será o projeto.

Para a aplicação desse modelo é necessário ter cautela ao incorporar a subjetividade.

De acordo com Contini (1998, apud Chapieski, 2007), esse método possui alguns inconvenientes como não considerar o fator tempo, não permitir medição quantitativa e proporcionar apenas uma classificação ordinal.

c) Método Analítico Hierárquico (AHP) - O AHP, que é um método de análise multicriterial, foi elaborado por Thomas Saaty na década de 1970 e aplicado ao estudo dos transportes do Sudão. Hoje vem sendo utilizado em diversas áreas, inclusive para a seleção de projetos de P&D.

Assim, como qualquer um dos métodos de apoio à decisão multicritério, o AHP possui os seguintes elementos essenciais:

- **Decisores** – Quem realiza as escolhas e assume as preferências, pode ser um grupo de pessoas ou especialistas no assunto abordado;
- **Analistas** – Quem interpreta e quantifica as opiniões dos decisores, estrutura o problema, elabora o modelo matemático e apresenta os resultados para a decisão;
- **Modelo** – Conjunto de operações matemáticas capazes de transformar as preferências dos decisores em um resultado quantitativo;
- **Alternativas** – Ações globais e independentes que visam a solução do problema;
- **Critérios/ Atributos** – Os atributos são as ferramentas que permitem a comparação entre as diversas alternativas. Quando se aplica uma escala de valor ao atributo, a partir da preferência do decisor, tem-se o critério.

O AHP é aplicável quando os critérios podem ser decompostos em sub-critérios ordenados de forma hierárquica. O método fundamenta-se na comparação paritária nos diferentes níveis hierárquicos de critérios e sub-critérios.

O procedimento do AHP segue quatro etapas básicas:

- Estruturação hierárquica;
- Aplicação da comparação paritária dos elementos em cada nível do sistema;
- Princípio de priorização;
- Síntese das prioridades.

Na estruturação hierárquica ocorre a formulação do problema. No caso mais simples, a hierarquia é formada por três níveis: Objetivo geral, Critérios e Alternativas. Depois de construída a hierarquia, cada decisor apresentará sua preferência entre os atributos considerados par a par, gerando uma matriz de decisão, conhecida também como matriz de comparação pareada de atributo. Saaty desenvolveu uma escala verbal para permitir a conversão dos julgamentos realizados. Essa escala varia de 1 a 9 conforme mostrado na Tabela 4:

Tabela 4: Escala Verbal para Comparações Pareadas de Atributos

Julgamento Verbal	Equivalente Numérico
Extremamente mais importante	9,00
Muito Fortemente mais importante	7,00
Fortemente mais importante	5,00
Moderadamente mais importante	3,00
Igualmente Importante	1,00

Fonte: Kimura e Suen, 2002.

Os valores intermediários (8,00; 6,00; 4,00 e 2,00) são possíveis e correspondem a relações intermediárias de importância entre os atributos.

Uma vez preenchida a matriz de comparação, realiza-se um mecanismo de normalização das colunas onde se pode identificar o peso relativo médio de cada atributo, para que se obtenha a ordem de prioridade das características estudadas.

Embora o AHP apresente uma maior precisão no julgamento, quando comparado aos demais métodos da categoria de classificação, uma vez que as comparações pareadas entre os níveis de critérios e sub-critérios não são globais, o número de comparações se torna maior, o que aumenta também a complexidade.

2. Métodos Econômicos

De modo geral, esses métodos avaliam a contribuição dos projetos ao lucro da empresa.

- a) Valor Presente Líquido (VPL);
- b) Taxa Interna de Retorno (TIR);
- c) Retorno do Fluxo de Caixa;
- d) Valor Esperado.

a) Valor Presente Líquido – É utilizado quando se dispõe de informações como; valor do investimento necessário, custos operacionais e receitas a serem auferidas durante a vida útil do projeto. Deve-se considerar também uma taxa mínima de atratividade¹². Através dessas informações, pode-se aplicar a fórmula do valor presente líquido:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{(R_t - C_t)}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Onde:

I = Investimento Inicial;

R_t = Receitas geradas pelo investimento;

C_t = Custos Operacionais do Projeto;

t = Período;

i = Taxa mínima de atratividade.

A regra de decisão para investir ou não no projeto deverá ser a seguinte:

VPL > 0 = Deve-se investir, pois o custo inicial será recuperado e também remunerado com a taxa requerida k, criando dessa maneira valor para a empresa.

VPL < 0 = Não se deve investir no projeto, pois o custo inicial não será recuperado nem remunerado com a taxa requerida k.

VPL = 0 Nada se pode afirmar. Esse resultado indica que o custo inicial será recuperado e remunerado na taxa referida k, porém não criará nem destruirá resultado para a empresa.

¹² Menor valor da taxa de juros que permite que o investimento seja atrativo.

b) Taxa Interna de Retorno - Consiste na taxa juro que anula o VPL do projeto. Por se tratar de uma taxa, pode ser diretamente comparada com a taxa mínima de atratividade.

$TIR > \text{Taxa mínima de Atratividade} = \text{Deve-se investir no projeto};$

$TIR < \text{Taxa Mínima de Atratividade} = \text{Não se deve investir no projeto}.$

c) Retorno do Fluxo de Caixa - É o tempo necessário para recuperar todos os recursos investidos no projeto. Esse tempo deverá ser comparado com um tempo máximo tolerado pela empresa. Geralmente, espera-se que o retorno do fluxo de caixa ocorra antes da vida útil do projeto.

d) Valor Esperado – Associa probabilidades a possíveis variações no fluxo de caixa, isso porque, as possíveis receitas e despesas do fluxo podem variar de acordo com as condições económicas. Desse modo, pode-se calcular o VPL esperado, TIR ou Retorno do fluxo de caixa esperado.

Conforme discutido no capítulo anterior, os métodos económicos são muitas vezes insuficientes e até arriscados para a seleção de projetos de P&D, pois requerem informações que normalmente estão indisponíveis ou até imprecisas devido às incertezas inerentes a esses tipos de projetos. Por isso, dificilmente poderão ser utilizados isoladamente para selecionar projetos de P&D.

1. Métodos de Otimização de Portfólio

Ao invés de avaliar cada projeto isoladamente, os métodos de otimização de portfólio procuram selecionar dentro de um conjunto de projetos candidatos, os que proporcionem o maior retorno para a firma. Esses métodos consideram interdependência de recursos, restrições de orçamento e também interações técnicas e de mercado.

Os métodos de otimização de portfólio são os seguintes:

a) Programação Matemática;

b) Análise de Sensibilidade;

c) Simulação;

d) Análise de Grupo.

a) Programação Matemática – Busca maximizar ou minimizar uma quantidade (Lucro, Receita, Custo entre outros) chamada objetivo, que depende de um ou mais recursos escassos. A quantidade a ser maximizada ou minimizada é descrita como uma função matemática dos recursos.

As relações entre as variáveis são formalizadas utilizando equações e/ou inequações matemáticas. Esses problemas, em geral, podem ser escritos da seguinte maneira:

Otimizar $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

Sujeito a:

$$\left. \begin{array}{l} r_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ r_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \cdot \\ \cdot \\ r_t(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{array} \right\} \leq, =, \geq \left\{ \begin{array}{l} m_1 \\ m_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ m_t \end{array} \right.$$

Onde:

x_j - Quantidade de variáveis utilizadas; ($j = 1, 2, \dots, n$)

m_i - Quantidade de recurso disponível; ($i = 1, 2, \dots, t$)

X – Vetor de x_j ;

$f(X)$ - Função Objetivo;

$r_i(X)$ - Funções utilizadas na restrição; ($i = 1, 2, \dots, t$)

n = Número de variáveis de decisão;

t = Número de restrições do modelo.

b) Análise de Sensibilidade – Verifica a alteração de valores utilizados na otimização de portfólio (custos, probabilidades, etc), com o objetivo de avaliar a robustez da carteira ótima. Caso pequenas alterações nos valores não alterem os resultados de forma significativa, quer dizer que a carteira ótima está pouco vulnerável aos erros nos valores de entrada, que são geralmente estimados e sujeito a variações.

c) Simulação – É uma tentativa de replicação de um sistema real, através da construção de um modelo matemático. Dessa forma, obtém-se como resultado uma distribuição de frequências do mesmo, onde o risco é representado pela variância e suas relações dentro de um intervalo de confiança.

d) Análise de Grupo – Esse método, procura agrupar os projetos de um portfolio que atendam a objetivos específicos, formando desse modo grupos de projetos similares. Após a separação desses projetos em grupos, o gestor iniciará o processo de seleção.

A vantagem dos métodos de otimização de portfólio, é que não avaliam projetos de forma isolada, e sim, um conjunto de projetos candidatos.

4. Métodos Ad hoc

São os métodos considerados informais, baseados na subjetividade dos avaliadores.

De acordo com Martino (1995 apud Chapieski), os métodos apresentados para a seleção de projetos de P&D, apresentam dificuldades para serem implantados, dentre as quais:

- Inadequado tratamento das interações entre benefícios e recursos a serem empregados;
- Falha na manipulação das incertezas;
- Dificuldade de lidar com múltiplos critérios interligados sem mecanismos comuns de medição;

- Dificuldade para lidar com a diversidade dos projetos, que podem variar desde pesquisa básica até projetos de desenvolvimento.

Magalhães (2003) argumenta que a utilização de determinado método de seleção dependerá do estágio de maturidade de cada projeto, da quantidade e qualidade de informações disponíveis sobre os mesmos e também do enfoque dado pela organização, que segundo autor, são os seguintes:

- Compatibilidade com a estratégia global da empresa;
- Identificação de uma necessidade clara de mercado;
- Potencialidade de retorno em termos de receita de vendas;
- Possibilidade de proporcionar à empresa vantagens competitivas no seu mercado.

Para Chapieski (2007), o que merece importância na avaliação de um projeto e que por isso deve ser levado em consideração, é o potencial de fortalecimento estratégico que seu sucesso representa para a organização. Por isso, a organização deve buscar o ponto ótimo entre o risco e o retorno, a estabilidade e o crescimento.

5.2 Métodos de Seleção de Projetos de P&D Utilizados por Algumas Empresas do Setor Elétrico Brasileiro

Antes de apresentar uma proposta de metodologia de avaliação e seleção de projetos de P&D no setor de energia, serão apresentados os métodos utilizados por quatro empresas do setor: Companhia Energética de Pernambuco (Celpe), Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte), Companhia Paranaense de Energia (Copel) e Elektro.

As informações obtidas sobre o processo de seleção de projetos na Celpe foram obtidas através do estudo realizado por Santos (2004) e as informações sobre as demais empresas foram obtidas através do estudo realizado por Chapieski (2007).

5.2.1 Celpe

A Celpe é uma empresa privada que possui concessão pública para distribuir energia no Estado de Pernambuco, na Ilha de Fernando de Noronha e no município de Pedra de Fogo na Paraíba, totalizando 186 municípios. A Missão da empresa consiste em prestar serviços de energia elétrica com qualidade, ética e compromisso com o meio ambiente, atendendo as necessidades e expectativas dos clientes. A Visão da empresa consiste em ser líder na qualidade dos serviços prestados, agregando maior valor aos clientes, acionistas, empregados e sociedade.

De acordo com Santos (2004), o modelo de seleção adotado pela Celpe para a seleção da carteira de projetos, baseou-se no modelo conceitual proposto por Kruglianskas (2002). De acordo com esse modelo, os novos projetos originados a partir das idéias de qualquer segmento da organização, devem passar por várias etapas, incluindo análises quantitativas após uma triagem, não deixando de considerar também o equilíbrio na carteira de projetos a ser executada, de forma que a estratégia da P&D esteja assegurada. O autor (op cit.) sugere alguns critérios para a avaliação dos projetos, são eles (Chapieski, 2007):

- Critérios Estratégicos
 - Compatibilidade com a estratégia da empresa e com o planejamento de longo-prazo;
 - Consistência com a política da empresa em relação ao risco;
 - Oportunismo do projeto face às necessidades prioritárias da empresa;
 - Consistência com a imagem da empresa.
- Critérios de Pesquisa e Desenvolvimento
 - Consistência com as estratégias de P&D da empresa;
 - Disponibilidade de recursos humanos capacitados e motivados;
 - Efeitos sobre outros projetos;
 - Custo e tempo de desenvolvimento.

De acordo com Santos (2004), a fase de concepção de novos projetos na Celpe deve sempre estar em vigor, porém, a fase de análise deverá ocorrer com um prazo de

pelo menos seis meses antes da apresentação do Programa à agência reguladora. O autor (op cit.) admite que na fase inicial para a estruturação dos projetos, a concessionária deve fornecer subsídios para que os funcionários possam elaborar bons projetos. Por isso, a Celpe disponibiliza um banco de dados com instituições especializadas em diversos temas para que os proponentes dos projetos possam identificar possíveis parceiros.

Em seguida, os projetos deverão ser estruturados em um formulário eletrônico da ANEEL e submetidos à área de P&D da empresa, onde irão compor um banco de dados.

Na próxima etapa, ocorre a avaliação técnica realizada pela coordenação da P&D de todos os projetos do banco. Essa avaliação se baseia em alguns critérios utilizados pela agência reguladora e também por critérios de seleção de projetos propostos por Kruglianskas (1997, apud Santos, 2004) e Ferreira (2004, apud Santos, 2004).

Para fazer a pré-seleção dos projetos, a coordenação da P&D se baseia nos seguintes critérios:

- Factibilidade do plano de pesquisa: viabilidade de realização do projeto;
- Recursos para execução: Avaliação da razoabilidade dos recursos alocados no projeto;
- Capacitação do coordenador da Equipe: Capacidade científica e técnica do coordenador da equipe para coordenar o projeto.
- Capacitação da equipe: Capacidade científica da equipe para executar o projeto.

Os critérios avaliados em cada projeto deverão receber uma pontuação de acordo com a seguinte escala cardinal; Regular – 25 pontos, Bom – 50 pontos, Ótimo – 75 pontos e Excelente – 100 pontos. A todos os critérios será atribuída a mesma importância relativa.

Caso algum projeto, receba em algum dos seus critérios nota zero, significa que deixou de atender ao critério e por isso deverá ser descartado.

A classificação “Regular” significa que o projeto possui problemas estruturais, o que demandará muitas mudanças para que o mesmo possa fazer parte da carteira de projetos.

A classificação, “Bom”, embora não apresente problemas estruturais como no caso da classificação Regular, ainda requer vários ajustes.

A classificação “Ótimo”, significa que o projeto está bem estruturado, requerendo apenas alguns ajustes.

Finalmente a classificação “Excelente”, significa que o projeto está pronto para ser implantado, não havendo necessidade de qualquer alteração.

Após a avaliação técnica, os projetos deverão passar por uma avaliação estratégica. Dessa vez, a equipe avaliadora será composta por uma comissão constituída para esse propósito, que deverá conter um executivo de cada uma das sete superintendências da Celpe, e mais, um representante da presidência e o gerente do programa de P&D, totalizando nove participantes.

São três os critérios considerados na avaliação estratégica e levam em consideração os interesses da empresa. Esses critérios são definidos pelos executivos e gerentes do programa de P&D.

- Transferência dos resultados: significa a possibilidade dos resultados do projeto, serem aplicados na empresa;
- Retorno do projeto para a empresa: Valor monetário investido confrontado com o retorno;
- Benefício do projeto para a sociedade/cliente: Melhoria da imagem da empresa, fidelização e conquista de novos clientes.

A pontuação dos critérios é semelhante a pré-avaliação técnica.

Para a obtenção do resultado da pontuação dos projetos, deve-se somar as pontuações obtidas na avaliação técnica e estratégica, que deverão possuir o mesmo peso. De acordo com a pontuação obtida em cada projeto, deverá ser construída uma escala decrescente de priorização para a alocação de até 120% do montante disponível para a carteira.

Se houver projetos com a mesma pontuação, o desempate deverá ser realizado através da maior pontuação dos critérios, na seguinte ordem: factibilidade do plano de pesquisa, recursos para execução, capacitação do coordenador da equipe, capacitação da

equipe, transferência dos resultados, retorno do projeto para a empresa e benefício do projeto para a sociedade/cliente.

Para descrever os principais processos de seleção da carteira de projetos realizados pela Celpe, Santos (2004), utilizou a Figura 2:

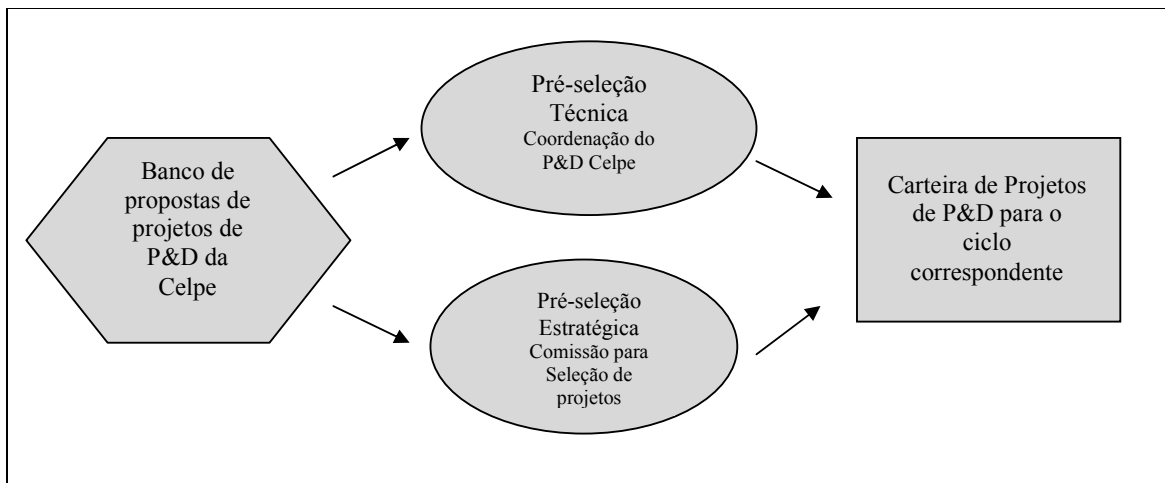


Figura 2: Processos de seleção da carteira de projetos da CELPE.

Fonte: Santos (2004).

Após a avaliação dos projetos, deve-se passar para a avaliação da qualidade da carteira de projetos, onde será possível verificar a necessidade de reestruturação da carteira. Essa avaliação consiste na análise dos seguintes indicadores de qualidade da carteira:

- Alinhamento com os Objetivos Empresariais (AOs)
- Custo da Carteira (CCs)
- Projetos Plurianuais (PPs)
- Diversificação de Áreas (DAs)
- Ativos Empresariais (AEs)

a) Alinhamento com os Objetivos Empresariais (AOs) – O objetivo desse indicador é mensurar o alinhamento dos temas tratados nos projetos referentes aos objetivos da empresa no período correspondente a execução da carteira. Através desse indicador, tenta-se verificar o grau de aderência do programa de P&D aos objetivos organizacionais.

Para calcular o indicador utiliza-se a seguinte fórmula:

$$AO_s = \frac{NP_{AE}}{NP_T} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

AO_s - Percentual de projetos da carteira alinhados com os objetivos organizacionais;

NP_{AE} – Número de projetos alinhados com a estratégia da empresa;

NP_T – Número total de projetos da carteira.

Para a empresa o valor do AO_s deverá estar entre 80% e 100%.

b) Custo da Carteira (CCs) – O objetivo desse indicador é verificar a adequação da distribuição dos recursos entre os projetos, para evitar o risco de concentrar grande parte de recursos em poucos projetos.

A fórmula utilizada para o cálculo do indicador é a seguinte:

$$CC_s = \frac{NNP_{CC} + NPR_{CC}}{NP_T} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

CC_s - Percentual de projetos da carteira com custo inferior a R\$ 400.000;

NNP_{CC} – Número de novos projetos com valor inferior a R\$ 400.000;

NPR_{CC} – Número de projetos remanescentes de ciclos anteriores com valor restante para execução inferior a R\$ 400.000;

NP_T – Número total de projetos da carteira.

Para a empresa o valor do CC_s deverá estar entre 80% e 100%.

c) Projetos Plurianuais (PPs) – O objetivo desse indicador é mensurar a participação de projetos com tempo restante de execução superior a um ano, tomando como base, a carteira em elaboração.

A fórmula utilizada para o cálculo do indicador é a seguinte:

$$PP_s = \frac{NP_{PP}}{NP_T} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

PPs - Percentual de projetos da carteira com tempo restante de execução superior a um ano;

NP_{PP} – Número de projetos com tempo restante de execução superior a um ano;

NP_T – Número total de projetos da carteira.

Para a empresa, o valor do PP_s deverá estar entre 30% e 60%.

d) Diversificação de Áreas (DAs) – O objetivo desse indicador é mensurar a diversificação da aplicação dos recursos de P&D entre as superintendências da empresa, visando a melhoria dos processos organizacionais em todas as áreas da empresa.

A fórmula utilizada para o cálculo do indicador é a seguinte:

$$DA_s = \frac{NS_{DA}}{NS_T} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

DAs - Percentual de superintendências proponentes de projetos na carteira;

NS_{DA} – Número de superintendências proponentes de projetos no ciclo;

NS_T – Número total de superintendências.

Para a empresa, o valor do DA_s deverá estar entre 30% e 60%. O significado desse intervalo é que apesar do desejo de disseminar a participação de todas as áreas da empresa nos projetos de P&D, é reconhecida a maior importância às áreas relacionadas as atividades fim da empresa, que requerem um maior desenvolvimento de pesquisa.

e) Ativos Empresariais (AEs) – O objetivo desse indicador é verificar a proporção de projetos dentro da carteira, classificados como investimento para a empresa. Os projetos classificados como investimentos são aqueles cujos resultados irão compor os ativos da Celpe, como software, protótipos, etc.

A fórmula utilizada para o cálculo do indicador é a seguinte:

$$AEs = \frac{NP_{AE}}{NP_T} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

AEs - Percentual de projetos cujos resultados comporão os ativos da empresa;

NP_{AE} – Número de projetos cujos resultados comporão os ativos da empresa;

NP_T – Número total de projetos da carteira.

Para a empresa, o valor do DA_s deverá estar entre 70% e 100%.

Embora a empresa não atribua pesos relativos entre os indicadores, admite que, se o portfólio não atender aos padrões previstos, deve-se optar por uma carteira que apresente melhores resultados, na seguinte ordem dos indicadores: Alinhamento com os objetivos empresariais; Diversificação de Área e Projetos Plurianuais.

5.2.2 Eletronorte

A Eletronorte é uma concessionária do serviço público de energia, sociedade anônima de economia mista e subsidiária das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás). A principal finalidade da empresa, é a realização de estudos, projetos, construção e operação de usinas geradoras e de sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Além disso, comercializa a energia gerada. Sua Missão é contribuir para o desenvolvimento da Amazônia e do Brasil, disponibilizando soluções em energia elétrica com excelência.

A Eletronorte foi criada em 1973 e sua sede está localizada no Distrito Federal. A empresa gera e transmite energia elétrica para a Região Amazônica, nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Através do Sistema Integrado Nacional, comercializa energia em todo o território brasileiro.

Entre as subsidiárias integrais da Eletronorte estão duas distribuidoras: Manaus Energia e Boa Vista Energia.

Para gerir os projetos de P&D na Eletronorte, existe um Comitê Gestor de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – CGPDI, que é composto por representantes das diretorias e presidência da empresa.

Os objetivos do Programa de P&D da Eletronorte são:

- Desenvolver a pesquisa, desenvolvimento e inovação na região Amazônica;
- Viabilizar soluções tecnológicas para questões organizacionais críticas por meio da P&D;
- Diminuir a dependência tecnológica da empresa;
- Otimizar os investimentos dos recursos existentes na empresa e no mercado para P&D;
- Fomentar as parcerias e compartilhamento de conhecimento na oferta e demanda de P&D.

As diretrizes adotadas pela empresa para selecionar seus projetos são as seguintes:

- Todo projeto deverá ter como resultado, um produto específico (resultado mensurável);
- Os projetos devem focar nas necessidades da empresa, que devem ser divulgadas previamente;
- As instituições executoras de P&D, localizadas fora da área de atuação da empresa, deverão apresentar parceria com alguma instituição da região amazônica;
- Projetos voltados para a promoção da inserção elétrica em comunidades carentes da região Norte do país, serão priorizados.

A avaliação dos projetos de P&D, é realizada pelo Comitê Gestor que utiliza critérios e pesos como mostra o Quadro 10 a seguir:

Quadro 9: Critérios e Pesos utilizados para Avaliação dos Projetos de P&D da Eletronorte

Critério	Peso	Fatores (sub-critérios)	Peso
Econômico	35%	Ampliação de Receitas	20%
		Redução de perdas	25%
		Postergação de investimento	15%
		Redução de custos	25%
		Tempo de Retorno do Investimento	15%
Técnico	35%	Abrangência e Replicação	25%
		Aumento de Disponibilidade e da Confiabilidade	25%
		Cliente/ regulador/ fiscalizador	10%
		Inovação comercializável	20%
		Aplicação do resultado	20%
Social	30%	Segurança no trabalho	20%
		Capacitação	20%
		Impacto sobre o emprego	20%
		Parceria/ Cooperação	20%
		Inserção regional	20%

Fonte: Chapieski (2007).

A classificação de cada projeto será obtida através da média ponderada dos fatores e seus respectivos pesos.

Os sub-critérios são definidos da seguinte forma:

- Ampliação de receitas – Quanto mais o resultado do projeto contribuir para ampliar a receita com novos clientes e/ou novos negócios, maior a prioridade do projeto.
- Redução de perdas – Quanto mais o resultado do projeto impactar na redução de perdas comerciais e técnicas, maior a prioridade do projeto.
- Postergação de investimento – quanto mais o resultado do projeto reduzir a necessidade de investimentos já identificados, ou postergar investimentos imediatos, maior será a prioridade do projeto.
- Redução de custos - Quanto mais o resultado do projeto impactar na redução de custos de produtos, serviços ou processos, maior será a prioridade do projeto.
- Tempo de retorno de investimento - Quanto menor o tempo de retornar o investimento realizado no projeto, maior será a prioridade do projeto.

- Abrangência e replicação - Quanto maior for a abrangência e a aplicabilidade dos produtos do projeto, maior será a prioridade do projeto.
- Aumento de disponibilidade e da confiabilidade.
- Cliente / regulador /fiscalizador - Quanto mais o resultado do projeto contribuir para a melhoria do relacionamento com clientes, reguladores e fiscalizadores, maior será a prioridade do projeto.
- Inovação comercializável – Quanto mais inovadora for a solução apresentada pelo projeto para atender às prioridades da Eletronorte e também gerar registro de patente ou autoria, maior será a prioridade do projeto.
- Aplicação do resultado – Quanto mais factível for a implantação dos resultados do projeto na empresa, maior a prioridade do mesmo.
- Segurança no trabalho – quanto mais o produto do projeto ou seu desenvolvimento contribuir para aumentar o nível de segurança dos colaboradores da empresa e de terceiros, maior a prioridade do projeto.
- Capacitação – quanto maior o número de funcionários da empresa envolvidos, formados ou reciclados durante a execução do projeto, e maior o número de conclusão de mestrados, pós-graduações e graduações, maior será a prioridade do projeto.
- Impacto sobre o emprego – quanto melhor a relação do custo do projeto com o número de empregos diretos e indiretos gerados durante a execução, ou pelo resultado do projeto, maior será a prioridade do projeto.
- Parceria/ cooperação – quanto maior o número de parcerias entre instituições de pesquisa para a execução do projeto, preferencialmente envolvendo instituições da região Norte, maior será a prioridade do projeto.
- Inserção regional – Quanto mais integrantes da equipe do projeto e mais etapas de execução do projeto forem realizadas em ambientes de instituições sediadas na área de atuação da Eletronorte (incluindo a sede, Brasília), maior será a prioridade do projeto.

Para determinar a nota de cada projeto, deverá ser verificada a aderência dos mesmos aos critérios técnicos, econômicos e sociais. Essa aderência deverá obedecer à seguinte escala de pontuação:

0,7 – Nenhuma aderência;

0,8 – Baixa aderência;

1,0 – Máxima aderência.

Após o resultado das notas dos projetos, será obtida a classificação por ordem decrescente de nota. Para a formação da carteira de projetos, deve-se levar em conta, dois aspectos:

- a) Inclusão de pelo menos um projeto de cada diretoria da empresa;
- b) Execução de pelo menos um projeto em cada unidade da federação da área de abrangência da Eletronorte.

5.2.3 Copel Distribuição

A Copel atua nas áreas de geração, transmissão, distribuição de energia e também na área de telecomunicações. Está localizada no Paraná e sua Missão é gerar, transmitir, distribuir e comercializar energia bem como prestar serviços correlatos, promovendo o desenvolvimento sustentável com retorno para a sociedade paranaense. A visão da Copel é ser a melhor empresa do setor elétrico do Brasil, mantendo o equilíbrio entre os interesses da sociedade e dos acionistas.

Na Copel, a coordenação dos Programas de P&D é de responsabilidade da Superintendência de Engenharia. Para avaliar as propostas de projetos de P&D é feito um comitê, formado por gerentes da superintendência de engenharia e também das áreas proponentes dos projetos. Através da realização de um workshop, os projetos são apresentados pelos seus respectivos gerentes (funcionários da Copel) ao comitê de avaliação, que fará o julgamento atribuindo notas aos projetos de acordo com os requisitos constantes em uma Ficha de Avaliação. Desse modo, os projetos que obtiverem as maiores notas (resultado das notas de todos os avaliadores) irão compor a carteira ANEEL (CHAPIESKI, 2007).

A Ficha de Avaliação não é disponibilizada pela empresa por questões de sigilo, para preservar os critérios considerados como importantes para a seleção dos projetos de P&D da empresa. O que se pode informar é que os critérios são definidos anualmente pelo comitê de avaliação, com base nos critérios estabelecidos pela ANEEL e também pelas diretrizes estratégicas da Copel.

5.2.4 Elektro

A Elektro é uma empresa distribuidora de energia elétrica, privada, e que atua no interior do estado de São Paulo.

A Elektro possui sua sede em Campinas, onde está localizada a Central de Atendimento ao Cliente e também o Centro de Operação e Distribuição. A missão da Elektro é distribuir energia elétrica com segurança e qualidade para o desenvolvimento e bem-estar das comunidades atendidas, gerando crescente valor para os clientes, colaboradores e acionistas. A visão da Elektro é ser a distribuidora de energia elétrica mais admirada do país.

O processo de seleção dos projetos de P&D na Elektro deve primeiramente obedecer às seguintes premissas:

- a) Amplo envolvimento dos colaboradores:
 - Todas as áreas;
 - Todos os níveis hierárquicos;
 - Em todas as fases do processo.
- b) Amplo envolvimento dos pesquisadores:
 - Levantamento de necessidade;
 - Elaboração do projeto;
 - Desenvolvimento do projeto;
 - Implantação do Projeto;
- c) Comprometimento dos membros dos comitês e gerentes:
 - Premissas do programa da ANEEL;
 - Metas e diretrizes da empresa;

- Metas e atividades da área;
- Objetivos do grupo.

A partir do respeito às premissas, as etapas do processo de seleção dos projetos de P&D podem ser seguidas.

- Etapa 1 – Levantamento de Necessidades;
- Etapa 2 – Levantamento de Potenciais;
- Etapa 3 – Avaliação técnica dos projetos

Na etapa 3, cada projeto será submetido a uma avaliação da sua potencialidade técnica, onde um grupo técnico de especialistas no assunto, aliado a integrantes conhecedores do contexto global, utilizarão uma metodologia específica e pesos definidos, conforme mostrado no Quadro 10 a seguir:

Quadro10: Critérios Utilizados para a Avaliação Técnica de Projetos

Característica	Peso	Nota	Avaliação	Observação
1.Simplicidade/clareza	P1	N1	P1 x N1	
2.Flexibilidade/rapidez	P2	N2	P2 x N2	
3.Facilidade de implementação	P3	N3	P3 x N3	
4.Otimização de perdas técnicas	P4	N4	P4 x N4	
5.Redução de perdas comerciais	P5	N5	P5 x N5	
6.Aumento de vida útil de ativos	P6	N6	P6 x N6	
7.Desenvolvimento de pessoal	P7	N7	P7 x N7	
8.Simplificação de processos	P8	N8	P8 x N8	
9.Melhoria dos indicadores	P9	N9	P9 x N9	
10.Otimiza o uso do SED	P10	N10	P10 x N10	
11.Risco tecnológico baixo	P11	N11	P11 x N11	
			Nota técnica	

Fonte: Chapieski, 2007

- Etapa 4 – Avaliação Econômica dos projetos

Na etapa 4, assim como na avaliação técnica, os projetos serão avaliados sob o ponto de vista econômico, através dos critérios apresentados no Quadro11 a seguir.

Quadro11: Critérios Utilizados para a Avaliação Econômica de Projetos

Característica	Peso	Nota	Avaliação	Observação
1.Remuneração(TR,VPL)	P1	N1	P1 x N1	
2.Postergação de Investimentos	P2	N2	P2 x N2	
3.Novos negócios e receitas	P3	N3	P3 x N3	
4.Otimização de perdas técnicas	P4	N4	P4 x N4	
5.Redução de perdas comerciais	P5	N5	P5 x N5	
6.Redução de custos operacionais	P6	N6	P6 x N6	
7.Novos clientes e receitas	P7	N7	P7 x N7	
8.Melhoria indicadores financeiros	P8	N8	P8 x N8	
9.minimização de penalidades	P9	N9	P9 x N9	
10.Risco econômico baixo	P10	N10	P10 x N10	
			Nota econômica	

Fonte: Chapieski, 2007.

- Etapa 5 – Avaliação Estratégica dos Projetos

Nessa etapa do processo de avaliação, um grupo de especialistas no assunto e gerentes conhecedores do contexto estratégico global, farão a avaliação estratégica dos projetos através dos critérios do Quadro 12.

Quadro12: Critérios Utilizados para a Avaliação Estratégica dos Projetos

Característica	Peso	Nota	Avaliação	Observação
1.Resultado da avaliação Técnica	P1	N1	P1 x N1	
2.Resultado da avaliação Econômica	P2	N2	P2 x N2	
3.Aumento da Competitividade	P3	N3	P3 x N3	
4.Relacionamento com o governo	P4	N4	P4 x N4	
5.Relacionamento com reguladores	P5	N5	P5 x N5	
6.Imagem institucional	P6	N6	P6 x N6	
7.Anseios dos acionistas	P7	N7	P7 x N7	
8.Relacionamento com clientes	P8	N8	P8 x N8	
9.Relacionamento com fornecedores	P9	N9	P9 x N9	
10.Princípios empresariais	P10	N10	P10 x N10	
11.Risco estratégico baixo	P11	N11	P11 x N11	
12.Agregação de novos valores	P12	N12	P12 x N12	
			Nota estratégica	

Fonte: Chapieski, 2007

- Etapa 6 – Revisão Estratégica

Após o encerramento das etapas anteriores, a definição das equipes e elaboração do ranking dos projetos, será realizada a Revisão Estratégica pelo grupo responsável pela avaliação estratégica em conjunto com a alta direção da empresa, que irão contemplar as características estratégicas mais relevantes.

Após uma descrição dos métodos de avaliação de projetos de P&D e também dos métodos utilizados em algumas empresas do Setor de Energia, serão apontadas algumas deficiências de tais métodos.

5.3 Crítica aos Métodos de Seleção de Projetos de P&D Utilizados pelas Empresas Analisadas

5.3.1 Celpe

Conforme apresentado no item 5.2.1, a avaliação dos projetos de P&D na Celpe consiste na pontuação de critérios subdivididos em duas categorias; técnica e estratégica. Caso haja empate na pontuação dos projetos, o desempate será obtido através dos projetos melhores pontuados nos critérios técnicos e em seguida nos critérios estratégicos. Após a avaliação dos projetos ocorre ainda uma avaliação para equilíbrio do portfólio.

A metodologia adotada pela Celpe, apesar de incluir diversos critérios na avaliação dos projetos, deixa de lado aspectos importantes da avaliação, como por exemplo: alinhamento do projeto ao plano estratégico da empresa, alinhamento do projeto aos temas estratégicos do setor elétrico, capacitação de recursos humanos, criação ou aprimoramento de infra-estrutura para pelas entidades executoras, cumprimento às exigências da agência reguladora.

5.3.2 Eletronorte

A avaliação dos projetos de P&D na Eletronorte também se baseia na pontuação de critérios, que estão subdivididos em três categorias: Econômica, Técnica e Social.

Assim como ocorre na Celpe, a metodologia adotada pela Eletronorte também deixa de lado critérios importantes para avaliação, como por exemplo: Capacidade técnico/científica da equipe executora do projeto; Alinhamento do projeto ao plano estratégico da empresa, Alinhamento do projeto aos temas estratégicos do setor

elétrico, Criação ou aprimoramento de infra-estrutura para pelas entidades executoras e Cumprimento às exigências da agência reguladora.

5.3.3 Copel Distribuição

Como mostrado no item 5.2.3 a avaliação dos projetos de P&D da Copel Distribuição está baseada em uma ficha de avaliação, onde vários critérios são pontuados. Como a empresa não disponibiliza os critérios avaliados, não se pode apontar as deficiências, caso existam, na avaliação.

5.3.4 Elektro

De acordo com o que foi apresentado no item 5.2.4, a avaliação dos projetos de P&D da Elektro ocorre em três etapas: avaliação técnica, avaliação econômica e uma avaliação estratégica

A metodologia adotada pela Elektro também deixa de lado critérios importantes para avaliação, como por exemplo: Capacidade técnico/científica da equipe executora do projeto; Alinhamento do projeto ao plano estratégico da empresa, Alinhamento do projeto aos temas estratégicos do setor elétrico, Parceria com entidades de pesquisa, Aprimoramento de infra-estrutura para entidades executoras.

Após a indicação de algumas deficiências apresentadas pelos métodos de avaliação e seleção de projetos de P&D de algumas empresas do setor elétrico, será apresentada no capítulo 6, uma metodologia de avaliação de projetos de P&D que poderá auxiliar as empresas de energia a selecionar seus projetos.

6. PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE P&D PARA O SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com o que foi apresentado no capítulo cinco, os métodos de avaliação de projetos de P&D utilizados pelas empresas analisadas, estão baseados na utilização de opiniões de especialistas, que são utilizadas para suprir informações incertas e dados que não estão disponíveis. Portanto, uma boa avaliação dependerá de um conjunto de critérios que avalie cada projeto nos seus vários aspectos. Após a avaliação de cada projeto, as empresas precisarão também utilizar algum método que permita construir sua “carteira”, baseada nas suas prioridades, já que os projetos concorrem pelos investimentos.

A área de P&D da empresa deve trabalhar com projetos que atendam a estratégia global corporativa. Tais projetos poderão contribuir para o desenvolvimento de novos produtos e aperfeiçoamento de processos que apoiem tecnologicamente as diferentes áreas da organização (SANTOS, 2004).

A metodologia proposta nesse trabalho, tenta superar esse obstáculo e resulta da união de duas metodologias: Data Envelopment Analysis (DEA) e Balanced Scorecard (BSC). Esta foi apresentada inicialmente por Eilat et al. (2006) e será adaptada e proposta para o setor elétrico brasileiro para atenuar a dificuldade de seleção dos projetos mais eficientes para as empresas e também para o setor de energia. Antes de apresentá-la, será feita uma breve exposição das metodologias DEA e BSC.

6.1 Data Envelopment Analysis (DEA)

A metodologia DEA foi desenvolvida por Charnes et al. (1978) e consiste em uma ferramenta não paramétrica utilizada para mensuração comparativa da eficiência de Unidades Tomadoras de Decisão – *Decision Making Units* – (DMU's), através do uso de programação matemática. Essa metodologia pode ser aplicada a um conjunto de DMU's que desempenhem funções similares usando um conjunto de insumos para produzir um conjunto de produtos. Tanto os insumos quanto os produtos podem conter fatores quantitativos como qualitativos.

A metodologia DEA analisa cada unidade de produção separadamente, medindo sua eficiência em relação ao restante das unidades avaliadas. Segundo Vidal (2002), a suposição por trás da abordagem DEA se baseia na possibilidade de se construir uma fronteira de segmentos lineares utilizando firmas reais em seus pontos extremos e firmas virtuais criadas através das combinações convexas das DMU's eficientes.

Além de avaliar e identificar as DMU's ineficientes, a DEA estabelece objetivos a serem alcançados para cada DMU, com o intuito de obter a máxima eficiência.

De acordo com Cooper et al. (2006), o uso da DEA para avaliação de performance tem ganho nos últimos anos, um grande número de aplicações em diferentes tipos de entidades com os mais diversos tipos de atividades. Uma das razões para esse “sucesso”, é que, para a aplicação da metodologia não há necessidade do estabelecimento, a priori, do tipo de relação entre os diversos insumos e produtos envolvidos na análise.

Para Vidal (2002), existem três principais estágios envolvidos no estudo da medida de eficiência através da análise DEA:

a) Seleção das DMU's para análise

As unidades selecionadas deverão desempenhar tarefas com objetivos similares. Além disso, o número de empresas analisadas deve ser grande o suficiente para que permita a discriminação entre as mesmas.

O período de tempo escolhido para o estudo é também muito importante, pois períodos longos podem esconder mudanças importantes ocorridas nas DMU's e períodos muito curtos, podem fornecer informações incompletas. Por isso, é importante analisar mudanças ocorridas no setor em estudo, escolhendo períodos de tempo com informações homogêneas.

b) Determinação dos insumos e produtos

A escolha dos insumos e produtos é de extrema importância para o estudo, pois os mesmos representam a base do estudo de eficiência. Desse modo, apenas os insumos e produtos mais relevantes devem ser considerados e nenhum deles pode ser mais importante do que o outro.

c) Aplicação dos modelos DEA e análise dos resultados

Existem duas escolhas que devem ser feitas em relação à metodologia DEA. A primeira, em relação ao tipo de retornos de escala e a segunda, em relação ao tipo de abordagem feita, com orientação a insumos ou a produtos.

O modelo CRS (*Constant Returns of Scale*), também conhecido por CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978), considera retornos de escala constantes, ou seja, qualquer variação nos insumos leva a uma variação proporcional nos produtos. O modelo VRS (*Variable Returns of Scale*), ou BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984), considera retornos variáveis de escala e não assume proporcionalidade entre insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*).

De acordo com Guerreiro (2006), é importante o esclarecimento de alguns conceitos de eficiência abordados pela metodologia DEA, para um melhor entendimento da diferença entre os modelos CCR e BCC. São eles:

- Eficiência Produtiva – Refere-se à habilidade de evitar desperdícios produzindo o máximo de produtos com o mínimo de insumos.
- Eficiência de Escala - Componente da eficiência produtiva associado às variações de produtividade decorrentes de mudanças na escala de operação.
- Eficiência Técnica – É o componente da eficiência produtiva que resulta quando são isolados os efeitos da eficiência de escala.

Além da escolha entre CCR e BCC, existe a necessidade de fixação da ótica de análise (orientação *input* ou orientação *output*). De acordo com Macedo *et al.* (2008) a abordagem DEA baseada nas entradas (*inputs*) busca maximizar as quantidades de produtos, isto é, maximizar uma combinação linear das quantidades dos vários produtos da empresa. Já para uma abordagem baseada nas saídas (*outputs*), busca-se minimizar as quantidades de insumos, isto é, minimizar uma combinação linear das quantidades dos vários insumos da empresa.

6.1.1 O Modelo CCR

A eficiência é definida como a razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos.

O modelo CCR permite que seja atribuído um conjunto de pesos (multiplicadores) para cada DMU, de forma a maximizar a eficiência das mesmas.

Na formulação matemática do modelo CCR, é considerado que cada DMU j , sendo $j = 1, \dots, n$, é uma unidade de produção que utiliza m *inputs* x_{ij} , $i = 1, \dots, m$, para produzir s *outputs* y_{rj} , $r = 1, \dots, s$. Serão realizadas n otimizações, com a restrição de que para cada DMU essa razão não pode ser maior que 1.

A formulação matemática dessas condições será apresentada no Quadro 13, a seguir:

Minimização de inputs – CCR-I	Maximização de Outputs – CCR-O
$\max_{v,u} \theta_0 = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo}}$ <p>sujeito a</p> $\frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1, \quad \forall j.$ $u_r, v_i \geq 0 \quad \forall x, y$	$\min_{v,u} \theta_0 = \frac{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo}}{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{so}}$ <p>sujeito a</p> $\frac{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mj}}{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{sj}} \leq 1 \quad \forall j.$ $u_r, v_i \geq 0 \quad \forall x, y$

Quadro 13: Modelos CCR-I e CCR-O.

Onde:

θ_0 = Eficiência da DMU 0;

u_r, v_i = pesos dos outputs e inputs respectivamente;

x_{ij}, y_{rj} = inputs i e outputs r da DMU j ;

x_{i0}, y_{r0} = inputs i e outputs r da DMU 0.

Os modelos acima podem ser linearizados, o que permite que sejam resolvidos através da programação linear. A seguir, serão apresentados no Quadro 14, o CCR-I (orientado para input) e o CCR-O (orientado para output), ambos linearizados:

Minimização de inputs – CCR-I	Maximização de Outputs – CCR-O
$\max_{\mu, v} s_0 = \sum_r \mu_r y_{r0}$ <p>s.a.</p> $\sum_i v_i x_{ij} = 1$ $\sum_r \mu_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j,$ $\mu_r \geq \varepsilon,$ $v_i \geq \varepsilon$	$\min_{\mu, v} s_0 = \sum_r v_i x_{i0}$ <p>s.a.</p> $\sum_i u_r y_{rj} = 1$ $\sum_r v_i x_{ij} - \sum_i \mu_r y_{rj} \leq 0 \quad \forall j,$ $\mu_r \geq \varepsilon,$ $v_i \geq \varepsilon$

Quadro 14: Modelos CCR-I e CCR-O, Linearizados.

6.1.2 O Modelo BCC

O modelo BCC, considera que as DMU's avaliadas apresentem retornos variáveis de escala.

Na Equação (9) é apresentada a formulação do problema de programação fracionária, previamente linearizado. Em (9): h_o é a eficiência da DMU_o em análise; x_{ij} representa a *input* i da DMU_j; y_{rj} representa o *output* r da DMU_j; v_i é o peso atribuído ao *input* i ; u_r é o peso atribuído ao *output* r ; u^* é um fator de escala.

$$\max h_o = \sum_{j=1}^n u_r y_{ro} + u^* \quad (9)$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^n u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n \quad (11)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall x, y \quad (12)$$

$$u^* \in \mathbb{R} \quad (13)$$

A Figura 3 mostra as fronteiras DEA BCC e CCR para um modelo DEA bidimensional (1 *input* e 1 *output*). As DMU's A, B e C são BCC eficientes; a DMU B é CCR eficiente. As DMUs D e E são ineficientes nos dois modelos. A eficiência CCR e BCC da DMU E é dada, respectivamente, por $\frac{\overline{E''E'''}}{\overline{E''E}}$ e $\frac{\overline{E''E'}}{\overline{E''E}}$.

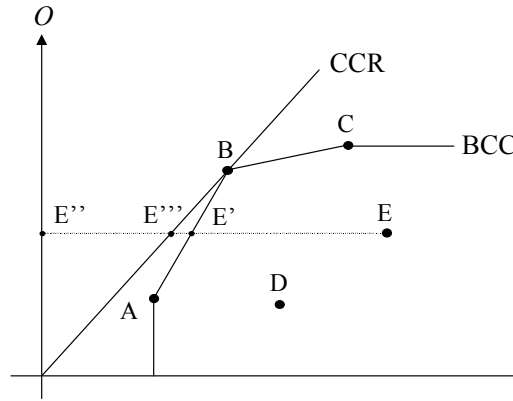


Figura 3 – Fronteiras DEA-BCC e DEA-CCR para o caso bidimensional.

Fonte: Adaptado de Cooper et al. (2006)

Além de identificar as DMU's eficientes, os modelos DEA permitem medir e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes, que fornece o *benchmark* para as DMU's ineficientes. Esse *benchmark* é determinado pela projeção das DMU's ineficientes na fronteira de eficiência. A forma como é feita esta projeção determina orientação do modelo: orientação a *inputs* (quando se deseja minimizar os *inputs*, mantendo os valores dos *outputs* constantes); e orientação a *outputs* (quando se deseja maximizar os resultados sem diminuir os recursos).

De acordo com Linton et al. (2002), a metodologia DEA oferece vantagens que a tornam superior em relação aos métodos econômicos para decisão entre alternativas com alto grau de incerteza, o que a torna uma forte candidata para a análise de projetos de P&D.

6.2 Balanced Scorecard (BSC)

O Balanced Scorecard (BSC) foi descrito pela primeira vez em um artigo publicado em 1992 na Revista Harvard Business Review por Robert S. Kaplan e David P. Norton, intitulado "*The Balanced Scorecard Measures that Drive Performance*". Esse método foi desenvolvido para medir o desempenho das organizações de forma abrangente, ou seja, capturando as atividades da empresa como um todo.

O BSC consiste em um grupo de medidas, denominadas cartas ou perspectivas, que surgem a partir da visão e da estratégia da organização. No centro do BSC encontra-se a visão e a estratégia organizacional.

As cartas do BSC promovem uma avaliação equilibrada do desempenho organizacional, pois além de utilizar medidas financeiras na perspectiva Financeira, o Balanced Scorecard possui outras três perspectivas: Cliente; Processos Internos; Aprendizado e Crescimento. Através do acompanhamento dessas medidas, os dirigentes podem comunicar aos funcionários se estão caminhando em direção aos objetivos estratégicos da empresa.

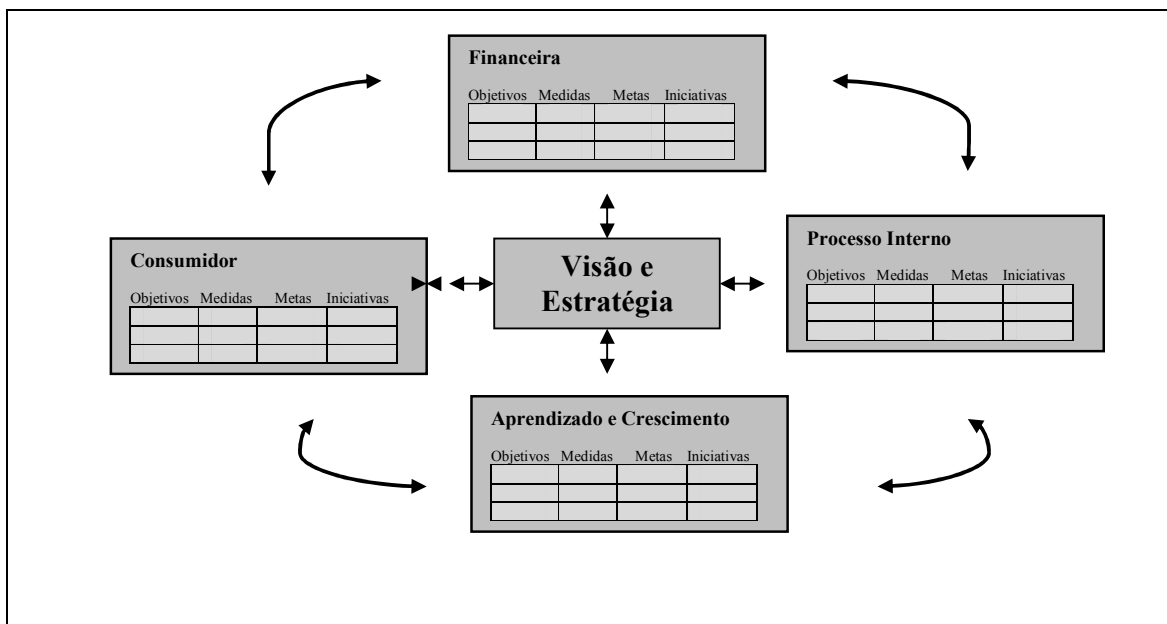


Figura 4: As Quatro Perspectivas do BSC.

Fonte: Adaptado de Schoeneborn, 2003.

Conforme mostrado na Figura 4, para cada uma das perspectivas do Balanced Scorecard, devem ser determinados os seguintes itens:

- Objetivos Estratégicos – o que a estratégia define para ser alcançado em cada perspectiva;
- Indicadores – como será medido o progresso em um determinado objetivo estratégico;
- Metas – que valor deverá ser alcançado em cada indicador;
- Iniciativas – o que deverá ser feito para facilitar o alcance da meta estipulada para um determinado indicador.

As quatro perspectivas do BSC e seus indicadores devem estar conectados, formando uma cadeia de causa e efeito que partem desde motivadores de desempenho contidos na perspectiva Aprendizagem e Crescimento, até alcançar a melhoria do resultado financeiro.

6.3 Integração das Metodologias DEA e BSC

Nos últimos anos, diversos estudos de avaliação de performance têm sido realizados através do uso das metodologias DEA e BSC de forma combinada. O objetivo da fusão dessas metodologias é fazer uma avaliação de desempenho através de uma medida que permita a comparação entre DMU's considerando diversos inputs e outputs de forma balanceada. Isto é, de maneira que se possa priorizar os inputs e outputs que sejam considerados mais importantes para o desempenho das DMU's avaliadas.

De acordo com Macedo et al. (2008), o primeiro a utilizar as metodologias DEA e BSC combinadas foi Rickards no ano de 2003. Devido à grande variedade de indicadores do BSC, havia também, uma grande quantidade de informações que precisavam ser limitadas. Com isso, através da DEA, as variáveis de análise escolhidas sob a perspectiva do BSC passaram a ser tratadas em cada DMU, em um universo reduzido.

Eilat et al. (2006), propuseram a utilização do método DEA - BSC, como uma ferramenta superior a cada um dos dois métodos quando utilizados separadamente. A idéia foi inserir o BSC na metodologia DEA, de forma que a estrutura hierárquica estratégica de pesos do BSC fosse considerada pela DEA. O método, apresentado para avaliação de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em seus diferentes estágios (proposta, andamento e conclusão), foi construído tendo como base a integração da DEA a uma estrutura específica de BSC para projetos de P&D proposta por Stewart e adaptada pelos autores às condições do estudo. Essa metodologia compreendeu cinco perspectivas, sendo quatro originais do BSC (Financeira, Clientes, Processos Internos, Aprendizado e Crescimento) e uma adicional (Incerteza). Foram analisados cinquenta projetos, através de onze variáveis de *output* e duas de *input*, de três diferentes maneiras. A primeira, utilizou o DEA-CCR nas variáveis dos indicadores de entrada e saída. A segunda, já com a metodologia proposta DEA-BSC, a partir do estabelecimento dos limites superior e inferior das perspectivas, conferiu importância relativa às variáveis. E na última, também com a metodologia DEA-BSC, os autores se utilizaram do artifício de forçar os limites das perspectivas (30% a 70%, Financeira; 2% a 12%, Incerteza; 6% a 46%, as demais), conferindo maior importância a perspectiva financeira do que as outras perspectivas, visto que a mesma possui maior peso neste tipo de avaliação.

Chen e Chen (2007) utilizaram uma combinação entre a Análise Envoltória de Dados e o *Balanced Scorecard*, tendo como objetivo a mensuração da eficiência da indústria de semicondutores de Taiwan. Para tanto, foram analisadas trinta empresas. A escolha das variáveis foi feita com base nas perspectivas do BSC (Financeira, Clientes, Processos Internos, Aprendizado e Crescimento). Dentro de cada uma delas, foram selecionados indicadores que, posteriormente, seriam utilizados como *inputs e outputs*, sob abordagem DEA, para avaliação da *performance* daquele determinado aspecto. Sendo assim, o BSC foi utilizado com o objetivo de ampliar a possibilidade de variáveis a serem utilizadas.

6.4 Modelo de Avaliação DEA-BSC

A metodologia DEA-BSC consiste, basicamente, na inclusão das perspectivas do BSC dentro da metodologia DEA, com o objetivo de se obter os “scores” dos projetos analisados, permitindo assim, a possibilidade de se priorizar os mais adequados.

Vejamos o caso da análise de n projetos, onde cada projeto irá consumir m *inputs* e produzir s *outputs*. Um projeto específico P_j ($j=1,2,...,n$) consome $X_j=\{x_{ij}\}$ de *inputs* ($i=1,...,m$) e produz $Y=\{y_{rj}\}$ produtos, onde ($r=1,...,s$). Assume-se que $x_{ij}>0$ e $y_{rj}>0$. A matriz $m \times n$ dos *inputs* será chamada de X e a matrix $s \times n$ dos *outputs* será chamada de Y . Os pesos dos inputs e outputs são respectivamente $v = \{v_i\}$ e $u = \{u_r\}$.

O modelo DEA-BSC consiste em uma extensão do modelo DEA-CCR original, pela integração do Balanced Scorecard ao modelo DEA. Todas as medidas de *inputs* e *outputs* dos projetos correspondem aos indicadores do BSC e vice-versa. Além disso, acrescenta-se ao DEA um conjunto de restrições de equilíbrio, aplicadas ao conjunto de variáveis associadas às cartas do BSC.

6.4.1 Restrições de Equilíbrio do Modelo DEA-BSC

Seja $O_1, ..., O_k$ a divisão de todos os *outputs* de um dado projeto, dentro das “K” cartas do BSC (o mesmo acontece com os *inputs*). Teremos desse modo:

$$\sum_{k=1}^K \left(\sum_{r \in O_k} u_r y_{rj} / \sum_r u_r y_{rj} \right) = 1, \quad \forall j, \quad (14)$$

O valor $S_k = (\sum_{r \in O_k} u_r y_{rj} / \sum_r u_r y_{rj})$ representa a proporção do output total de um projeto

P_o destinada a uma determinada carta O_k , que representa a importância da carta O_k para o projeto P_o .

Para refletir o equilíbrio desejado, o decisor poderá estabelecer limites superiores e inferiores para a importância relativa de cada carta. Formalmente essas restrições podem ser estabelecidas da seguinte forma:

$$L_k \leq \sum_{r \in O_k} u_r y_{r0} / \sum_r u_r y_{r0} \leq U_k, \quad \forall k, \quad (15)$$

Portanto, com o acréscimo das restrições de equilíbrio temos o seguinte Modelo de Programação Linear do DEA-BSC:

$$\max_{u,v} s_0 = \sum_r u_r y_{r0} \quad (16)$$

s.a.

$$\sum_i v_i x_{i0} = 1 \quad (17)$$

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j, \quad (18)$$

$$- \sum_{r \in O_k} u_r y_{r0} + L_{0k} \sum_r u_r y_{r0} \leq 0 \quad \forall k = 1, \dots, k_O, \quad (19)$$

$$\sum_{r \in O_k} u_r y_{r0} - U_{0k} \sum_r u_r y_{r0} \leq 0 \quad \forall k = 1, \dots, k_O, \quad (20)$$

$$- \sum_{i \in I_k} v_i x_{i0} + L_{Ik} \sum_i v_i x_{i0} \leq 0 \quad \forall k = 1, \dots, k_I, \quad (21)$$

$$\sum_{i \in I_k} v_i x_{i0} - U_{Ik} \sum_i v_i x_{i0} \leq 0 \quad \forall k = 1, \dots, k_I, \quad (22)$$

$$-u_r \leq -\varepsilon \quad \forall_r, \quad (23)$$

$$-v_i \leq -\varepsilon \quad \forall_i. \quad (24)$$

Na formulação acima, as restrições de equilíbrio foram divididas em dois grupos, o das restrições com limites superiores e o grupo das restrições com limites inferiores para cada carta de *output* O_k $k=1, \dots, K_o$, e *input* I_k , $k= 1, 2, \dots, K$. Esses limites são denotados por $[L_{ok}, U_{ok}]$ e $[L_{ik}, U_{ik}]$ respectivamente.

Essas restrições asseguram que qualquer score produzido pelo modelo, reflita o equilíbrio desejado entre as cartas de *inputs* e *outputs*.

No próximo capítulo será realizada uma simulação da aplicação do modelo DEA-BSC.

7. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para ilustrar a aplicação do método proposto, será apresentada uma simulação, onde uma empresa distribuidora de energia deverá avaliar 30 projetos candidatos ao seu Programa de P&D.

A simulação realizada pode ser resumida através da Figura 5.

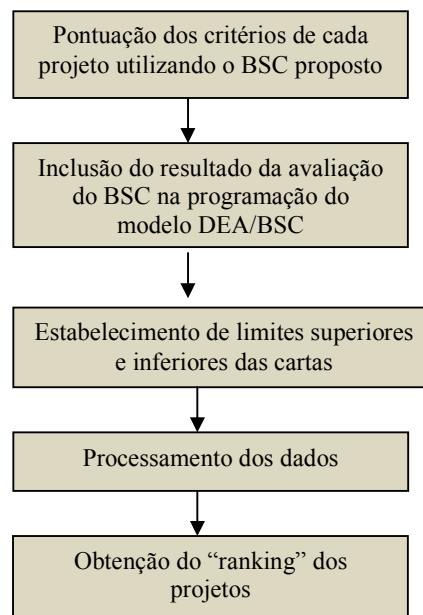


Figura 5: Seqüência da Aplicação do DEA-BSC
Fonte: Elaboração Própria

A Figura 5 mostra as etapas da simulação, que envolve desde a pontuação de cada projeto até a obtenção do resultado, através do ranking dos projetos.

O ponto de partida para a avaliação é a pontuação dos projetos em relação ao conjunto de critérios selecionados para compor o BSC da P&D, conforme será apresentado a seguir.

7.1 BSC para Avaliação de Projetos de P&D

Como foi mostrado ao longo do Capítulo 4, para avaliar a potencialidade de um projeto de P&D, é importante estabelecer um conjunto de critérios que sejam

considerados importantes pela organização. Como a filosofia do BSC está baseada na construção de um conjunto de indicadores agrupados em “cartas”, conectados e alinhados aos objetivos estratégicos de uma organização, o modelo de avaliação utilizado neste trabalho irá incorporar essa ferramenta.

Nesse caso, os projetos devem ser avaliados como mini-organizações que devem estar alinhadas aos critérios estabelecidos. Será avaliado o potencial do projeto diante de cada um dos indicadores do BSC para P&D. Para isso, se utilizará uma escala para que o avaliador designado pela organização possa atribuir um valor para cada critério.

O BSC proposto para avaliação dos projetos de P&D do setor elétrico será composto por cinco perspectivas: Financeira, Sócio-Ambiental, Processos Internos, Aprendizado e Crescimento e Incerteza.

Na Perspectiva Financeira será avaliado o grau de contribuição do projeto em termos monetários. Cada medida do BSC para P&D deverá estar conectada em uma cadeia de causa e efeito para melhorar o resultado financeiro.

A Perspectiva Sócio-ambiental irá verificar o grau de satisfação que o produto do projeto poderá proporcionar aos consumidores e também se o projeto contemplará melhorias nas questões ambientais. O que se procurará responder é quanto o projeto poderá contribuir tanto para a satisfação dos consumidores quanto para o meio ambiente.

A Perspectiva Processos Internos, avaliará o grau de contribuição nas competências da empresa, adquiridas com a execução do projeto e também o quão alinhado está o projeto aos objetivos estratégicos da empresa. O que se tentará verificar é, se o projeto ajudará a empresa a adquirir novos conhecimentos.

Na Perspectiva Aprendizado e Crescimento, será avaliada a possibilidade de incrementos no desempenho da empresa através do melhoramento da infra-estrutura organizacional que permita o alcance das perspectivas anteriores.

Na Perspectiva Incerteza, serão incluídas medidas críticas dos projetos de P&D, como a expectativa de sucesso técnico e comercial. Na avaliação da expectativa de sucesso técnico, deverão ser consideradas questões como: “gap” tecnológico; complexidade da tecnologia a ser desenvolvida; habilidades tecnológicas da empresa; disponibilidade de

recursos humanos; e outras facilidades. Na avaliação da expectativa de sucesso comercial, deverão ser consideradas questões como: as necessidades de mercado; maturidade do mercado; e intensidade competitiva. Além disso, os projetos de P&D do setor elétrico precisam atender aos critérios estabelecidos pela ANEEL: Originalidade; Aplicabilidade; Relevância; Razoabilidade dos Custos; conforme descritos no Item 3.1.

O Quadro15 a seguir, apresenta o BSC proposto para avaliação dos projetos de P&D do setor elétrico.

Quadro 15: Balanced Scorecard para Avaliação de Projetos de P&D

Output(y)	Perspectiva Financeira	Avaliação
y1	Aumento do lucro	1-2-3-4-5
y2	Aumento do faturamento	1-2-3-4-5
y3	Redução dos custos operacionais	1-2-3-4-5
Output(y)	Perspectiva Sócio-ambiental	Avaliação
y4	Melhoria nos serviços para o consumidor	1-2-3-4-5
y5	Redução dos problemas ambientais	1-2-3-4-5
Output(y)	Perspectiva de Processos Internos	Avaliação
y6	Criação ou aprimoramento de infra-estrutura	1-2-3-4-5
y7	Alinhamento à estratégia da empresa	1-2-3-4-5
y8	Alinhamento aos temas estratégicos do setor	1-2-3-4-5
Output(y)	Perspectiva de Aprendizado e Crescimento	Avaliação
y9	Parceria com outras entidades para execução do projeto	1-2-3-4-5
y10	Capacitação Profissional	1-2-3-4-5
y11	Atividades internas de P&D	1-2-3-4-5
Output(y)	Perspectiva de Incerteza	Avaliação
y12	Atendimento aos critérios da ANEEL	1-2-3-4-5
y14	Expectativa de sucesso técnico	1-2-3-4-5
y15	Expectativa de sucesso comercial	1-2-3-4-5
Input(x)	Recursos	Avaliação
x1	Investimentos	1-2-3-4-5
x2	Qualificação técnica/científica da equipe	1-2-3-4-5

Fonte: Elaboração Própria.

Como os investimentos obrigatórios destinados aos projetos de P&D do setor elétrico devem ser avaliados pela ANEEL, o estabelecimento dos critérios para avaliação dos projetos, foi orientado principalmente, através do Manual de P&D Tecnológico do Setor elétrico (2008). Foram considerados também, critérios sugeridos por Eilat et al. (2006), Silva Jr et al.(2009) e Chapieski(2007).

Os critérios incluídos na perspectiva financeira foram os seguintes:

- Aumento do lucro - Avaliará a potencialidade do projeto em aumentar os lucros da empresa, seja através do aumento na receita, seja através da redução dos custos;
- Aumento do faturamento - Avaliará a potencialidade do projeto em aumentar o faturamento da empresa;
- Redução dos custos operacionais - Avaliará a potencialidade do projeto em reduzir os custos operacionais;

Os critérios incluídos na Perspectiva Sócio-ambiental foram os seguintes:

- Melhoria nos serviços para o consumidor - Avaliará a possibilidade de o projeto proporcionar benefícios para os consumidores;
- Redução dos problemas ambientais - Avaliará a possibilidade do projeto trazer benefícios ao meio ambiente.

Os critérios incluídos na Perspectiva de Processos Internos foram os seguintes:

- Criação ou aprimoramento de infra-estrutura – Avaliará o benefício trazido através da aquisição de materiais e equipamentos indispensáveis para a execução do projeto, tanto para as empresas quanto para as entidades executoras;
- Alinhamento à estratégia da empresa – Avaliará o grau de adequação do projeto aos objetivos estratégicos da empresa;
- Alinhamento aos temas estratégicos do setor – Avaliará o grau de adequação do projeto aos temas estratégicos do setor, estabelecidos pela ANEEL.

Os critérios incluídos na Perspectiva Aprendizado e Crescimento foram os seguintes:

- Parceria com outras entidades para execução do projeto – Avaliará o grau de envolvimento com outras entidades, que o projeto poderá proporcionar para as empresas;

- Capacitação Profissional - Avaliará a potencialidade do projeto para a formação de especialistas, mestres e doutores. De acordo com o Manual de P&D Tecnológico do Setor Elétrico (2008), esse critério não inclui atividades de treinamento interno, como as desenvolvidas por universidades corporativas e outras entidades não acadêmicas de prestação de serviços de treinamento e capacitação;
- Atividades internas de P&D – Avaliará o grau de desenvolvimento da atividade de P&D no interior da empresa.

Os critérios incluídos na perspectiva incerteza foram os seguintes:

- Atendimento aos critérios da ANEEL - Conforme discutido no Capítulo 4, a ANEEL avaliará o projeto nos critérios: Originalidade; Aplicabilidade; Relevância; e Razoabilidade dos Custos. Como o critério Originalidade é eliminatório, os projetos que não estiverem de acordo com esse critério, devem ser descartados do processo de avaliação. Quanto ao critério Relevância, este pode ser avaliado implicitamente através de outros indicadores, como Capacitação Profissional, Criação ou Aprimoramento de Infra-estrutura, Redução dos Problemas ambientais. Portanto, no que se refere ao Atendimento aos Critérios da ANEEL, o projeto será avaliado em relação à Aplicabilidade e à Razoabilidade dos Custos;
- Expectativa de sucesso técnico - Avaliará a capacidade tecnológica da empresa para desenvolver o projeto;
- Expectativa de sucesso comercial – Avaliará o potencial de aceitação do produto do projeto, no mercado consumidor.

Os insumos necessários para a execução dos projetos são os seguintes:

- Investimentos – Avaliará a adequabilidade dos investimentos requeridos para a execução do projeto diante dos benefícios esperados com o resultado do projeto;
- Qualificação Técnica/Científica da Equipe – Avaliará a qualificação técnico-científica dos pesquisadores envolvidos na execução do projeto;

O BSC apresentado no Quadro 17, foi composto por cinco cartas, catorze outputs (y_1, y_2, \dots, y_{14}) e dois inputs (x_1, x_2). Para avaliá-los serão utilizados valores de uma

escala. A escala utilizada foi semelhante à utilizada pela ANEEL, com valores variando entre 1 e 5, conforme apresentado na Tabela 2 do capítulo 4.

Para avaliar a adequabilidade dos investimentos e a qualificação técnica e científica da equipe dos projetos, deverá se considerar uma adaptação para o significado dos valores da escala utilizada. Como esses critérios representam os *inputs* do modelo, quanto menor a quantidade utilizada para produzir determinada quantidade de *output*, melhor será a avaliação do projeto quanto a sua eficiência. Por isso, a tabela utilizada para avaliação desses *inputs* deverá associar às menores pontuações, os melhores conceitos, conforme apresentado na Tabela 5 seguir:

Tabela 5: Pontuações Atribuídas aos Insumos do BSC Proposto para P&D.

Pontuação do Critério	Conceito da Pontuação
1	Excelente
2	Bom
3	Aceitável
4	Insuficiente
5	Inadequado

Fonte: Manual do Programa de P&D Tecnológico do Setor de Energia Elétrica, 2008.

Essa adaptação foi necessária para manter a coerência na avaliação, pois quanto menos recursos forem utilizados, melhor deverá ser a avaliação do projeto nesse critério.

Após a avaliação dos 30 projetos, baseada no BSC proposto para a P&D, (Quadro 15), foram obtidos os resultados apresentados no Quadro 16:

Quadro 16: Avaliação dos Projetos

Carta	Recursos		Financeira			Sócio-Ambiental		Processos Internos			Aprendizado e Crescimento			Incerteza		
Projeto	x1	x2	y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10	y11	y12	y13	y14
1	2	2	5	4	5	3	2	3	4	3	4	3	3	3	5	2
2	2	1	2	2	2	3	2	3	5	3	4	2	3	3	4	4
3	2	3	3	2	2	5	5	2	5	2	3	2	2	3	3	1
4	3	2	1	1	1	2	3	3	4	3	3	2	3	2	5	1
5	3	3	2	2	2	2	1	5	5	2	4	3	3	2	4	5
6	2	1	1	3	3	3	2	4	3	3	4	3	3	2	3	4
7	2	2	2	2	2	3	2	4	3	2	5	5	4	2	5	1
8	1	3	5	4	5	2	2	2	5	3	4	2	3	3	4	1
9	2	1	3	3	3	2	1	3	4	2	3	2	3	3	3	3
10	2	3	2	3	3	4	5	3	3	2	3	2	4	3	5	3
11	3	3	2	2	2	4	1	4	3	2	2	3	4	4	4	5
12	1	3	3	2	2	4	1	5	5	5	2	3	3	3	3	5
13	2	2	2	3	3	4	2	4	5	3	3	3	3	3	5	4
14	2	2	1	3	3	3	2	4	5	3	5	5	5	5	4	1
15	2	3	2	2	2	5	5	3	3	3	5	1	4	2	3	5
16	3	5	3	3	3	3	3	4	4	4	5	3	4	5	5	1
17	1	3	3	2	2	2	2	4	4	2	5	3	3	4	4	2
18	2	2	5	5	5	3	2	4	5	4	4	2	3	2	3	5
19	1	3	3	2	2	3	3	4	3	4	4	4	4	2	5	5
20	2	3	2	3	3	4	3	5	5	4	3	4	4	3	4	1
21	1	3	3	2	2	4	2	3	3	2	4	4	3	3	3	5
22	2	2	1	2	2	4	1	3	3	3	3	3	3	2	5	5
23	3	2	3	3	3	3	1	4	5	3	3	3	3	2	4	4
24	2	1	5	5	4	3	1	4	5	4	3	3	2	3	3	3
25	2	1	2	2	2	3	2	4	5	3	5	5	5	3	5	2
26	2	3	3	2	2	2	2	3	4	2	5	2	2	3	4	3
27	1	3	2	3	3	3	1	3	3	3	3	2	2	5	3	4
28	2	4	3	3	3	3	1	5	3	3	3	2	3	2	5	1
29	2	3	2	2	2	4	2	4	4	2	5	2	3	3	4	1
30	1	3	3	2	2	4	1	4	4	3	5	2	3	3	3	3

Fonte: Dados da simulação.

De acordo com o Quadro 16, os 30 projetos submetidos à avaliação receberam uma nota referente a cada critério do BSC para P&D. Com os resultados obtidos, a aplicação da metodologia DEA-BSC poderá prosseguir.

7.2 Aplicação da metodologia DEA-BSC

Prosseguindo com a simulação, foram estabelecidos alguns cenários para verificar a efetividade do modelo. Esses cenários se referem ao estabelecimento de prioridades para as “cartas” do BSC proposto:

- Cenário 1 – No primeiro cenário, não houve priorização de nenhuma carta relacionada ao BSC. Desse modo, utilizou-se o modelo DEA-CCR sem as restrições de equilíbrio.

- Cenário 2 – Nesse cenário, foi atribuída uma maior importância para a carta financeira através dos seguintes limites inferiores e superiores atribuídos às cartas: Financeira, 40% a 70%; Sócio Ambiental, 10% a 40%; Processos Internos, 10% a 40%; Aprendizado e Crescimento, 10% a 40%; Incerteza, 10% a 40%.
- Cenário 3 – No terceiro cenário, os indicadores da carta sócio-ambiental foram priorizados, recebendo um peso maior em relação às demais cartas. Os limites superiores e inferiores das cartas foram os seguintes: Financeira, 10% a 40%; Sócio Ambiental, 40% a 70%; Processos Internos, 10% a 40%; Aprendizado e Crescimento, 10% a 40%; Incerteza, 10% a 40%.
- Cenário 4 – No quarto cenário, os indicadores da carta Processos Internos foram priorizados, recebendo um peso maior em relação às demais cartas. Os limites superiores e inferiores das cartas foram os seguintes: Financeira, 10% a 40%; Sócio Ambiental, 10% a 40%; Processos Internos, 40% a 70%; Aprendizado e Crescimento, 10% a 40%; Incerteza, 10% a 40%.
- Cenário 5 – No quinto cenário, os indicadores da carta Aprendizado e Crescimento foram priorizados, recebendo um peso maior em relação às demais cartas. Os limites superiores e inferiores das cartas foram os seguintes: Financeira, 10% a 40%; Sócio Ambiental, 10% a 40%; Processos Internos, 10% a 40%; Aprendizado e Crescimento, 40% a 70%; Incerteza, 10% a 40%.
- Cenário 6 - No sexto cenário, os indicadores da carta Incerteza foram priorizados, recebendo um peso maior em relação às demais cartas. Os limites superiores e inferiores das cartas foram os seguintes: Financeira, 10% a 40%; Sócio Ambiental, 10% a 40%; Processos Internos, 10% a 40%; Aprendizado e Crescimento, 10% a 40%; Incerteza, 40% a 70%.

Através das prioridades atribuídas às cartas, traduzidas através dos limites estabelecidos para cada cenário, tentou-se verificar a resposta do modelo.

A possibilidade de atribuir importância relativa às cartas do modelo torna flexível a forma de gerenciar as prioridades da empresa na seleção de projetos. Essa característica facilita a introdução de informações ao modelo. Caso a empresa resolva

priorizar projetos voltados para atendimento às questões ambientais, devido às exigências da Agência Reguladora, basta modificar os pesos atribuídos às cartas, priorizando a perspectiva Sócio Ambiental em relação às demais.

Eilat et al. (2006) admite que, para garantir as condições de viabilidade do modelo DEA-BSC, deve-se obedecer as seguintes condições, relacionadas aos limites superiores e inferiores das cartas:

- $\sum_K L_k \leq 1$
- $\sum_K U_k \geq 1$
- $L_k \leq U_k \quad \forall k$
- $U_k \geq 0 \quad \forall k$

7.3 Processamento dos Dados e os Scores dos Projetos

O modelo proposto, DEA-BSC, foi programado através do software General Algebraic Modeling System (GAMS), que é um sistema de modelagem para programação matemática e otimização.

Desse modo, o problema foi inserido no GAMS, onde a rotina do cenário 6 foi colocada no anexo A deste trabalho.

Foram realizadas as seis simulações referentes aos cenários propostos para análise; a primeira utilizando apenas o DEA-CCR sem restrições de equilíbrio, a segunda priorizando os indicadores da carta financeira, a terceira priorizando os indicadores da carta Sócio-ambiental, a quarta priorizando os indicadores da carta Processos Internos, a quinta priorizando os indicadores da carta Aprendizado e Crescimento e a sexta priorizando os indicadores da carta Incerteza. Os *scores* obtidos para os projetos diante de cada cenário estabelecido estão apresentados no Quadro 17:

Quadro 17: Resultados da Aplicação da Metodologia DEA-BSC

Projetos	Cenário 1 <i>Scores</i>	Cenário 2 <i>Scores</i>	Cenário 3 <i>Scores</i>	Cenário 4 <i>Scores</i>	Cenário 5 <i>Scores</i>	Cenário 6 <i>Scores</i>
1	1	1	0.9636	0.8360	0.8998	0.9723
2	1	0.8391	1	1	1	1
3	1	0.6613	1	0.8012	0.6613	0.7576
4	0.7499	0.3092	0.6278	0.5372	0.4934	0.5791
5	0.6666	0.4225	0.4603	0.5761	0.5564	0.5793
6	1	1	1	1	1	1
7	0.8928	0.6702	0.8402	0.8503	0.8680	0.8503
8	1	1	1	1	1	1
9	0.9999	0.9177	0.8163	0.8695	0.8275	0.9302
10	1	0.7861	1	0.7505	0.8176	0.8618
11	0.6914	0.4469	0.6331	0.5832	0.6027	0.6553
12	1	1	1	1	1	1
13	1	0.8365	0.9574	0.8982	0.7869	0.9546
14	1	0.8981	0.9849	1	1	1
15	1	0.6069	1	0.7477	0.8891	0.8444
16	1	1	1	1	1	1
17	1	0.9473	0.9949	1	1	1
18	1	1	1	0.9829	0.9937	1
19	1	1	1	1	1	1
20	0.9180	0.7480	0.8914	0.8698	0.8064	0.7973
21	1	1	1	0.9151	1	1
22	1	0.6469	0.9043	0.7676	0.7656	0.9195
23	0.6807	0.6080	0.6453	0.6610	0.5734	0.6712
24	1	1	1	1	0.9724	1
25	1	0.8849	1	1	1	1
26	0.7631	0.6403	0.6687	0.7037	0.7448	0.7175
27	1	1	0.9808	0.9224	0.9348	1
28	0.7498	0.6521	0.6388	0.6913	0.5970	0.6755
29	0.7999	0.5494	0.7796	0.7447	0.7560	0.7459
30	1	0.9999	1	1	1	1
Total	20	10	14	11	11	14

Fonte: Resultados da Simulação.

Os resultados obtidos no primeiro cenário mostraram que dos trinta projetos avaliados pelo modelo, vinte foram considerados adequados ao BSC proposto, ou seja, obtiveram o *score* máximo, ou seja, 1. Esse resultado está apresentado na última linha da segunda coluna, apresentada no Quadro 17.

No segundo cenário, com a priorização dos indicadores da carta financeira, o número de projetos adequados ao BSC proposto foi dez.

No terceiro cenário, com a priorização dos indicadores da carta Sócio-ambiental, o número de projetos adequados ao BSC proposto foi quatorze.

No quarto cenário, com a priorização dos indicadores da carta Processos Internos, o número de projetos adequados ao BSC proposto foi onze.

No quinto cenário, com a priorização dos indicadores da carta Aprendizado e crescimento, o número de projetos adequados ao BSC proposto foi onze.

No sexto cenário, com a priorização dos indicadores da carta Incerteza, o número de projetos adequados ao BSC proposto foi quatorze.

É importante destacar que embora alguns cenários tenham obtido o mesmo número total de projetos com o score máximo, os projetos considerados mais adequados não foram exatamente os mesmos

A vantagem da metodologia DEA-BSC para a seleção de projetos de P&D é a facilidade de incorporar as prioridades das organizações em um único conjunto de indicadores e além disso, poder priorizar esses indicadores através dos limites estabelecidos para as cartas do BSC proposto. Outra vantagem a ser considerada é a utilização de softwares de otimização para realização dos cálculos e obtenção do ranking dos projetos;

Conforme apresentado no capítulo 5, embora os métodos de avaliação utilizados pelas empresas do setor elétrico estejam baseados na pontuação de critérios, que são importantes para a avaliação de P&D, foi verificado que esses critérios não se conectam de forma que possam traduzir os objetivos estratégicos das empresas, deixando de lado aspectos importantes da avaliação. Além disso, a pontuação total de cada projeto, resulta da soma da pontuação obtida em todos os critérios avaliados, ou seja, difere do resultado obtido utilizando o modelo DEA, onde se obtém um *score* resultante de uma avaliação relativa dos critérios analisados de todos os projetos avaliados.

Desse modo, a metodologia DEA-BSC surge como uma importante ferramenta de avaliação e seleção de projetos de P&D, podendo ser utilizada pelas empresas

do setor de energia para escolha de projetos, o que pode contribuir para que os investimentos em P&D possam trazer os benefícios esperados para o setor.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em um mundo cada vez mais globalizado, a inovação tecnológica representa um importante fator de competitividade para as empresas. Outra questão importante é o conhecimento de mecanismos de incentivo à inovação.

A teoria proposta por Jorge Sábato e Natálio Botana, em 1968, de promover o desenvolvimento econômico da América Latina através de uma ação coordenada do governo, universidade e empresa, sofreu aprimoramentos ao longo do tempo. Porém, a importância da articulação entre os principais atores do sistema de inovação vem sendo reconhecida e adotada por diversos países para o favorecimento da inovação.

Com a difusão da idéia de economia baseada no conhecimento, e o aumento no ritmo de introdução de novos produtos e processos, a Pesquisa e Desenvolvimento adquiriu um papel importante por proporcionar uma forma contínua de aprendizado e superação de dificuldades. Dessa forma, muitos países passaram a estimular investimentos em P&D.

No Brasil, a base institucional para o desenvolvimento científico e tecnológico foi criada durante as décadas de 1950 e 1960. Embora houvesse, por parte do governo, o reconhecimento da importância de se estabelecer um apoio equilibrado a C&T, para promoção do desenvolvimento e modernização do país (industrial, econômica e socialmente) não foi o que ocorreu na prática. Houve uma tendência a priorizar a pesquisa fundamental, em detrimento da pesquisa aplicada e do conhecimento com fins econômicos.

Com a criação dos Fundos Setoriais em 1999, houve uma retomada das políticas de apoio a inovação. Entre os objetivos desses fundos, destaca-se a tentativa de aproximar o setor produtivo, a academia e o fomento à cooperação entre empresas e centros de pesquisa. Essa iniciativa se torna ainda mais importante em países como o Brasil, porque existe uma maior concentração de pesquisadores nas instituições de ensino superior, o que o torna diferente de países emergentes como a China e Coréia, onde a maior parte dos pesquisadores se encontra nas empresas. Essa situação certamente favorece o baixo índice de inovações geradas na indústria brasileira, que pôde ser constatado através dos resultados da PINTEC.

A partir da criação dos Fundos Setoriais, diversos instrumentos voltados para o estímulo à ampliação dos investimentos empresariais em P&D passaram a ser criados. A PITCE, a política industrial e a Lei de Inovação, foram importantes para a criação de um ambiente mais propício à inovação.

No setor de energia elétrica, que é um setor dinâmico da economia, o governo, através de cláusula específica de Contratos de Concessão e da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, obrigou as concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, a aplicar anualmente, o montante de, no mínimo, 0,75% (setenta e cinco centésimos por cento) da sua Receita Operacional Líquida - ROL em Pesquisa e Desenvolvimento. A ANEEL ficou encarregada de estabelecer as diretrizes para a elaboração dos projetos de P&D no setor.

A obrigação dos investimentos em P&D no setor de energia passou a garantir um fluxo contínuo de investimentos que pode trazer benefícios, não apenas para as empresas de energia, mas também, para a sociedade como um todo, devido às externalidades positivas geradas pelos resultados da P&D.

Existem poucos estudos dedicados a análise dos impactos gerados pelos investimentos em P&D no setor de energia. Porém, uma pesquisa realizada por Silva Jr. et al. (2009) indicou que de um modo geral, embora as empresas estejam adquirindo P&D externa e dessa forma interagindo principalmente com universidades, essas empresas encaram os investimentos em projetos de P&D como uma obrigação. Desse modo, não reconhecem a Pesquisa e Desenvolvimento como uma oportunidade para superar dificuldades, mas principalmente para atender aos requisitos da agência reguladora.

Nessas circunstâncias, o instrumento legal utilizado para viabilizar inovações no setor elétrico, pode não estar atingindo os resultados esperados. Uma forma das empresas contornarem essa deficiência é através de uma adequada seleção de projetos, que atendam a estratégia global da empresa e também os pré-requisitos estabelecidos pela ANEEL.

A metodologia de seleção de projetos sugerida por Eilat et al. (2006) e proposta para a seleção dos projetos do setor elétrico pode preencher essa lacuna. A metodologia DEA/BSC apresenta vantagens em relação aos métodos utilizados pelas

empresas do setor de energia por permitir a construção de um conjunto de critérios alinhados de forma a traduzir a estratégia empresarial e trazer como resultado um *score*, que é obtido com base em uma avaliação relativa dos critérios de todos os projetos avaliados, o que permite identificar facilmente os projetos mais adequados às necessidades das empresas.

Para testar o modelo proposto, foi realizada uma simulação através da avaliação de 30 projetos submetidos a uma empresa distribuidora de energia.

Inicialmente, cada projeto foi avaliado em relação aos critérios propostos no BSC para projetos de P&D, conforme apresentado no Quadro 16. O conjunto de informações obtidas foi apresentado no Quadro 17. Em seguida, foram estabelecidos os limites superiores e inferiores de cada conjunto de indicadores (cartas) do BSC. Desse modo, a simulação prosseguiu através da programação do modelo DEA-BSC no software GAMS, utilizado para modelar problemas de programação matemática e otimização.

Para verificar a efetividade do modelo foram estabelecidos 6 cenários para a simulação, que corresponderam à priorizações das cartas do BSC para P&D. Os resultados obtidos mostraram que o modelo é sensível aos limites estabelecidos para as cartas, pois os projetos que foram considerados adequados quando se atribuiu maior importância para uma determinada perspectiva foram diferentes dos projetos considerados adequados quando houve alteração de priorização dessa perspectiva, o que é bastante positivo para que a seleção reflita as necessidades de cada empresa.

Quanto às sugestões de futuros trabalhos, foi verificado durante a pesquisa que existe uma carência de estudos relacionados à avaliação dos impactos causados pelos Programas de P&D no Setor de Energia, o que seria importante para se testar a eficácia da política de estímulo à inovação no setor. Além disso, seria recomendável estudos para analisar a aplicabilidade da metodologia de avaliação e seleção de projetos de P&D proposta por este trabalho em outros setores.

Referências Bibliográficas

- ARBIX, G., MENDONÇA, M.. Inovação e competitividade: uma agenda para o futuro. In: Castro, A. C., LICHA, A., Pinto Jr, H. Q., SABÓIA, J. **Brasil em Desenvolvimento v.1: economia, tecnologia e competitividade**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.
- BAER, W., MACDONALD, C. Um retorno ao passado? A privatização de empresas de serviços públicos no Brasil: o caso do setor de energia elétrica. **Políticas Públicas e Planejamento**, n.16, p.5-38, 1997.
- BARBIERI, J. C. **Produção e Transferência de Tecnologia**. São Paulo: Editora Ática, 1990.
- BARDY, L.P.C. **Competitividade e desenvolvimento tecnológico**. Visões Estratégicas. 2000.
- CALLIGARIS, A. B.; TORKOMIAN, A. L. V. Benefícios do Desenvolvimento de Projetos de Inovação Tecnológica. **Revista Produção**, V.13 n.2, 2003.
- CAMPANÁRIO, Milton de Abreu; COSTA, Tiago R.; SILVA, Marcello M. Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE): análise de fundamentos e arranjos institucionais. **XI Seminário Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica**, ALTEC, 2005.
- CAMPOS, F. L. S.. Sistema Nacional de Inovação, produtos e dinâmica tecnológica: uma abordagem neo-schumpeteriana. In: 4º Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produtos, 2003, Gramado. Anais do 4º CBGDP. Porto Alegre: UFRGS, 2003. v. 1. p. 1-100.
- CHAPIESKI, J. **Proposta de Método para seleção de Projetos de P&D em Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Desenvolvimento de Tecnologia) – PRODETEC Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, LATEC- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba. 2007.
- CHARNES, A., COOPER, W. W., RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. **European Journal of Operational Research** 2, 429-444, 1978.
- CHEN, T.; CHEN, L. DEA *performance* evaluation based on BSC indicators incorporated: The case of semiconductor industry. **International Journal of Productivity and Performance Management**. v. 56, n. 4, p. 335-357, 2007.
- COOPER, WILLIAN W.; SEIFORD, LAWRENCE M.; TONE, KAORU. **Introduction to Data Envelopment Analysis and its Uses**. Springer, 2006.
- CRUZ, C. H. de Brito. A universidade, a empresa e a pesquisa que o país precisa. In: Castro, A. C. LICHA, A., Pinto Jr, H. Q., SABÓIA, J. **Brasil em Desenvolvimento v.1: economia, tecnologia e competitividade**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.
- DAGNINO, R.. A relação universidade-empresa no Brasil e o argumento da Hélice Tripla. *Convergencia (Toluca)* ^{JCR}, México, v. 11, n. 35, p. 253-291, 2004.

EILAT, H.; GOLANY, B.; Shtub, A. Constructing and Evaluating Balanced Portfolios of R&D Projects with Interactions: a DEA Based Methodology. **European Journal of Operational Research**, 172, pp 1018–1039.

_____. R&D Project Evaluation: An Integrated DEA and Balanced Scorecard Approach. **Journal of Management Science**, 36, pp 895-912. 2006.

FRASCATI, **Manual**. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development, OCDE, 2002.

GUERREIRO, A. dos Santos. **Análise da Eficiência de Empresas de Comércio Eletrônico Usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados**. Dissertação (mestrado em Engenharia Industrial). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

KIMURA, H. Ferramentas de análise Gerencial Baseada em Modelos de Decisão Multicriteriais. **Revista RAEletrônica**, v. 2, n. 1, jan/jun, 2003. Disponível em: <www.rae.com.br/eletronica>. Acesso em: 05 jan. 2009.

KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia Industrial**: Fundamentos Teóricos e Práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

LAPPONI, J. C. **Projetos de investimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LINTON, J.D., WALSH, S. T. and MORABITO, J. Analysis, Ranking and Selection of R&D Project in a Portfolio. **R&D Management**: 139-148, 2002.

LUZ, Márcio da Silveira; Dos Santos, Isabel Cristina. Ciência, Tecnologia e Pesquisa Tecnológica; A Luta por uma Política Nacional em C&T. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v.7, n. 7, dez/abr., 2007.

MACEDO, M. A. S.; BARBOSA, Ana C. T. de A. M.; CAVALCANTE, G. T. Desempenho de Agências Bancárias no Brasil: aplicando Análise Envoltória de Dados (DEA) a indicadores relacionados às perspectivas do BSC. In: Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, São Paulo, 2008.

MAGALHÃES, Ivan Luiz R. G. Balanced Scorecard como ferramenta de seleção de projetos de TI - Desmistificando a “Sacred Cow”. **Seminário Gestão de Projetos SUCESU-SP**, 2003.

MANUAL do Programa de Pesquisa de Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica. Maio/2008.

MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.;

NIVEN, PAUL R. **Balanced Scorecard passo-a-passo: Elevando o desempenho e mantendo resultados** – Rio de Janeiro: Quality Mark, 2005.

PLONSKI, Guilherme A. Cooperação empresa-universidade na Ibero-América: estágio atual e perspectivas. **Revista de Administração**, São Paulo v. 30, n.2, p. 65-74, abril/junho 1995.

_____. Bases para um Movimento pela Inovação Tecnológica no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 25-33, jan-mar, 2005.

POSSAS, M. L. Ciência Tecnologia e Desenvolvimento: Referências para Debate. In: Castro, A. C.; Licha, A.; Pinto Jr, Helder Q.; Saboia, J.(org). **Brasil em Desenvolvimento: Economia Tecnologia e Competitividade**. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 2005.

REZENDE, S. M. Evolução da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e dos seus Instrumentos de Apoio. **3 Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: síntese das conclusões e recomendações**.- Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Centro de Gestão de Estudos Estratégicos, 2006.

SABATO, J. e BOTANA, N. *La ciência e la tecnologia en el desarrollo futuro de América Latina*. In: **Revista Integración Latino-americana**, nov.,1968, p. 15-36.

SANTOS, E M.; PAMPLONA, E. O. *Teoria das Opções Reais: Aplicação em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)*. **2o Encontro Brasileiro de Finanças**, Ibmec, Rio de Janeiro, RJ, julho de 2002.

SANTOS, Wider Basílio. **Modelo de Gestão Executiva do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da Celpe**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SCHONEBORN, F. Linking the Balanced Scorecard to System Dynamics, *Economic System Reports*, No. 1., 2003.

SILVA JR, Roberto G. da Silva; PROCOPIUK, Mário; QUANDT, Carlos O. A Pesquisa e Desenvolvimento na Estratégia Competitiva das Concessionárias do Setor Elétrico Brasileiro. **XII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais**, FGV- EASP, 2009.

SOARES Jr., Heles; PROCHNIK, Victor. (2004) - *Experiências comparadas de implantação do Balanced Scorecard no Brasil*. **Anais do XVII Congresso da Slade - Sociedade Latino-Americana de Estratégia**. Itapema- Camboriu/SC, Abril de 2004.

VIDAL, D. **Avaliação da Eficiência Técnica das Empresas de Distribuição de Energia Elétrica Brasileira, Utilizando a Metodologia DEA**. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção). UFPE, Recife, 2002.

WEISZ, Joel. **Projetos de inovação tecnológica: planejamento, formulação, avaliação, tomada de decisões**. Brasília : IEL, 2009.

ANEXO

Anexo A – Rotina da Programação do DEA/BSC no GAMS

Set

```
d   DMU /1*30/
p   Produtos /y1, y2, y3, y4, y5, y6, y7, y8, y9, y10, y11, y12, y13, y14/
i   Insumos/x1,x2/
k   Cartas /Fin, Socio, Proc, Aprend, Incert/
pi(i) Carta insumos/x1,x2/
pf(p) Carta financeira /y1, y2, y3/
ps(p) Carta socio ambiental /y4, y5/
pp(p) Carta processo interno /y6, y7, y8/
pa(p) Carta Aprendizado e cresc /y9, y10, y11/
pr(p) carta incerteza /y12, y13, y14/ ;
```

Alias(d,j);

Table x(d,i) Tabela dos insumos

	x1	x2
1	2	2
2	2	1
3	2	3
4	3	2
5	3	3
6	2	1
7	2	2
8	1	3
9	2	1
10	2	3
11	3	3
12	1	3
13	2	2
14	2	2
15	2	3
16	3	1
17	1	3
18	2	2
19	1	3
20	2	3
21	1	3
22	2	2
23	3	2
24	2	1
25	2	1
26	2	3
27	1	3
28	2	4
29	2	3
30	1	3

Table y(d,p) Tabela dos Produtos

	y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10	y11	y12	y13	y14
1	5	4	5	3	2	3	4	3	4	3	3	3	5	2
2	2	2	2	3	2	3	5	3	4	2	3	3	4	4
3	3	2	2	5	5	2	5	2	3	2	2	3	3	1
4	1	1	1	2	3	3	4	3	3	2	3	2	5	1
5	2	2	2	2	1	5	5	2	4	3	3	2	4	5
6	1	3	3	3	2	4	3	3	4	3	3	2	3	4
7	2	2	2	3	2	4	3	2	5	5	4	2	5	1
8	5	4	5	2	2	2	5	3	4	2	3	3	4	1
9	3	3	3	2	1	3	4	2	3	2	3	3	3	3
10	2	3	3	4	5	3	3	2	3	2	4	3	5	3
11	2	2	2	4	1	4	3	2	2	3	4	4	4	5
12	3	2	2	4	1	5	5	5	2	3	3	3	3	5
13	2	3	3	4	2	4	5	3	3	3	3	3	5	4
14	1	3	3	3	2	4	5	3	5	5	5	5	4	1
15	2	2	2	5	5	3	3	3	5	1	4	2	3	5
16	3	3	3	3	3	4	4	4	5	3	4	5	5	1
17	3	2	2	2	2	4	4	2	5	3	3	4	4	2
18	5	5	5	3	2	4	5	4	4	2	3	2	3	5
19	3	2	2	3	3	4	3	4	4	4	4	2	5	5
20	2	3	3	4	3	5	5	4	3	4	4	3	4	1
21	3	2	2	4	2	3	3	2	4	4	3	3	3	5
22	1	2	2	4	1	3	3	3	3	3	3	2	5	5
23	3	3	3	3	1	4	5	3	3	3	3	2	4	4
24	5	5	4	3	1	4	5	4	3	3	2	3	3	3
25	2	2	2	3	2	4	5	3	5	5	5	3	5	2
26	3	2	2	2	2	3	4	2	5	2	2	3	4	3
27	2	3	3	3	1	3	3	3	3	2	2	5	3	5
28	3	3	3	3	1	5	3	3	3	2	3	2	5	1
29	2	2	2	4	2	4	4	2	5	2	3	3	4	1
30	3	2	2	4	1	4	4	3	5	2	3	3	3	3;

Parameter Low(k) Limite inferior das cartas;
 Low('Fin')= 0.1;
 Low('Socio')= 0.1;
 Low('Proc')= 0.1;
 Low('Aprend')= 0.1;
 Low('Incert')= 0.4;

parameter Up(k) Limite Superior das cartas;
 Up('Fin')= 0.4;
 Up('Socio')= 0.4;
 Up('Proc')= 0.4;
 Up('Aprend')= 0.4;
 Up('Incert')= 0.7;

Parameter R(p) Quantidade de produto da DMU que se está medindo a eficiência;
 R(p)= y('I',p);

Parameter Q(i) Quantidade de insumo da DMU que se está medindo a eficiência;
 $Q(i) = x('1', i);$

scalar ep Epsilon;
ep=0.00001

Positive Variable

u(p) Variáveis de intensidade do output
v(i) Variáveis de intensidade do input;

Variable

z Função objetivo;

Equations

Obj Função objetivo
eq1 Primeira restrição
eq2(d) Segunda restrição
LCFin Restrição Inferior da Carta Financeira (y1 y2 y3)
LCSoc Restrição Inferior da Carta Socioambiental (y4 e y5)
LCProc Restrição Inferior da Carta Processo interno (y6 y7 y8)
LCAPre Restrição Inferior da Carta Aprendizado (y9 y10 y11)
LCInc Restrição Inferior da Carta Incerteza (y12 y13 e y14)
UCFin Restrição Superior da Carta Financeira (y1 y2 y3)
UCSoc Restrição Superior da Carta Socioambiental (y4 e y5)
UCProc Restrição Superior da Carta Processo Interno (y6 y7 y8)
UCApre Restrição Superior da Carta Aprendizado (y9 y10 y11)
UCInc Restrição Superior da Carta Incerteza (y12 y13 y14)
eq3(p) Restrição Epsilon Peso do output
eq4(i) Restrição Epsilon Peso do input;

obj.. $z = e = \sum(p, u(p) * R(p));$
eq1.. $\sum(i, v(i) * Q(i)) = e = 1 ;$
eq2(d).. $\sum(p, u(p) * y(d, p)) - \sum(i, v(i) * x(d, i)) = l = 0 ;$
LCFin.. $-\sum(pf, u(pf) * R(pf)) + \text{Low}('Fin') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
LCSoc.. $-\sum(ps, u(ps) * R(ps)) + \text{Low}('Socio') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
LCProc.. $-\sum(pp, u(pp) * R(pp)) + \text{Low}('Proc') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
LCAPre.. $-\sum(pa, u(pa) * R(pa)) + \text{Low}('Aprend') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
LCInc.. $-\sum(pr, u(pr) * R(pr)) + \text{Low}('Incert') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
UCFin.. $\sum(pf, u(pf) * R(pf)) - \text{Up}('Fin') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
UCSoc.. $\sum(ps, u(ps) * R(ps)) - \text{Up}('Socio') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
UCProc.. $\sum(pp, u(pp) * R(pp)) - \text{Up}('proc') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
UCApre.. $\sum(pa, u(pa) * R(pa)) - \text{Up}('Aprend') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
UCInc.. $\sum(pr, u(pr) * R(pr)) - \text{Up}('Incert') * \sum(p, u(p) * R(p)) = l = 0;$
eq3(p).. $-u(p) = l = -ep;$
eq4(i).. $-v(i) = l = -ep;$

Model deabsc /all/;
FILE res /cenarioR6.xls/

```

PUT res ;
res.pc=6;
res.nd=4;
PUT 'DMU', 'Eficiência' PUT/;
loop(j, solve deabsc using lp maximizing z;
PUT res;
PUT j.tl, z.l,u.l('y1'),u.l('y2'),u.l('y3'),u.l('y4'),u.l('y5'),u.l('y6'),u.l('y7'),
    u.l('y8'),u.l('y9'),u.l('y10'),u.l('y11'),u.l('y12'),u.l('y13'),u.l('y14'),
    v.l('x1'),v.l('x2')PUT/;
Q(i)=x(j+1,i);
R(p)=y(j+1,p) );

```